

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**TRATAMIENTOS DE ILUMINACIÓN, TIEMPO DE
GERMINACIÓN Y TEMPERATURA DE CONSERVACIÓN EN
GERMINADOS DE ACCESIONES DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa*). AYACUCHO**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

DIANE SUSAN CENTENO CASAVARDE

AYACUCHO – PERÚ

2017

Con eterno amor a Dios
por ser mi guía en el
camino de la felicidad.

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 colaborador 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, Leidy Mayra Humaní, Yesenia Canchari, Delia Mallqui, Leydi Escalante, Jesús 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.

RESUMEN

En el trabajo de investigación se muestra la selección de accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV-EPA-UNSCH, adecuadas para la producción de germinados, la evaluación de tres tipos de iluminación (luz continua, oscuridad continua y 12 horas luz-12 horas oscuridad) y tres tiempos de germinación (24, 48 y 72 horas) en la producción de germinados de las accesiones seleccionadas, así como tres temperaturas de conservación (5°C, 8°C y temperatura ambiente) de los germinados almacenados por 15 días. Para ello, el trabajo se dividió en tres fases (selección, producción de germinados y conservación), las cuales fueron conducidas bajo el diseño completamente randomizado (DCR), con arreglo factorial para la fase de producción de germinados. Los resultados muestran que 10 accesiones presentan características adecuadas para la producción de germinados, siendo las condiciones óptimas de producción en oscuridad continua durante 72 horas, por presentar mayor contenido de proteínas y la aceptación sensorial de los jurados. Además, bajo estas condiciones, cuatro accesiones presentan el mayor índice de conversión, porcentaje de germinación y longitud del hipocótilo. Finalmente, se observa que a 8°C los germinados de quinua se conservan con menor pérdida de peso durante 15 días.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 BANCO DE GERMOPLASMA	4
1.1.1 Banco de germoplasma de quinua	5
1.1.2 Accesoión	6
1.2 GERMINACIÓN	6
1.2.1 Proceso de germinación	7
1.2.2 Absorción de agua	8
1.2.3 Respiración	9
1.2.4 Metabolismo de la germinación	11
1.2.5 Movilización de las sustancias de reserva	13
1.2.6 Factores que influyen en la germinación	15
1.3 GERMINADOS	19
1.3.1 Ventajas de los germinados	20
1.3.2 Métodos de germinación	22
1.3.3 Proceso de producción de germinados	23
1.3.4 Consideraciones generales	24
1.4 GERMINADOS DE QUINUA	26
1.4.1 Proceso de producción	26
1.4.2 Contenido nutricional	29
1.4.3 Usos	31
1.4.4 Conservación	31

II	MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1	UBICACIÓN	32
2.2	MATERIAL GENÉTICO EMPLEADO	32
2.3	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	33
2.3.1	Variables y factores en estudio	33
2.3.2	Diseño experimental	34
2.3.3	Croquis de la distribución de tratamientos	39
2.4	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO . . .	42
2.4.1	Fase de selección de accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV	42
2.4.2	Fase de producción de germinados	44
2.4.3	Fase de conservación de germinados	45
2.5	VARIABLES EVALUADAS	45
2.5.1	Fase de selección	45
2.5.2	Fase de producción de germinados	47
2.5.3	Fase de conservación	50
2.6	PROCESAMIENTO DE DATOS	50
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
3.1	FASE DE SELECCIÓN DE ACCESIONES DE QUINUA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL LGBV	52
3.1.1	Peso de 1000 semillas	53
3.1.2	Porcentaje de germinación	56
3.1.3	Índice de conversión	58
3.1.4	Diámetro de semilla	60

3.1.5	Espesor de semilla	62
3.1.6	Contenido de saponina	64
3.2	FASE DE PRODUCCIÓN DE GERMINADOS	71
3.2.1	Porcentaje de germinación (%)	71
3.2.2	Longitud del hipocótilo (cm)	75
3.2.3	Índice de conversión	78
3.2.4	Evaluación sensorial (escala hedónica)	82
3.2.5	Contenido de proteína bruta (%)	86
3.3	FASE DE CONSERVACIÓN	89
3.3.1	Peso de germinado (%)	89
IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
4.1	CONCLUSIONES	91
4.2	RECOMENDACIONES	92
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		94
ANEXO		103

ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Análisis proximal, contenido de minerales y vitaminas en base seca de granos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) sin germinar y germinadas durante 24 horas.	30
2.1	Tratamientos (T) de la fase de selección constituidos por 98 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) del Banco de Germoplasma del LGBV. Huamanga-Ayacucho, 2016.	37
2.2	Tratamientos (T) constituidos por la interacción de diez accesiones seleccionada (AS), tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI) aplicados a las unidades experimentales en la fase de producción de germinados de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>). Huamanga-Ayacucho, 2016.	38
2.3	Tratamientos aplicados a las unidades experimentales en la fase de conservación de germinados de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>). Huamanga-Ayacucho, 2016.	39
3.1	Cuadrados medios del análisis de varianza del peso de 1000 semillas (P 1000 S), densidad aparente (DA), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	53

3.2	Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables diámetro de semilla (DS) y espesor de semilla (ES) de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	53
3.3	Distribución de frecuencias del promedio del peso de 1 000 semillas de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	54
3.4	Promedios del peso de 1000 semillas (P 1000 S) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.	55
3.5	Distribución de frecuencias del porcentaje de germinación de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	57
3.6	Promedios del porcentaje de germinación (PG) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.	58
3.7	Distribución de frecuencias del índice de conversión de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	59
3.8	Promedios del índice de conversión (IC) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.	60

3.9	Distribución de frecuencias del diámetro de semilla de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	61
3.10	Promedios del diámetro de semilla (DS) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.	62
3.11	Distribución de frecuencias del espesor de semilla de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	63
3.12	Promedios del espesor de semilla (ES) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.	64
3.13	Contenido de saponina de las accesiones (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	65
3.14	Promedios del contenido de saponina (CS) de las accesiones seleccionadas.	66
3.15	Comparación de tratamientos seleccionados para una probabilidad del 15 %, en las variables peso de 1000 semillas (P 1000 S), diámetro de semilla (DS), espesor de semilla (ES), contenido de saponina (CS), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	67

3.16 Valores de los tratamientos seleccionados (T) en las variables peso de 1000 semillas (P 1000 S), diámetro de semilla (DS), espesor de semilla (ES), contenido de saponina (CS), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	68
3.17 Análisis de correlación entre el porcentaje de germinación (PG), índice de conversión (IC), peso de 1000 semillas (P 1000 S), densidad aparente (DA), diámetro de semilla (DS) y espesor de semilla (ES) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	70
3.18 Análisis de varianza factorial 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.	72
3.19 Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del porcentaje de germinación por el efecto de la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.	72

3.20	Análisis de varianza factorial del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG), de la longitud del hipocótilo de germinados de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) en la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.	76
3.21	Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) de la longitud del hipocótilo por el efecto de la interacción del tiempo de germinación (TG) con el tipo de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.	77
3.22	Análisis de varianza factorial 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.	78
3.23	Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del índice de conversión por efecto de la interacción de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.	79
3.24	Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de platillos preparados con germinados de quinua en la primera evaluación sensorial de la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.	82

3.25	Análisis de varianza factorial del sabor de germinados de quinua producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.	84
3.26	Análisis de varianza factorial del olor de germinados de quinua producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.	84
3.27	Análisis de varianza factorial del color de germinados de quinua producidos en tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI). Huamanga-Ayacucho, 2016.	84
3.28	Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua de la segunda evaluación sensorial, producidos en tres tiempos de germinación y tres tipos de iluminación. Huamanga-Ayacucho, 2016.	85
3.29	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.	86
3.30	Análisis de varianza de tres temperaturas de almacenamiento en el peso de germinados de quinua conservadas durante 15 días. Huamanga-Ayacucho, 2016.	90

3.31 Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del peso de germinados de quinua conservadas durante 15 días en tres tipos de temperaturas. Huamanga-Ayacucho, 2016.	90
A.1 Resultados de los tratamientos (T) en las variables peso de 1000 semillas (P 1000 S), densidad aparente (DA), contenido de saponina (CS), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	108
A.2 Resultados de los tratamientos (T) y sus 10 repeticiones (r) en las variables diámetro de semillas (DS) y espesor de semilla (ES) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.	113
A.3 Resultados de los tratamientos (T) con sus tres repeticiones (r) en las variables porcentaje de germinación (PG), índice de conversión (IC) y longitud del hipocótilo (LH) de la fase de producción de germinados de quinua. Huamanga-Ayacucho, 2016.	119
A.4 Puntajes de la primera evaluación sensorial de croquetas de garbanzón con brotes de quinua (CGBQ), rollitos de espinaca y brotes de quinua (REBQ), brusquetas con brotes de quinua (BBQ) y causitas crocantes de yuca en escabechado de brotes de quinua (CCYEBO). Huamanga-Ayacucho, 2016. . . .	122

A.5	Puntajes de la segunda evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de germinados de quinua producidas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.	123
A.6	Resultados de los tratamientos de la variable peso de germinados de quinua en la fase de conservación. Huamanga-Ayacucho, 2016.	124

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de selección.	40
2.2	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad.	41
2.3	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de luz continua. . . .	41
2.4	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de oscuridad continua.	41
2.5	Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de conservación.	42
3.1	Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el peso de 1000 semillas y selección del 15%.	55
3.2	Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el porcentaje de germinación y selección del 15%.	57
3.3	Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el índice de conversión y selección del 15%.	59

3.4	Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el diámetro de semillas y selección del 15%.	61
3.5	Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el espesor de semillas y selección del 15%.	63
A.1	Fase de selección. Izquierda: accesiones del banco de germoplasma de quinua del LGBV. Derecha: tamizado de muestras de quinua.	127
A.2	Fase de selección. Izquierda: venteado de las muestras. Derecha: selección de impurezas de las muestras de quinua.	127
A.3	Variables evaluadas en la fase de selección. Izquierda: peso de 1 000 semillas. Derecha: densidad aparente de las muestras de quinua.	128
A.4	variables evaluadas en la fase de selección. Izquierda: diámetro y espesor de las semillas. Derecha: contenido de saponina de las muestras de quinua.	128
A.5	Materiales usados en la desinfección de las semillas de quinua y humedecimiento con agua destilada del sustrato para la instalación de la prueba de germinación en la fase de producción de germinados.	128

A.6	Instalación de las semillas de quinua para la prueba de germinación en la fase de producción de germinados.	129
A.7	Distribución de los tratamientos en la fase de producción de germinados, al lado de la ventana para generar condiciones de luz continua, iluminadas con focos LED de 10W durante la noche.	129
A.8	Distribución de los tratamientos en la fase de producción de germinados. Izquierda: en cajas de cartón para generar condiciones de oscuridad continua. Derecha: en biotrón para generar condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. . . .	129
A.9	Germinados de quinua después de 24, 48 y 72 horas de germinación. Superior: en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. Centro: en condiciones de luz continua. Inferior: en condiciones de oscuridad continua.	130
A.10	Germinados de quinua secados por un día en condiciones de laboratorio, producidos después de 24, 48 y 72 horas de germinación. Superior: en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. Centro: en condiciones de luz continua. Inferior: en condiciones de oscuridad continua.	130

A.11 Longitud de germinados de quinua después de 24, 48 y 72 horas de germinación. **Superior:** en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. **Centro:** en condiciones de luz continua. **Inferior:** en condiciones de oscuridad continua. 131

A.12 Germinados de quinua después de 15 días de conservación. **Izquierda:** en refrigeración a 5°C. **Centro:** en cámara fría a 8°C. **Derecha:** en temperatura ambiente. 131

INTRODUCCIÓN

La quinua es un cultivo importante, según González y Prado (2015) principalmente por las características que presentan sus granos, ya que estas constituyen una fuente importante de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, flavonoides, pigmentos, saponinas y almidón; cualidades que la convierten según FAO (2011) en un gran potencial económico, ya que pueden 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.* (2010); Ramos y Villanueva (1998) suplen las deficiencias de la alimentación moderna, por ser de fácil producción, de bajo costo y por presentar, en comparación a las semillas secas, mayor contenido de proteínas digeribles, fibra, minerales como el calcio, fósforo, hierro, magnesio y vitaminas como la niacina y ácido ascórbico. Sin embargo, como la germinación depende de factores intrínsecos y extrínsecos, es importante la obtención de

parámetros que permitan el desarrollo de sistemas eficientes de producción de germinados.

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 obtener nuevas variedades más productivas y nutritivas, que consuman menos insumos y satisfagan las preferencias sensoriales de los consumidores (Rivera, 2015). Tal es el caso del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 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 adecuados para su producción, así como la temperatura adecuada para su conservación.

Por las consideraciones anteriormente mencionadas, los objetivos planteados en la presente investigación son:

1. Seleccionar accesiones de quinua adecuadas para la producción de germinados.
2. Determinar el tipo de iluminación y el tiempo de germinación óptimos

para la producción de germinados de quinua.

3. Evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento en la conservación por 15 días de germinados de quinua.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. BANCO DE GERMOPLASMA

Herrera (2013) indica que son sitios de conservación de germoplasma (material biológico), que tiene como objetivo según FAO (2014) conservar a largo plazo los recursos fitogenéticos y que estos estén disponibles para los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios; para ello plantea una serie de normas que permite la gestión adecuada de estos recursos, como para el caso de bancos de germoplasma de semillas ortodoxas, en la que señala que para la conservación *ex situ* a largo plazo, la temperatura debe ser -18 °C, el contenido de humedad en la semilla 15 % y el porcentaje mínimo de viabilidad 85 % de la viabilidad inicial, después del cual se debe proceder a su regeneración o a una nueva recolección. Así, Calle *et al.* (2010) afirma que el germoplasma de quinua almacenado a -20 °C con 3.64 % y 5.69 % de humedad permiten su conservación a largo plazo, ya que no afecta su viabilidad y calidad.

Franco (2008) señala también que los bancos de germoplasma son importantes por que garantizan la seguridad alimentaria; aunque muchos presentan ciertas limitaciones como la proliferación de duplicados, los altos costos de mantenimiento y la carencia de sistemas adecuados de conservación, documentación y manejo del banco en general.

En el caso de bancos de germoplasma de quinua, se han reportado en varias investigaciones que estas presentan accesiones con una amplia variabilidad morfológica y fenológica, que se expresan en la amplia variabilidad de colores de planta, inflorescencia, semilla; tipos de inflorescencia, duración del ciclo de cultivo, valor nutritivo, agroindustrial, entre otros; los cuales son aprovechados en la obtención de nuevas variedades (Alfaro, 2013; Gabriel *et al.*, 2013; Rojas y Pinto, 2013).

1.1.1. Banco de germoplasma de quinua

FAO (2010), Rojas (2013) y Tapia (2009) citados por González y Prado (2015), señalan que existirían unas 16 263 accesiones de quinua de todo el mundo, concentrándose en Bolivia con 6 903 accesiones y en Perú con 4 523 accesiones en seis y ocho bancos de germoplasma respectivamente, dentro de las cuales se distinguen cinco ecotipos (quinua de valle, de altiplano, de salares, de nivel del mar y sub-tropical) y 40 variedades comerciales aproximadamente.

Según Mujica (1992) y Bonifacio *et al.* (2004) citados por FAO (2011), en el Perú existen bancos de germoplasma de quinua en las Estaciones Experi-

mentales INIA en Illpa (Puno), K'ayra y Andenes (Cusco), Canáan (Ayacucho), Mantaro y Santa Ana (Huancayo) y Baños del Inca (Cajamarca); también en las universidades Agraria La Molina de Lima, Nacional del Centro de Junín, Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Nacional del Altiplano de Puno y Nacional San Cristóbal de Huamanga de Ayacucho; este último se corrobora con el trabajo de investigación de Alfaro (2013), sobre el establecimiento del banco regional de germoplasma y caracterización fenotípica de accesiones de quinua, en el año 2013.

1.1.2. Accesoión

De acuerdo con Silvina *et al.* (2015) es el nombre dado a una muestra conservada en un banco de semillas.

1.2. 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, en la que se puede apreciar la integridad de sus estructuras. (Peretti, 1994).

Matilla (2013) señala que es el proceso que se inicia con la toma de agua por la semilla seca (imbibición) y termina cuando el eje embrionario en dicotiledóneas o la radícula en monocotiledóneas, atraviesan las estructuras envolventes que la rodean (emergencia); entendiéndose por emergencia como el proceso por el cual la radícula o el eje embrionario atraviesan las

cubiertas de la semilla, como consecuencia de la elongación celular, pasando de un metabolismo preferentemente anaerobio a otro típicamente aerobio. Mientras que Besnier (1989) utiliza el término de emergencia para referirse a la culminación de la germinación en las semillas situadas en el suelo, cuando estas emergen del terreno; aunque también señala que la germinación de manera práctica, culmina cuando la radícula rompe la testa.

1.2.1. Proceso de germinación

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

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.

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.

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.

1.2.2. 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).

1.2.3. Respiración

La respiración produce ATP y pirimidín nucleótidos para proporcionar energía en 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 conser-

vados 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 entrada libre de oxígeno y su rápido consumo, además aumenta la actividad metabólica general de la semilla, por la movilización de reservas que suministran sustratos más eficaces que los iniciales, para los subsiguientes procesos respiratorios.

En la fase de parada del proceso respiratorio, según Besnier (1989) la cantidad de oxígeno absorbido por la semilla no incrementa, ya que la eficacia de las mitocondrias y enzimas implicadas en el proceso respiratorio, que persisten aún con deficiencias en el eje embrionario de las semillas secas y que se activan con la imbibición, duran poco tiempo, interrumpiendo el proceso de respiración hasta que se restauren o formen mitocondrias y se sinteticen enzimas; sin embargo, en esta fase se sigue produciendo dióxido de carbono como consecuencia de una respiración anaerobia o fermentación, donde la glucólisis anaerobia es la que 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 por causa del déficit de oxígeno, se debe a la impermeabilidad de la cubierta seminal que evita el ingreso del oxígeno hacia el interior de las semillas.

1.2.4. 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).

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).

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 porque no puede sintetizar nuevas proteínas, debiéndose sin-

tetizar 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).

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; así, las enzimas glucolíticas (β -amilasa, α -glucosidasa); las polimerasas y sintetazas del ARN y del ADN, etc. son utilizadas para la respiración, degradación de las reservas, síntesis de ADN, ARN y proteínas.

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 α -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 α -amilasa por las giberelinas y también la emergencia radicular, está 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).

1.2.5. 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).

Hidratos de carbono

Besnier (1989) menciona que después de la hidratación de las semillas, las giberelinas inducen la síntesis de α -amilasa, que junto a la β -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.

Bedón *et al.* (2013) señala que la α -amilasa presenta mayor actividad enzimática a las 36 horas de germinación en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*).

Lípidos

Los lípidos conservados en la semilla en forma de triglicérido, son degradados 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 mitocondrias, las cuales 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).

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, mientras que en las proteínas del endospermo, la α -amilasa degrada los cuerpos protéicos para liberar aminoácidos que son transportados al embrión para la síntesis de proteínas estructurales y enzimáticas. En las 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).

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).

1.2.6. Factores que influyen en la germinación

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 o puede ocurrir que las cubiertas seminales sean duras, por lo que al comprimir el embrión le impiden germinar (Matilla, 2013).

Al respecto Huanca *et al.* (2013) mencionan que semillas de quinua con diámetro mayor presentan mayor porcentaje de germinación en comparación a las de menor diámetro.

■ **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).

Las semillas pueden mantener su viabilidad por algunos días, meses e incluso por muchos años al poseer una cubierta seminal dura y una actividad metabólica lenta (García *et al.*, 2006). Al respecto Castellón (2008) encontró que semillas de quinua almacenadas en 14% de humedad relativa y temperatura ambiente, durante seis meses, disminuyeron su porcentaje de germinación entre 5% y 30%; asimismo, Pinto y Rojas (2013) reportan que el porcentaje de germinación en 27 accesiones de quinua, almacenadas durante siete años en condiciones de 10°C y 45% de humedad relativa, disminuyó entre 1 y 85% en 26 accesiones e incrementó en 2% en una accesión.

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 O₂ y CO₂, 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 O₂ y 0.03% de CO₂ (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 1250 unidades lux (Peretti, 1994).

1.3. 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, cuyo tiempo de germinación oscila en promedio entre tres y diez días según la especie; además, pueden ser producidos en cualquier temporada a bajo costo y presentan principalmente propiedades nutricionales superiores al de 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 mayor contenido de aminoácidos como lisina, prolina, fenilalanina, triptófano y alanina según Jimenez (2012).
- No contienen elementos tóxicos y ácidos como el ácido fítico y 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 degradan los α -galactósidos, responsables de producir flatulencia en algunas personas después del consumo de los granos.

- Sintetizan clorofila si están expuestas a la luz.
- Son de sabor dulce, porque los almidones se transforman en azúcares simples (dextrosa y maltosa).
- Presentan mayor contenido de ácidos grasos esenciales.
- Según Suárez y Melgarejo (2011) citados por Buenrostro *et al.* (2016), en los germinados el contenido de almidón y grasas disminuye, ya que durante el proceso de germinación, la semilla hace uso de las reservas de nutrientes para el crecimiento y elongación del embrión.

1.3.1. 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 las siguientes:

- Son fáciles de digerir al ser consumidas, ya que son alimentos pre-digeridos; 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; al respecto, Buenrostro *et al.* (2016) explica que la disminución de fibra se debe a la degradación de la pared celular durante la germinación y su incremento se debe al mayor tamaño de la plántula por la mayor presencia de celulosa.
- 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.

- La germinación de las semillas es un proceso factible que permite obtener nuevos productos (Díaz *et al.*, 2011).

1.3.2. Métodos de germinación

De acuerdo con Botero (2015) existen muchos métodos para la producción de germinados, los cuales están en función al tipo de semilla (dureza de la testa), al sabor del brote, a las preferencias personales y a la finalidad que tiene la producción, ya sea una producción doméstica o intensiva. Para el caso de las producciones domésticas los métodos más utilizados son los siguientes:

Método del frasco

Consiste en utilizar frascos de vidrio de boca ancha, en el cual las semillas se dejan reposar por un tiempo que varía según la especie, posteriormente se escurre el agua y se lavan nuevamente las semillas para eliminar sus exudados; finalmente se cubre la boquilla del frasco con una tela de tul sujetándolo con una liga de caucho y luego se deja en un ambiente fresco, con el frasco invertido e inclinado 45 grados aproximadamente para que la humedad sea uniforme.

Método del talego

Consiste en utilizar una bolsa de tul, en el cual se colocan las semillas, las cuales se sumergen en un recipiente con agua durante un tiempo variable para cada especie, finalmente la bolsa se cuelga en un ambiente fresco hasta que germinen las semillas.

Método de la bandeja

Consiste en utilizar bandejas de cualquier material, al respecto Barrón *et al.* (2008) indica que se pueden utilizar charolas de plástico perforadas de 40×20×12 cm con una capa de tela de yute, las cuales según Chaparro *et al.* (2010) deben ser acanaladas para que el agua pueda discurrir con facilidad.

1.3.3. Proceso de producción de germinados

Según Córdova (2010) el proceso de producción de germinados es el siguiente:

Recepción de materia prima

La materia prima debe ser homogénea y estar libre de material extraño; por ello, se debe realizar el tamizado para eliminar todas las impurezas.

Lavado y desinfección

Consiste en lavar las semillas con agua potable para eliminar impurezas, luego se debe proceder a la desinfección de estas utilizando hipoclorito de sodio.

Remojo

Las semillas deben pasar por un proceso de remojo para activar el proceso de germinación, después del cual se debe escurrir y lavar. Según Botero (2015) se debe realizar el cambio de agua cada cierto tiempo durante el remojo, para retirar la exudación de las semillas, además menciona que el

tiempo de remojo varía con la especie. Díaz *et al.* (2004), señala que el remojo incrementa el peso de los granos germinados y la longitud de la radícula, favoreciendo los cambios bromatológicos que se presentan durante el germinado, ya que aumenta su contenido proteico y de minerales.

Germinación

Las semillas después del remojo, según Botero (2015) pueden ser colocadas en bandejas o frascos de vidrio hasta que cumplan el tiempo de germinación o también, una vez que la radícula tenga el mismo tamaño que la semilla, pueden ser sembradas en el suelo para ser consumidas como plántulas.

Humectación o hidratación

Chaparro *et al.* (2011) señalan que durante la fase de germinación se debe realizar la humectación o hidratación de las semillas con agua potable por aspersión, de acuerdo con el requerimiento particular de cada especie; así, señalan que para el amaranto (*Amaranthus sp*) debe ser cada seis horas, para la soya (*Glycine max*) cada 24 horas y según Buenrostro *et al.* (2016) para la chía (*Salvia hispánica*) cada 24 horas.

1.3.4. Consideraciones generales

De acuerdo con Botero (2015) para la producción de germinados se debe tomar en cuenta las 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.
- 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 o cebada pueden ser utilizadas extrayendo su clorofila, para lo cual la disponibilidad de luz es indispensable.
- 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.
- 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.
- 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.

- En producciones intensivas a nivel nacional, se debe considerar el Reglamento de la Ley de Inocuidad de los Alimentos N° 1062, aprobado por el Decreto Supremo N° 034-2008-AG.

1.4. GERMINADOS DE QUINUA

1.4.1. Proceso de producción

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.

Evaluación de la capacidad de germinación

Bravo *et al.* (2013) indican que consiste en verificar el porcentaje de germinación de 100 semillas en condiciones favorables, el cual según Chaparro *et al.* (2010) debe ser mayor a 90% para producción de germinados.

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).

Lavado

Según Chaparro *et al.* (2010) las semillas deben ser lavadas en agua potable. Al respecto Chancusig (2013) y Bravo *et al.* (2013) señalan que el

lavado se realiza para eliminar las saponinas y todo tipo de impurezas adheridas a la superficie del grano, el cual también se puede realizar por vía seca como lo demuestra Quiroga y Escalera (2010), a través de la aplicación de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor.

Desinfección de las semillas

Se realiza con la finalidad de eliminar todo tipo de patógenos que pudieran causar una infección. Así 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% y Amistá y Tavano (2013) utilizó una concentración de 0.07% por un minuto.

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 500g 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, el cual se alcanza en menos de ocho horas de remojo.

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, ya que la germinación tiende a estabilizarse en este tiempo por que la mayoría de las semillas germinan; mientras 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.

Humectación o hidratación de las semillas

Chaparro *et al.* (2010) manifiestan que debe realizarse con agua potable por aspersión cada 12 horas, con la finalidad de activar el proceso de germinación de las semillas de quinua y evitar la contaminación de estas mediante el agua con ciertos patógenos.

1.4.2. Contenido nutricional

Según la tabla 1.1 reportada por Bravo *et al.* (2013) los granos germinados de quinua durante 24 horas en base seca, presentan un incremento en el contenido de proteínas, hierro, calcio, niacina y ácido ascórbico; mientras que la grasa, ceniza, fibra y fósforo disminuyen, esta última debido a que es consumida por la plántula durante su crecimiento y desarrollo. Cabe resaltar que el contenido de calcio es la que presenta mayor incremento.

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

Contenido nutricional	Quinoa sin germinar	Quinoa 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 semillas de quinua, genera un incremento significativo en la digestibilidad de las proteínas; asimismo, Chaparro *et al.* (2011) señalan que 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 (con mayor aporte de aminoácidos esenciales); 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 las semillas sin germinar.

Bedón *et al.* (2013) reportan en quinua var. Hualhuas Blanca que la α -amilasa tiene mayor actividad enzimática a las 36 horas de germinación en

condiciones de oscuridad, 22 °C y 83 % de humedad relativa; además, mencionan que esta enzima presenta una progresiva aparición en las primeras 36 horas y un descenso entre 42 y 72 horas.

1.4.3. 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.

1.4.4. Conservación

Puede ser conservada en refrigeración entre 8 y 15 días (Botero, 2015).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con los objetivos planteados, la presente investigación se dividió en tres fases, siendo la primera de selección, la segunda de producción de germinados y la tercera de conservación.

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

Para la fase de selección se utilizaron 98 accesiones de quinua del Banco de Germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal regeneradas el año 2013 (sembradas en febrero y cosechadas de junio a agosto), de las cuales se eligieron diez accesiones con las que se trabajó

en la fase de producción de germinados. Finalmente, en la fase de conservación, se trabajó con cuatro accesiones que se seleccionaron de la fase de producción de germinados.

2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.3.1. Variables y factores en estudio

Fase de selección

- **Accesiones de quinua:**

98 accesiones (ver tabla 2.1).

Fase de producción de germinados

- **Factor AS:** accesiones de quinua elegidas en la fase de selección

a1 : UNSCHLGBV60405**24**13

a2 : UNSCHLGBV60405**43**13

a3 : UNSCHLGBV60405**46**13

a4 : UNSCHLGBV60405**48**13

a5 : UNSCHLGBV60405**80**13

a6 : UNSCHLGBV60405**92**13

a7 : UNSCHLGBV60405**96**13

a8 : UNSCHLGBV60405**100**13

a9 : UNSCHLGBV60405**116**13

a10 : Quinua roja

- **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

Fase de conservación

En esta fase se trabajaron con germinados producidos con las accesiones UNSCHLGBV60405**80**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV60405-**116**13 y quinua roja, producidas en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas.

- **Temperatura de almacenamiento:**

5°C (en refrigeradora)

8°C (en cámara fría)

Temperatura ambiente

2.3.2. Diseño experimental

- **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:

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

Donde:

Y_{ij} : j -ésima observación en la accesión i .

μ : media general .

α_i : efecto de la i -ésima accesión.

ε_{ij} : error experimental.

■ Fase de producción de germinados

Se usó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con arreglo factorial $10AS \times 3TG \times 3TI$ con tres repeticiones cada uno, resultantes de la interacción de las diez accesiones elegidas 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} : observación l en el nivel i del factor AS, nivel j del factor TG y nivel k del factor TI.

μ : media general.

α_i : efecto del nivel i del factor AS.

β_j : efecto del nivel j del factor TG.

γ_k : efecto del nivel k del factor TI.

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de la interacción del nivel i del factor AS con el nivel j del factor TG.

- $(\alpha\gamma)_{ik}$: efecto de la interacción del nivel i del factor AS con el nivel k del factor TI.
- $(\beta\gamma)_{jk}$: efecto de la interacción del nivel j del factor TG con el nivel k del factor TI.
- $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$: efecto de la interacción del nivel i del factor AS con el nivel j del factor TG y el nivel k del factor TI.
- ε_{ijkl} : efecto del error experimental.

■ Fase de conservación

Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) constituido por tres tratamientos (temperaturas de almacenamiento de 5°C, 10°C y temperatura ambiente) con tres repeticiones por cada tratamiento.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} : j -ésima observación en el tratamiento i .

μ : media general .

α_i : efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} : error experimental .

Características de la unidad experimental

En la fase de selección la unidad experimental fue diferente para cada variable evaluada, siendo 100 semillas para la variable peso de 1000 semillas,

una muestra de semillas de quinua para la variable densidad aparente, 10 semillas para las variables diámetro y espesor de semillas, 0.5 ± 0.02 g de quinua para la variable contenido de saponina y para las variables porcentaje de germinación e índice de conversión, 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.

Tratamientos

■ Fase de selección

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

T	Accesión	T	Accesión
T1	UNSCHLGBV604050113	T27	UNSCHLGBV604053313
T2	UNSCHLGBV604050213	T28	UNSCHLGBV604053413
T3	UNSCHLGBV604050313	T29	UNSCHLGBV604053513
T4	UNSCHLGBV604050513	T30	UNSCHLGBV604053613
T5	UNSCHLGBV604050613	T31	UNSCHLGBV604053813
T6	UNSCHLGBV604050713	T32	UNSCHLGBV604053913
T7	UNSCHLGBV604050813	T33	UNSCHLGBV604054013
T8	UNSCHLGBV604050913	T34	UNSCHLGBV604054113
T9	UNSCHLGBV604051013	T35	UNSCHLGBV604054313
T10	UNSCHLGBV604051313	T36	UNSCHLGBV604054613
T11	UNSCHLGBV604051413	T37	UNSCHLGBV604054713
T12	UNSCHLGBV604051513	T38	UNSCHLGBV604054813
T13	UNSCHLGBV604051613	T39	UNSCHLGBV604054913
T14	UNSCHLGBV604051813	T40	UNSCHLGBV604055113
T15	UNSCHLGBV604052013	T41	UNSCHLGBV604055313
T16	UNSCHLGBV604052113	T42	UNSCHLGBV604055413
T17	UNSCHLGBV604052213	T43	UNSCHLGBV604055513
T18	UNSCHLGBV604052313	T44	UNSCHLGBV604055613
T19	UNSCHLGBV604052413	T45	UNSCHLGBV604055713
T20	UNSCHLGBV604052513	T46	UNSCHLGBV604055813
T21	UNSCHLGBV604052613	T47	UNSCHLGBV604055913
T22	UNSCHLGBV604052713	T48	UNSCHLGBV604056013
T23	UNSCHLGBV604052813	T49	UNSCHLGBV604056113
T24	UNSCHLGBV604053013	T50	UNSCHLGBV604056213
T25	UNSCHLGBV604053113	T51	UNSCHLGBV604056413
T26	UNSCHLGBV604053213	T52	UNSCHLGBV604056713

continúa...

continúa...

T	Accesión	T	Accesión
T53	UNSCHLGBV60405 68 13	T76	UNSCHLGBV60405 100 13
T54	UNSCHLGBV60405 69 13	T77	UNSCHLGBV60405 102 13
T55	UNSCHLGBV60405 70 13	T78	UNSCHLGBV60405 115 13
T56	UNSCHLGBV60405 71 13	T79	UNSCHLGBV60405 116 13
T57	UNSCHLGBV60405 72 13	T80	UNSCHLGBV60405 117 13
T58	UNSCHLGBV60405 75 13	T81	UNSCHLGBV60405 118 13
T59	UNSCHLGBV60405 76 13	T82	UNSCHLGBV60405 119 13
T60	UNSCHLGBV60405 77 13	T83	UNSCHLGBV60405 120 13
T61	UNSCHLGBV60405 78 13	T84	UNSCHLGBV60405 122 13
T62	UNSCHLGBV60405 79 13	T85	UNSCHLGBV60405 123 13
T63	UNSCHLGBV60405 80 13	T86	UNSCHLGBV60405 125 13
T64	UNSCHLGBV60405 82 13	T87	UNSCHLGBV60405 126 13
T65	UNSCHLGBV60405 83 13	T88	UNSCHLGBV60405 127 13
T66	UNSCHLGBV60405 84 13	T89	UNSCHLGBV60405 128 13
T67	UNSCHLGBV60405 85 13	T90	UNSCHLGBV60405 129 13
T68	UNSCHLGBV60405 86 13	T91	UNSCHLGBV60405 130 13
T69	UNSCHLGBV60405 87 13	T92	UNSCHLGBV60405 131 13
T70	UNSCHLGBV60405 88 13	T93	UNSCHLGBV60405 133 13
T71	UNSCHLGBV60405 92 13	T94	UNSCHLGBV60405 134 13
T72	UNSCHLGBV60405 94 13	T95	UNSCHLGBV60405 135 13
T73	UNSCHLGBV60405 96 13	T96	Quinoa amarilla
T74	UNSCHLGBV60405 98 13	T97	Quinoa blanca
T75	UNSCHLGBV60405 99 13	T98	Quinoa roja

■ Fase de producción de germinados

Tabla 2.2: *Tratamientos (T) constituidos por la interacción de diez accesiones seleccionadas (AS), tres tiempos de germinación (TG) y tres tipos de iluminación (TI) aplicados a las unidades experimentales en la fase de producción de germinados de quinua (Chenopodium quinoa). Huamanga-Ayacucho, 2016.*

T	AS	TG	TI	T	AS	TG	TI	T	AS	TG	TI
T1	a1	tg1	ti1	T17	a2	tg2	ti3	T33	a4	tg3	ti2
T2	a1	tg2	ti1	T18	a2	tg3	ti3	T34	a4	tg1	ti3
T3	a1	tg3	ti1	T19	a3	tg1	ti1	T35	a4	tg2	ti3
T4	a1	tg1	ti2	T20	a3	tg2	ti1	T36	a4	tg3	ti3
T5	a1	tg2	ti2	T21	a3	tg3	ti1	T37	a5	tg1	ti1
T6	a1	tg3	ti2	T22	a3	tg1	ti2	T38	a5	tg2	ti1
T7	a1	tg1	ti3	T23	a3	tg2	ti2	T39	a5	tg3	ti1
T8	a1	tg2	ti3	T24	a3	tg3	ti2	T40	a5	tg1	ti2
T9	a1	tg3	ti3	T25	a3	tg1	ti3	T41	a5	tg2	ti2
T10	a2	tg1	ti1	T26	a3	tg2	ti3	T42	a5	tg3	ti2
T11	a2	tg2	ti1	T27	a3	tg3	ti3	T43	a5	tg1	ti3
T12	a2	tg3	ti1	T28	a4	tg1	ti1	T44	a5	tg2	ti3
T13	a2	tg1	ti2	T29	a4	tg2	ti1	T45	a5	tg3	ti3
T14	a2	tg2	ti2	T30	a4	tg3	ti1	T46	a6	tg1	ti1
T15	a2	tg3	ti2	T31	a4	tg1	ti2	T47	a6	tg2	ti1
T16	a2	tg1	ti3	T32	a4	tg2	ti2	T48	a6	tg3	ti1

continúa...

continúa...

T	AS	TG	TI	T	AS	TG	TI	T	AS	TG	TI
T49	a6	tg1	ti2	T63	a7	tg3	ti3	T77	a9	tg2	ti2
T50	a6	tg2	ti2	T64	a8	tg1	ti1	T78	a9	tg3	ti2
T51	a6	tg3	ti2	T65	a8	tg2	ti1	T79	a9	tg1	ti3
T52	a6	tg1	ti3	T66	a8	tg3	ti1	T80	a9	tg2	ti3
T53	a6	tg2	ti3	T67	a8	tg1	ti2	T81	a9	tg3	ti3
T54	a6	tg3	ti3	T68	a8	tg2	ti2	T82	a10	tg1	ti1
T55	a7	tg1	ti1	T69	a8	tg3	ti2	T83	a10	tg2	ti1
T56	a7	tg2	ti1	T70	a8	tg1	ti3	T84	a10	tg3	ti1
T57	a7	tg3	ti1	T71	a8	tg2	ti3	T85	a10	tg1	ti2
T58	a7	tg1	ti2	T72	a8	tg3	ti3	T86	a10	tg2	ti2
T59	a7	tg2	ti2	T73	a9	tg1	ti1	T87	a10	tg3	ti2
T60	a7	tg3	ti2	T74	a9	tg2	ti1	T88	a10	tg1	ti3
T61	a7	tg1	ti3	T75	a9	tg3	ti1	T89	a10	tg2	ti3
T62	a7	tg2	ti3	T76	a9	tg1	ti2	T90	a10	tg3	ti3

■ Fase de conservación

Tabla 2.3: *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	Temperatura ambiente

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, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5.

■ Fase de selección

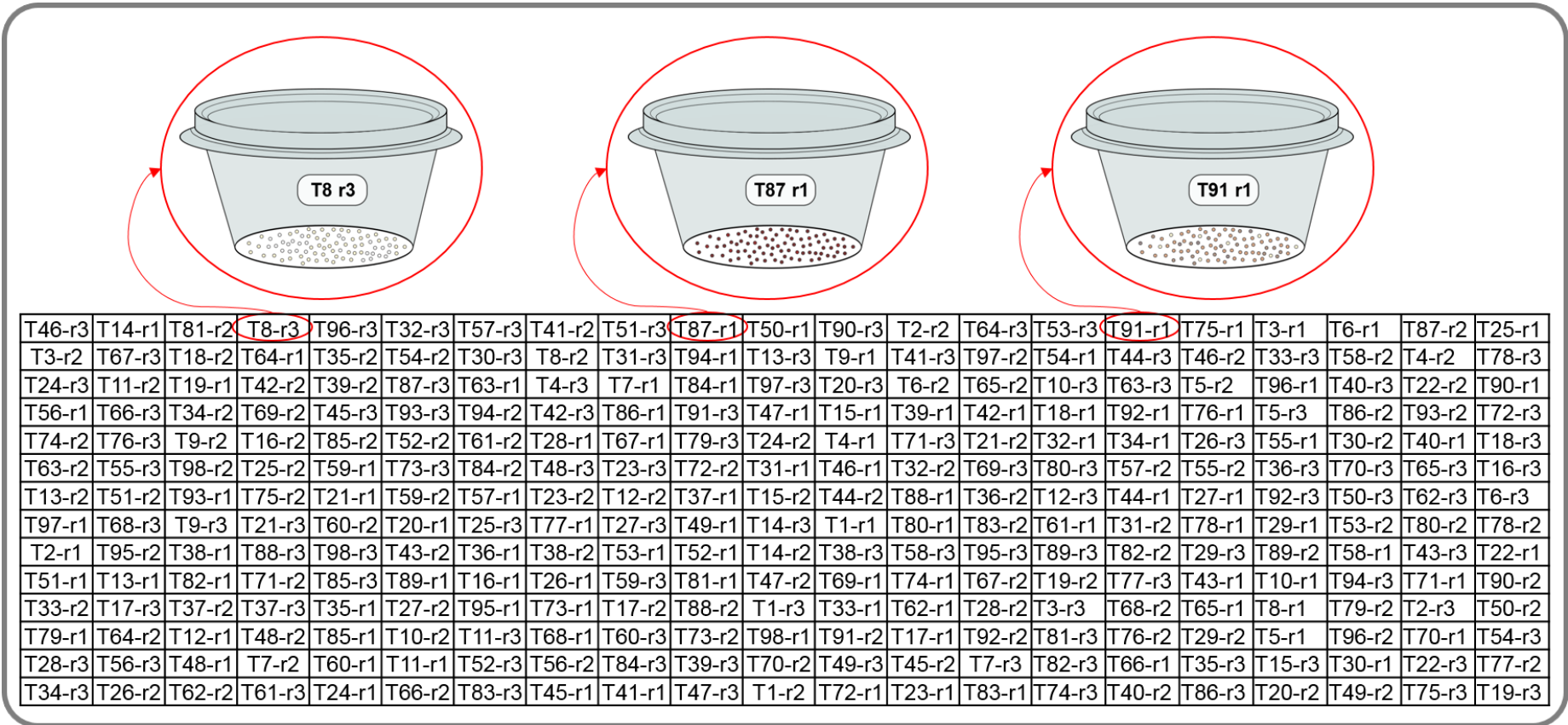


Figura 2.1: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de selección.

■ Fase de producción de germinados

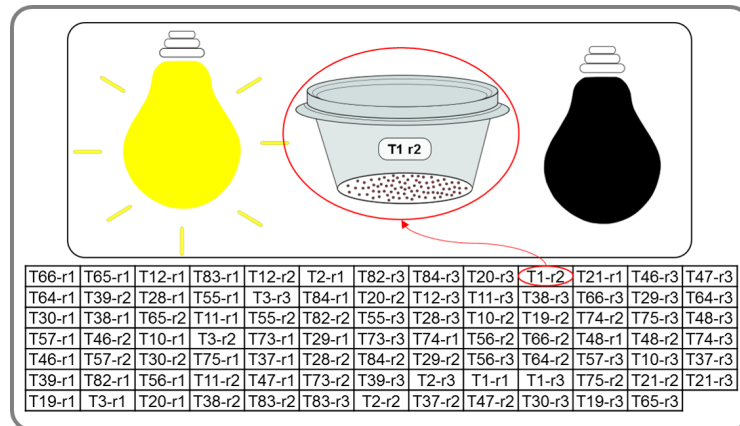


Figura 2.2: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad.

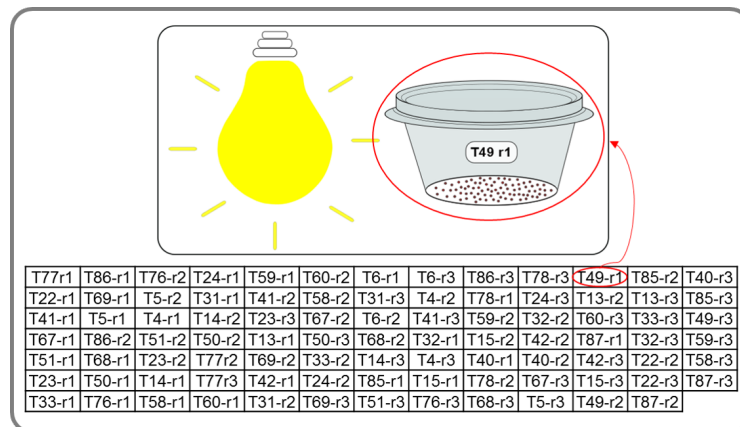


Figura 2.3: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de luz continua.

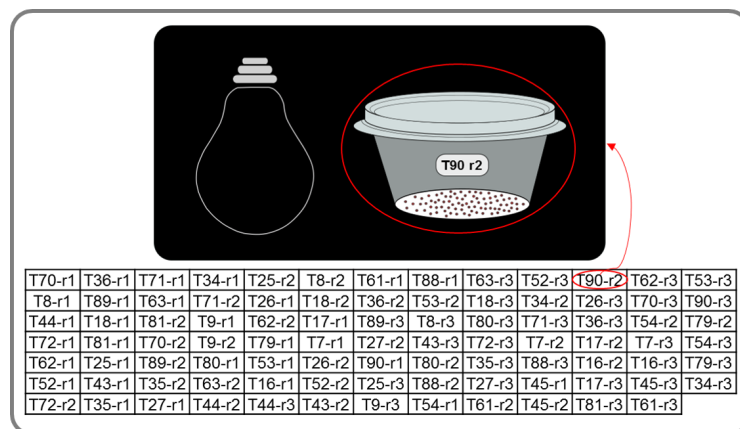


Figura 2.4: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de producción de germinados en condiciones de oscuridad continua.

■ Fase de conservación

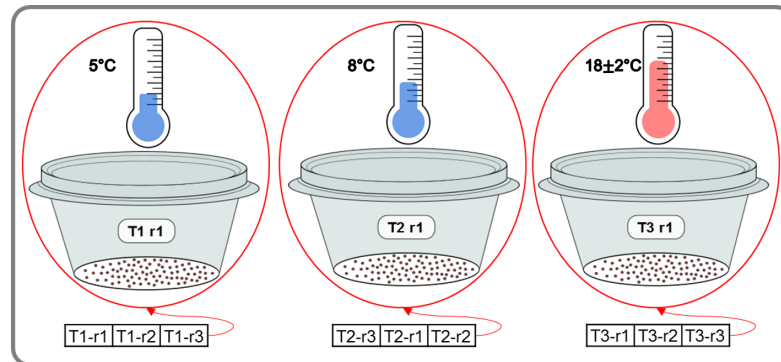


Figura 2.5: Croquis de distribución de los tratamientos de la fase de conservación.

2.4. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.4.1. Fase de selección de accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV

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 30.0 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.

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 y pinzas; logrando separar semillas pe-

queñas, semillas partidas, piedras, restos de tallos, perigonios de semillas, polvillos y otros materiales extraños a las semillas de quinua.

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.

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.

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.

Hidratación de semillas

Una vez instalados los tapers con las 100 semillas, la hidratación 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:

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 de selección.

Germinación de las semillas

Los tapers 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 tapers fueron colocados en biotrópico 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 continua 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 continua. Los germinados fueron obtenidos después de 24, 48 y 72 horas de germinación.

Hidratación de semillas

Se realizó con agua destilada cada 24 horas.

2.4.3. Fase de conservación de germinados

Una vez obtenidos los germinados de las accesiones UNSCHLGBV604058013, UNSCHLGBV604059613, UNSCHLGBV6040511613 y quinua roja, producidas en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas, fueron colocados de acuerdo a los tratamientos establecidos en condiciones de refrigeración a temperaturas de 5°C y 8°C y a temperatura ambiente durante 15 días.

2.5. VARIABLES EVALUADAS

2.5.1. Fase de selección

Calidad física

■ Peso de 1000 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 1000 semillas mediante la siguiente fórmula:

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

■ Densidad aparente (g/1000 cm³)

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 $\text{g}/1000\text{ cm}^3$ de mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/1000 cm}^3\text{)} = \frac{\text{peso muestra (g)} \times 1000}{\text{volumen muestra (ml)}}$$

■ **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 ± 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.

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

Calidad fisiológica

■ 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 hipocótilo (cm)

Se registró mediante la medición del hipocótilo (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).

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 continua, oscuridad continua y 12 horas luz-12 horas oscuridad. Siendo el arreglo factorial utilizado 3TI×3TG sin repeticiones.

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 eva-

luación sensorial de germinados de accesiones elegidas en la fase de selección, germinadas por 24, 48 y 72 horas en condiciones de luz continua, oscuridad continua 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:

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

Las variables de evaluación sensorial y contenido de proteína bruta se realizaron de manera complementaria, para conocer la aceptación de los germinados por los consumidores y la calidad nutricional de estas.

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

Fase de selección

Se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) para determinar si al menos el promedio de uno de los tratamientos difería del resto en las variables evaluadas. En los que resultaron diferentes se realizaron tablas de distribución de frecuencias y gráficos de histograma con ajuste normal y luego se aplicó una probabilidad de selección del 15 % de los mejores resultados. El procesamiento estadístico se realizó con el software InfoStat versión 2016.

Fase de producción de germinados

Se efectuó el Análisis de Varianza (ANVA) para todas las variables evaluadas en esta fase, a excepción de la variable contenido de proteína bruta y primera evaluación sensorial, para determinar si al menos el promedio de uno de los tratamientos difería del resto en las variables evaluadas. Para las variables que resultaron diferentes se realizó la prueba de contraste de Tukey ($\alpha = 0.05$), así como tablas de distribución de frecuencias en las variables primera y segunda evaluación sensorial utilizando el software InfoStat versión 2016.

Fase de conservación

Se realizaron Análisis de Varianza (ANVA) y pruebas de contraste de Tukey

($\alpha = 0.05$) utilizando el software InfoStat versión 2016.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. FASE DE SELECCIÓN DE ACCESIONES DE QUINUA DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL LGBV

Los cuadrados medios del análisis de varianza de la tabla 3.1, muestra que para el peso de 1 000 semillas, porcentaje de germinación e índice de conversión, existe diferencia altamente significativa, lo cual indica que los promedios de las accesiones difieren estadísticamente entre ellos para estas variables; por lo que se realizaron las distribuciones de frecuencias (ver tablas 3.3, 3.5 y 3.7); mientras que para la densidad aparente no existe diferencia estadística, lo cual indica que los promedios obtenidos de la densidad aparente para todas las accesiones en estudio son iguales estadísticamente; sin embargo, el promedio obtenido ($687.59 \text{ g}/1000 \text{ cm}^3$) es superior al reportado por Alfaro (2013), quien encontró una media de $621.34 \text{ g}/1000 \text{ cm}^3$ en la evaluación de 102 accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV de la UNSCH; pero es inferior al reportado por Reynaga *et al.* (2013), quien obtuvo $739 \text{ g}/1000 \text{ cm}^3$ en quinua real.

Tabla 3.1: Cuadrados medios del análisis de varianza del peso de 1000 semillas (*P* 1000 *S*), densidad aparente (*DA*), porcentaje de germinación (*PG*) e índice de conversión (*IC*) de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

F de V	GL	Cuadrados Medios			
		P 1000 S (g)	DA (g/1000 cm ³)	PG (%)	IC
Tratamientos	97	0.58 **	4205.56 ns	968.65 **	0.09 **
Error	196	0.02	4255.04	17.65	0.0044
Total	293				
CV (%)		5.52	9.49	6.16	11.40
Promedio		2.79	687.59	68.14	0.58
Máximo		3.93	834.04	95.33	0.99
Mínimo		1.70	587.02	6.00	0.01

De igual forma los cuadrados medios del análisis de varianza de la tabla 3.2, muestra que existe diferencia altamente significativa en el diámetro y espesor de semilla; lo cual indica que existe diferencia entre los promedios de las accesiones para estas variables; por lo que se realizaron tablas de distribución de frecuencias (ver tablas 3.9 y 3.11).

Tabla 3.2: Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables diámetro de semilla (*DS*) y espesor de semilla (*ES*) de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados Medios	
		DS (mm)	ES (mm)
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

3.1.1. Peso de 1000 semillas

La tabla de distribución de frecuencias 3.3, muestra que el promedio del peso de 1 000 semillas de las 98 accesiones de quinua, fluctúa entre 1.70 y 3.93 g con una media de 2.79 g. Estos resultados están dentro del rango

encontrado por Rojas y Pinto (2013), quienes para la colección boliviana de germoplasma de quinua, reportan un rango que oscila entre 1.20 y 6.0 g, asimismo, son similares al obtenido por Gabriel *et al.* (2013) en la caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua, el cual oscila entre 2.40 y 3.50 g; así como al reportado por Alfaro (2013) en 102 accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV de la UNSCH, que oscila entre 0.60 y 3.85 g con una media de 2.54 g.

La tabla 3.3, señala también que el rango más frecuente corresponde a la categoría media que se encuentra entre 2.59 y 3.04 g con 36 accesiones (37%); además indica que para el conjunto de las 98 accesiones, la distribución se aproxima a la normal, por lo que el valor de selección calculado para el 15% de las accesiones superiores es de 3.24 g.

Tabla 3.3: Distribución de frecuencias del promedio del peso de 1000 semillas de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Clase	Categoría	LI	LS	FA	FR
1	Mínimo	1.70	2.15	8	0.08
2	Bajo	2.15	2.59	22	0.22
3	Medio	2.59	3.04	36	0.37
4	Alto	3.04	3.48	30	0.31
5	Máximo	3.48	3.93	2	0.02
Promedio (g)		2.79			
Máximo (g)		3.93			
Mínimo (g)		1.70			
$X_s = ZS + \bar{x}$		3.24			

Nota: LI: límite inferior, LS: límite superior, FA: frecuencia absoluta, FR: frecuencia relativa, $X_s = ZS + \bar{x}$: probabilidad de selección del 15%.

El histograma de la figura 3.1, muestra la distribución normal para el conjunto de las 98 accesiones del peso de 1000 semillas y la selección del 15% de las accesiones superiores a partir de 3.24 g.

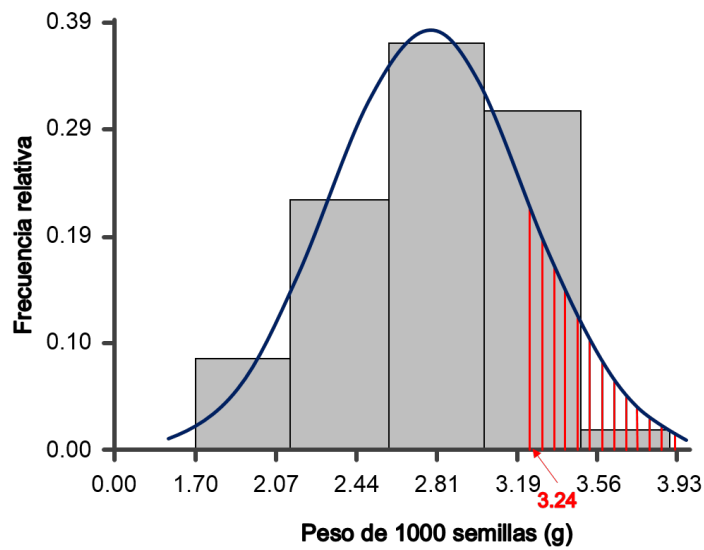


Figura 3.1: Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el peso de 1000 semillas y selección del 15%.

La tabla 3.4, muestra los promedios del peso de 1000 semillas de las accesiones elegidas para una probabilidad de selección del 15%, siendo 17 las accesiones seleccionadas, con valores que fluctúan entre 3.27 y 3.93 g y una media de 3.37 g.

Tabla 3.4: Promedios del peso de 1000 semillas (*P* 1000 *S*) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.

Tratamiento	Accesión	P 1000 S (g)
T96	Quinoa amarilla	3.93
T25	UNSCHLGBV604053113	3.53
T46	UNSCHLGBV604055813	3.47
T35	UNSCHLGBV604054313	3.40
T69	UNSCHLGBV604058713	3.40
T73	UNSCHLGBV604059613	3.37
T63	UNSCHLGBV604058013	3.37
T83	UNSCHLGBV6040512013	3.33
T30	UNSCHLGBV604053613	3.30
T38	UNSCHLGBV604054813	3.30
T13	UNSCHLGBV604051613	3.30
T14	UNSCHLGBV604051813	3.30
T79	UNSCHLGBV6040511613	3.28
T12	UNSCHLGBV604051513	3.27
T71	UNSCHLGBV604059213	3.27
T6	UNSCHLGBV604050713	3.27
T9	UNSCHLGBV604051013	3.27
Promedio		3.37
Accesiones seleccionadas: 17		

3.1.2. Porcentaje de germinación

La tabla de distribución de frecuencias 3.5, muestra que el promedio del porcentaje de germinación de las 98 accesiones de quinua, oscila entre 6.00 y 95.33% con una media de 68.14%. Estos resultados están dentro del rango reportado por Pinto y Rojas (2013), quienes encontraron porcentajes de germinación que oscilan entre 2 y 98%, en accesiones de quinua almacenadas durante tres años en condiciones de 10 °C y 45% de humedad relativa.

La amplitud encontrada en el rango de valores se debe a las condiciones de almacenamiento, tal como lo reporta Castellión (2008), quien demuestra que semillas de quinua almacenadas en condiciones ambientales (14% de humedad relativa y temperatura ambiente) durante seis meses, disminuyen su porcentaje de germinación entre 5 y 30%; mientras que almacenadas en banco de germoplasma (6% de humedad relativa y -20 °C) mantienen invariables su porcentaje de germinación, por lo que se corrobora que las condiciones de almacenamiento influyen en el porcentaje de germinación por el daño que ocasionan en los tejidos embrionarios, que según Besnier (1989), las vuelven incapaces de realizar las reparaciones de membranas y orgánulos necesarias para iniciar su actividad metabólica.

La tabla 3.5, señala también que el rango más frecuente corresponde a la categoría máxima que se encuentra entre 77.46 y 95.33% con 38 accesiones (39%); además indica que para el conjunto de las 98 accesiones, la distribución se aproxima a la normal, por lo que el valor de selección

calculado para el 15% de las accesiones superiores es de 86.76%.

Tabla 3.5: Distribución de frecuencias del porcentaje de germinación de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Clase	Categoría	LI	LS	FA	FR
1	Mínimo	[6.00	23.87]	2	0.02
2	Bajo	(23.87	41.73]	6	0.06
3	Medio	(41.73	59.60]	22	0.22
4	Alto	(59.60	77.46]	30	0.31
5	Máximo	(77.46	95.33]	38	0.39
Promedio (%)		68.14			
Máximo (%)		95.33			
Mínimo (%)		6.00			
$X_s = ZS + \bar{x}$		86.76			

Nota: LI: límite inferior, LS: límite superior, FA: frecuencia absoluta, FR: frecuencia relativa, $X_s = ZS + \bar{x}$: probabilidad de selección del 15%.

El histograma de la figura 3.2, muestra la distribución normal para el conjunto de las 98 accesiones del porcentaje de germinación, y la selección del 15% de las accesiones superiores a partir de 86.76%.

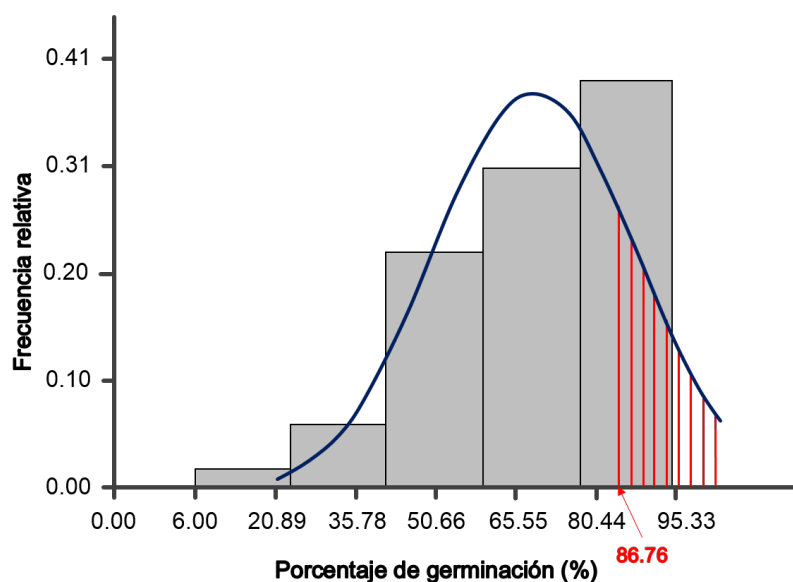


Figura 3.2: Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el porcentaje de germinación y selección del 15%.

La tabla 3.6, muestra los promedios del porcentaje de germinación de las

accesiones elegidas para una probabilidad de selección del 15%, siendo 16 las accesiones seleccionadas, con valores que fluctúan entre 87.00 y 95.33% y una media de 90.19%.

Tabla 3.6: *Promedios del porcentaje de germinación (PG) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.*

Tratamiento	Accesión	PG (%)
T96	Quinoa amarilla	95.33
T79	UNSCHLGBV6040511613	95.33
T97	Quinoa blanca	92.67
T6	UNSCHLGBV604050713	92.33
T63	UNSCHLGBV604058013	91.33
T76	UNSCHLGBV6040510013	90.67
T12	UNSCHLGBV604051513	90.33
T36	UNSCHLGBV604054613	89.67
T89	UNSCHLGBV6040512813	89.00
T19	UNSCHLGBV604052413	89.00
T73	UNSCHLGBV604059613	88.67
T34	UNSCHLGBV604054113	88.67
T47	UNSCHLGBV604055913	88.00
T90	UNSCHLGBV6040512913	87.67
T35	UNSCHLGBV604054313	87.33
T69	UNSCHLGBV604058713	87.00
Promedio		90.19
Accesiones seleccionadas: 16		

3.1.3. Índice de conversión

La tabla de distribución de frecuencias 3.7, muestra que el promedio del índice de conversión de las 98 accesiones de quinoa, oscila entre 0.01 y 0.94, con una media de 0.58.

Asimismo, señala que el rango más frecuente corresponde a la categoría alta que se encuentra entre 0.57 y 0.75 con 41 accesiones (42%); además indica que para el conjunto de las 98 accesiones, la distribución se aproxima a la normal, por lo que el valor de selección calculado para el 15% de las accesiones superiores es de 0.76.

Tabla 3.7: Distribución de frecuencias del índice de conversión de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Clase	Categoría	LI	LS	FA	FR
1	Mínimo	0.01	0.20	1	0.01
2	Bajo	0.20	0.38	12	0.12
3	Medio	0.38	0.57	33	0.34
4	Alto	0.57	0.75	41	0.42
5	Máximo	0.75	0.94	11	0.11
Promedio	0.58				
Máximo	0.94				
Mínimo	0.01				
$X_s = ZS + \bar{x}$	0.76				

Nota: LI: límite inferior, LS: límite superior, FA: frecuencia absoluta, FR: frecuencia relativa.

El histograma de la figura 3.3, muestra la distribución normal para el conjunto de las 98 accesiones del índice de conversión, y la selección del 15% de las accesiones superiores a partir de un índice de 0.76.

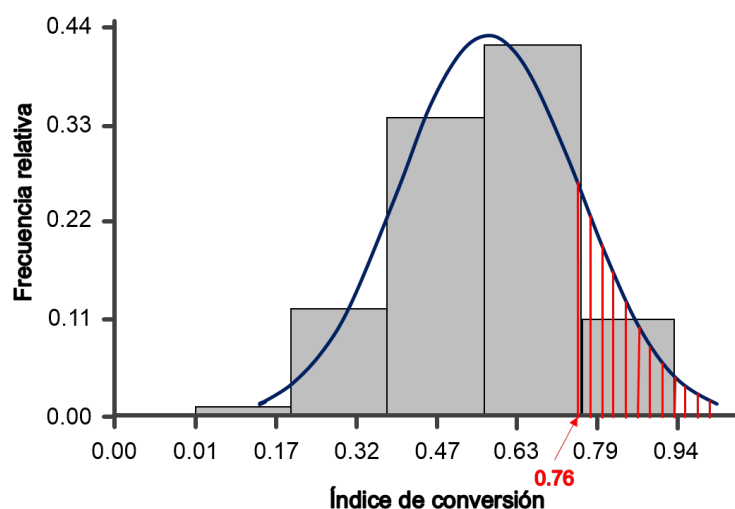


Figura 3.3: Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el índice de conversión y selección del 15%.

La tabla 3.8, muestra los promedios del índice de conversión de las accesiones elegidas para una probabilidad de selección del 15%, siendo 12 las accesiones seleccionadas, con valores de índice de conversión que fluctúan

entre 0.77 y 0.99 y una media de 0.87.

Tabla 3.8: Promedios del índice de conversión (IC) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.

Tratamiento	Accesión	IC
T97	Quinua blanca	0.99
T32	UNSCHLGBV604053913	0.94
T79	UNSCHLGBV6040511613	0.93
T36	UNSCHLGBV604054613	0.90
T38	UNSCHLGBV604054813	0.86
T63	UNSCHLGBV604058013	0.85
T71	UNSCHLGBV604059213	0.85
T98	Quinua roja	0.84
T76	UNSCHLGBV6040510013	0.83
T35	UNSCHLGBV604054313	0.82
T19	UNSCHLGBV604052413	0.81
T73	UNSCHLGBV604059613	0.77
Promedio		0.87
Accesiones seleccionadas: 12		

3.1.4. Diámetro de semilla

La tabla de distribución de frecuencias 3.9, muestra que el promedio del diámetro de semilla de las 98 accesiones de quinua, fluctúa entre 1.52 y 2.04 mm, con una media de 1.86 mm. Estos resultados están dentro del rango encontrado por Rojas y Pinto (2013), quienes en la colección boliviana de germoplasma de quinua, reportan un rango que oscila entre 1.03 y 2.66 mm; asimismo, son similares al obtenido por Gabriel *et al.* (2013) en la caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua, el cual oscila entre 1.90 y 3.00 mm; así como al reportado por Alfaro (2013) en 102 accesiones de quinua del banco de germoplasma del LGBV de la UNSCH, que oscila entre 1.54 y 3.37 mm.

La tabla 3.9, señala también que el rango más frecuente corresponde a la categoría alta que se encuentra entre 1.83 y 1.94 mm con 43 accesiones

(44%); además indica que para el conjunto de las 98 accesiones, la distribución se aproxima a la normal, por lo que el valor de selección calculado para el 15% de las accesiones superiores es de 1.96 mm.

Tabla 3.9: Distribución de frecuencias del diámetro de semilla de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Clase	Categoría	LI	LS	FA	FR
1	Mínimo	[1.52	1.62]	8	0.08
2	Bajo	{ 1.62	1.73 }	2	0.02
3	Medio	{ 1.73	1.83 }	18	0.18
4	Alto	{ 1.83	1.94 }	43	0.44
5	Máximo	(1.94	2.04]	27	0.28
Promedio (mm)		1.86			
Máximo (mm)		2.04			
Mínimo (mm)		1.52			
$X_s = ZS + \bar{x}$		1.96			

Nota: LI: límite inferior, LS: límite superior, FA: frecuencia absoluta, FR: frecuencia relativa, $X_s = ZS + \bar{x}$: probabilidad de selección del 15%.

El histograma de la figura 3.4, muestra la distribución normal para el conjunto de las 98 accesiones del diámetro de semilla, y la selección del 15% de las accesiones superiores a partir de 1.96 mm.

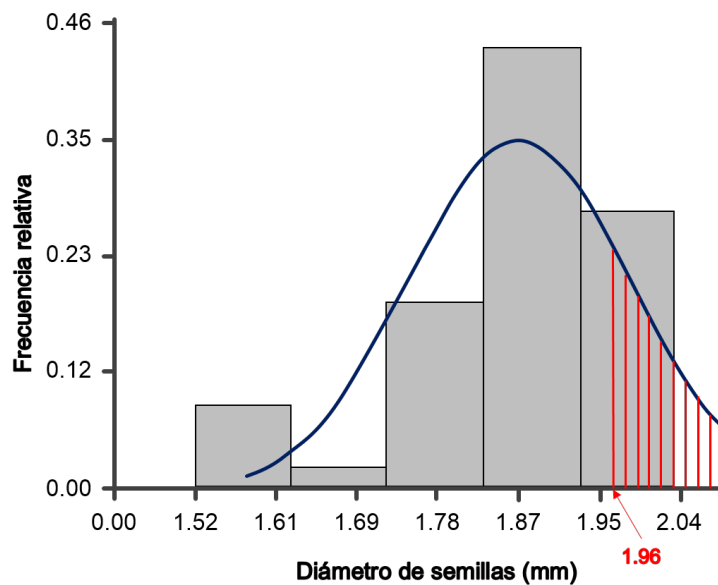


Figura 3.4: Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el diámetro de semillas y selección del 15%.

La tabla 3.10, muestra los promedios del diámetro de semilla de las accesiones elegidas para una probabilidad de selección del 15%, siendo 16 las accesiones seleccionadas, con valores que van de 1.97 a 2.04 mm y 1.99 mm de promedio.

Tabla 3.10: Promedios del diámetro de semilla (DS) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.

Tratamiento	Accesión	DS (mm)
T96	Quinua amarilla	2.04
T79	UNSCHLGBV60405 116 13	2.02
T69	UNSCHLGBV60405 87 13	2.02
T55	UNSCHLGBV60405 70 13	2.01
T35	UNSCHLGBV60405 43 13	2.00
T90	UNSCHLGBV60405 129 13	2.00
T9	UNSCHLGBV60405 10 13	1.99
T63	UNSCHLGBV60405 80 13	1.99
T6	UNSCHLGBV60405 07 13	1.99
T73	UNSCHLGBV60405 96 13	1.98
T48	UNSCHLGBV60405 60 13	1.98
T78	UNSCHLGBV60405 115 13	1.98
T74	UNSCHLGBV60405 98 13	1.97
T5	UNSCHLGBV60405 06 13	1.97
T71	UNSCHLGBV60405 92 13	1.97
T72	UNSCHLGBV60405 94 13	1.97
Promedio		1.99
Accesiones seleccionadas	:16	

3.1.5. Espesor de semilla

La tabla de distribución de frecuencias 3.11, muestra que el promedio del espesor de semillas de las 98 accesiones de quinua, oscilan entre 0.86 y 1.15 mm, con una media de 1.01 mm. Estos resultados son similares al reportado por Gabriel *et al.* (2013), quienes en la caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua, reportan un rango que oscila entre 0.90 y 1.00 mm de espesor de grano. Asimismo, la tabla 3.11, señala que el rango más frecuente corresponde a la categoría media que se encuentra entre 0.98 y 1.03 mm con 38 accesiones, que representan el 39 % del total; ade-

más de acuerdo con la tabla 3.11 para el conjunto de las 98 accesiones, la distribución se aproxima a la normal, por lo que el valor de selección calculado para el 15 % de las accesiones superiores es de 1.07 mm.

Tabla 3.11: Distribución de frecuencias del espesor de semilla de accesiones de quinua (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Clase	Categoría	LI	LS	FA	FR
1	Mínimo	[0.86	0.92]	4	0.04
2	Bajo	(0.92	0.98]	25	0.26
3	Medio	(0.98	1.03]	38	0.39
4	Alto	(1.03	1.09]	23	0.23
5	Máximo	(1.09	1.15]	8	0.08
Promedio (mm)		1.01			
Máximo (mm)		1.15			
Mínimo (mm)		0.86			
$X_s = ZS + \bar{x}$		1.07			

Nota: LI: límite inferior, LS: límite superior, FA: frecuencia absoluta, FR: frecuencia relativa, $X_s = ZS + \bar{x}$: probabilidad de selección del 15%.

El histograma de la figura 3.5, muestra la distribución normal para el conjunto de las 98 accesiones del espesor de semilla, y la selección del 15% de las accesiones superiores a partir de 1.07 mm.

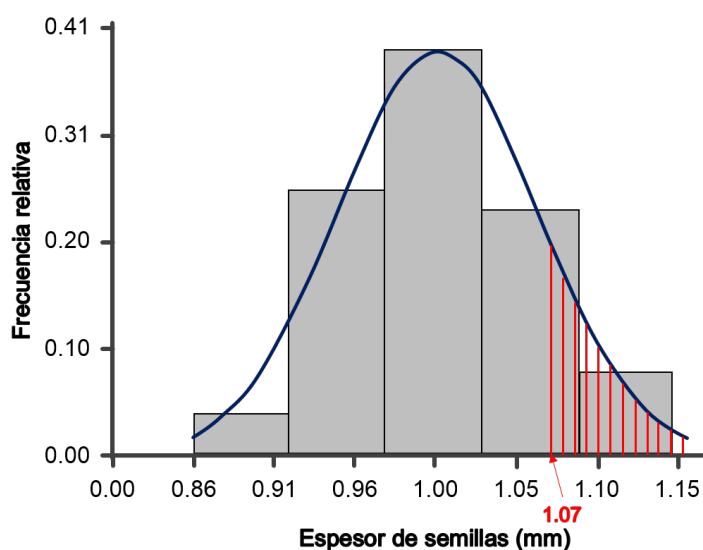


Figura 3.5: Histograma de frecuencia relativa y ajuste normal para el espesor de semillas y selección del 15%.

La tabla 3.12, muestra los promedios del espesor de semilla de las accesiones elegidas para una probabilidad de selección del 15%, siendo 13 las accesiones seleccionadas, con valores que van de 1.08 a 1.15 mm y una media de 1.11 mm.

Tabla 3.12: *Promedios del espesor de semilla (ES) de las accesiones seleccionadas que superan el valor de selección 15%.*

Tratamiento	Accesión	ES (mm)
T66	UNSCHLGBV60405 84 13	1.15
T35	UNSCHLGBV60405 43 13	1.13
T71	UNSCHLGBV60405 92 13	1.13
T63	UNSCHLGBV60405 80 13	1.11
T76	UNSCHLGBV60405 100 13	1.11
T72	UNSCHLGBV60405 94 13	1.10
T73	UNSCHLGBV60405 96 13	1.10
T98	Quinua roja	1.10
T2	UNSCHLGBV60405 02 13	1.09
T38	UNSCHLGBV60405 48 13	1.09
T79	UNSCHLGBV60405 116 13	1.09
T74	UNSCHLGBV60405 98 13	1.09
T13	UNSCHLGBV60405 16 13	1.08
Promedio		1.11
Accesiones seleccionadas:13		

3.1.6. Contenido de saponina

La tabla 3.13 muestra el contenido de saponina de las 98 accesiones (tratamientos).

De acuerdo con la tabla 3.13, los tratamientos comprendidos entre T28 y T45 son considerados como quinuas amargas y los comprendidos entre T82 y T98 como quinuas dulces, de acuerdo con Quiroga y Escalera (2010), quienes categorizan como quinuas amargas a aquellas que presentan un contenido superior a 0.12% de saponina (nivel máximo aceptado por el consumidor) y como dulces a las que presentan un contenido inferior a dicho nivel; asimismo, a partir del T5 las quinuas presentan porcentajes de

saponinas por debajo del valor referencial de comercialización (0.06%).

Tabla 3.13: *Contenido de saponina de las accesiones (tratamientos) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

T	Medias (%)	Categoría	T	Medias (%)	Categoría
T28	>0.370	Amarga	T18	0.035	Dulce
T53	>0.370	Amarga	T49	0.035	Dulce
T60	>0.370	Amarga	T81	0.035	Dulce
T65	>0.370	Amarga	T87	0.035	Dulce
T70	>0.370	Amarga	T67	0.034	Dulce
T88	>0.370	Amarga	T23	0.030	Dulce
T92	>0.370	Amarga	T43	0.030	Dulce
T95	0.290	Amarga	T21	0.027	Dulce
T93	0.264	Amarga	T69	0.027	Dulce
T40	0.198	Amarga	T24	0.026	Dulce
T29	0.157	Amarga	T26	0.026	Dulce
T46	0.136	Amarga	T58	0.022	Dulce
T47	0.135	Amarga	T75	0.022	Dulce
T1	0.131	Amarga	T77	0.022	Dulce
T45	0.127	Amarga	T91	0.022	Dulce
T82	0.110	Dulce	T74	0.018	Dulce
T37	0.106	Dulce	T80	0.018	Dulce
T55	0.106	Dulce	T27	0.014	Dulce
T12	0.104	Dulce	T68	0.014	Dulce
T52	0.104	Dulce	T84	0.014	Dulce
T30	0.095	Dulce	T56	0.013	Dulce
T31	0.091	Dulce	T2	0.009	Dulce
T83	0.088	Dulce	T61	0.009	Dulce
T33	0.084	Dulce	T96	0.009	Dulce
T3	0.076	Dulce	T97	0.009	Dulce
T39	0.076	Dulce	T8	<0.005	Dulce
T25	0.074	Dulce	T10	<0.005	Dulce
T78	0.068	Dulce	T11	<0.005	Dulce
T48	0.066	Dulce	T13	<0.005	Dulce
T90	0.065	Dulce	T14	<0.005	Dulce
T9	0.064	Dulce	T16	<0.005	Dulce
T86	0.061	Dulce	T17	<0.005	Dulce
T94	0.061	Dulce	T19	<0.005	Dulce
T5	0.060	Dulce	T22	<0.005	Dulce
T54	0.057	Dulce	T32	<0.005	Dulce
T64	0.056	Dulce	T35	<0.005	Dulce
T51	0.052	Dulce	T36	<0.005	Dulce
T62	0.052	Dulce	T38	<0.005	Dulce
T72	0.051	Dulce	T41	<0.005	Dulce
T4	0.047	Dulce	T50	<0.005	Dulce
T6	0.045	Dulce	T59	<0.005	Dulce
T15	0.044	Dulce	T63	<0.005	Dulce
T7	0.043	Dulce	T66	<0.005	Dulce
T89	0.043	Dulce	T71	<0.005	Dulce
T57	0.040	Dulce	T73	<0.005	Dulce
T20	0.039	Dulce	T76	<0.005	Dulce
T34	0.039	Dulce	T79	<0.005	Dulce
T42	0.036	Dulce	T85	<0.005	Dulce
T44	0.036	Dulce	T98	<0.005	Dulce

La tabla 3.14, muestra las accesiones seleccionadas para el contenido de saponina por presentar valores inferiores al 0.005 %; ya que el método utilizado para determinar el porcentaje de saponina, no permitió conocer los valores reales de varios tratamientos, por lo que no se aplicó la probabilidad de selección del 15 %; sin embargo, se seleccionaron los tratamientos con porcentajes inferiores a 0.005%.

Tabla 3.14: *Promedios del contenido de saponina (CS) de las accesiones seleccionadas.*

Tratamiento	Accesión	CS (%)
T8	UNSCHLGBV60405 09 13	<0.005
T10	UNSCHLGBV60405 13 13	<0.005
T11	UNSCHLGBV60405 14 13	<0.005
T13	UNSCHLGBV60405 16 13	<0.005
T14	UNSCHLGBV60405 18 13	<0.005
T16	UNSCHLGBV60405 21 13	<0.005
T17	UNSCHLGBV60405 22 13	<0.005
T19	UNSCHLGBV60405 24 13	<0.005
T22	UNSCHLGBV60405 27 13	<0.005
T32	UNSCHLGBV60405 39 13	<0.005
T35	UNSCHLGBV60405 43 13	<0.005
T36	UNSCHLGBV60405 46 13	<0.005
T38	UNSCHLGBV60405 48 13	<0.005
T41	UNSCHLGBV60405 53 13	<0.005
T50	UNSCHLGBV60405 62 13	<0.005
T59	UNSCHLGBV60405 76 13	<0.005
T63	UNSCHLGBV60405 80 13	<0.005
T66	UNSCHLGBV60405 84 13	<0.005
T71	UNSCHLGBV60405 92 13	<0.005
T73	UNSCHLGBV60405 96 13	<0.005
T76	UNSCHLGBV60405 100 13	<0.005
T79	UNSCHLGBV60405 116 13	<0.005
T85	UNSCHLGBV60405 123 13	<0.005
T98	Quinoa roja	<0.005
Accesiones seleccionadas: 24		

Considerando los resultados de las tablas 3.4, 3.6, 3.8, 3.10, 3.12 y 3.14, los tratamientos seleccionados fueron aquellos que presentaron coincidencia de selección en más de dos variables evaluadas; es decir, coincidencia en tres variables relacionados principalmente con el contenido de saponina,

porcentaje de germinación e índice de conversión, como se ve en la tabla

3.15.

Tabla 3.15: Comparación de tratamientos seleccionados para una probabilidad del 15 %, en las variables peso de 1000 semillas (*P 1000 S*), diámetro de semilla (*DS*), espesor de semilla (*ES*), contenido de saponina (*CS*), porcentaje de germinación (*PG*) e índice de conversión (*IC*) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

P 1000 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
-	-	-	T10	-	-	1
-	-	-	T11	-	-	1
-	-	-	T16	-	-	1
-	-	-	T17	-	-	1
-	-	-	T19	T19	T19	3
-	-	-	T22	-	-	1
-	-	-	T32	-	T32	2
-	-	-	T36	T36	T36	3
-	-	-	T41	-	-	1
-	-	-	T50	-	-	1
-	-	-	T59	-	-	1
-	-	-	T85	-	-	1
-	-	-	-	T47	-	1
-	-	-	-	T34	-	1
-	-	-	-	T89	-	1
-	-	-	-	T97	T97	2

Así la tabla 3.15, muestra que 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 (UNSHLGBV60-4054613) para tres variables; aunque en la selección por coincidencia de tres variables se exceptuaron los tratamientos T6 (UNSHLGBV604050713), T13 (UNSHLGBV-604051613), T69 (UNSHLGBV604058713) y T96 (quinua amarilla) por no haber sido seleccionados para las variables contenido de saponina, porcentaje de germinación o índice de conversión.

La tabla 3.16 muestra los 10 tratamientos seleccionados en las seis variables evaluadas.

Tabla 3.16: Valores de los tratamientos seleccionados (T) en las variables peso de 1000 semillas (P 1000 S), diámetro de semilla (DS), espesor de semilla (ES), contenido de saponina (CS), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	P 1000 S (g)	DS (mm)	ES (mm)	CS (%)	PG (%)	IC
T19	2.87	1.84	1.05	<0.005	89.00	0.81
T35	3.40	2.00	1.13	<0.005	87.33	0.82
T36	3.23	1.90	1.07	<0.005	89.67	0.90
T38	3.30	1.95	1.09	<0.005	82.33	0.86
T63	3.37	1.99	1.11	<0.005	91.33	0.85
T71	3.27	1.97	1.13	<0.005	86.33	0.85
T73	3.37	1.98	1.10	<0.005	88.67	0.77
T76	3.13	1.90	1.11	<0.005	90.67	0.83
T79	3.28	2.02	1.09	<0.005	95.33	0.93
T98	2.87	1.92	1.10	<0.005	86.33	0.84

De acuerdo con la tabla 3.16, los rangos de valores para el peso de 1 000 semillas oscila entre 2.87 y 3.40 g, el diámetro de semillas entre 1.84 y 2.02 mm, el espesor de semilla entre 1.05 y 1.13 mm, el porcentaje de germinación entre 82.33 y 95.33 %, el índice de conversión entre 0.77 y 0.93 y el contenido de saponina presenta valores inferiores a 0.005 %. Cabe señalar que todos los tratamientos seleccionados fueron granos de color rojo.

El rango de diámetro de las semillas seleccionadas está clasificado según González y Prado (2015) como semillas de la categoría grande por ubicarse en el rango de 1.76 a 2.20 mm.

El rango de porcentaje de germinación de las semillas seleccionadas, a excepción del T79 (UNSHLGBV6040511613), es inferior al reportado por Huanca *et al.* (2013), quienes encontraron en 10 líneas de quinua roja de diámetro mayor o igual a 1.5 mm, porcentajes de germinación que fluctúan entre 92.5 y 100 % después de 48 horas de germinación; estos resultados se deben al tiempo de almacenamiento durante tres años de las semillas en estudio en condiciones de laboratorio, como lo menciona Castellión (2008); sin embargo, los porcentajes de germinación de las accesiones seleccionadas son a partir de 82.33 %; que si bien es cierto no concuerda con el recomendado por Chaparro *et al.* (2010) para producción de germinados de quinua, ya que recomienda que debería ser a partir del 90 %; nos muestra que existen accesiones que mantienen un alto porcentaje de germinación aún después de períodos largos de almacenamiento y en condiciones poco adecuadas.

Análisis de correlación

La tabla 3.17, muestra que el porcentaje de germinación está asociado con el índice de conversión en un 88 %, con el peso de 1 000 semillas en un 44 %, con el peso hectolítrico en un 18 %, con el diámetro de semilla en un 41 % y con el espesor de semilla en un 21 %; mientras que el índice de conversión presenta 34 % de correlación con el peso de 1 000 semillas, 10 % con el peso hectolítrico, 30 %, con el diámetro de semilla y 41 % con el espesor de semilla.

Tabla 3.17: Análisis de correlación entre el porcentaje de germinación (PG), índice de conversión (IC), peso de 1000 semillas (P 1000 S), densidad aparente (DA), diámetro de semilla (DS) y espesor de semilla (ES) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

	PG (%)	IC	P 1 000 S (g)	DA (g/1000 cm ³)	DS (mm)	ES (mm)
PG (%)		0.88 0.000**	0.44 0.000**	0.18 0.084	0.41 0.000**	0.21 0.042*
IC			0.34 0.001**	0.10 0.539	0.30 0.004**	0.41 0.000**
P 1 000 S (g)				0.14 0.178	0.82 0.000**	0.45 0.000**
DA (g/1000 cm ³)					0.18 0.079	-0.14 0.159
DS (mm)						0.38
ES (mm)						0.000**

Nota: ** diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.01$), * diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$).

Del análisis de correlación, se deduce que las variables que más influenciaron en el porcentaje de germinación fueron el peso de 1000 semillas y el diámetro de semilla, lo cual concuerda con el reportado por Huanca *et al.* (2013), quienes encontraron que semillas con diámetro mayor o igual a

1.5 mm presentan 3.35% más de germinación que semillas con diámetro comprendido entre 1.0 y 1.5 mm y 28.50% más de germinación en comparación a semillas con diámetro menor a 1 mm, después de 48 horas de germinación en 10 líneas de quinua roja; lo cual estaría dado posiblemente por que las semillas de mayor peso y diámetro presentan mayor cantidad de reservas nutritivas que según Matilla (2013) favorecen la germinación. Para el índice de conversión la variable que más influyó fue el porcentaje de germinación.

3.2. FASE DE PRODUCCIÓN DE GERMINADOS

En esta fase se trabajaron con las accesiones elegidas en la fase de selección, las cuales fueron: UNSCHLGBV60405**24**13, UNSCHLGBV60405**43**13, UNSCHLGBV60405**46**13, UNSCHLGBV60405**48**13, UNSCHLGBV60405-**80**13, UNSCHLGBV60405**92**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV-60405**100**13, UNSCHLGBV60405**116**13 y quinua roja. Estas accesiones fueron sometidas a germinación en tres tipos de iluminación (12 horas luz-12 horas oscuridad, luz continua y oscuridad continua) durante tres tiempos de germinación (24, 48 y 72 horas).

3.2.1. Porcentaje de germinación (%)

De acuerdo con el análisis de varianza factorial mostrada en la tabla 3.18, existe diferencia altamente significativa en el porcentaje de germinación entre los tratamientos, por los efectos individuales de los factores accesión seleccionada, tipo de iluminación y tiempo de germinación; así como por las

interacciones de primer y segundo orden, esta última indica que el porcentaje de germinación varía por la interacción de los tres factores en estudio por lo que se le realizó la prueba de contraste de Tukey.

Tabla 3.18: *Análisis de varianza factorial 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%

La prueba de contraste de Tukey que se muestra en la tabla 3.19, indica que la accesión UNSCHLGBV60405**116**13 producida en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 48 horas, presenta el mayor porcentaje de germinación con 98.33 %, mientras que la accesión UNSCHLGBV60405**92**13 producida en condiciones de luz continua durante 24 horas el menor porcentaje de germinación con 9.67%.

Tabla 3.19: *Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del porcentaje de germinación por el efecto de 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	98.00	a b
80	12HL-12HO	48	97.67	a b
116	OC	72	97.67	a b

continúa...

continúa...

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey								
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	97.00	a	b	c						
46	OC	48	97.00	a	b	c						
116	12HL-12HO	72	97.00	a	b	c						
116	LC	72	96.67	a	b	c						
46	12HL-12HO	72	96.00	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	95.00	a	b	c	d	e	f			
116	LC	48	95.00	a	b	c	d	e	f			
24	OC	48	95.00	a	b	c	d	e	f			
100	12HL-12HO	72	95.00	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	94.00	a	b	c	d	e	f	g		
92	12HL-12HO	72	94.00	a	b	c	d	e	f	g		
96	LC	72	94.00	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	93.00	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		
QR	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	92.00	a	b	c	d	e	f	g		
QR	OC	72	92.00	a	b	c	d	e	f	g		
43	LC	48	92.00	a	b	c	d	e	f	g		
QR	LC	48	92.00	a	b	c	d	e	f	g		
92	OC	48	92.00	a	b	c	d	e	f	g		
QR	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		
QR	12HL-12HO	48	91.00	a	b	c	d	e	f	g		
43	OC	24	91.00	a	b	c	d	e	f	g		
QR	OC	24	91.00	a	b	c	d	e	f	g		
24	LC	72	91.00	a	b	c	d	e	f	g		
43	12HL-12HO	72	91.00	a	b	c	d	e	f	g		
QR	12HL-12HO	24	90.67	a	b	c	d	e	f	g		
46	LC	48	90.67	a	b	c	d	e	f	g		

continúa...

continúa

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey							
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	90.00	a	b	c	d	e	f	g	
43	LC	72	90.00	a	b	c	d	e	f	g	
QR	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	88.00	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	84.00		b	c	d	e	f	g	
48	OC	72	84.00		b	c	d	e	f	g	
48	OC	48	83.00			c	d	e	f	g	
92	12HL-12HO	24	82.00				d	e	f	g	
48	LC	48	81.67					e	f	g	
48	12HL-12HO	24	81.00						f	g	
48	OC	24	80.67							g	
46	LC	24	63.33								h
48	LC	24	58.33								h
QR	LC	24	55.33								h
80	LC	24	53.33								h
96	LC	24	51.00								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								i

Nota: 12HL-12HO: 12 horas luz-12 horas oscuridad, OC: oscuridad continua, LC: luz continua, TG (horas), QR: quinua roja.

Según Bedón *et al.* (2013) estos resultados podrían deberse al efecto de la α -amilasa, enzima que presenta mayor actividad enzimática a las 36 horas de germinación en quinua (*Chenopodium quinoa*), la cual según Besnier (1989) influye en la transformación del almidón en azúcares sencillos que son utilizados para el desarrollo de la plántula. Asimismo, el mayor promedio obtenido en el porcentaje de germinación, concuerda con el reportado por

Bravo *et al.* (2013), quienes obtuvieron 98 % de germinación en quinua Blanca de Junín a las 24 horas de germinación, y es superior al encontrado por Díaz *et al.* (2011), que obtuvieron 78.69% de germinación en zarandaja (*Lablab purpureus*), después de 72 horas de germinación en intervalos de iluminación de 12 horas.

Por otro lado, comparando el rango de valores del porcentaje de germinación encontrado en esta fase, que oscila entre 9.67 y 98.33%, con el reportado en las accesiones elegidas de la fase de selección (ver tabla 3.16), cuyo rango de valores fluctúa entre 82.33 y 95.33%, se observa un incremento de este rango en 3.00% y un descenso del 72.66%; este último, principalmente en las accesiones producidas en condiciones de luz continua durante 24 horas; debido posiblemente a que durante la evaluación de los tratamientos en estas condiciones, se registró un descenso de 5% aproximadamente en la temperatura del ambiente del laboratorio, el cual según García *et al.* (2006), influye en la actividad de las enzimas que activan las reacciones bioquímicas de las semillas, sin las cuales la germinación no ocurre.

3.2.2. Longitud del hipocótilo (cm)

El análisis de varianza factorial de la tabla 3.20, muestra que las interacciones de primer orden, resultantes de la interacción de la accesión seleccionada con el tipo de iluminación, accesión seleccionada con el tiempo de germinación así como la interacción de segundo orden, resultaron estadísticamente no significativos; aunque sí muestra una diferencia altamente

significativa en la longitud del hipocótilo entre los tratamientos, por los efectos individuales de los factores accesión seleccionada, tipo de iluminación y tiempo de germinación; así como por la interacción del tipo de iluminación con el tiempo de germinación, por lo que se realizó la prueba de contraste de Tukey para esta interacción.

Tabla 3.20: *Análisis de varianza factorial del efecto de la accesión seleccionada (AS), tipo de iluminación (TI) y tiempo de germinación (TG), de la longitud del hipocótilo 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	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	ns
AS*TG	18	1.83	0.1	1.65	0.0534	ns
TI*TG	4	10.26	2.57	41.47	<0.0001	**
AS*TI*TG	36	2.84	0.08	1.27	0.1537	ns
Error	180	11.14	0.06			
Total	269	323.96				

CV=16.60%

En la tabla de contraste de Tukey 3.21, se observa que la mayor longitud del hipocótilo fue para los germinados producidos en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad durante 72 horas con 3.32 cm, mientras que el menor para los germinados producidos en luz continua durante 24 horas con 0.21 cm.

Además se observa un aumento gradual en la longitud del hipocótilo directamente proporcional al tiempo de germinación, tal como lo reportan Buenrostro *et al.* (2016), en chíá (*Salvia hispánica* L.) producidas en condiciones de oscuridad continua y a 25°C, en la que el tamaño de plántula oscila de

2.2 cm a 6.2 cm para tres y seis días de germinación respectivamente.

Tabla 3.21: Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) de la longitud del hipocótilo por el efecto de la interacción del tiempo de germinación (TG) con el 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), 12HL-12HO: 12 horas luz-12 horas oscuridad, OC: oscuridad continua, LC: luz continua

Asimismo, de acuerdo a la tabla 3.21, la longitud del hipocótilo de los germinados producidos durante 24 horas en los tres tipos de iluminación, son inferiores al reportado por Bravo *et al.* (2013) quienes encontraron entre 1.0 y 1.5 cm de longitud de radícula en 24 horas de germinación de quinua Blanca de Junín, después de ocho horas de remojo, el cual explicaría la diferencia encontrada con los resultados obtenidos; ya que en este trabajo no se realizó el remojo previo de las semillas, que según Díaz *et al.* (2004) favorecen la elongación y división de la pared celular.

De igual forma, la tabla 3.21 muestra que la longitud del hipocótilo de los germinados producidos durante 72 horas en los tres tipos de iluminación, son inferiores al reportado por Díaz *et al.* (2011) en germinados de zarandaja (*Lablab purpureus*) producidos durante 72 horas en intervalos de iluminación de 12 horas, en la que obtuvieron 4.15 cm de longitud; sin embargo, los resultados obtenidos son superiores al encontrado por Díaz *et*

al. (2004) quienes reportan 0.80 cm de longitud radicular en germinados de frijol castilla (*Vigna unguiculata*), producidas en luz continua a 21 °C durante 57 horas.

3.2.3. Índice de conversión

De acuerdo con el análisis de varianza factorial mostrada en la tabla 3.22, existe diferencia altamente significativa en el índice de conversión entre los tratamientos, por los efectos individuales de los factores accesión seleccionada, tipo de iluminación y tiempo de germinación, así como por las interacciones de primer y segundo orden; este último indica que el porcentaje de germinación varía por la interacción de los tres factores en estudio, por lo que se le realizó la prueba de contraste de Tukey.

Tabla 3.22: Análisis de varianza factorial 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	0.0026			
Total	269	9.38				

CV=6.04%

En la prueba de contraste de Tukey de la tabla 3.23, se observa que el índice de conversión de la accesión UNSCHLGBV604058013 producida en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas, presenta el mayor índice de

conversión (1.00), mientras que la accesión UNSCHLGBV604059213 producida en condiciones de luz continua durante 24 horas, el menor índice de conversión (0.08).

El mayor índice de conversión obtenido en este trabajo es superior al reportado por Buenrostro *et al.* (2016) en chíca (*Salvia hispánica* L.), al obtener un índice de 0.18 después de 72 horas de germinación en oscuridad a 25°C; pero es inferior al reportado por Barrón *et al.* (2008) quienes obtuvieron un índice de 4.0 en germinados de calabacita (*Cucurbita pepo*), producidas durante 24 horas en oscuridad a 25°C. Los bajos índices de conversión encontrados en este trabajo, posiblemente se debe a que el registro del peso de los germinados se realizó después del secado de estos durante un día en condiciones de laboratorio.

Tabla 3.23: Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del índice de conversión por efecto de 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	1.00	a
96	OC	72	0.98	a b
116	OC	48	0.98	a b
QR	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
QR	LC	72	0.96	a b c
116	LC	48	0.95	a b c

continúa...

continúa...

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey			
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	
QR	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	0.90	a	b	c	
43	12HL-12HO	72	0.90	a	b	c	
24	OC	48	0.90	a	b	c	
QR	12HL-12HO	24	0.90	a	b	c	
96	12HL-12HO	48	0.90	a	b	c	
46	LC	72	0.90	a	b	c	
QR	OC	24	0.90	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	
QR	12HL-12HO	48	0.89	a	b	c	
24	LC	72	0.89	a	b	c	
116	12HL-12HO	72	0.89	a	b	c	
43	12HL-12HO	24	0.88	a	b	c	
QR	12HL-12HO	72	0.88	a	b	c	
43	12HL-12HO	48	0.88	a	b	c	
96	LC	48	0.88	a	b	c	
24	12HL-12HO	72	0.88	a	b	c	
96	12HL-12HO	72	0.88	a	b	c	
46	12HL-12HO	72	0.87	a	b	c	
46	12HL-12HO	24	0.87	a	b	c	
92	LC	48	0.87	a	b	c	
24	OC	24	0.86	a	b	c	d
48	12HL-12HO	48	0.86	a	b	c	d
46	LC	48	0.86	a	b	c	d
100	OC	24	0.86	a	b	c	d
24	LC	48	0.85	a	b	c	d

continúa...

continúa...

AS	TI	TG	Medias	Prueba de Tukey			
48	OC	72	0.85	a	b	c	d
QR	LC	48	0.85	a	b	c	d
48	12HL-12HO	72	0.84	a	b	c	d
92	OC	24	0.83	a	b	c	d
24	12HL-12HO	24	0.83	a	b	c	d
48	OC	24	0.82		b	c	d
48	OC	48	0.81		b	c	d
48	12HL-12HO	24	0.81		b	c	d
48	LC	72	0.81		b	c	d
48	LC	48	0.8			c	d
46	LC	24	0.69				d
48	LC	24	0.57		e		f
QR	LC	24	0.54		e		f
80	LC	24	0.54		e		f
96	LC	24	0.47			f	g
43	LC	24	0.29				g
116	LC	24	0.23				g
100	LC	24	0.21				h
24	LC	24	0.21				h
92	LC	24	0.08				h

Nota: 12HL-12HO: 12 horas luz-12 horas oscuridad, OC: oscuridad continua, LC: luz continua, TG (horas) y QR: quinua roja.

En las variables porcentaje de germinación, longitud del hipocótilo e índice de conversión, se observa que las accesiones de quinua presentan una respuesta variable en las diferentes condiciones de iluminación y tiempo de germinación; lo cual permite inferir que las respuestas a estas variables no solo dependen de las características intrínsecas de la semilla, sino también de las condiciones que la rodean.

Además, la variabilidad encontrada en los resultados de las variables evaluadas (porcentaje de germinación, longitud del hipocótilo e índice de conversión), no permite definir con precisión las mejores condiciones de producción de germinados, en accesiones de quinua del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal, en lo referente a tipos de iluminación y tiempos

de germinación, por lo que se realizaron pruebas complementarias que se detallan a continuación:

3.2.4. Evaluación sensorial (escala hedónica)

■ Primera evaluación sensorial (escala hedónica)

La tabla de distribución de frecuencia 3.24, muestra que en la evaluación por 10 jurados de cuatro platillos preparados con germinados de quinua (ver anexo A.4), los jurados indican su apreciación entre me gusta ligeramente a me gusta mucho en un 90.0% de los platillos para la variable sabor, en un 92.5% de los platillos para la variable color y en un 72.5% de los platillos para la variable olor. Asimismo, para las variables sabor, color y olor los jurados indican que el 10.0%, 7.5% y 27.5% de los platillos respectivamente, les disgusta ligeramente y ni les gusta ni les disgusta; no observándose resultados de las categorías «me disgusta» y «me disgusta mucho» en las tres variables evaluadas.

Se observa también en la tabla 3.24 que para las variables sabor, color y olor la clase más frecuente corresponde a la categoría «me gusta» en un 40.0%, 37.5% y 35.0% de los platillos respectivamente.

Tabla 3.24: *Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de platillos preparados con germinados de quinua en la primera evaluación sensorial de la fase de producción de germinados. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Variable	Clase	Categoría	FA	FR (%)
Sabor	1	MGM	11	27.5
	2	MG	16	40.0
	3	MGL	9	22.5

continúa...

continúa...

Variable	Clase	Categoría	FA	FR (%)
Sabor	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.

■ Segunda evaluación sensorial (escala hedónica)

En las tablas 3.25, 3.26 y 3.27 se muestran los análisis de varianza factorial de las variables sabor, color y olor de la segunda evaluación sensorial, en las cuales se observa que no existe diferencia estadística significativa entre las fuentes de variación, lo cual indica que los tipos de iluminación y los tiempos de germinación no influyen en la aceptación de los germinados de quinua por los jurados. Asimismo, se observa que los valores de los coeficientes de variación son elevadas, debido posiblemente a la influencia de factores no estudiados, por ser la primera vez que se prueba esta metodología en las accesiones de quinua del banco de germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal.

• Sabor

Tabla 3.25: Análisis de varianza factorial del sabor de germinados de 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 ns
TG	2	5.96	2.98	2.82	0.0656 ns
TI	2	0.16	0.08	0.07	0.9291 ns
TI*TG	4	1.58	0.39	0.37	0.8271 ns
Error	81	85.60	1.06		
Total	89	93.29			

CV=49.21 %

Nota: TG (días).

• Olor

Tabla 3.26: Análisis de varianza factorial del olor de germinados de 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 ns
TG	2	2.02	1.01	1.17	0.3161 ns
TI	2	0.02	0.01	0.01	0.9872 ns
TI*TG	4	1.24	0.31	0.36	0.8367 ns
Error	81	70.10	0.87		
Total	89	73.39			

CV=38.94 %

Nota: TG (días).

• Color

Tabla 3.27: Análisis de varianza factorial del color de germinados de 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	2.16	0.27	0.31	0.9620 ns
TG	2	1.09	0.54	0.62	0.5422 ns
TI	2	0.36	0.18	0.20	0.8180 ns
TI*TG	4	0.71	0.18	0.20	0.9369 ns
Error	81	71.50	0.88		
Total	89	73.66			

CV=40.46 %

Nota: TG (días).

Los resultados de las tablas 3.25, 3.26 y 3.27, concuerdan con los obtenidos por Barrón *et al.* (2008) en la evaluación sensorial de la

aparición y olor de germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*), calabacita (*Cucurbita pepo*), canola (*Brassica napus*) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus*) en el que no encontraron diferencia estadística significativa.

Sin embargo la tabla de frecuencia 3.28 muestra que en las variables sabor, color y olor de la segunda evaluación sensorial, los jurados indican su apreciación entre me gusta ligeramente a me gusta mucho en un 92.3%, 86.7% y 85.5% de las muestras evaluadas respectivamente.

Tabla 3.28: Tabla de frecuencia del sabor, olor y color de germinados de quinua de la segunda evaluación sensorial, producidos en tres tiempos de germinación y tres tipos de iluminación. 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.

Asimismo, en la tabla 3.28 se observa que para la variable sabor la clase más frecuente corresponde a la categoría «me gusta mucho» en un 35.6%,

mientras que para las variables color y olor la categoría «me gusta» es la más frecuente en un 43.3% y 58.9% respectivamente.

3.2.5. Contenido de proteína bruta (%)

En la tabla 3.29 se observa que a excepción de los germinados producidos en condiciones 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 producidos en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas con 14.16%.

Tabla 3.29: 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 (horas)	PB (%)
Oscuridad continua	72	14.16
Luz continua	72	13.84
Oscuridad continua	48	13.72
Luz continua	48	13.13
12 horas luz - 12 horas oscuridad	72	13.03
Luz continua	24	12.53
Oscuridad continua	24	12.31
Semilla		12.16
12 horas luz - 12 horas oscuridad	48	11.97
12 horas luz - 12 horas oscuridad	24	11.44

Los resultados de la tabla 3.29 coinciden con el reportado por Díaz *et al.* (2011), quienes en la germinación de zarandaja (*Lablab purpureus*) durante 96 horas en condiciones de oscuridad, obtuvieron el mayor contenido de proteína bruta (30.08%) y el menor (incluso menor al control), en las producidas en intervalos de iluminación de 12 horas durante 24 y 96 horas con 24.02 y 22.90% respectivamente. Asimismo los valores obtenidos muestran

una tendencia de incremento del contenido de proteína bruta con los días de germinación, al igual que el reportado por Buenrostro *et al.* (2016) en germinados de chíá (*Salvia hispánica* L.) producidos en oscuridad a 25°C, el cual varía entre 22.88 y 25.57% para tres y seis días de germinación, respectivamente. Sin embargo, estos resultados son discordantes con los reportados por Chaparro *et al.* (2010), quienes en la germinación de semillas de quinua en condiciones de oscuridad, entre 55 y 83% de humedad relativa y entre 19 y 28°C de temperatura, durante tres días, encontraron que la concentración de proteína no mejoró en los dos y tres días de germinación; incluso en el primer día de germinación obtuvieron un descenso significativo; aunque, el rango de contenido de proteína bruta que reportan (entre 14.15 y 14.77%) es superior al encontrado en este trabajo de investigación.

El contenido de proteína bruta de los germinados producidos durante 48 horas oscila entre 11.97 y 13.72%, este rango se encuentra dentro del reportado por Valenzuela *et al.* (2015), quienes encontraron entre 11.16 y 14.50% de proteína bruta en germinados de quinua variedad Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana, después de ocho horas de remojo y germinación durante 48 horas a 20°C. Sin embargo, para los germinados producido durante 24 horas (entre 11.44 y 12.53%) es inferior al reportado por Bravo *et al.* (2013), quienes obtuvieron 13.09% en quinua Blanca de Junín y 16.45% en kiwicha variedad Oscar Blanco después de 24 horas de germinación.

La cantidad de proteína bruta en la semilla sin germinar es inferior al reportado por Vargas *et al.* (2013), quienes encontraron entre 12.6 y 18.2% de proteína en 20 genotipos de quinua; de igual forma al señalado por FAO (2011), que reporta un rango que oscila 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 Medina y Abburra (2013), quienes reportan 14.70%; sin embargo, es superior al reportado por González y Prado (2015) quienes encontraron 11.0% de proteína.

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 de quinua; mientras que la conservación a 6 % de humedad relativa y -20°C lo mantiene relativamente estable; asimismo encontró un aumento en los niveles de proteínas solubles 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 de acuerdo a las condiciones en la que se encuentra la semilla, aunque ello no necesariamente lleve a valores altos de semillas germinadas.

Finalmente de acuerdo al contenido de proteína bruta que presentaron las muestras evaluadas, se considera que las mejores condiciones de pro-

ducción de germinados es en oscuridad continua durante 72 horas, bajo estas condiciones se observa que presenta el segundo mejor valor en la longitud del hipocótilo (3.06 cm); el cual según Díaz *et al.* (2004), favorece los cambios bromatológicos que se presentan durante la germinación mediante el incremento de proteína bruta. Asimismo se observa que las accesiones UNSCHLGBV604058013, UNSCHLGBV604059613, UNSCHLGBV6040511613 y quinua roja (QR) bajo estas condiciones presentaron los mejores índices de conversión.

3.3. FASE DE CONSERVACIÓN

En esta fase se trabajó con la accesión UNSCHLGBV604058013, UNSCHLGBV604059613, UNSCHLGBV6040511613 y quinua roja (QR), por presentar el mayor índice de conversión y un buen resultado en el porcentaje de germinación, en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas, ya que fueron las condiciones en las que se reportó el mayor contenido de proteína y buen resultado en la longitud del hipocótilo, así como la aceptación por los jueces evaluadores.

3.3.1. Peso de germinado (%)

En la tabla 3.30 se muestra el análisis de varianza del peso de los germinados, el cual indica que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por efecto de las tres temperaturas de conservación de los germinados de quinua.

Tabla 3.30: *Análisis de varianza de tres temperaturas de almacenamiento en el peso de germinados de quinua 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 prueba de contraste de Tukey de la tabla 3.31, se observa que a 8 °C se conserva el mayor peso de germinado con 6.93 g, seguido de 5°C con 4.34 g y el menor peso se obtuvo en la conservación a temperatura ambiente con 1.42 g, después de 15 días de almacenamiento de los germinados de quinua; estos resultados concuerdan con lo mencionado por Botero (2015) quien menciona que los germinados de quinua pueden ser almacenados por dos semanas en condiciones de refrigeración.

Tabla 3.31: *Prueba de contraste de Tukey ($\alpha=0.05$) del peso de germinados de quinua conservadas durante 15 días en tres tipos de temperaturas. Huamanga-Ayacucho, 2016.*

Temperatura	Promedio (g)	Prueba de Tukey
8°C	6.93	a
5°C	4.34	b
Ambiente	1.42	c

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Se seleccionaron 10 accesiones de quinua del banco de germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal: 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 quinua roja; por presentar los mejores resultados que oscilan en el peso de 1000 semillas entre 2.87 y 3.40 g, en el diámetro de semilla entre 1.84 y 2.02 mm, en el espesor de semilla entre 1.05 y 1.13 mm, en el porcentaje de germinación entre 82.33 y 95.33%, en el índice de conversión entre 0.77 y 0.93 y por presentar menor a 0.005% de saponina.
2. Las condiciones óptimas de producción de germinados de quinua es en oscuridad continua durante 72 horas de germinación, por presen-

tar 14.16% de proteína bruta, una 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 con una longitud del hipocótilo de 3.06 cm; siendo las accesiones UNSCHLGBV60405**80**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV60405**116**13 y quinua roja las que presentan los mejores índices de conversión que oscila entre 0.98 y 1.00 y un porcentaje de germinación que oscila entre 92.00 y 97.67%.

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

4.2. RECOMENDACIONES

1. Incluir las accesiones UNSCHLGBV60405**80**13, UNSCHLGBV60405**96**13, UNSCHLGBV60405**116**13 y quinua roja en programas de fitomejoramiento, para aprovechar sus propiedades en la producción de germinados de quinua, en condiciones de oscuridad continua durante 72 horas de germinación.
2. Promover el consumo de germinados de quinua, por el mayor contenido de proteína bruta que presenta en comparación a las semillas sin germinar.
3. Realizar el análisis de aminoácidos esenciales de los germinados de quinua, para conocer la verdadera calidad nutricional de estas.
4. Realizar investigaciones en germinados de kañihua y tarwi.

5. Repetir el estudio utilizando semillas frescas, ya que el porcentaje de germinación varía con el tiempo y las condiciones de almacenamiento.
6. Regenerar las accesiones de quinua del germoplasma del Laboratorio de Genética y Biotecnología Vegetal por presentar porcentajes bajos de germinación.

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.

Amistá, M. J. y Tavano, O. L. (2013). Influência da germinação e do processamento térmico na digestibilidade proteica e atividade de inibição de tripsina de grãos de quinua. Disponible desde: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-67232013000100007> Acceso 16 de noviembre 2015.

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> 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-quinua-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 "quinoa" (*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=0ahUKEwi6zMDRpuDPAhXGGR4KHXY7DXoQFggaMAA&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=0ahUKEwi6zMDRpuDPAhXGGR4KHXY7DXoQFggaMAA&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 quinoa (*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 chía (*Salvia hispánica* L.) sobre su calidad nutrimental. Disponible desde: <<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/1/2.pdf>> Acceso 21 de junio 2016.

Calle, M., Aguirre, G., L., U. M., y Gabriel, J. (2010). Efecto del método de secado y nivel de humedad en la germinación y vigor de semillas de quinua. Disponible desde: <https://www.researchgate.net/publication/235996726_Effect_of_the_drying_method_and_level_of_humidity_in_the_germination_and_vigor_of_quinoa_seeds> Acceso 12 de diciembre 2015.

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.

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 soya. Disponible desde: <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=S1692-35612010000100005> Acceso 20 de setiembre 2016.
- Córdova, S. C. (2010). Elaboración de pan integral a partir de la mezcla de harina de trigo blanca e integral (*Triticum spp.*) con harina de cebada germinada (*Hordeum vulgare*) cruda y tostada. Disponible desde: <<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/381>> Acceso 16 de noviembre 2015.
- 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 des-

de: <<http://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/seeds-pgr/gbs/es/>> Acceso 23 de julio 2016.

Franco, T. (2008). Los bancos de germoplasma en las américas. Disponible desde: <bco.catie.ac.cr/portal-revistas/index.php/rrna/article/view/488/840> Acceso 16 de noviembre 2015.

Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A. La torre, J., y Bonifacio, A. (2013). *Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Valle Bajo de Cochabamba-Bolivia*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 03-16). Bolivia: GrafikaLeal.

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>.

Herrera, G. J. (2013). ¿qué es un banco de germoplasma? Disponible desde: <<http://www.cicy.mx/Sitios/Germoplasma/>> Acceso 09 de octubre 2016.

Huanca, M., Valdivia, E., Bonifacio, A., y Vargas, A. (2013). *Clasificación por*

- calibre del grano en líneas de quinua roja*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 65-77). Bolivia: GrafikaLeal.
- INEN (1988). Quinoa. 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>.
- 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 *Che-
nopodium 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 morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor. Disponible desde: <<http://www.upb.edu/es/CIAAA/Quinua2>> Acceso 20 de setiembre 2016.

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.

Reynaga, A., Quispe, M., Huarachi, A., Calderón, I., Soto, J. L., y Torres, M. (2013). *Evaluación de las cualidades agroindustriales de los granos de quinua real*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 525-534). Bolivia: GrafikaLeal.

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.

Rojas, W. y Pinto, M. (2013). *La diversidad genética de quinua de Bolivia*. En Vargas, M. (Ed). Congreso científico de la quinua (Memorias) (pp. 77-91). Bolivia: GrafikaLeal.

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> 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 el método espumoso

CDU: 633.1



AG 05.04-317

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	QUINUA. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SAPONINAS POR MEDIO DEL MÉTODO ESPUMOSO (MÉTODO DE RUTINA)	INEN 1 672 1988-04
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo para la determinación del contenido de saponinas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</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;">3. FUNDAMENTO</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;">3. INSTRUMENTAL</p> <p>3.1 Materiales.</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 cm³</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>3.2 Reactivos</p> <p>3.2.1 Agua destilada o agua de pureza equivalente.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></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.

(Continua)

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 de germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) producidas en tres tipos de iluminación y tres tiempos de germinación.



MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ASESORIA Y CAPACITACION EN EVALUACION, MUESTREO DE SUELOS,
INTERPRETACION DE RESULTADOS DEL ANALISIS AGRICOLA, USO, MANEJO,
CONSERVACION Y RECUPERACION DE SUELOS.

ANÁLISIS DE PLANTAS

1250008

Solicitante: Srta. Susan Centeno Casaverde

Muestras: Quinua

Departamento: Ayacucho

Provincia: Huamanga

Distrito: Ayacucho

Fecha: 11-09-16

N° LABORATORIO	CODIGO MUESTRA	NITROGENO (% BS)- I	NITROGENO (% BS)- II
AF 454	72 h/LC-T1	2.16	2.27
AF 455	48 h/LC-T2	2.13	2.07
AF 456	24 h/LC-T3	1.99	2.02
AF 457	72 h/OC-T4	2.24	2.29
AF 458	48 h/OC-T5	2.18	2.21
AF 459	24 h/OC-T6	1.96	1.98
AF 460	72 h/OC-T7	2.10	2.07
AF 461	48 h/L-O-T8	1.87	1.96
AF 462	24 h/L-O-T9	1.84	1.82
AF 463	Semilla- T10	1.93	1.96

Ph.D. MARHLENI CERDA GÓMEZ
Responsable de Laboratorio

Anexo 4: Resultados de los tratamientos en las variables evaluadas de la fase de selección

Tabla A.1: Resultados de los tratamientos (T) en las variables peso de 1000 semillas (P 1000 S), densidad aparente (DA), contenido de saponina (CS), porcentaje de germinación (PG) e índice de conversión (IC) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC	T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC
T1	r1	3.4	701.03	0.173	82	0.62	T10	r1	3.1	702.22	<0.005	64	0.61
T1	r2	2.9	685.00	0.079	79	0.72	T10	r2	3.1	696.34	<0.005	65	0.61
T1	r3	3.1	658.18	0.142	82	0.71	T10	r3	3.3	652.53	<0.005	62	0.58
T2	r1	3.3	682.78	0.005	60	0.52	T11	r1	3.0	727.33	<0.005	73	0.60
T2	r2	3.3	633.33	0.005	62	0.48	T11	r2	2.9	681.90	<0.005	79	0.72
T2	r3	2.8	680.00	0.018	55	0.50	T11	r3	3.2	675.63	<0.005	87	0.69
T3	r1	2.6	1059.09	0.104	54	0.38	T12	r1	3.2	743.13	0.134	90	0.69
T3	r2	2.6	612.22	0.056	56	0.46	T12	r2	3.4	615.15	0.108	89	0.65
T3	r3	2.6	662.67	0.070	56	0.46	T12	r3	3.2	718.35	0.070	92	0.72
T4	r1	3.2	657.50	0.030	43	0.38	T13	r1	3.5	676.47	<0.005	85	0.71
T4	r2	3.2	667.78	0.042	50	0.41	T13	r2	3.2	638.46	<0.005	84	0.47
T4	r3	3.3	579.75	0.068	56	0.42	T13	r3	3.2	705.00	<0.005	84	0.75
T5	r1	3.3	747.69	0.056	82	0.67	T14	r1	3.3	726.67	<0.005	85	0.67
T5	r2	3.2	658.43	0.043	83	0.63	T14	r2	3.2	688.89	<0.005	81	0.75
T5	r3	2.8	652.50	0.081	87	0.79	T14	r3	3.4	649.58	<0.005	71	0.62
T6	r1	3.2	721.82	0.058	95	0.84	T15	r1	2.4	667.32	0.057	34	0.29
T6	r2	3.4	673.74	0.032	93	0.65	T15	r2	2.3	651.67	0.045	28	0.22
T6	r3	3.2	696.33	0.045	89	0.66	T15	r3	2.4	640.00	0.032	28	0.25
T7	r1	2.5	717.42	0.042	38	0.32	T16	r1	2.8	642.50	<0.005	55	0.43
T7	r2	2.7	666.67	0.032	44	0.33	T16	r2	2.7	626.96	<0.005	50	0.44
T7	r3	2.7	639.39	0.056	32	0.22	T16	r3	2.8	617.78	<0.005	53	0.46
T8	r1	2.1	681.54	<0.005	53	0.43	T17	r1	2.8	707.86	<0.005	79	0.75
T8	r2	1.9	635.45	<0.005	60	0.58	T17	r2	2.8	642.50	<0.005	77	0.79
T8	r3	3.2	652.26	0.005	67	0.34	T17	r3	2.9	666.25	0.018	71	0.69
T9	r1	3.3	662.50	0.044	66	0.48	T18	r1	2.4	646.88	0.045	47	0.38
T9	r2	3.3	656.15	0.055	69	0.48	T18	r2	2.5	646.76	0.018	38	0.20
T9	r3	3.2	705.00	0.094	64	0.47	T18	r3	2.4	643.44	0.044	44	0.38

continúa...

continúa...

T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC	T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC
T19	r1	3.2	675.15	<0.005	86	0.72	T29	r1	2.60	957.84	0.170	63	0.62
T19	r2	2.4	695.00	<0.005	87	0.92	T29	r2	2.70	629.70	0.229	58	0.59
T19	r3	3.0	698.46	<0.005	94	0.80	T29	r3	2.60	616.00	0.073	55	0.62
T20	r1	2.2	668.46	0.045	51	0.45	T30	r1	3.20	674.00	0.057	56	0.41
T20	r2	2.0	661.54	0.030	55	0.70	T30	r2	3.40	635.56	0.111	45	0.26
T20	r3	2.3	666.41	0.043	48	0.39	T30	r3	3.30	621.35	0.119	52	0.30
T21	r1	2.80	712.80	0.032	67	0.43	T31	r1	1.70	610.83	0.094	18	0.24
T21	r2	2.90	673.28	0.018	62	0.38	T31	r2	1.80	629.00	0.068	18	0.28
T21	r3	2.90	672.48	0.031	72	0.52	T31	r3	1.60	521.21	0.111	14	0.13
T22	r1	2.90	662.22	0.005	53	0.41	T32	r1	2.90	712.73	<0.005	90	1.03
T22	r2	2.90	649.06	<0.005	63	0.55	T32	r2	2.90	684.00	<0.005	85	0.97
T22	r3	2.90	611.11	0.005	72	0.62	T32	r3	3.20	702.73	<0.005	82	0.81
T23	r1	3.00	697.69	0.030	75	0.47	T33	r1	3.10	992.50	0.099	85	0.71
T23	r2	2.70	648.57	0.019	75	0.48	T33	r2	2.80	700.77	0.058	70	0.61
T23	r3	2.60	667.78	0.043	85	0.62	T33	r3	3.00	677.53	0.095	85	0.67
T24	r1	2.70	701.25	0.030	66	0.48	T34	r1	2.40	719.26	0.044	85	0.75
T24	r2	2.70	716.10	0.018	71	0.56	T34	r2	2.40	690.91	0.032	89	0.75
T24	r3	2.70	674.12	0.030	63	0.48	T34	r3	2.50	717.14	0.043	92	0.76
T25	r1	3.60	665.83	0.073	60	0.44	T35	r1	3.40	720.71	<0.005	91	0.82
T25	r2	3.50	675.20	0.055	61	0.46	T35	r2	3.50	684.85	<0.005	89	0.86
T25	r3	3.50	655.79	0.094	62	0.49	T35	r3	3.30	677.00	<0.005	82	0.79
T26	r1	2.70	677.86	0.030	48	0.30	T36	r1	3.10	700.69	<0.005	91	1.00
T26	r2	2.80	702.22	0.018	56	0.43	T36	r2	3.40	640.87	<0.005	84	0.76
T26	r3	2.80	691.67	0.031	51	0.36	T36	r3	3.20	641.00	<0.005	94	0.94
T27	r1	3.10	693.58	0.018	72	0.61	T37	r1	2.80	690.97	0.129	83	0.64
T27	r2	3.20	671.72	0.005	64	0.59	T37	r2	2.80	644.55	0.083	87	0.71
T27	r3	3.00	674.74	0.018	65	0.60	T37	r3	3.10	632.22	0.106	88	0.68
T28	r1	2.50	1095.79	>0.370	48	0.32	T38	r1	3.20	729.63	<0.005	82	0.88
T28	r2	2.40	659.66	>0.370	49	0.38	T38	r2	3.20	680.65	<0.005	80	0.84
T28	r3	2.50	746.67	>0.370	49	0.32	T38	r3	3.50	695.00	0.005	85	0.86

continúa...

continúa...

T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC	T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC
T39	r1	2.50	764.62	0.113	77	0.60	T49	r1	2.80	735.83	0.043	58	0.50
T39	r2	2.10	615.31	0.046	74	0.67	T49	r2	2.50	678.79	0.018	55	0.48
T39	r3	2.40	654.13	0.068	69	0.54	T49	r3	2.60	596.30	0.044	47	0.42
T40	r1	2.80	692.11	0.199	50	0.50	T50	r1	1.90	674.84	<0.005	69	0.68
T40	r2	2.50	662.22	0.225	40	0.40	T50	r2	1.80	635.45	<0.005	57	0.61
T40	r3	2.40	667.78	0.170	44	0.46	T50	r3	1.80	670.00	<0.005	64	0.67
T41	r1	1.90	952.73	<0.005	47	0.58	T51	r1	2.40	710.16	0.043	36	0.29
T41	r2	1.70	635.66	<0.005	38	0.41	T51	r2	2.70	667.27	0.043	38	0.33
T41	r3	1.70	614.00	<0.005	44	0.47	T51	r3	2.80	669.88	0.070	45	0.36
T42	r1	2.70	722.45	0.058	68	0.59	T52	r1	3.10	692.31	0.173	65	0.48
T42	r2	2.90	631.00	0.018	65	0.48	T52	r2	3.20	689.15	0.031	71	0.50
T42	r3	2.70	660.76	0.031	60	0.52	T52	r3	3.00	642.50	0.108	75	0.63
T43	r1	2.20	657.23	0.005	46	0.45	T53	r1	2.60	692.14	>0.370	60	0.50
T43	r2	2.00	607.07	0.055	46	0.50	T53	r2	2.50	645.86	0.322	53	0.36
T43	r3	2.20	592.93	0.032	48	0.59	T53	r3	2.40	690.91	>0.370	50	0.54
T44	r1	2.80	725.88	0.046	59	0.46	T54	r1	2.40	680.45	0.071	57	0.58
T44	r2	2.80	680.81	0.019	56	0.46	T54	r2	2.30	629.23	0.032	52	0.61
T44	r3	2.80	696.00	0.043	55	0.54	T54	r3	2.70	645.88	0.070	63	0.70
T45	r1	2.90	721.43	0.043	72	0.66	T55	r1	3.10	717.27	0.137	75	0.58
T45	r2	2.80	667.89	0.182	75	0.57	T55	r2	2.70	685.63	0.097	67	0.52
T45	r3	2.80	686.67	0.157	72	0.57	T55	r3	3.10	641.84	0.084	71	0.52
T46	r1	3.40	732.50	0.246	81	0.74	T56	r1	2.10	684.00	0.005	48	0.67
T46	r2	3.60	669.17	0.043	83	0.67	T56	r2	2.00	630.50	0.018	47	0.55
T46	r3	3.40	730.00	0.119	82	0.76	T56	r3	2.00	648.62	0.030	47	0.55
T47	r1	3.00	703.87	0.216	87	0.60	T57	r1	2.70	680.88	0.045	61	0.70
T47	r2	3.20	608.08	0.071	87	0.69	T57	r2	2.50	617.92	0.032	60	0.60
T47	r3	3.10	605.05	0.117	90	0.71	T57	r3	2.50	655.33	0.045	56	0.52
T48	r1	3.00	727.33	0.084	62	0.57	T58	r1	2.70	739.84	0.044	73	0.48
T48	r2	3.20	641.11	0.045	69	0.63	T58	r2	2.60	685.86	0.018	69	0.50
T48	r3	2.80	650.00	0.070	62	0.57	T58	r3	2.70	689.89	0.005	74	0.48

continúa...

continúa...

T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC	T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC
T59	r1	2.30	667.27	0.005	79	0.70	T69	r1	3.40	725.55	0.031	86	0.65
T59	r2	2.40	648.91	<0.005	80	0.71	T69	r2	3.20	655.91	0.018	90	0.81
T59	r3	2.30	689.92	<0.005	80	0.70	T69	r3	3.60	729.00	0.032	85	0.64
T60	r1	2.50	688.33	>0.370	83	0.60	T70	r1	2.60	710.62	>0.370	81	0.62
T60	r2	2.50	712.73	>0.370	78	0.60	T70	r2	2.70	688.00	0.328	80	0.56
T60	r3	2.60	718.00	>0.370	83	0.58	T70	r3	2.60	732.00	>0.370	75	0.50
T61	r1	2.00	683.64	0.031	80	0.70	T71	r1	3.30	708.85	<0.005	91	0.85
T61	r2	1.80	664.62	0.005	82	0.78	T71	r2	3.20	690.91	<0.005	88	0.81
T61	r3	2.10	666.67	0.005	75	0.57	T71	r3	3.30	712.07	<0.005	80	0.88
T62	r1	2.80	750.00	0.081	71	0.57	T72	r1	3.20	722.61	0.030	73	0.75
T62	r2	2.60	700.00	0.018	62	0.50	T72	r2	3.20	699.23	0.042	76	0.75
T62	r3	2.70	695.92	0.058	67	0.44	T72	r3	3.30	674.75	0.083	69	0.73
T63	r1	3.30	714.29	<0.005	94	0.91	T73	r1	3.30	700.71	<0.005	88	0.79
T63	r2	3.30	686.87	<0.005	92	0.88	T73	r2	3.50	711.61	<0.005	91	0.74
T63	r3	3.50	703.10	<0.005	88	0.77	T73	r3	3.30	687.27	<0.005	87	0.79
T64	r1	2.60	701.54	0.043	40	0.27	T74	r1	3.20	708.33	0.005	7	0.03
T64	r2	2.70	675.56	0.043	55	0.37	T74	r2	3.20	713.73	0.030	6	0.00
T64	r3	2.60	697.71	0.081	46	0.42	T74	r3	3.10	681.72	0.018	5	0.00
T65	r1	2.50	705.71	>0.370	75	0.56	T75	r1	2.50	700.89	0.030	78	0.48
T65	r2	2.30	746.67	0.372	78	0.65	T75	r2	2.50	710.61	0.005	82	0.52
T65	r3	2.40	768.47	>0.370	65	0.54	T75	r3	2.10	696.67	0.045	84	0.62
T66	r1	2.60	676.24	<0.005	59	0.54	T76	r1	3.10	720.00	<0.005	93	0.90
T66	r2	3.00	700.00	<0.005	59	0.57	T76	r2	3.20	700.00	<0.005	91	0.81
T66	r3	2.60	690.76	<0.005	57	0.58	T76	r3	3.10	724.69	<0.005	88	0.77
T67	r1	2.60	711.72	0.056	80	0.73	T77	r1	1.70	660.56	0.043	36	0.35
T67	r2	3.00	678.65	0.030	79	0.70	T77	r2	1.80	663.33	0.005	44	0.44
T67	r3	2.70	691.74r	0.018	79	0.74	T77	r3	1.70	670.48	0.018	34	0.29
T68	r1	2.50	683.61	0.031	36	0.40	T78	r1	3.10	1085.71	0.031	71	0.55
T68	r2	2.80	672.48	0.018	43	0.39	T78	r2	3.10	701.68	0.067	76	0.58
T68	r3	2.70	627.73	0.005	35	0.33	T78	r3	3.30	693.23	0.106	72	0.52

continúa...

continúa...

T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC	T	r	P 1000 S (g)	DA (g/1000cm ³)	CS (%)	PG (%)	IC
T79	r1	3.20	723.20	<0.005	94	0.97	T89	r1	2.50	713.75	0.055	83	0.64
T79	r2	3.33	721.62	<0.005	99	0.90	T89	r2	2.60	716.67	0.031	91	0.69
T79	r3	3.30	720.95	<0.005	93	0.91	T89	r3	2.60	716.91	0.043	93	0.65
T80	r1	2.80	531.58	0.005	77	0.57	T90	r1	3.10	679.09	0.094	91	0.68
T80	r2	2.70	659.60	0.005	82	0.59	T90	r2	3.10	702.08	0.045	85	0.65
T80	r3	2.70	716.67	0.044	74	0.59	T90	r3	3.30	735.37	0.058	87	0.73
T81	r1	2.60	515.43	0.031	31	0.35	T91	r1	2.80	737.69	0.030	76	0.54
T81	r2	2.50	650.83	0.042	42	0.44	T91	r2	2.70	732.00	0.005	73	0.56
T81	r3	2.60	1010.53	0.032	37	0.35	T91	r3	2.70	715.00	0.032	70	0.42
T82	r1	2.90	717.50	0.081	82	0.69	T92	r1	2.60	718.87	0.360	68	0.54
T82	r2	2.90	706.11	0.137	86	0.72	T92	r2	2.60	742.86	>0.370	68	0.54
T82	r3	2.90	687.28	0.111	82	0.72	T92	r3	2.70	690.00	>0.370	70	0.48
T83	r1	3.50	694.71	0.071	72	0.57	T93	r1	2.60	717.17	0.289	64	0.46
T83	r2	3.30	665.64	0.124	75	0.64	T93	r2	2.50	655.38	0.238	60	0.52
T83	r3	3.20	668.67	0.070	62	0.56	T93	r3	2.50	690.00	0.266	71	0.60
T84	r1	2.70	720.54	0.031	60	0.52	T94	r1	2.40	710.27	0.071	67	0.54
T84	r2	2.50	718.68	0.005	59	0.48	T94	r2	2.40	704.17	0.067	70	0.58
T84	r3	2.70	717.12	0.017	50	0.41	T94	r3	2.40	722.13	0.044	71	0.54
T85	r1	1.70	674.44	<0.005	78	0.65	T95	r1	2.40	688.00	0.263	69	0.58
T85	r2	2.00	688.75	<0.005	74	0.55	T95	r2	2.40	696.67	0.347	73	0.58
T85	r3	2.00	691.67	<0.005	74	0.60	T95	r3	2.50	672.67	0.258	71	0.60
T86	r1	3.00	728.15	0.097	66	0.50	T96	r1	3.70	691.43	0.018	98	0.78
T86	r2	3.00	705.10	0.030	69	0.64	T96	r2	4.00	713.92	0.005	98	0.70
T86	r3	3.30	701.11	0.056	68	0.58	T96	r3	4.10	638.82	0.005	90	0.66
T87	r1	2.40	708.18	0.042	75	0.67	T97	r1	2.50	621.25	0.018	88	0.84
T87	r2	2.40	687.69	0.018	78	0.79	T97	r2	2.30	613.33	0.005	97	0.91
T87	r3	2.50	685.54	0.045	85	0.80	T97	r3	1.90	672.22	0.005	93	1.21
T88	r1	2.70	668.89	>0.370	72	0.59	T98	r1	2.90	619.13	<0.005	90	0.83
T88	r2	2.60	693.02	0.295	61	0.42	T98	r2	3.00	607.75	<0.005	84	0.80
T88	r3	2.50	688.89	>0.370	65	0.56	T98	r3	2.70	612.22	<0.005	85	0.89

Tabla A.2: Resultados de los tratamientos (T) y sus 10 repeticiones (r) en las variables diámetro de semillas (DS) y espesor de semilla (ES) de la fase de selección. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T1	r1	2.10	1.10	T6	r2	2.10	1.00	T11	r3	1.90	1.20
T1	r2	1.90	1.00	T6	r3	2.10	1.00	T11	r4	2.00	1.00
T1	r3	1.90	1.00	T6	r4	2.00	1.00	T11	r5	1.80	1.00
T1	r4	2.00	1.00	T6	r5	2.00	1.00	T11	r6	2.00	1.10
T1	r5	1.90	1.10	T6	r6	1.70	0.70	T11	r7	1.70	0.90
T1	r6	2.00	1.10	T6	r7	2.00	1.00	T11	r8	2.20	1.20
T1	r7	1.80	0.90	T6	r8	2.20	1.10	T11	r9	1.70	1.00
T1	r8	2.00	0.90	T6	r9	2.00	1.00	T11	r10	1.50	0.70
T1	r9	1.90	1.00	T6	r10	1.90	1.00	T12	r1	1.90	1.00
T1	r10	2.10	1.00	T7	r1	1.80	1.00	T12	r2	1.60	0.90
T2	r1	2.10	1.10	T7	r2	1.90	0.90	T12	r3	2.00	1.00
T2	r2	2.00	1.10	T7	r3	1.90	1.00	T12	r4	1.70	1.00
T2	r3	1.90	1.10	T7	r4	2.00	1.00	T12	r5	1.80	1.00
T2	r4	2.00	1.20	T7	r5	1.90	1.00	T12	r6	1.80	1.00
T2	r5	1.90	1.10	T7	r6	2.00	1.00	T12	r7	2.20	1.00
T2	r6	2.00	1.10	T7	r7	1.80	0.90	T12	r8	2.30	1.00
T2	r7	1.60	1.00	T7	r8	1.70	0.80	T12	r9	1.70	0.70
T2	r8	1.80	1.00	T7	r9	1.60	1.00	T12	r10	1.70	0.80
T2	r9	1.70	0.90	T7	r10	2.10	1.00	T13	r1	1.90	1.10
T2	r10	2.00	1.30	T8	r1	1.40	0.90	T13	r2	1.80	1.00
T3	r1	1.90	1.00	T8	r2	1.50	1.00	T13	r3	1.80	1.10
T3	r2	1.90	1.00	T8	r3	1.50	0.90	T13	r4	1.90	1.20
T3	r3	1.90	1.00	T8	r4	1.70	1.00	T13	r5	2.10	1.30
T3	r4	1.90	1.00	T8	r5	1.70	1.00	T13	r6	1.90	1.10
T3	r5	1.90	1.00	T8	r6	1.70	1.00	T13	r7	1.70	0.90
T3	r6	1.70	0.90	T8	r7	1.50	1.00	T13	r8	1.80	1.00
T3	r7	1.90	1.00	T8	r8	1.40	1.00	T13	r9	2.00	1.20
T3	r8	2.00	0.90	T8	r9	1.70	1.20	T13	r10	1.80	0.90
T3	r9	1.70	0.90	T8	r10	1.30	0.80	T14	r1	2.00	1.20
T3	r10	1.80	0.90	T9	r1	2.10	1.10	T14	r2	1.80	1.00
T4	r1	2.00	1.20	T9	r2	2.20	1.00	T14	r3	1.80	0.90
T4	r2	2.20	1.00	T9	r3	1.90	1.10	T14	r4	2.00	1.20
T4	r3	2.20	1.00	T9	r4	1.90	1.00	T14	r5	2.00	1.00
T4	r4	2.10	1.00	T9	r5	2.10	1.10	T14	r6	2.00	1.10
T4	r5	1.60	0.80	T9	r6	1.70	1.00	T14	r7	2.00	1.00
T4	r6	1.90	1.00	T9	r7	2.10	1.10	T14	r8	1.70	1.10
T4	r7	1.80	0.90	T9	r8	2.00	1.00	T14	r9	2.00	1.10
T4	r8	1.80	0.90	T9	r9	2.00	1.00	T14	r10	1.90	0.90
T4	r9	2.00	1.00	T9	r10	1.90	1.00	T15	r1	1.90	1.00
T4	r10	1.70	1.00	T10	r1	2.10	1.10	T15	r2	1.90	1.00
T5	r1	2.20	1.10	T10	r2	1.90	1.10	T15	r3	1.80	0.90
T5	r2	2.10	1.10	T10	r3	1.90	0.90	T15	r4	2.00	1.00
T5	r3	1.80	1.10	T10	r4	2.00	1.10	T15	r5	2.00	1.00
T5	r4	2.00	1.00	T10	r5	1.90	1.00	T15	r6	1.90	1.00
T5	r5	1.90	1.20	T10	r6	2.00	1.10	T15	r7	1.80	0.90
T5	r6	1.90	1.00	T10	r7	2.00	1.10	T15	r8	2.00	0.90
T5	r7	2.00	1.00	T10	r8	1.80	0.90	T15	r9	1.70	0.90
T5	r8	2.10	1.00	T10	r9	1.90	1.00	T15	r10	1.90	1.00
T5	r9	1.70	0.90	T10	r10	1.50	0.90	T16	r1	1.60	0.70
T5	r10	2.00	1.00	T11	r1	2.00	1.20	T16	r2	1.70	1.00
T6	r1	1.90	0.90	T11	r2	2.00	1.10	T16	r3	1.60	1.00

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T16	r4	2.00	1.10	T21	r5	1.90	0.90	T26	r6	1.90	1.00
T16	r5	1.80	1.00	T21	r6	1.80	0.90	T26	r7	1.90	1.00
T16	r6	1.80	1.00	T21	r7	1.90	1.00	T26	r8	1.90	1.00
T16	r7	2.00	1.10	T21	r8	1.90	1.00	T26	r9	1.60	0.70
T16	r8	1.70	0.90	T21	r9	2.10	1.10	T26	r10	1.80	0.90
T16	r9	1.90	1.00	T21	r10	1.90	0.90	T27	r1	2.00	1.10
T16	r10	1.80	1.00	T22	r1	1.80	1.00	T27	r2	1.90	1.10
T17	r1	2.00	1.10	T22	r2	1.80	1.10	T27	r3	1.80	1.00
T17	r2	2.00	1.10	T22	r3	1.80	1.00	T27	r4	1.80	0.90
T17	r3	1.90	1.00	T22	r4	1.80	1.00	T27	r5	2.00	1.20
T17	r4	2.10	1.10	T22	r5	1.60	1.00	T27	r6	2.00	1.10
T17	r5	2.00	1.20	T22	r6	1.90	1.00	T27	r7	1.80	1.00
T17	r6	1.90	1.00	T22	r7	1.70	1.10	T27	r8	1.90	1.00
T17	r7	1.90	1.00	T22	r8	1.60	0.90	T27	r9	1.80	0.90
T17	r8	1.80	1.10	T22	r9	1.90	1.00	T27	r10	1.90	1.10
T17	r9	2.00	1.10	T22	r10	1.70	0.90	T28	r1	1.40	0.80
T17	r10	1.90	0.90	T23	r1	1.70	0.90	T28	r2	1.80	0.90
T18	r1	1.90	1.20	T23	r2	1.80	1.00	T28	r3	1.70	1.00
T18	r2	1.60	1.10	T23	r3	1.70	0.90	T28	r4	1.70	0.90
T18	r3	1.80	1.00	T23	r4	1.80	1.00	T28	r5	1.80	0.90
T18	r4	1.60	1.00	T23	r5	1.70	0.90	T28	r6	1.60	0.90
T18	r5	1.70	1.00	T23	r6	1.90	0.90	T28	r7	1.60	1.00
T18	r6	2.00	1.10	T23	r7	1.90	1.00	T28	r8	1.70	1.00
T18	r7	1.80	1.00	T23	r8	1.80	0.90	T28	r9	1.70	1.00
T18	r8	1.60	1.00	T23	r9	2.00	1.00	T28	r10	1.70	0.80
T18	r9	1.90	0.80	T23	r10	1.70	0.90	T29	r1	1.80	1.20
T18	r10	1.70	1.20	T24	r1	1.90	0.90	T29	r2	1.90	1.10
T19	r1	1.90	1.00	T24	r2	1.80	1.00	T29	r3	1.70	1.10
T19	r2	1.90	1.10	T24	r3	1.90	1.00	T29	r4	1.60	0.90
T19	r3	1.70	1.10	T24	r4	1.90	1.00	T29	r5	1.90	1.00
T19	r4	1.80	1.20	T24	r5	2.00	1.00	T29	r6	1.60	0.90
T19	r5	1.80	1.00	T24	r6	1.90	1.00	T29	r7	1.80	1.10
T19	r6	1.80	0.90	T24	r7	1.90	1.00	T29	r8	1.70	0.80
T19	r7	1.70	0.80	T24	r8	1.60	0.80	T29	r9	2.00	1.10
T19	r8	1.90	1.10	T24	r9	2.00	1.00	T29	r10	1.70	1.00
T19	r9	1.90	1.20	T24	r10	1.90	0.90	T30	r1	2.00	1.00
T19	r10	2.00	1.10	T25	r1	2.00	1.00	T30	r2	1.80	1.00
T20	r1	1.70	1.10	T25	r2	2.00	1.00	T30	r3	1.70	1.10
T20	r2	1.70	1.00	T25	r3	2.00	1.00	T30	r4	1.90	1.10
T20	r3	1.90	1.00	T25	r4	1.70	0.90	T30	r5	2.10	1.00
T20	r4	1.70	1.10	T25	r5	2.00	1.00	T30	r6	2.30	1.10
T20	r5	1.80	1.10	T25	r6	1.90	1.00	T30	r7	1.90	1.00
T20	r6	1.90	1.10	T25	r7	2.00	1.10	T30	r8	2.00	1.10
T20	r7	1.90	1.10	T25	r8	2.00	1.00	T30	r9	2.00	1.00
T20	r8	1.70	1.00	T25	r9	2.00	1.00	T30	r10	1.60	1.00
T20	r9	1.80	1.00	T25	r10	1.90	0.90	T31	r1	1.60	1.00
T20	r10	2.00	1.10	T26	r1	1.80	0.90	T31	r2	1.60	1.10
T21	r1	1.70	0.90	T26	r2	1.80	1.00	T31	r3	1.50	1.00
T21	r2	1.50	1.00	T26	r3	1.80	0.90	T31	r4	1.40	0.90
T21	r3	1.90	1.10	T26	r4	1.90	1.00	T31	r5	1.70	1.00
T21	r4	1.80	1.00	T26	r5	1.70	0.90	T31	r6	1.60	1.10

continúa...

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T31	r7	1.70	0.90	T36	r7	2.00	1.00	T41	r7	1.50	1.00
T31	r8	1.50	0.90	T36	r8	1.90	1.10	T41	r8	1.80	1.10
T31	r9	1.80	0.90	T36	r9	2.00	1.10	T41	r9	1.40	1.00
T31	r10	1.40	0.90	T36	r10	1.70	0.90	T41	r10	1.40	0.90
T32	r1	1.60	1.10	T37	r1	2.00	1.00	T42	r1	2.00	1.10
T32	r2	2.00	1.10	T37	r2	1.80	0.80	T42	r2	1.70	1.00
T32	r3	2.00	1.10	T37	r3	1.90	1.00	T42	r3	2.10	1.00
T32	r4	1.60	0.90	T37	r4	2.10	0.90	T42	r4	2.00	1.00
T32	r5	2.00	1.20	T37	r5	1.80	0.90	T42	r5	1.60	0.90
T32	r6	1.70	0.90	T37	r6	2.10	1.00	T42	r6	1.70	0.90
T32	r7	1.80	0.90	T37	r7	2.00	1.00	T42	r7	2.00	1.00
T32	r8	2.00	1.20	T37	r8	2.00	1.10	T42	r8	1.90	1.10
T32	r9	1.90	1.10	T37	r9	1.90	1.00	T42	r9	2.00	1.00
T32	r10	2.00	1.20	T37	r10	1.80	0.90	T42	r10	2.00	0.90
T33	r1	2.00	1.00	T38	r1	2.00	1.30	T43	r1	1.70	1.00
T33	r2	2.00	1.00	T38	r2	1.80	0.80	T43	r2	1.60	0.90
T33	r3	1.90	1.10	T38	r3	1.90	1.10	T43	r3	1.60	1.00
T33	r4	1.90	1.10	T38	r4	2.00	1.20	T43	r4	1.50	1.00
T33	r5	1.80	1.00	T38	r5	1.90	1.20	T43	r5	1.50	0.90
T33	r6	2.00	1.00	T38	r6	2.00	1.10	T43	r6	1.50	1.00
T33	r7	2.00	1.00	T38	r7	1.70	1.00	T43	r7	1.40	1.00
T33	r8	1.80	0.90	T38	r8	2.00	1.00	T43	r8	1.60	1.00
T33	r9	2.00	0.90	T38	r9	2.20	1.20	T43	r9	1.70	1.00
T33	r10	1.90	1.00	T38	r10	2.00	1.00	T43	r10	1.90	1.10
T34	r1	1.80	1.00	T39	r1	1.90	1.00	T44	r1	2.00	1.00
T34	r2	1.90	1.00	T39	r2	1.80	0.90	T44	r2	1.80	1.10
T34	r3	1.90	0.90	T39	r3	1.70	1.00	T44	r3	1.90	1.00
T34	r4	1.90	1.00	T39	r4	1.50	0.90	T44	r4	1.90	0.90
T34	r5	1.60	0.80	T39	r5	1.90	0.90	T44	r5	2.00	1.00
T34	r6	2.00	1.00	T39	r6	1.80	0.90	T44	r6	1.90	1.00
T34	r7	1.80	0.90	T39	r7	2.00	1.00	T44	r7	2.00	1.00
T34	r8	2.00	1.00	T39	r8	1.90	1.00	T44	r8	1.80	1.10
T34	r9	1.70	1.00	T39	r9	2.00	1.00	T44	r9	1.90	0.90
T34	r10	2.00	1.10	T39	r10	1.90	1.00	T44	r10	2.00	1.10
T35	r1	2.00	1.20	T40	r1	1.90	1.00	T45	r1	2.00	1.10
T35	r2	2.00	1.00	T40	r2	2.00	1.10	T45	r2	1.90	1.00
T35	r3	2.00	1.20	T40	r3	1.90	1.00	T45	r3	1.90	0.90
T35	r4	1.90	1.00	T40	r4	1.90	1.00	T45	r4	1.60	1.00
T35	r5	2.10	1.20	T40	r5	1.90	1.00	T45	r5	2.00	1.00
T35	r6	2.00	1.20	T40	r6	2.00	1.10	T45	r6	2.20	1.10
T35	r7	2.00	1.10	T40	r7	1.80	0.90	T45	r7	1.80	1.00
T35	r8	1.90	1.10	T40	r8	1.70	1.10	T45	r8	1.90	1.00
T35	r9	2.10	1.20	T40	r9	1.90	1.00	T45	r9	2.10	1.00
T35	r10	2.00	1.10	T40	r10	1.90	1.00	T45	r10	2.00	1.00
T36	r1	2.00	1.20	T41	r1	1.60	1.00	T46	r1	2.00	1.00
T36	r2	2.00	1.20	T41	r2	1.40	0.90	T46	r2	1.90	1.00
T36	r3	1.70	0.90	T41	r3	1.40	1.00	T46	r3	1.80	1.00
T36	r4	1.90	1.00	T41	r4	1.70	1.00	T46	r4	2.10	1.10
T36	r5	1.90	1.20	T41	r5	1.40	1.00	T46	r5	1.80	1.10
T36	r6	1.90	1.10	T41	r6	1.60	1.00	T46	r6	2.10	1.20

continúa...

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T46	r7	2.00	0.90	T51	r8	1.80	1.00	T56	r9	1.80	1.10
T46	r8	1.90	1.00	T51	r9	1.90	0.90	T56	r10	1.60	1.00
T46	r9	2.00	1.00	T51	r10	1.90	0.80	T57	r1	1.80	0.90
T46	r10	2.00	0.90	T52	r1	1.90	1.00	T57	r2	1.90	1.10
T47	r1	1.90	1.00	T52	r2	1.90	0.90	T57	r3	2.00	1.20
T47	r2	2.10	1.10	T52	r3	2.00	1.00	T57	r4	1.90	1.00
T47	r3	2.00	0.90	T52	r4	2.10	1.00	T57	r5	1.80	1.10
T47	r4	2.00	1.10	T52	r5	2.00	1.00	T57	r6	1.90	1.00
T47	r5	1.70	1.10	T52	r6	2.10	1.00	T57	r7	2.00	1.10
T47	r6	1.80	1.00	T52	r7	1.90	1.00	T57	r8	1.80	1.10
T47	r7	1.90	1.00	T52	r8	2.00	1.10	T57	r9	1.90	1.10
T47	r8	1.80	1.00	T52	r9	1.90	1.10	T57	r10	1.80	1.10
T47	r9	2.10	1.10	T52	r10	1.80	1.10	T58	r1	1.90	1.00
T47	r10	2.10	1.10	T53	r1	2.00	1.00	T58	r2	1.70	1.00
T48	r1	2.00	1.00	T53	r2	2.00	1.10	T58	r3	1.90	1.00
T48	r2	1.80	0.90	T53	r3	2.00	1.10	T58	r4	1.80	1.00
T48	r3	1.70	0.90	T53	r4	1.90	1.00	T58	r5	1.90	1.10
T48	r4	2.20	1.10	T53	r5	1.60	1.00	T58	r6	1.80	1.00
T48	r5	2.00	1.00	T53	r6	1.80	1.20	T58	r7	1.70	0.90
T48	r6	2.00	0.90	T53	r7	1.70	1.00	T58	r8	1.70	0.90
T48	r7	2.20	1.00	T53	r8	1.80	1.10	T58	r9	1.80	1.00
T48	r8	2.00	1.00	T53	r9	1.90	1.00	T58	r10	1.80	1.00
T48	r9	1.80	1.10	T53	r10	2.00	1.10	T59	r1	1.70	1.10
T48	r10	2.10	1.00	T54	r1	1.70	1.00	T59	r2	1.70	1.00
T49	r1	1.80	1.00	T54	r2	1.80	1.10	T59	r3	1.70	1.00
T49	r2	2.00	1.00	T54	r3	1.90	1.00	T59	r4	1.90	1.00
T49	r3	1.60	0.90	T54	r4	1.70	1.10	T59	r5	1.90	1.20
T49	r4	1.70	0.70	T54	r5	2.00	1.20	T59	r6	1.80	1.30
T49	r5	1.90	1.00	T54	r6	2.00	1.20	T59	r7	1.70	1.10
T49	r6	2.00	1.00	T54	r7	1.50	0.80	T59	r8	1.70	1.10
T49	r7	1.80	1.00	T54	r8	1.70	1.10	T59	r9	1.70	0.90
T49	r8	2.00	1.00	T54	r9	1.80	1.00	T59	r10	1.80	1.00
T49	r9	1.90	1.00	T54	r10	1.60	1.10	T60	r1	1.80	1.00
T49	r10	2.00	1.00	T55	r1	2.00	1.10	T60	r2	1.80	0.90
T50	r1	1.60	1.00	T55	r2	2.00	1.00	T60	r3	1.70	0.70
T50	r2	1.20	0.70	T55	r3	2.00	1.00	T60	r4	2.00	0.90
T50	r3	1.70	1.00	T55	r4	1.90	1.10	T60	r5	1.90	0.90
T50	r4	1.60	1.00	T55	r5	2.10	1.00	T60	r6	1.80	1.00
T50	r5	1.70	1.00	T55	r6	2.10	1.00	T60	r7	2.00	1.00
T50	r6	1.60	1.10	T55	r7	2.10	1.10	T60	r8	1.70	0.90
T50	r7	1.60	1.00	T55	r8	2.00	1.00	T60	r9	2.00	1.00
T50	r8	1.60	0.80	T55	r9	2.00	1.00	T60	r10	2.00	1.00
T50	r9	1.50	1.00	T55	r10	1.90	1.00	T61	r1	1.60	0.90
T50	r10	1.50	0.80	T56	r1	1.70	1.00	T61	r2	1.60	0.90
T51	r1	1.90	0.90	T56	r2	1.80	1.00	T61	r3	1.50	1.00
T51	r2	1.80	0.90	T56	r3	1.60	0.90	T61	r4	1.50	0.90
T51	r3	1.90	1.00	T56	r4	1.60	0.90	T61	r5	1.60	1.00
T51	r4	1.80	0.80	T56	r5	1.70	1.00	T61	r6	1.70	1.00
T51	r5	1.90	1.00	T56	r6	1.70	1.20	T61	r7	1.60	1.00
T51	r6	2.00	0.90	T56	r7	1.80	1.10	T61	r8	1.50	1.00
T51	r7	1.80	1.00	T56	r8	1.70	1.00	T61	r9	1.60	1.10

continúa...

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T61	r10	1.70	1.00	T67	r1	2.00	1.00	T72	r2	2.00	1.10
T62	r1	1.90	1.00	T67	r2	1.90	1.00	T72	r3	1.90	1.20
T62	r2	1.90	1.00	T67	r3	1.80	0.90	T72	r4	1.90	1.10
T62	r3	1.90	1.00	T67	r4	2.00	1.00	T72	r5	2.00	1.10
T62	r4	1.70	0.70	T67	r5	1.80	0.90	T72	r6	2.00	1.20
T62	r5	2.00	1.00	T67	r6	2.10	1.10	T72	r7	2.10	1.20
T62	r6	1.80	1.00	T67	r7	1.90	1.10	T72	r8	2.00	1.10
T62	r7	1.90	1.00	T67	r8	1.70	1.00	T72	r9	1.80	1.00
T62	r8	1.80	1.00	T67	r9	2.00	1.20	T72	r10	1.80	0.90
T62	r9	2.10	1.10	T67	r10	1.90	1.10	T73	r1	2.00	1.10
T62	r10	1.80	1.00	T68	r1	1.80	1.00	T73	r2	1.90	1.10
T63	r1	2.00	1.10	T68	r2	2.00	1.20	T73	r3	2.00	1.20
T63	r2	2.10	1.10	T68	r3	1.90	1.10	T73	r4	2.00	1.00
T63	r3	2.00	1.10	T68	r4	1.80	1.10	T73	r5	2.00	1.20
T63	r4	2.00	1.20	T68	r5	1.90	1.00	T73	r6	2.00	1.00
T63	r5	2.00	1.00	T68	r6	1.60	1.00	T73	r7	2.00	1.00
T63	r6	2.00	1.20	T68	r7	1.90	1.20	T73	r8	2.00	1.20
T63	r7	2.10	1.10	T68	r8	1.80	1.10	T73	r9	1.90	1.10
T63	r8	1.80	0.90	T68	r9	1.70	1.00	T73	r10	2.00	1.10
T63	r9	2.00	1.20	T68	r10	1.90	1.00	T74	r1	2.00	1.20
T63	r10	1.90	1.20	T69	r1	2.20	1.00	T74	r2	2.10	1.20
T64	r1	2.00	0.90	T69	r2	2.10	1.10	T74	r3	2.00	1.10
T64	r2	1.70	0.90	T69	r3	1.80	0.90	T74	r4	2.10	1.10
T64	r3	1.70	0.90	T69	r4	1.90	0.80	T74	r5	2.00	1.10
T64	r4	1.70	1.00	T69	r5	1.90	1.00	T74	r6	2.10	1.10
T64	r5	1.90	1.00	T69	r6	2.20	1.10	T74	r7	1.70	0.90
T64	r6	1.80	1.00	T69	r7	2.10	1.00	T74	r8	1.90	1.10
T64	r7	1.60	1.00	T69	r8	2.20	1.10	T74	r9	1.90	1.10
T64	r8	1.90	0.90	T69	r9	1.80	0.90	T74	r10	1.90	1.00
T64	r9	1.80	1.10	T69	r10	2.00	1.00	T75	r1	1.90	0.90
T64	r10	1.90	1.00	T70	r1	2.00	0.90	T75	r2	1.50	0.80
T65	r1	1.90	0.90	T70	r2	2.00	0.90	T75	r3	1.80	1.00
T65	r2	1.90	0.90	T70	r3	1.90	0.90	T75	r4	1.90	1.00
T65	r3	1.90	1.00	T70	r4	1.90	0.90	T75	r5	2.00	0.90
T65	r4	2.00	0.90	T70	r5	1.90	1.00	T75	r6	1.80	1.00
T65	r5	1.90	0.90	T70	r6	1.90	0.90	T75	r7	1.90	0.90
T65	r6	2.00	1.00	T70	r7	1.90	0.80	T75	r8	1.70	0.80
T65	r7	1.80	0.90	T70	r8	2.00	1.00	T75	r9	1.60	0.90
T65	r8	2.00	1.00	T70	r9	1.70	0.80	T75	r10	1.80	1.00
T65	r9	1.70	1.00	T70	r10	1.90	0.90	T76	r1	1.90	1.10
T65	r10	2.00	0.90	T71	r1	1.90	1.20	T76	r2	2.10	1.20
T66	r1	1.70	1.10	T71	r2	2.00	1.20	T76	r3	2.00	1.10
T66	r2	2.10	1.30	T71	r3	2.10	1.20	T76	r4	1.90	1.10
T66	r3	1.90	1.10	T71	r4	2.00	1.10	T76	r5	2.00	1.10
T66	r4	2.10	1.20	T71	r5	2.10	1.20	T76	r6	1.80	1.10
T66	r5	2.10	1.20	T71	r6	1.80	1.00	T76	r7	1.90	1.00
T66	r6	1.90	1.10	T71	r7	1.90	1.10	T76	r8	1.70	1.20
T66	r7	1.90	1.10	T71	r8	1.90	1.10	T76	r9	1.80	1.00
T66	r8	2.00	1.20	T71	r9	1.90	1.00	T76	r10	1.90	1.20
T66	r9	1.70	1.20	T71	r10	2.10	1.20	T77	r1	1.50	0.90
T66	r10	1.80	1.00	T72	r1	2.20	1.10	T77	r2	1.60	1.00

continúa...

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T77	r3	1.30	0.90	T82	r3	1.90	1.00	T87	r3	1.90	1.10
T77	r4	1.80	1.10	T82	r4	1.90	1.10	T87	r4	1.80	0.80
T77	r5	1.60	1.00	T82	r5	2.00	1.10	T87	r5	1.80	1.30
T77	r6	1.80	1.00	T82	r6	1.90	1.10	T87	r6	1.60	0.90
T77	r7	1.50	0.90	T82	r7	2.00	1.10	T87	r7	1.80	1.00
T77	r8	1.60	1.00	T82	r8	2.00	1.00	T87	r8	1.90	1.00
T77	r9	1.40	0.80	T82	r9	1.90	1.00	T87	r9	1.90	1.10
T77	r10	1.50	0.90	T82	r10	1.50	0.80	T87	r10	1.90	1.00
T78	r1	2.10	1.00	T83	r1	2.00	1.00	T88	r1	1.90	0.90
T78	r2	2.10	1.10	T83	r2	1.60	0.80	T88	r2	2.10	1.00
T78	r3	2.10	1.00	T83	r3	2.00	1.00	T88	r3	2.10	1.11
T78	r4	2.10	1.00	T83	r4	1.90	1.00	T88	r4	2.00	1.00
T78	r5	1.80	1.00	T83	r5	2.00	1.00	T88	r5	2.00	1.00
T78	r6	2.00	1.10	T83	r6	2.00	1.00	T88	r6	1.70	0.90
T78	r7	1.70	1.00	T83	r7	2.20	1.20	T88	r7	2.00	1.00
T78	r8	1.80	1.00	T83	r8	1.70	1.00	T88	r8	1.80	0.90
T78	r9	2.00	1.00	T83	r9	2.00	1.10	T88	r9	1.80	1.10
T78	r10	2.10	1.00	T83	r10	2.00	1.10	T88	r10	1.90	1.00
T79	r1	2.00	1.20	T84	r1	1.90	0.90	T89	r1	2.00	1.90
T79	r2	1.90	0.90	T84	r2	1.90	1.00	T89	r2	2.00	0.90
T79	r3	2.10	1.10	T84	r3	1.90	0.90	T89	r3	1.90	0.90
T79	r4	2.00	1.10	T84	r4	1.90	0.90	T89	r4	1.80	0.90
T79	r5	2.00	1.10	T84	r5	2.00	1.00	T89	r5	2.00	1.00
T79	r6	2.00	1.10	T84	r6	1.80	0.90	T89	r6	2.00	0.90
T79	r7	2.10	1.00	T84	r7	1.70	0.90	T89	r7	1.80	0.90
T79	r8	2.20	1.20	T84	r8	1.80	0.90	T89	r8	2.00	1.00
T79	r9	2.10	1.20	T84	r9	1.90	0.90	T89	r9	2.00	0.90
T79	r10	1.80	1.00	T84	r10	1.80	0.80	T89	r10	1.80	0.90
T80	r1	1.90	1.00	T85	r1	1.90	1.00	T90	r1	1.90	1.00
T80	r2	2.10	1.10	T85	r2	1.70	1.00	T90	r2	2.10	1.00
T80	r3	2.10	1.00	T85	r3	1.60	1.00	T90	r3	2.00	1.10
T80	r4	1.80	1.00	T85	r4	1.50	1.00	T90	r4	1.90	1.00
T80	r5	2.00	1.10	T85	r5	1.70	1.00	T90	r5	2.10	1.00
T80	r6	2.00	1.00	T85	r6	1.60	1.00	T90	r6	2.00	1.00
T80	r7	2.00	1.10	T85	r7	1.60	1.00	T90	r7	2.00	1.00
T80	r8	1.80	0.90	T85	r8	1.50	0.80	T90	r8	1.90	1.00
T80	r9	2.00	1.00	T85	r9	1.50	1.00	T90	r9	2.10	1.00
T80	r10	1.60	0.90	T85	r10	1.40	0.90	T90	r10	2.00	1.00
T81	r1	2.00	1.00	T86	r1	2.10	1.10	T91	r1	1.90	1.00
T81	r2	1.90	1.00	T86	r2	1.90	1.00	T91	r2	1.90	1.00
T81	r3	1.80	1.00	T86	r3	1.90	1.00	T91	r3	1.70	1.00
T81	r4	1.90	0.90	T86	r4	2.00	1.00	T91	r4	1.90	0.90
T81	r5	2.00	1.00	T86	r5	2.00	1.00	T91	r5	2.00	1.00
T81	r6	1.90	1.10	T86	r6	1.90	1.00	T91	r6	1.70	0.90
T81	r7	1.80	0.90	T86	r7	1.80	0.80	T91	r7	2.00	1.10
T81	r8	1.50	0.80	T86	r8	2.00	1.10	T91	r8	1.90	1.00
T81	r9	2.00	1.00	T86	r9	2.00	0.90	T91	r9	2.10	1.00
T81	r10	1.70	1.00	T86	r10	2.00	0.90	T91	r10	1.70	0.90
T82	r1	2.00	1.00	T87	r1	1.80	1.00	T92	r1	1.80	1.00
T82	r2	2.00	1.00	T87	r2	1.90	0.80	T92	r2	2.00	1.00

continúa...

continúa...

T	r	DS (m)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)	T	r	DS (mm)	ES (mm)
T92	r3	1.80	0.90	T94	r6	1.80	0.80	T96	r9	2.00	1.00
T92	r4	1.90	0.90	T94	r7	1.90	0.90	T96	r10	1.80	0.90
T92	r5	1.60	0.90	T94	r8	1.90	0.90	T97	r1	2.10	1.10
T92	r6	1.70	0.90	T94	r9	1.90	0.90	T97	r2	1.90	1.20
T92	r7	1.70	0.90	T94	r10	1.50	0.80	T97	r3	2.00	1.00
T92	r8	1.80	0.80	T95	r1	1.70	0.90	T97	r4	1.90	1.00
T92	r9	1.50	0.90	T95	r2	1.90	1.00	T97	r5	1.40	0.80
T92	r10	1.70	0.90	T95	r3	1.80	0.90	T97	r6	1.60	0.90
T93	r1	1.60	0.80	T95	r4	1.60	1.00	T97	r7	1.60	0.90
T93	r2	1.90	1.00	T95	r5	2.20	1.00	T97	r8	1.80	1.00
T93	r3	2.00	1.00	T95	r6	1.80	0.90	T97	r9	1.90	1.10
T93	r4	2.00	1.10	T95	r7	1.90	1.00	T97	r10	1.60	0.80
T93	r5	1.80	0.90	T95	r8	1.70	0.80	T98	r1	2.00	1.20
T93	r6	1.70	0.90	T95	r9	1.70	0.90	T98	r2	1.90	1.20
T93	r7	2.00	1.00	T95	r10	1.50	0.90	T98	r3	1.90	1.10
T93	r8	1.90	1.00	T96	r1	2.20	1.00	T98	r4	1.90	1.00
T93	r9	1.70	1.00	T96	r2	2.30	1.10	T98	r5	1.80	1.00
T93	r10	1.70	0.90	T96	r3	2.00	1.00	T98	r6	1.80	1.00
T94	r1	2.00	0.90	T96	r4	2.20	1.10	T98	r7	2.00	1.10
T94	r2	1.90	0.90	T96	r5	2.00	1.10	T98	r8	2.20	1.20
T94	r3	1.90	0.90	T96	r6	1.90	0.90	T98	r9	1.80	1.30
T94	r4	1.90	0.80	T96	r7	2.30	1.20	T98	r10	1.90	0.90
T94	r5	1.80	0.80	T96	r8	1.70	1.00				

Anexo 5: Resultados de los tratamientos en las variables evaluadas de la fase de de producción de germinados

Tabla A.3: Resultados de los tratamientos (T) con sus tres repeticiones (r) en las variables porcentaje de germinación (PG), índice de conversión (IC) y longitud del hipocótilo (LH) de la fase de producción de germinados de quinua. Huamanga-Ayacucho, 2016.

T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)
T1	r1	85	0.79	0.52	T5	r2	88	0.85	0.56
T1	r2	87	0.85	0.62	T5	r3	88	0.81	1.06
T1	r3	85	0.84	0.66	T6	r1	88	0.88	1.76
T2	r1	94	0.94	1.84	T6	r2	93	0.88	2.12
T2	r2	94	0.91	1.66	T6	r3	92	0.90	2.04
T2	r3	95	0.91	1.58	T7	r1	86	0.90	0.48
T3	r1	92	0.91	3.88	T7	r2	91	0.85	0.68
T3	r2	88	0.84	3.02	T7	r3	89	0.84	0.30
T3	r3	91	0.88	3.48	T8	r1	93	0.88	1.86
T4	r1	17	0.19	0.18	T8	r2	95	0.91	1.70
T4	r2	21	0.19	0.18	T8	r3	97	0.91	1.74
T4	r3	21	0.24	0.20	T9	r1	95	0.88	3.26
T5	r1	89	0.88	0.78	T9	r2	90	0.94	3.50

continúa...

continúa...

T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)
T9	r3	90	0.91	4.08	T19	r3	87	0.85	0.66	T29	r3	83	0.85	1.78	T39	r3	97	0.91	3.48
T10	r1	84	0.88	0.58	T20	r1	93	0.94	1.40	T30	r1	89	0.85	2.70	T40	r1	46	0.41	0.26
T10	r2	86	0.91	0.46	T20	r2	96	0.97	1.68	T30	r2	86	0.79	3.06	T40	r2	46	0.50	0.22
T10	r3	87	0.86	0.56	T20	r3	92	0.91	1.84	T30	r3	89	0.87	3.40	T40	r3	68	0.71	0.22
T11	r1	94	0.83	1.70	T21	r1	97	0.86	3.38	T31	r1	45	0.50	0.20	T41	r1	92	0.94	0.84
T11	r2	93	0.89	1.60	T21	r2	95	0.85	3.90	T31	r2	60	0.64	0.22	T41	r2	94	0.91	1.02
T11	r3	94	0.92	1.56	T21	r3	96	0.91	5.28	T31	r3	70	0.56	0.28	T41	r3	94	0.88	0.76
T12	r1	91	0.97	2.88	T22	r1	61	0.59	0.24	T32	r1	83	0.79	0.84	T42	r1	97	0.94	1.70
T12	r2	89	0.88	3.44	T22	r2	72	0.74	0.26	T32	r2	80	0.78	0.86	T42	r2	97	0.97	2.18
T12	r3	93	0.86	3.54	T22	r3	57	0.73	0.26	T32	r3	82	0.82	0.98	T42	r3	98	0.97	1.84
T13	r1	21	0.23	0.20	T23	r1	94	0.91	0.86	T33	r1	84	0.82	1.92	T43	r1	95	0.94	0.58
T13	r2	32	0.34	0.20	T23	r2	92	0.85	1.02	T33	r2	80	0.69	2.06	T43	r2	95	0.97	0.58
T13	r3	30	0.31	0.18	T23	r3	86	0.82	0.86	T33	r3	88	0.91	2.96	T43	r3	95	0.97	0.52
T14	r1	92	0.91	0.90	T24	r1	88	0.85	1.96	T34	r1	85	0.82	0.74	T44	r1	97	0.94	1.20
T14	r2	91	0.86	0.82	T24	r2	90	0.91	2.20	T34	r2	84	0.87	0.70	T44	r2	99	1.00	1.24
T14	r3	93	0.91	0.80	T24	r3	94	0.94	2.04	T34	r3	73	0.77	0.54	T44	r3	98	0.97	1.20
T15	r1	88	0.91	2.32	T25	r1	97	0.97	0.62	T35	r1	82	0.82	1.86	T45	r1	98	1.00	2.70
T15	r2	87	0.91	1.84	T25	r2	91	0.88	0.56	T35	r2	85	0.84	1.44	T45	r2	96	1.00	3.14
T15	r3	95	0.94	1.92	T25	r3	94	0.94	0.66	T35	r3	82	0.78	2.04	T45	r3	97	1.00	2.28
T16	r1	88	0.88	0.52	T26	r1	99	0.97	2.00	T36	r1	86	0.84	3.46	T46	r1	87	0.91	0.30
T16	r2	94	0.91	0.56	T26	r2	96	0.94	1.54	T36	r2	86	0.82	3.10	T46	r2	74	0.87	0.34
T16	r3	91	0.94	0.46	T26	r3	96	0.91	2.00	T36	r3	80	0.88	2.92	T46	r3	85	0.90	0.46
T17	r1	92	0.94	1.52	T27	r1	92	0.97	3.84	T37	r1	95	0.97	0.52	T47	r1	93	0.94	1.42
T17	r2	96	0.91	1.94	T27	r2	91	0.88	3.00	T37	r2	93	0.97	0.54	T47	r2	92	0.91	1.46
T17	r3	91	0.94	1.80	T27	r3	93	0.94	2.54	T37	r3	96	0.94	0.64	T47	r3	93	0.94	1.60
T18	r1	88	0.97	3.00	T28	r1	75	0.78	0.52	T38	r1	98	0.97	1.28	T48	r1	95	0.93	2.94
T18	r2	90	0.94	2.76	T28	r2	86	0.85	0.56	T38	r2	98	0.97	1.50	T48	r2	94	0.91	3.08
T18	r3	93	0.97	4.22	T28	r3	82	0.80	0.58	T38	r3	97	0.97	1.60	T48	r3	93	0.89	2.86
T19	r1	85	0.85	0.46	T29	r1	84	0.88	1.66	T39	r1	98	0.94	2.78	T49	r1	7	0.03	0.16
T19	r2	94	0.91	0.60	T29	r2	89	0.85	1.76	T39	r2	97	0.89	3.04	T49	r2	8	0.09	0.14

continúa

continúa...

T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)
T49	r3	14	0.13	0.18	T59	r3	93	0.92	1.02	T69	r3	93	0.88	1.63	T79	r3	92	0.94	0.34
T50	r1	89	0.83	0.60	T60	r1	92	0.85	1.78	T70	r1	88	0.84	0.34	T80	r1	98	1.00	1.22
T50	r2	86	0.83	0.64	T60	r2	94	0.91	1.56	T70	r2	90	0.85	0.36	T80	r2	97	0.97	1.22
T50	r3	93	0.94	0.68	T60	r3	96	0.97	1.88	T70	r3	92	0.88	0.20	T80	r3	97	0.97	1.26
T51	r1	97	0.94	1.70	T61	r1	91	0.86	0.28	T71	r1	94	0.90	1.08	T81	r1	97	0.95	3.08
T51	r2	97	0.97	1.58	T61	r2	94	0.91	0.52	T71	r2	93	0.93	1.12	T81	r2	100	0.95	2.54
T51	r3	86	0.81	2.18	T61	r3	95	0.94	0.48	T71	r3	90	0.94	1.62	T81	r3	96	0.94	2.60
T52	r1	92	0.81	0.30	T62	r1	98	0.94	1.26	T72	r1	91	0.94	2.98	T82	r1	97	0.91	0.50
T52	r2	88	0.78	0.34	T62	r2	97	0.94	1.68	T72	r2	97	1.07	3.02	T82	r2	87	0.94	0.60
T52	r3	88	0.90	0.34	T62	r3	91	0.91	1.86	T72	r3	92	0.91	3.76	T82	r3	88	0.85	0.58
T53	r1	89	0.93	1.04	T63	r1	97	0.97	2.90	T73	r1	91	0.94	0.40	T83	r1	91	0.91	1.78
T53	r2	96	1.03	1.32	T63	r2	98	0.94	2.36	T73	r2	90	0.89	0.42	T83	r2	91	0.86	1.64
T53	r3	91	0.78	1.20	T63	r3	97	1.03	3.04	T73	r3	96	0.94	0.48	T83	r3	91	0.89	1.62
T54	r1	91	0.97	2.60	T64	r1	96	1.00	0.30	T74	r1	97	0.91	1.64	T84	r1	95	0.91	3.62
T54	r2	95	1.00	2.64	T64	r2	89	1.00	0.52	T74	r2	99	0.97	1.86	T84	r2	90	0.85	2.98
T54	r3	89	0.94	2.50	T64	r3	90	0.89	0.52	T74	r3	99	1.03	1.64	T84	r3	92	0.89	3.62
T55	r1	90	0.89	0.48	T65	r1	95	0.91	1.36	T75	r1	98	0.94	3.32	T85	r1	41	0.39	0.26
T55	r2	89	0.91	0.52	T65	r2	94	0.94	1.26	T75	r2	96	0.86	3.60	T85	r2	66	0.62	0.32
T55	r3	87	0.86	0.42	T65	r3	91	0.91	1.64	T75	r3	97	0.86	3.46	T85	r3	59	0.62	0.32
T56	r1	90	0.92	1.54	T66	r1	96	0.85	3.20	T76	r1	27	0.29	0.18	T86	r1	92	0.80	1.10
T56	r2	93	0.89	1.84	T66	r2	95	0.91	3.12	T76	r2	27	0.30	0.18	T86	r2	95	0.86	0.96
T56	r3	94	0.89	1.66	T66	r3	94	0.91	3.26	T76	r3	13	0.11	0.16	T86	r3	89	0.88	0.78
T57	r1	94	0.89	2.90	T67	r1	25	0.29	0.22	T77	r1	95	0.94	0.64	T87	r1	93	0.97	1.80
T57	r2	95	0.86	2.88	T67	r2	18	0.15	0.16	T77	r2	94	0.94	0.72	T87	r2	92	0.97	1.88
T57	r3	94	0.88	3.38	T67	r3	18	0.18	0.20	T77	r3	96	0.97	0.60	T87	r3	90	0.94	2.12
T58	r1	42	0.37	0.22	T68	r1	92	0.91	0.72	T78	r1	96	0.97	1.70	T88	r1	91	0.86	0.52
T58	r2	43	0.40	0.20	T68	r2	93	0.90	0.68	T78	r2	98	1.03	1.46	T88	r2	90	0.86	0.54
T58	r3	68	0.64	0.20	T68	r3	93	0.91	0.84	T78	r3	96	0.92	2.18	T88	r3	92	0.97	0.72
T59	r1	95	0.91	1.02	T69	r1	97	0.91	1.76	T79	r1	97	0.97	0.20	T89	r1	89	0.86	1.86
T59	r2	87	0.80	1.00	T69	r2	96	0.88	1.44	T79	r2	98	0.97	0.32	T89	r2	92	0.97	1.60

continúa...

continúa...

T	r	PG (%)	IC	LH (cm)	T	r	PG (%)	IC	LH (cm)
T89	r3	88	0.94	2.02	T90	r2	94	1.03	3.74
T90	r1	91	0.97	3.12	T90	r3	91	0.94	3.16

Tabla A.4: Puntajes de la primera evaluación sensorial de croquetas de garbanzón con brotes de quinua (CGBQ), rollitos de espinaca y brotes de quinua (REBQ), brusquetas con brotes de quinua (BBQ) y causitas crocantes de yuca en escabechado de brotes de quinua (CCYEBQ). Huamanga-Ayacucho, 2016.

Jurado	Platillo	Sabor	Olor	Color	Jurado	Platillo	Sabor	Olor	Color
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: 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).

Tabla A.5: Puntajes de la segunda evaluación sensorial del sabor (S), olor (O) y color (C) de germinados de quinua producidas en tres tipos de iluminación (TI) y tres tiempos de germinación (TG). Huamanga-Ayacucho, 2016.

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

Nota: luz continua (LC), oscuridad continua (OC), 12 horas luz-12 horas oscuridad (12HL-12HO), TG (horas), 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).

Anexo 6: Resultados de los tratamientos en las variables evaluadas de la fase de conservación

Tabla A.6: Resultados de los tratamientos de la variable peso de germinados de quinua en la fase de conservación. Huamanga-Ayacucho, 2016.

Tratamiento	repetición	Peso inicial (g)	Peso final (g)
T1	r1	8.79	4.81
T1	r2	8.68	4.28
T1	r3	8.85	3.93
T2	r1	8.86	7.13
T2	r2	8.96	7.11
T2	r3	8.44	6.56
T3	r1	8.84	1.66
T3	r2	8.91	1.28
T3	r3	8.48	1.32

Anexo 7: Platos con germinados de quinua

Croquetas de garbanzón con brotes de quinua



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

Preparación: remojar el garbanzo un día antes, molerlos y mezclar con la cebolla picada, ajos, perejil, culantro, comino, pimienta de callena, 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 con 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
Brotos 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
Brotos 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
Brotos 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 la pasta de ají amarillo, adicionar las cebollas, brotes de quinua; saltear y adicionar vinagre y orégano, dar un hervor y servir sobre la causa crocante.

Anexo 8. Panel fotográfico



Figura A.1: Fase de selección. **Izquierda:** accesiones del banco de germoplasma de quinua del LGBV. **Derecha:** tamizado de muestras de quinua.



Figura A.2: Fase de selección. **Izquierda:** ventado de las muestras. **Derecha:** selección de impurezas de las muestras de quinua.



Figura A.3: Variables evaluadas en la fase de selección. **Izquierda:** peso de 1 000 semillas. **Derecha:** densidad aparente de las muestras de quinua.



Figura A.4: variables evaluadas en la fase de selección. **Izquierda:** diámetro y espesor de las semillas. **Derecha:** contenido de saponina de las muestras de quinua.



Figura A.5: Materiales usados en la desinfección de las semillas de quinua y humidificación con agua destilada del sustrato para la instalación de la prueba de germinación en la fase de producción de germinados.

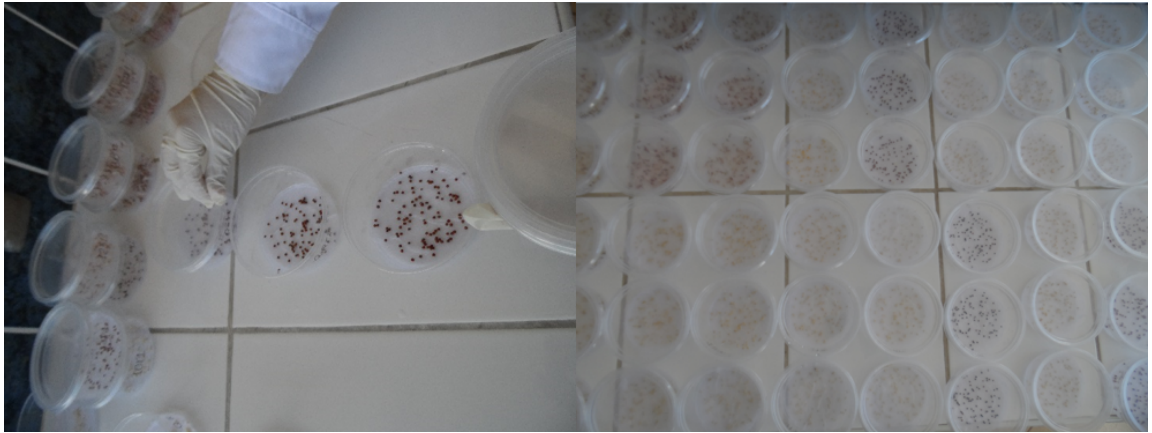


Figura A.6: *Instalación de las semillas de quinua para la prueba de germinación en la fase de producción de germinados.*



Figura A.7: *Distribución de los tratamientos en la fase de producción de germinados, al lado de la ventana para generar condiciones de luz continua, iluminadas con focos LED de 10W durante la noche.*



Figura A.8: *Distribución de los tratamientos en la fase de producción de germinados. Izquierda:* *en cajas de cartón para generar condiciones de oscuridad continua. Derecha:* *en biotrón para generar condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad.*

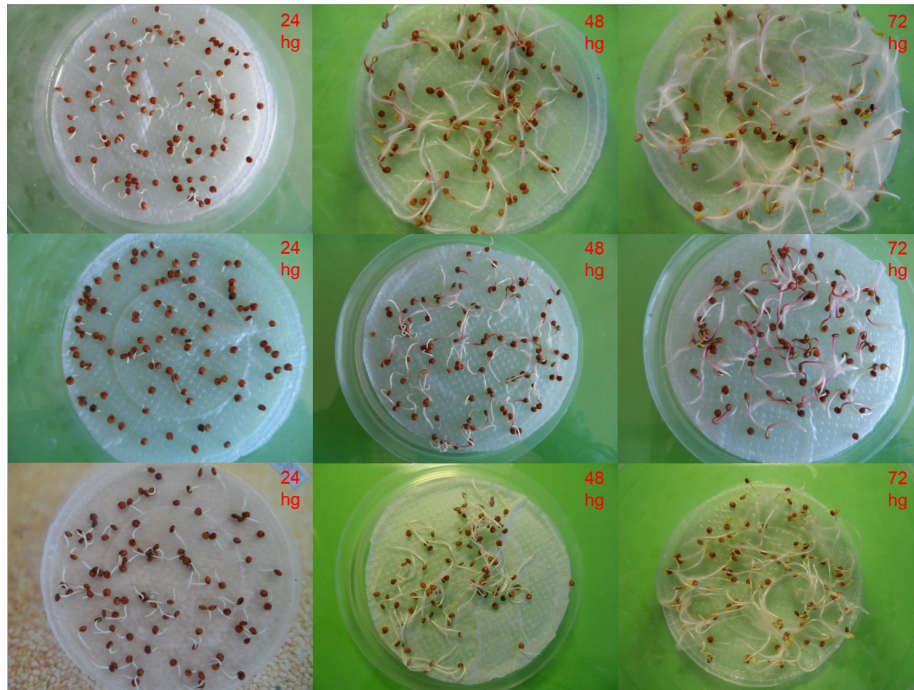


Figura A.9: Germinados de quinua después de 24, 48 y 72 horas de germinación. **Superior:** en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. **Centro:** en condiciones de luz continua. **Inferior:** en condiciones de oscuridad continua.

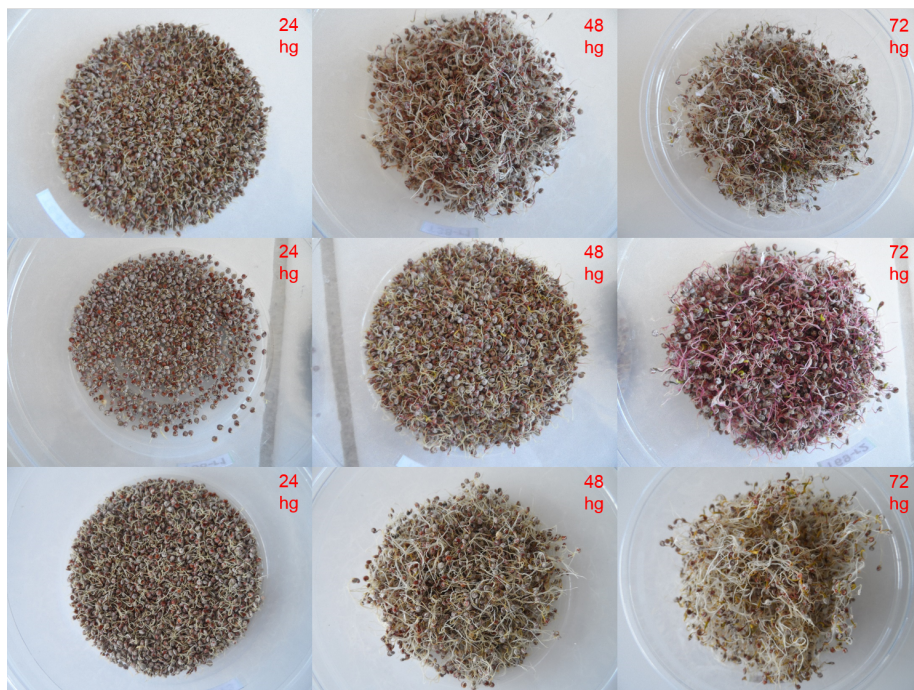


Figura A.10: Germinados de quinua secados por un día en condiciones de laboratorio, producidos después de 24, 48 y 72 horas de germinación. **Superior:** en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. **Centro:** en condiciones de luz continua. **Inferior:** en condiciones de oscuridad continua.

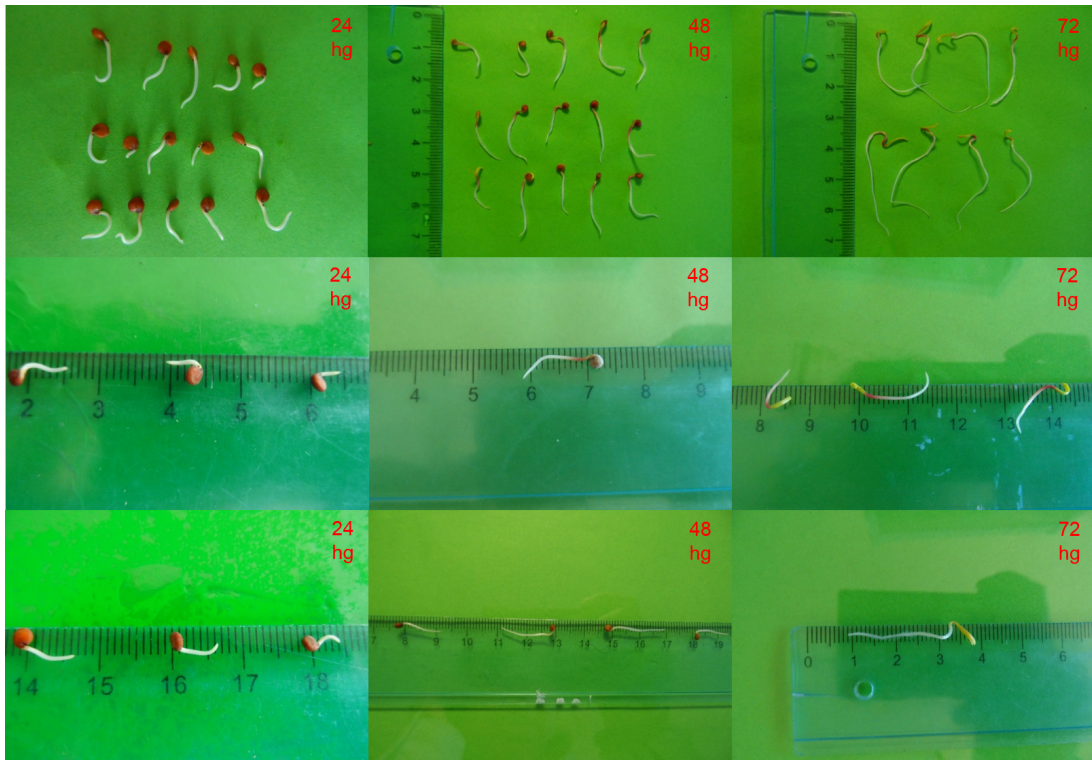


Figura A.11: Longitud de germinados de quinua después de 24, 48 y 72 horas de germinación. **Superior:** en condiciones de 12 horas luz-12 horas oscuridad. **Centro:** en condiciones de luz continua. **Inferior:** en condiciones de oscuridad continua.

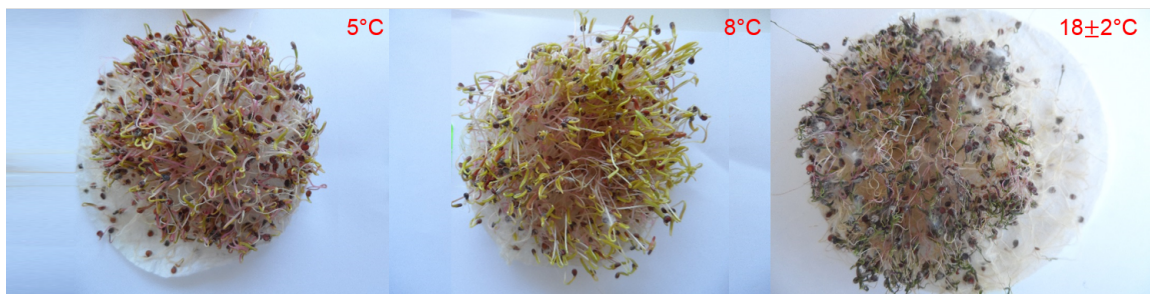


Figura A.12: Germinados de quinua después de 15 días de conservación. **Izquierda:** en refrigeración a 5 °C. **Centro:** en cámara fría a 8 °C. **Derecha:** en temperatura ambiente.