

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE
SEMILLAS DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)
DE COLOR”**

TESIS

PRESENTADA POR:

JHON ALEXIS ARCAYA CHAGUA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: FITOTECNIA

PROMOCIÓN: 2015 - II

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLAS
DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) DE COLOR”

TESIS

PRESENTADA POR:

JHON ALEXIS ARCAYA CHAGUA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

MENCIÓN: FITOTECNIA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 DE JULIO DEL 2018

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE

:

M. Sc. Julio Macario CHOQUE LAZARO

PRIMER MIEMBRO

:

D. Sc. Rafael VELASQUEZ HUALLPA

SEGUNDO MIEMBRO

:

M. Sc. Saturnino MARCA VILCA

DIRECTOR / ASESOR

:

M. Sc. Julio MAYTA QUISPE

PUNO – PERÚ

2018

Área : Ciencias agrícolas

Tema : Manejo agronómico de cultivos

DEDICATORIA.

El presente trabajo se la dedico a Dios como ser supremo y creador nuestro y de todo los que nos rodea, y a Jesús quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Mis padres, Javier Arcaya Calamullo y Victoria Chagua Yanapa, por darme su apoyo total y no permitir que yo renunciara a esta carrera, incitándome a seguir sin importar las adversidades que se me presentaron.

Al Ing. M. Sc. Saturnino Marca Vilca y al Ing. M. Sc. Julio Mayta Quispe, por su gran colaboración y confianza necesaria y la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

Jhon Alexis Arcaya Chagua

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad esta meta anhelada, tú amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de lo que pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras y gracias por todas las personas que has puesto en mi camino porque todas ellas me han dado alguna lección de vida.

A la Universidad Nacional del Altiplano, por haberme permitido ser parte de la gente que se ha formado y en ella a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por haberme formado profesionalmente.

Al Ing. M. Sc. Julio Mayta Quispe mi Director gracias por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este proyecto.

A mi asesor de tesis Ing. M. Sc. Saturnino Marca Vilca, por su dedicación, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y motivación han sido fundamentales para mi formación como investigador. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración.

.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA	17
2.1. Cultivo de quinua.....	17
2.2. Características botánicas y morfológicas.....	17
2.3. Características nutricionales	18
2.4. Características de adaptabilidad.....	19
2.5. Producción de quinua en Perú y el mundo	20
2.6. Variedades de quinua.....	21
2.6.1. Salcedo INIA.....	21
2.6.2. INIA 415 – Pasankalla	21
2.6.3. INIA 420 – Negra Collana	22
2.7. Calidad de semilla.....	22
2.7.1. Calidad física de la semilla.....	23
2.7.1.1. Pureza física	23
2.7.1.2. Peso volumétrico	24
2.7.1.3. Peso de 1000 semillas	25
2.7.1.4. Tamaño y forma de las semillas	26
2.7.1.5. Valor cultural.....	26
2.7.2. Calidad fisiológica de la semilla	27
2.7.2.1. Germinación de la semilla.....	28
2.7.2.2. Vigor de las semillas	29
2.7.3. Muestreo y muestra de semilla para análisis	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Localización.....	33
3.2. Material biológico.....	33
3.2.1. Materiales	33
3.2.2. Equipos.....	34
3.3. Variables de respuestas	34
3.4. Metodología para la determinación de la calidad física de semilla de quinua.....	35

3.4.1. Análisis de pureza física.....	35
3.4.2. Determinación del peso volumétrico.....	38
3.4.3. Determinación del peso de 1000 semillas	39
3.4.4. Determinación del tamaño y forma de la semilla.....	40
3.5. Metodología para la determinación de la calidad fisiológica de semilla de quinua	44
3.5.1. Prueba de germinación	44
3.5.2. Prueba del vigor	47
3.6. Análisis estadístico descriptivo.....	49
3.7. Diseño experimental	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1. Calidad física de la semilla	50
4.1.1. Pureza física	50
4.1.2. Peso volumétrico	51
4.1.3. Peso de 1000 semillas	52
4.1.4. Tamaño y forma de las semillas	55
4.1.5. Valor cultural.....	58
4.2. Calidad fisiológica de la semilla	60
4.2.1. Porcentaje de germinación	60
4.2.2. Vigor (velocidad de emergencia)	63
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Corte longitudinal de la estructura de semilla de quinua (PE: pericarpio; EP: episperma, EN: endosperma, F: funículo, R: radícula, H: hipocotilo, C: cotiledones y P: perisperma) (Prego *et al.*, 1998). 19
- Figura 2.** Análisis de pureza física. A. Muestra de semilla de tres variedades de quinua de color. B. Separación de las muestras en tres componentes: semilla pura, otras semillas y material inerte. C. Pesado de las muestras. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO. 37
- Figura 3.** Determinación del peso volumétrico de semilla de tres variedades de quinua de color. A. Balanza hectolítrica. B. Llenado de las semillas de quinua. C. Capacidad de un cuarto de un litro de semillas. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO. 39
- Figura 4.** Determinación del peso de 1000 semillas de quinua de color. A. Ocho repeticiones de cien semillas de quinua. B. Pesado de las muestras. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO. 40
- Figura 5.** A. Clasificación de la semilla por tamaño en relación al diámetro promedio de derecha a izquierda (grande, mediano, pequeño e impurezas). B. Tamices de ensayos estándar para semilla de quinua (12, 14, 16 mm). C. Pesado de las muestras clasificadas. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO. 41
- Figura 6.** Determinación del tamaño y forma de la semilla de quinua, variedad Salcedo INIA (A = ancho; L = largo y E = espesor). 42
- Figura 7.** Determinación del tamaño y forma de la semilla de quinua, variedad Pasankalla (A = ancho; L = largo y E = espesor). 42
- Figura 8.** Determinación del tamaño y forma de las semilla de quinua, variedad Negra Collana (A = ancho; L = largo y E = espesor). 43
- Figura 9.** Prueba de germinación de semilla de quinua. A. Germinadora graduada a temperatura constante de 20°C. B. Puesta de placas Petri preparadas para la germinación. Laboratorio de Ingenierías de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA – PUNO. 45
- Figura 10.** Evaluación de plántulas. A, B. Plántulas normales. C, D. Plántulas anormales. E, F. Semillas no germinadas y atacada por hongo. Laboratorio de Ingenierías de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA – PUNO. 46
- Figura 11.** Prueba de vigor de semillas de tres variedades de quinua de color en campo. A. Campo experimental. B. Conteo de plántulas e identificación con marcadores. C. de izquierda a derecha, diferencias de plántulas de alto vigor

(tamaño grande), de medio vigor (tamaño mediano) y de bajo vigor (tamaño pequeño). Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.	48
Figura 12. Porcentaje de pureza física de semillas de tres variedades de quinua de color.....	51
Figura 13. Peso volumétrico de semillas de tres variedades de quinua de color.....	52
Figura 14. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color sin clasificar por tamaños.	53
Figura 15. Peso de 1000 semillas por tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color.....	55
Figura 16. Diámetros del tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color....	57
Figura 17. Valor cultural por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.	59
Figura 18. Comparación de medias para la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación de semillas de tres variedades de quinuas de color.	63
Figura 19. Comparación de medias para el factor variedad de semilla de quinua de color.....	65
Figura 20. Comparación de medias para factor tamaño de semilla de quinua de color.	66
Figura 21. Área del campo experimental, para la evaluación de vigor de la semilla de tres variedades de quinua de color.	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las semillas por tamaño en relación al diámetro promedio...	41
Tabla 2. Análisis de Varianza (ANVA).....	49
Tabla 3. Pureza física de semillas de tres variedades de quinua de color en porcentaje.	51
Tabla 4. Peso volumétrico de semillas de tres variedades de quinua de color.	52
Tabla 5. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color sin clasificar por tamaños.....	53
Tabla 6. Peso de 1000 semillas por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.....	54
Tabla 7. Resultados de la determinación de tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color.	56
Tabla 8. Resultados de la determinación de forma de la semilla de tres variedades de quinua de color.	58
Tabla 9. Valor cultural por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.	59
Tabla 10. Análisis de varianza para porcentaje de germinación de las semillas de tres variedades de quinua de color.	60
Tabla 11. Análisis de varianza para efectos simples de la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación de las semillas de tres variedades de quinua de color.	61
Tabla 12. Comparación de medias para efectos simples de la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación (Duncan $\alpha = 0.05$).....	62
Tabla 13. Análisis de varianza para vigor (velocidad de emergencia) de tres variedades de quinua de color.	64
Tabla 14. Comparación de medias para el factor variedad de semilla de quinua de color (Duncan $\alpha = 0.05$).....	65
Tabla 15. Comparación de medias del factor tamaño de semilla de quinua de color. (Prueba Duncan Alfa = 0.05).	66
Tabla 16. Pureza de semilla de tres variedades de quinua de color (g).....	81
Tabla 17. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color (g).....	81
Tabla 18. Clasificación de las semillas por tamaño en relación al diámetro promedio (g).	82

Tabla 19. Peso de 1000 semillas por tamaño de semilla de tres variedades de quinua (g)	82
Tabla 20. Dimensiones de las semillas de tres variedades de quinua de color (mm)....	83
Tabla 21. Plántulas normales de tres variedades de quinua de color (%).....	83
Tabla 22. Valor angular de plántulas normales de tres variedades de quinua de color.	84
Tabla 23. Conteo de plántulas de alto, medio y bajo vigor de semillas de quinua.....	84
Tabla 24. Vigor de plántulas normales de tres variedades de quinua de color (%).....	84
Tabla 25. Valor angular de vigor de plántulas normales de tres variedades de quinua de color.....	84

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ISTA = International Seed Testing Association

LAS = Laboratorio de Análisis de Semillas

PV = Peso volumétrico

PBH = Peso obtenido de la balanza hectolítrica

RAS = Reglas de Análisis de Semillas

VB = Volumen de la balanza

Var = Varianza

D.E. = Desviación estándar

C.V. = Coeficiente de variación

A = Ancho

L = Largo

E = Espesor

De = Diámetro equivalente

ANVA = Análisis de varianza

F.V. = Factor de variación

G.L. = Grado de libertad

S.C. = Suma de cuadrados

C.M. = Cuadrado medio

F.c = F calculada

***** = Es significativo

****** = Altamente significativo

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la calidad física y fisiológica de semillas de tres variedades de quinua de color, producidas en la campaña agrícola 2016/2017, por la cooperativa CAPROSEMILLA Ltda., distrito de Cabana, provincia San Román, región Puno. La calidad física se determinó mediante el análisis de pureza física, peso volumétrico, peso de 1000 semillas, según el procedimiento establecido por la regla de análisis de semillas, el tamaño y la forma de las semillas se determinaron según la metodología del Image Acquisition System. En lo pertinente a la calidad fisiológica fue determinada por la prueba de germinación, y por la prueba de vigor (velocidad de emergencia en campo), se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3 (cultivares Salcedo INIA (color blanco), Pasankalla (color plomo) y Negra Collana (color negro), (tamaño grande, mediano y pequeño) con tres repeticiones. Para la calidad física, los resultados mostraron que la variedad Negra Collana tuvo 96.8% de pureza física, con un peso volumétrico de 72.8 kg/hl; la variedad Salcedo INIA tuvo mayor peso promedio de 1000 semilla clasificado por tamaños con 2.11 g, la variedad Pasankalla presentó mayor tamaño de semilla con 2.08 mm, todas las variedades tuvieron forma esférica; lo que evidencia que las variedades evaluadas presentan diferente calidad física. Para la calidad fisiológica, la variedad Pasankalla con semilla de tamaño grande tuvo 96% de germinación y 80% de vigor; la variedad Salcedo INIA con semilla de tamaño grande tuvo 90% de germinación y 58% de vigor; y la variedad Negra Collana con semilla grande tuvo 83% de germinación y 45% de vigor. Estas diferencias revelan que las variedades de quinua de color presentan distinta germinación y vigor, y que el tamaño de las semillas tuvo efecto en las variables estudiadas.

Palabras Clave: Calidad, física, fisiológica, semilla, quinua.

ABSTRACT

The objective of the present research work was to determine the physical and physiological quality of seed of three varieties of quinoa of color: Salcedo INIA (white color), Pasankalla (color lead) And Negra Collana (black color), produced in the agricultural campaign 2016/2017, by the cooperative CAPROSEMILLA Ltda., district of Cabana, Province of San Roman, Puno region. The physical quality was determined through the analysis of physical purity, weight of 1000 seeds, the volumetric weight, According to the procedure established by the rule of seed analysis, the size and shape of the seeds will be determined according to the methodology of the Image Acquisition System. In the pertinent to physiological quality was determined by the germination test and the vigor test (emergency speed in the field), we used the completely randomized design with factorial arrangement 3x3 (cultivars Salcedo INIA (white color), Pasankalla (lead color) and Negra Collana (black color), (large, medium and small) with three repetitions. For the physical quality, results showed that the variety Negra Collana had 96.8% of physical purity, with a volumetric weight of 72.8 kg/hl; the variety Salcedo INIA had the greatest average weight of 1000 seed classified by size with 2.11 g, the variety Pasankalla presented a higher seed size with 2.08 mm, all varieties had spherical shape; evidence that the varieties evaluated different physical quality. For the physiological quality, the variety Pasankalla with large seed size was 96% germination and 80% vigor; the variety Salcedo INIA with large seed size was 90% germination and 58% vigor; and the variety Negra Collana with large seed had 83% germination and 45% vigor. These differences show that the varieties of quinoa of color are present in germination and vigor, and that the seed size had an effect on the variables studied.

Key Words: Quality, physical, physiological, seed, quinoa.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua es un cultivo ancestral milenario perteneciente a la familia *Chenopodiaceae* y originaria de los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. Es denominada un grano andino por sus características botánicas y conjuntamente, por su composición extraordinaria y equilibrio entre ácidos grasos esenciales y ácido oléico, proteína y grasas (Ledezma & Vásquez, 2010; Vega *et al.*, 2010).

Por otra parte, la quinua es considerada un cultivo rústico y resistente a factores adversos tanto climatológicos como edáficos (Calle *et al.*, 2010); su producción puede verse afectada por componentes bióticos o abióticos en etapas tan vulnerables como la germinación (Gabriel J. *et al.*, 2012)

Además, la quinua por su amplia adaptación y potencial de producción se siembra en diferentes ambientes ecológicos; Sin embargo, en el altiplano de Puno alcanza rendimiento promedio de 1250 kg ha⁻¹, en relación a su potencial de 10 o más toneladas por hectárea (Marca, 2009).

Para el adecuado establecimiento de cualquier cultivo es requisito fundamental contar con semillas de calidad, con buena capacidad de germinación y alta viabilidad que en condiciones óptimas de suelo y ambiente garantice emergencia rápida y uniforme de las plántulas (Minuzzi *et al.*, 2007).

La disponibilidad de semilla de alta calidad es importante para todos los sectores de la agricultura. El análisis de pureza y las pruebas de germinación han sido ampliamente utilizadas en la evaluación de la calidad de las semillas durante aproximadamente un siglo. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha dado énfasis en las mediciones de otros

componentes de la calidad de semillas, tales como: sanidad, pureza genética y vigor. (Ferguson, 1995).

La calidad de la semilla es definida como un conjunto de cualidades o atributos que pueden ser divididos en “componentes primarios” y “componentes secundarios”. Entre los primeros se encuentran la viabilidad, la germinación, el vigor y la sanidad, mientras que la pureza varietal, pureza físico – botánica, peso, densidad, humedad, tamaño, integridad física, densidad y forma son algunos de los atributos que se clasifican como componentes secundarios. Los componentes primarios son aquellos que definen el stand inicial de plántulas, mientras que los componentes secundarios de la calidad pueden condicionar la completa expresión de los primeros y por ende, interferir en el establecimiento del cultivo. (Craviotto, 2006).

La semilla de buena calidad representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad. Por tal motivo, son de gran interés científico-técnico los trabajos encaminados a estimular y prolongar la germinación y posterior conservación de las semillas, para poder elevar la productividad de los cultivos de forma sostenible y enfrentar los cambios en el entorno de manera más apropiada. (García, 2004).

La importancia de este trabajo de investigación radica en generar información base del uso de semilla de calidad física y fisiológica garantizada, puesto que es uno de los factores más importantes en el incremento de la productividad y producción en cualquier sistema de cultivos. Por tales motivos en el presente trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos.

Objetivo general:

- Determinar la calidad física y fisiológica de semillas de tres variedades de quinua de color.

Objetivo específicos:

- Determinar la calidad física (pureza física, peso volumétrico, peso de 1000 semillas, tamaño y forma) de semillas de tres variedades de quinua de color: Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana.
- Determinar la calidad fisiológica (poder germinativo y vigor) de semillas de tres variedades de quinua de color: Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de quinua

La quinua es una planta andina cultivada desde hace más de 7.000 años y domesticada en los alrededores del lago Titicaca entre Perú y Bolivia, donde también presenta la mayor distribución, diversidad de genotipos y progenitores silvestres (Mújica A. , 2015). Es una planta de alto contenido nutricional que fue cultivada y usada como alimento en tiempos ancestrales por su población como sustituto de las escasas proteínas animales (Mújica A *et al.*, 2001; Repo-Carrasco *et al.*, 2003) y reemplazada por los cereales después de la llegada de los españoles (Lozano X & Rubiano, 2007).

Cuenta con una amplia distribución geográfica que va desde Canadá hasta el sur de Chile en el continente de América, y mostrando resultados aceptables de producción y adaptabilidad en algunos países de Europa, Asia y África (Tapia & Fries, 2007). La diversidad genética de la quinua permite su siembra desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m., y consigue asociarse a ecotipos de Altiplano, Valles Inter-andinos, Salares y Yungas (Rojas *et al.*, 2010). Logrando mayores producciones en el rango de 2.500-3.800 m.s.n.m., con precipitaciones anuales entre 250 y 500 mm y temperaturas medias de 5 a 14°C (Mújica *et al.*, 2006).

2.2. Características botánicas y morfológicas

La quinua es una especie perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*. Planta herbácea de desarrollo anual o bianual y dicotiledónea; su morfología, coloración y fenología va a depender del genotipo y de las condiciones agroecológicas del cultivo (Veloza Ramírez *et al.*, 2016) debido a que su alta plasticidad permite la adaptación a diferentes

condiciones agroclimáticas (Apaza *et al.*, 2013). Sin embargo, puede presentar ciclo o periodo biológico que van desde los 90 a 240 días.

Como órgano de importancia se tiene a la semilla, la cual constituye el fruto maduro sin perigonio. Según Vicuña & Peralta (1981), Apaza *et al.*, (2013) y Gómez *et al.*, (2016) su forma puede ser lenticular, elipsoidal, cónica o cilíndrica, de tonalidades claras u oscuras y posee diámetros pequeños, medios y grandes.

La semilla presenta 3 partes bien definidas (Tapia, 2000; Prego *et al.*, 1998) que son: i) el episperma; en el cual se ubica la saponina, ii) el embrión; que está formado por dos cotiledones y la radícula, constituye el 30% del volumen total de la semilla recubriendo el perisperma como un anillo, iii) el perisperma; primer tejido de almacenamiento, constituido principalmente por granos de almidón, de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Figura 1).

2.3. Características nutricionales

Es un cultivo de alto potencial agrícola y nutricional que ha incrementado el interés mundial en los últimos años principalmente por la riqueza nutritiva de sus granos, convirtiéndose en el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos (Gonzales *et al.*, 2012). Además contiene porcentajes de proteína que varían desde el 13.8 al 21.9 % dependiendo de la variedad (PROINPA, 2011), es una potencial fuente de extracción de aceite por sus altas cantidades del mismo; entre los que se destacan Omega 3, 6 y 9 (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). Presenta porcentajes de 68 % de carbohidratos (almidón), nutrientes (P, Mg, K, Fe, Zn, Ca y Mn), vitaminas naturales, proteínas (15%), entre otras cualidades (James, 2009; Hernández, 2015).

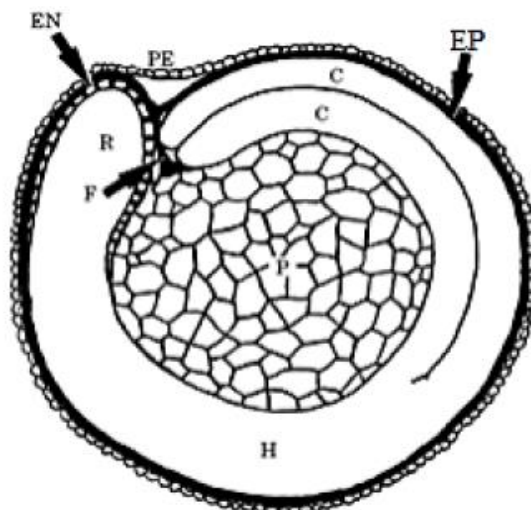


Figura 1. Corte longitudinal de la estructura de semilla de quinua (**PE:** pericarpio; **EP:** episperma, **EN:** endosperma, **F:** funículo, **R:** radícula, **H:** hipocotilo, **C:** cotiledones y **P:** perisperma) (Prego *et al.*, 1998).

2.4. Características de adaptabilidad

La resistencia de quinua a factores adversos atrae el interés de investigadores y productores debido a que su plasticidad le permite adaptación a condiciones de sequía, heladas, salinidad, componentes edáficos y factores bióticos (Apaza *et al.*, 2013). Las características de resistencia a salinidad, tolerancia a sequía y resistencia a heladas, fueron heredadas por *Ch carnosulum*, *Ch petiolare* y *Ch pallidicaule*, respectivamente, en un proceso evolutivo que implicó el cruzamiento de estas especies (Mújica & Jacobsen, 2004).

Varios estudios demuestran que existen cultivares provenientes de condiciones de valle y con ciclo tardío resistentes a mildiu, sin embargo, su producción es de grano pequeño y no permite su reproducción en otras zonas (Gabriel *et al.*, 2012; Danielsen & Ames, 2000) lo que indica la alta variabilidad genética de esta especie. Por otro lado, experimentos han confirmado desarrollo de mecanismos de adaptación a la sequía a través de elevada

eficiencia de uso de agua y alta relación raíz/tallo (Bosque Sánchez & Van Damme, 2000; Garcia *et al.*, 2004).

2.5. Producción de quinua en Perú y el mundo

Los principales países productores en los últimos años han sido Bolivia con un área sembrada de 71 mil ha (0.68 t/ha), Perú con 45 mil ha (1.16 t/ha) y Ecuador con mil ha (0.64 t/ha), abarcando casi un 80 % de la producción mundial de quinua (ALADI & FAO, 2014; Jaguer, 2015; PROCOLOMBIA, 2016); el restante ha sido atribuido a la producción de países como Estados Unidos, Canadá, Chile, Colombia, Argentina, Brasil y Francia (Bazile, 2015).

En el Perú la quinua se cultiva en 19 de los 24 departamentos, principalmente en la Sierra y en la Costa, existiendo en la zona andina por lo menos cinco centros de concentración: el Callejón de Huaylas, Junín, Ayacucho, Cusco y el Altiplano de Puno (Ministerio de Agricultura y Riego *et al.*, 2017).

En la Costa el cultivo ha sido introducido durante los últimos diez años iniciándose en Arequipa y difundiéndose hacia el centro y norte del país, la producción de quinua en el Perú en el año 2014 es de 1 800 kg/ha, por otro lado el rendimiento de quinua en el departamento de Puno es de 981 kg/ha, las áreas de mayor producción fueron las provincias de Azángaro (20.7%), El Collao (15.9%) y San Román (14.1%) (Ministerio de Agricultura y Riego *et al.*, 2017).

La quinua ha tenido un crecimiento sustancial en producción y exportación, con una rentabilidad competitiva mayor que otros cultivos tradicionales de la sierra. Este crecimiento, ha generado siembras extensivas en la sierra y siembras intensivas y extensivas en costa, empleado tecnologías y herramientas que en algunas zonas (sobre

todo en costa) han ocasionado el descuido de determinados estándares de calidad en cuanto al uso de plaguicidas (el productor priorizó la cantidad antes que la calidad). Asumiendo, que la gran demanda de la quinua es para exportación y en su gran mayoría es por quinua orgánica. (Ministerio de Agricultura y Riego *et al.*, 2017).

2.6. Variedades de quinua

2.6.1. Salcedo INIA

Esta variedad fue seleccionada a partir de la cruce de las variedades “Real Boliviana” X “Sajama”, en la estación experimental de Salcedo-INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos-PICA), planta de color verde, con inflorescencia glomerulada, con altura de planta de 1,80 m, de grano grande con diámetro de 1,8 a 2 mm de color blanco, sin saponina, panoja glomerulada, periodo biológico 160 días (precoz), potencial de rendimiento 3 500 kg / ha, resistente a heladas (-2°C), tolerante al mildiu. De gran adaptación a diferentes altitudes (3 800 – 3 900 msnm); se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre de Juli, Pomata, Ilave, Pilcuyo y otros como la costa y valles interandinos (Mujica *et al.*, 2013).

2.6.2. INIA 415 – Pasankalla

Variedad obtenida en el 2006 por selección planta surco de ecotipos de la localidad de Caritamaya, distrito de Acora, provincia de Puno. El proceso de mejoramiento se realizó entre los años 2000 al 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria (EEA) Illpa-Puno, por el Programa Nacional de Investigación en Cultivos Andinos. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano entre los 3.815 y 3.900 m.s.n.m. y soporta un clima frío seco, precipitaciones pluviales de 400 a 550 mm, y temperatura de 4°C a 15°C. Es una variedad óptima para la agroindustria, con alta

productividad (rendimiento potencial de 4.5 t/ha) y buena calidad de grano. (Apaza *et al.*, 2013).

2.6.3. INIA 420 – Negra Collana

Es una variedad de amplia base genética, ya que es un compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como "Quyту jiwras". El proceso de pre mejoramiento (formación de un compuesto y selección) se realizó en Illpa y Huañingora del 2003 a 2006, y los ensayos de validación entre el 2006 a 2008 en la comunidad campesina de Collana del distrito de Cabana (Provincia de San Román). El proceso de formación del compuesto, selección y validación fue realizado por el programa de Investigación en Cultivos Andinos - Puno, cuya liberación fue en el 2008. Tiene buen potencial de rendimiento, precocidad, tolerancia a bajas temperaturas y a enfermedades. (Apaza *et al.*, 2013).

2.7. Calidad de semilla

El conocimiento de la calidad de las semillas es esencial para la toma de decisiones del manejo comercial y de conservación de las mismas, asegurando con ello la capacidad de germinación, emergencia rápida y uniforme para lograr un buen establecimiento (Ceccato *et al.*, 2014).

La calidad de la semilla es definida de acuerdo con (Martins *et al.*, 2012) como el conjunto de características fisiológicas, genéticas, físicas y sanitarias que influyen en el establecimiento de un cultivo con plantas sanas, vigorosas, representativas del genotipo y libre de arvenses.

La calidad de semilla, según la Ley de Semillas N° 27262 (2004), es un conjunto de atributos de la semilla que involucra cuatro factores: genético (genotipo), físico (aspecto general), fisiológico (germinación y/o vigor) y sanitario (carencia de enfermedades).

2.7.1. Calidad física de la semilla

Valenzuela *et al.*, (2000), señalan que la calidad física se refiere al grado de pureza de un lote de semillas; es decir, a la presencia o ausencia de otras especies, variedades, maleza y materia inerte; también comprende la integridad física de la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso de la semilla). La evaluación de este componente es a través de pruebas de pureza analítica, conteos de semillas extrañas, contenido de humedad, peso de 1000 semillas y peso volumétrico.

Terenti (2004), señala que la calidad física está asociada con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades.

Peske *et al.*, (2012), manifiestan que son varios los atributos de la calidad física de semilla, entre ellos destacan: la pureza física, contenido de grado de humedad, daños mecánicos, peso de 1000 semillas, peso volumétrico y apariencia.

2.7.1.1. Pureza física

González *et al.*, (2010), aseveran que el objetivo del análisis de pureza, es determinar el porcentaje de semilla, después de eliminar las impurezas, residuos de semillas y semillas de otros cultivos. Permite determinar la composición particular de cada lote de semillas. Se pesan 4 a 5 g de semillas, se evalúan los componentes semilla pura, semilla otro cultivo, materia inerte y semillas de malezas, expresando los resultados en porcentaje.

Peske, *et al.*, (2012), indican que la pureza física, es una característica que refleja la composición física o mecánica de un lote de semillas. A través de este atributo, se tiene información del grado de contaminación del lote con semillas de plantas dañinas, de otras variedades y material inerte.

Sánchez (2014), sostienen que la pureza física es una característica que refleja la composición física o mecánica de un lote de semilla. Mediante este análisis se procura identificar las diferentes especies de semillas y las proporciones de los diferentes materiales inertes presentes en una muestra representativa. La identificación de las semillas físicamente puras es expresada en porcentaje del peso de muestra.

2.7.1.2. Peso volumétrico

El peso volumétrico es el peso de un determinado volumen de semillas. Recibe el nombre de peso hectolítrico si fuera el peso de 100 litros, es una característica que indica el grado de desarrollo de la semilla. El peso hectolítrico es influenciado por el tamaño, forma densidad y grado de humedad de la semilla (Peske *et al.*, 2012).

Asimismo, el peso volumétrico es una característica que refleja el grado de desarrollo de una semilla para evaluar la calidad de la misma y para realizar cálculos de silos y depósitos en general (Espinosa, 1996; Peske *et al.*, 2012). Además, el peso volumétrico está influenciado por el tamaño, forma, densidad y contenido de humedad; cuanto menor es la semilla, mayor será su peso volumétrico. En caso de los granos de quinua, el peso volumétrico reportado por Chipana (1993) varía de 68.19 a 74.94 kg/hl.

Reynaga *et al.*, (2011) señalan que el peso hectolítrico de los granos de quinua se ve afectado por los siguientes parámetros:

- La gravedad específica individual de los granos de quinua.
- Contenido de humedad, la presencia de agua hace que los granos se hinchen reduciendo de esta forma la cantidad de granos que puedan entrar dentro de un cilindro ensayo, cuanto más humedad tenga el grano, más bajo será el peso hectolítrico (el agua posee una gravedad específica más baja que la del grano).
- Forma del grano: cuanto más espacio existan entre granos, menor será el peso hectolítrico.
- Espesor de la corteza del perispermo (la gravedad específica de la corteza).
- Porcentaje de impurezas, muchas impurezas pequeñas livianas disminuyen el peso hectolítrico, dado que estas impiden que los granos sean agrupados en forma compacta.

2.7.1.3. Peso de 1000 semillas

Es una característica utilizada para informar el tamaño y el peso de la semilla, conociendo el peso de 1000 semillas, será fácil determinar el peso de semillas a ser utilizado por área a sembrar. (Espinosa, 1996, Peske *et al.*, 2012).

El grano de cereales está caracterizado por el tamaño y uniformidad; encontrándose para el caso de la quinua la correlación entre el tamaño y el peso de semilla y cuya determinación en 1000 unidades del grano registra una variación entre 2.5 a 4.3 gramos (Alvarez & Von Rutte, 1990). Por su parte Chipana (1993), reportó valores que alcanzaron 4.82, 3.97, 3.80, 3.70, 3.67 Y 3.50 g, por lo que se puede asumir que el peso de granos esta correlacionado con el tamaño de los mismos.

2.7.1.4. Tamaño y forma de las semillas

La clasificación de semilla por tamaño, es el proceso mediante el cual se consigue cierta uniformidad por sus características externas, eliminándose las semillas pequeñas inmaduras o quebradas porque suelen producir plantas débiles (Feistritz, 1977 y 1985).

Para la comercialización, el tamaño y color de la semilla resulta importante debido a que los consumidores de quinua exigen o prefieren en cuanto a calidad un grano grande, de color claro y limpio (asociado a bajos contenidos de saponina) cuando esta va a ser consumida sin transformar (Anónimo, 2017).

Bonifacio *et al.*, (2006) destacan que el tamaño de grano de la quinua o granulometría puede ser determinado mediante filtros, haciendo pasar por mallas de distintos diámetros de entramado a modo de coladores, tamices que separan el grano.

Aguilera (2001). La esfericidad tiene su fundamento en la propiedad isoperimétrica, de acuerdo a la relación, los resultados obtenidos de la forma del grano de quinua son aproximados a la unidad por ello se le atribuye la propiedad de un cuerpo esférico.

Existen tres tipos de granos: cónicos, cilíndricos, elipsoidales con bordes afilados o redondeados (Tapia *et al.*, 1979). Según la norma técnica peruana sobre la quinua se pueden considerar tres tamaños de semilla: grande mayor a 1.70mm, mediano entre 1,70 a 1,40 mm y pequeños menores a 1,40 mm (PromPerú, 2009). Sin embargo, se debe reconocer que en una misma panoja pueden existir granos de diferentes tamaños.

2.7.1.5. Valor cultural

Sánchez (2014), asevera que el valor cultural permite conocer la verdadera calidad de la semilla de una determinada variedad, debido a que en él se conjugan dos parámetros de

la calidad, la pureza y el poder germinativo, que divididos por 100 expresan el porcentaje del valor cultural, conocidos también como el valor real o valor potencial de la semilla.

2.7.2. Calidad fisiológica de la semilla

Terenti (2004), sostiene, que la calidad fisiológica es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad para dar una planta normal y vigorosa.

Valenzuela *et al.*, (2000), reportan que la calidad fisiológica es la suma de todas aquellas propiedades de la semilla (genética, bioquímica, citológica, química, etc.) que determinan su nivel de actividad y la mantienen como una unidad biológica de reproducción; es decir, una semilla o lote de semilla que sea viable y posea una alta capacidad de germinación y vigor.

Las determinaciones del vigor de la semilla son útiles para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del ambiente no son del todo favorables para la germinación, así como para estimar el periodo de almacenamiento de las mismas al que pueden ser sometidas, ya que se ha demostrado que el vigor y la longevidad están altamente relacionados (Moreno, 1996), este mismo autor considera que la calidad fisiológica es un valor comercial por ser el principal atributo a evaluar, que consiste en la capacidad de la semilla para germinar y producir una plántula normal.

2.7.2.1. Germinación de la semilla

En tecnología de semillas, la germinación es definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, manifestando su capacidad de dar origen a una plántula normal, bajo condiciones ambientales favorables (Peske *et al.*, 2012).

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: luz, agua, oxígeno y sales minerales (Barioglio, 2006).

La germinación tiene tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente en:

- a. imbibición: proceso de absorción de agua por la semilla que se da por las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de imbibición (Melgarejo & Suárez, 2010), el tejido de reserva absorbe agua a una velocidad intermedia hasta completar su hidratación (Moreno *et al.*, 2006).
- b. Activación enzimática: en esta etapa se da una reducción considerable de la absorción de agua para dar inicio a transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula.
- c. Crecimiento: se asocia con la emergencia de la radícula y paralelamente un incremento de la actividad metabólica ocurriendo una nueva actividad de absorción de agua (Doria, 2010; Pérez *et al.*, 1998).

Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura pueden germinar muy rápidamente. El agua es esencial para la iniciación del proceso y el mantenimiento de un metabolismo apropiado. Las temperaturas del suelo son igualmente importantes para la iniciación del proceso. La primera estructura en emerger es la radícula

la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo y da inicio a la formación del sistema radicular. El hipocotilo sale de la semilla y crece hacia arriba y atraviesa el suelo o emerge llevando los cotiledones que se abren y se tornan verdes iniciando el proceso de fotosíntesis. En este estado puede haber daños de pájaros y podredumbre radicular. Se considera una fase crítica ya que es afectado por los estreses de agua y temperatura (Nacimiento *et al.*, 1993).

2.7.2.2. Vigor de las semillas

Existen varios conceptos de vigor; mientras tanto, se puede generalizar y afirmar que vigor es el resultado de la conjugación de todos aquellos atributos de la semilla que permite la obtención de un adecuado stand bajo condiciones de campo, tanto favorables como desfavorables (Peske *et al.*, 2012).

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor (International Seed Testing Association, 1985).

Los ensayos de vigor permiten identificar posibles diferencias en la calidad fisiológica de las semillas con poder germinativo similar, y obtener una evaluación ajustada del desempeño a campo, bajo condiciones variables (Vieira *et al.*, 1999).

La prueba de velocidad de emergencia propuesta por Maguire (1962), en donde se cuenta el número de días que emergieron para establecer un índice, el cual permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de

mejoramiento genético, ya que se ha demostrado que plántulas con mejor vigor poseen características aceptables de área foliar, peso seco y longitud de raíz.

Según Bennett (2002), los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las semillas incluyen:

- a) tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas;
- b) comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas y
- c) comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

El concepto de vigor viene siendo muy utilizado por las empresas de semillas en sus programas de control interno de calidad, y existen diversas pruebas de vigor, cada uno más adecuado a un tipo de semilla y condición. A pesar de que las pruebas de vigor poseen mucha utilidad, los que todavía no son estandarizados (Peske *et al.*, 2012).

2.7.3. Muestreo y muestra de semilla para análisis

De acuerdo con Silva (1982), la calidad de una semilla se mide mediante el análisis de una muestra representativa muy pequeña en comparación con el conjunto en sí; por lo tanto, es indispensable seguir con toda atención y cuidado las normas establecidas para el muestreo de semillas con el único fin de remitir al analista muestras que representen la composición exacta de los materiales investigados.

Según ISTA (2008), RAS Brasil (2009), indican que para obtener resultados uniformes y exactos, en análisis de semillas, es esencial que las muestras simples, la muestra

compuesta, la muestra media y muestra de trabajo, sean obtenidas con mucho cuidado, utilizando instrumentos y métodos establecidos por la Regla de Análisis de Semillas.

Asimismo, los pesos mínimos de las muestras medias y de las muestras de trabajo de cada especie de semillas, varían de acuerdo con el tamaño de la misma. Para las semillas de tamaño grande, las cantidades son mayores que para las semillas pequeñas, las cuales están establecidas en la Regla de Análisis de Semilla del International Seed Testing Association (ISTA, 2008), así por ejemplo, la muestra de trabajo para la semilla de *Vicia faba* es de 1,000 gramos, para *Glycine max* 500 gramos, para *Avena sativa* 120 gramos, para *Allium cepa* 8 gramos, 6 gramos para *Lolium multiflorum*; y 12 gramos para *Chenopodium quinoa*, Marca (1993).

Muestra simple.- Es una pequeña porción de semillas retiradas de un punto del lote.

Muestra compuesta.- Es la muestra formada por la combinación y mezcla de todas las muestras simples retiradas del lote. Esta muestra es usualmente mucho mayor que la necesaria para las varias pruebas y normalmente necesita ser adecuadamente reducida antes de ser enviada al laboratorio.

Muestra media.- Es la propia muestra compuesta o sub muestra de ésta, con tamaño mínimo especificado en las Reglas para el análisis de semillas. Es la recibida por el laboratorio para ser sometida al análisis.

Muestra de trabajo.- Es la muestra obtenida en el laboratorio, por homogeneización y reducción de la muestra media hasta los pesos mínimos requeridos para la especie, según la Regla de Análisis de Semilla (RAS).

Para el efecto de muestro, es necesario tener en consideración el concepto de lote de semillas, la misma que según Peske (1993), es una cantidad de semilla con atributos genéticos, físicos, sanitarios, y fisiológicos similares dentro de ciertos límites tolerables. Además, resalta que los lotes de semilla, deben de ser de menor cantidad posible, aunque parezcan aproximadamente homogéneas, existen muchas causas de variación. Así mismo, según Silva (1982), se entiende por lote una cantidad definida de semilla empacada, envasada, o a granel, de calidad relativamente uniforme e identificable físicamente mediante marcas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación fue conducido en el Laboratorio de Análisis de Semillas (LAS) y de Ingenierías de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, durante el periodo comprendido entre julio a noviembre del 2017.

3.2. Material biológico

En el presente trabajo de investigación fueron utilizadas semillas de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana, procedentes de la cooperativa CAPROSEMILLA Ltda., distrito de Cabana, provincia de San Roman, región de Puno, pertenecientes a la campaña agrícola 2016 / 2017.

3.2.1. Materiales

- Placas petri pirex (marca esteriplan)
- Pipetas graduada pirex
- Papel filtro para germinación
- Bolsas de plástico con cierre zip
- Bolsas de papel
- Bandejas
- Agua destilada
- Pinzas metálicas
- Plastilina blanco y negro
- Agujas hipodérmicas
- Cuaderno de registro

- Lupas
- Programas informáticos, Image acquisition system, Microsoft office, InfoStat.

3.2.2. Equipos

- Tamices de grano N° 12, 14, 16 (A.S.T.M alphalabs) y 18 (prufsiebring A).
- Balanza analítica de precisión (2000g – Polinia, marca radwag).
- Balanza digital METTLER modelo JB 3002-G.
- Lupa con iluminación profesional led.
- Balanza hectolítrica (marca shoopper).
- Cámara fotográfica digital.
- Computadora.
- Micrómetro ocular de 1000x (marca RoHS)
- Estufa modelo DHG-9023A, marca ICOSA.

3.3. Variables de respuestas

a) Calidad física

- Pureza física.
- Peso Volumétrico.
- Peso de 1000 semillas.
- Tamaño y forma de las semillas.
- Valor cultural de la semillas

b) Calidad fisiológica

- Porcentaje de germinación.
- Porcentaje de vigor.

3.4. Metodología para la determinación de la calidad física de semilla de quinua

3.4.1. Análisis de pureza física

La metodología para el análisis de pureza de semillas de quinua no está considerada en las Reglas de Análisis de Semillas del ISTA (2008) ni en las Reglas de Análisis de Semillas de Brasil (2009).

Para la presente investigación, se ha tomado la metodología de análisis de semilla de quinua establecida por Marca (1993). De los lotes de semilla de quinua de las tres variedades, se ha obtenido al azar una muestra simple de 1000 gramos, de las cuales, previa homogenización se obtuvo una muestra de envío de 150 g de cada variedad, los que fueron embaladas, identificadas y enviadas al Laboratorio de Análisis de Semillas.

Para el análisis de pureza física, para cada repetición de las tres variedades, la muestra de envío fue previamente homogenizada por cuarteo y por divisiones sucesivas se obtuvo 12 gramos, sobre la cual, se ha efectuado los análisis correspondientes.

En una mesa de trabajo, con la ayuda de pinzas, lupa con iluminación led, pinceles, las muestras de 12 g fueron separadas en tres componentes: semilla pura, otras semillas y material inerte.

Fueron consideradas como semillas puras, aquellas semillas pertenecientes a la especie indicada y debe incluir todas las variedades botánicas y cultivares de la especie.

En otras semillas, fueron consideradas las semillas de plantas cultivadas no pertenecientes a la especie en análisis y otros materiales de propagación de plantas indeseables (plantas silvestres o malezas).

En la porción de material inerte, fueron agrupados los fragmentos de semillas menores que la mitad del tamaño original de la semilla, semillas completamente dañadas por los hongos e insectos, pedúnculo, pedicelo, partículas del suelo, arena, piedrecillas, insectos muertos y cualquier otro material que no sea semilla (Figura 2).

Para el efecto del cálculo, cada uno de los componentes de las muestras del tratamiento fueron pesadas separadamente, la sumatoria de estos dio origen al peso final, el cual fue comparado con el peso inicial, a fin de verificar si la variación de peso entre el peso final y el peso inicial era mayor que 1%, cuando esto ocurre, el análisis fue repetida, partiéndose de la nueva muestra de trabajo.

Posteriormente para cálculo de los porcentajes de pureza se determinaron utilizando las siguientes formulas.

$$\% \text{ de semillas puras: } X = \frac{Pp}{Pt} \times 100$$

Donde:

Pp = es el peso de las semillas puras

Pt = es el peso total de la muestra

$$\% \text{ de semillas de otros cultivos } Y = \frac{Poc}{Pt} \times 100$$

Donde:

Poc = es el peso de las semillas de otros cultivos

Pt = es el peso total de la muestra

$$\% \text{ de materia inerte } Z = \frac{Pmi}{Pt} \times 100$$

Donde:

P_{mi} = es el peso de la materia inerte

P_t = es el peso total de la muestra

Pero debemos mencionar que las muestras que posean pureza física inferior al 50% deben ser evitadas, en especial cuando este valor es debido a la presencia de semillas de otras especies (ISTA, 1985).



Figura 2. Análisis de pureza física. **A.** Muestra de semilla de tres variedades de quinua de color. **B.** Separación de las muestras en tres componentes: semilla pura, otras semillas y material inerte. **C.** Pesado de las muestras. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.

3.4.2. Determinación del peso volumétrico

La determinación del peso volumétrico se realizó mediante la metodología descrita en las Reglas de Análisis de Semillas (ISTA, 2008; RAS Brasil, 2009).

En primer lugar se tomó una muestra de quinua representativa de la variedad que se deseó analizar, y a la cual se le extrajeron las impurezas (malezas, terrones, piedras, pajas, etc.). En segundo lugar se debe contar con una balanza oficial bien calibrada que corresponde a la balanza Shopper de 1 /4 litro de capacidad. Con este instrumento se pesó la cantidad de granos contenidos en el cuarto litro (= 250 ml). Posteriormente el peso volumétrico se calculó mediante la fórmula (Figura 3).

$$PH = \frac{PBH \times 100}{VB}$$

Donde:

PH = Peso hectolítrico

PBH = Peso obtenido de la balanza hectolítrica

VB = Volumen de la balanza

Los resultados del peso volumétrico se expresaron en kg/hl con un decimal.



Figura 3. Determinación del peso volumétrico de semilla de tres variedades de quinua de color. **A.** Balanza hectolítrica. **B.** Llenado de las semillas de quinua. **C.** Capacidad de un cuarto de un litro de semillas. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.

3.4.3. Determinación del peso de 1000 semillas

Según la metodología descrita en las Reglas de Análisis de Semilla (ISTA, 2009; RAS, Brasil, 2009), se tomaron al azar ocho repeticiones de 100 semillas de cada variedad con dos repeticiones del componente semilla pura del análisis de pureza física, cada una de las repeticiones se pesó en una balanza analítica de 0.0001g de precisión, en seguida se determinó el peso promedio de las ocho repeticiones, la varianza (Var), la desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (C.V), luego la media de las ocho repeticiones se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 semillas (Figura 4).

$$\text{Varianza (Var)} = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$\text{Desviación estándar (D.E.)} = \sqrt{\text{Varianza}}$$

$$\text{Coeficiente de Variación (C.V)} = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

En donde:

x = peso en gramos de cada repetición.

n = número de repeticiones.

Σ = operador sumatoria.

\bar{X} = media del peso de 100 semillas.



Figura 4. Determinación del peso de 1000 semillas de quinua de color. **A.** Ocho repeticiones de cien semillas de quinua. **B.** Pesado de las muestras. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.

3.4.4. Determinación del tamaño y forma de la semilla

Las semillas de las tres variedades de quinua de color, con el uso de tamices de orificios redondos de distintos diámetros se clasificaron en semillas de tamaño grande, mediano y pequeño. Para las variedades Salcedo INIA y Pasankalla se utilizaron los tamices números 12, 14 y 16, debido a que el diámetro de sus semillas fueron relativamente similares, para la variedad Negra Collana se utilizó la zaranda número 18 con diámetros de 1.00 mm, en

razón de que las semillas fueron relativamente pequeñas en relación a las otras variedades, posteriormente se procedió a pesar todas las muestras en la balanza analítica de precisión (Figura 5).

Tabla 1. Clasificación de las semillas por tamaño en relación al diámetro promedio.

Tamaño de las semillas	Diámetro promedio de las semillas (mm)	Tamiz
Grandes	Mayor a 1,70	85% retenido en la malla ASTM 12 (1,70 mm)
Medianos	Entre 1,40 a 1,70	85% retenido en la malla ASTM 14 (1,40 mm)
Pequeños	Menores a 1,40	85% retenido en la malla ASTM 16 (1,18 mm)

Nota: 1 mm corresponde a la Malla N°18 Prufsiebring A



Figura 5. A. Clasificación de la semilla por tamaño en relación al diámetro promedio de derecha a izquierda (grande, mediano, pequeño e impurezas). B. Tamices de ensayos estándar para semilla de quinua (12, 14, 16 mm). C. Pesado de las muestras clasificadas. Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.

El tamaño y la forma de las semillas se determinó mediante las mediciones de ancho (A), largo (L) y espesor (E) a través del micrómetro ocular de 1000X. La medida para largo fue tomada de forma paralela desde la radícula y el ancho de forma perpendicular a la radícula. Los cuales fueron expresados en milímetros con tres repeticiones por tratamiento (Figuras 6, 7 y 8).

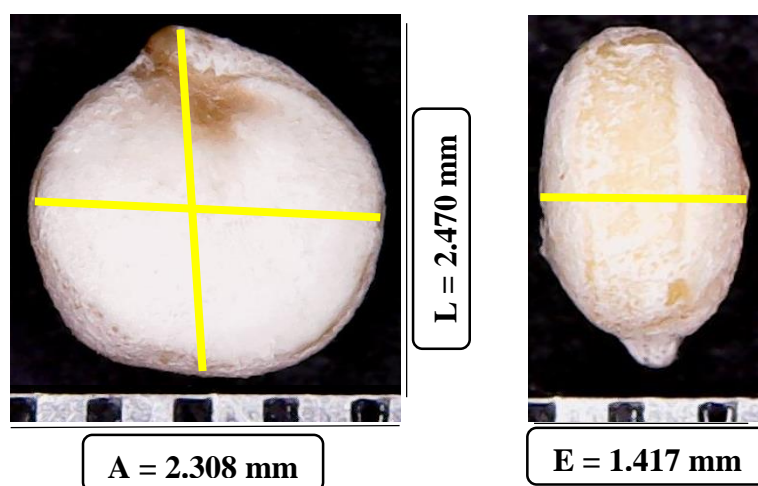


Figura 6. Determinación del tamaño y forma de la semilla de quinua, variedad Salcedo INIA (A = ancho; L = largo y E = espesor).

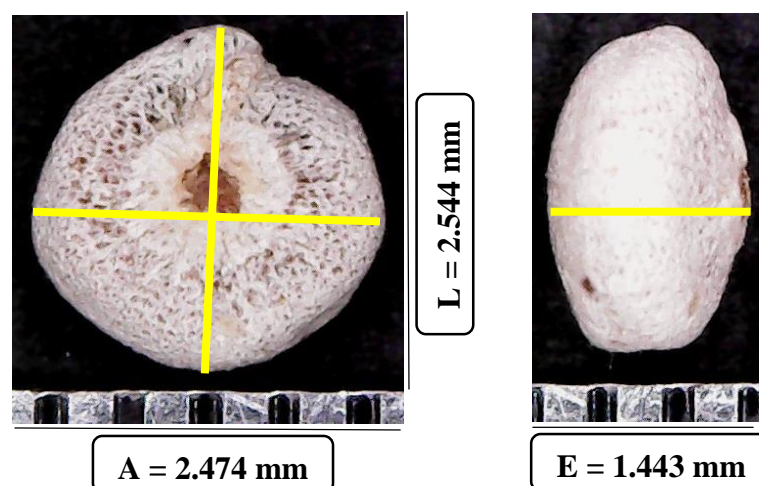


Figura 7. Determinación del tamaño y forma de la semilla de quinua, variedad Pasankalla (A = ancho; L = largo y E = espesor).

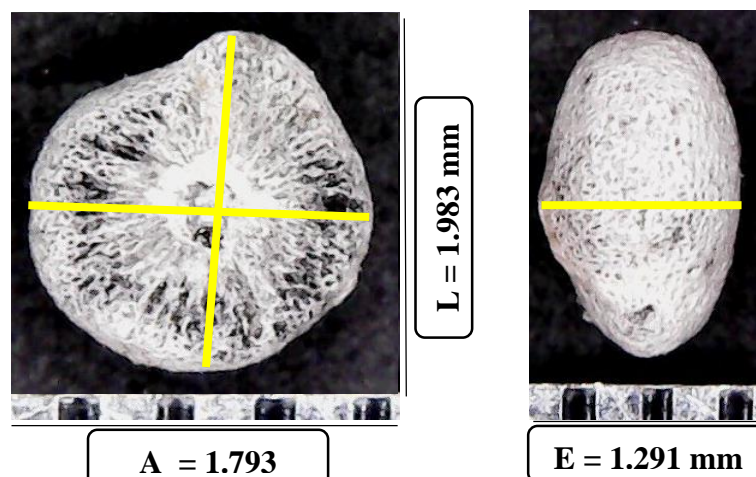


Figura 8. Determinación del tamaño y forma de las semilla de quinua, variedad Negra Collana (A = ancho; L = largo y E = espesor).

El diámetro equivalente fue calculado mediante la ecuación (Cervilla *et al.*, 2012).

$$De = (A * L * E)^{1/3}$$

Donde:

De = diámetro equivalente

A = ancho

L = Largo

E = espesor

Esfericidad: Se calculó utilizando la siguiente expresión (Koocheki *et al.*, 2007; Tarighi *et al.*, 2011).

$$\phi = \frac{De}{L}$$

Donde:

De = diámetro equivalente

ϕ : Esfericidad, adimensional

3.5. Metodología para la determinación de la calidad fisiológica de semilla de quinua

La calidad fisiológica de las semillas de las tres variedades de quinuas de color, se determinó mediante la prueba de germinación y la prueba de vigor a través de la velocidad de emergencia en ambiente natural y en un suelo de cultivo normal.

3.5.1. Prueba de germinación

Para la prueba de germinación se siguió la metodología establecida por Marca (1993), para lo cual fueron tomadas al azar 300 semillas de cada variedad de la porción de semilla pura del análisis de pureza clasificado por tamaños.

Se utilizó como substrato el papel filtro en número de dos (SP), las mismas que fueron colocadas en placas Petri, en seguida fueron humedecidos con una cantidad de agua destilada 2.5 veces el peso del sustrato en el inicio de la preparación. En seguida las 100 semillas por repetición fueron colocadas y distribuidas uniformemente, evitando el contacto entre semillas.

Una vez preparado e identificado las placas Petri, fueron llevadas a una estufa graduada a una temperatura constante de 20°C durante todo el periodo de prueba, posteriormente se mantuvo húmedo el substrato durante todo el tiempo de la prueba de germinación, evitando que se forme una película de agua alrededor de las semillas, debido a que el exceso restringe la aireación perjudicando la germinación (Figura 9, A-B).

El primer conteo se efectuó a las 48 horas de haber iniciado la prueba, donde se eliminaron las semillas germinadas para crear mayor espacio y el conteo final fue efectuado a las 72 horas de iniciado la prueba. Para ello, se ha tenido en consideración el desarrollo de las plántulas y la presencia de las estructuras esenciales perfectamente visibles (radícula,

hipocotilo, cotiledones), las cuales fueron clasificadas en plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas.

Plántulas normales, aquellas que presentan plántulas con sistema radicular, radícula-hipocotilo e hipocotilo bien desarrollado e intacto; plántulas con lesiones superficiales en la radícula, radícula-hipocotilo y en el hipocotilo, desde que no afecten al sistema vascular, cuyas longitudes no fueron menor a 2 cm (Figura 10, A-B)

Plántulas anormales, aquellas que presentaron solamente el hipocotilo bien desarrollado, pero sin radícula o radícula débilmente desarrollada; plántulas con radícula bien desarrollada, pero sin hipocotilo o hipocotilo débilmente desarrollado, plántulas con radícula y/o hipocotilo con daños profundos; plántulas pequeñas y débiles con radícula y hipocotilo menores a 2 cm. (Figura 10, C-D).

Semillas no germinadas, aquellas que al final de la prueba de germinación, no presentaron ningún indicio de germinación, es decir sin inicio del crecimiento o aparición de la radícula ni del hipocotilo (Figura 10, E-F).



Figura 9. Prueba de germinación de semilla de quinua. **A.** Germinadora graduada a temperatura constante de 20°C. **B.** Puesta de placas Petri preparadas para la germinación. Laboratorio de Ingenierías de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA – PUNO.

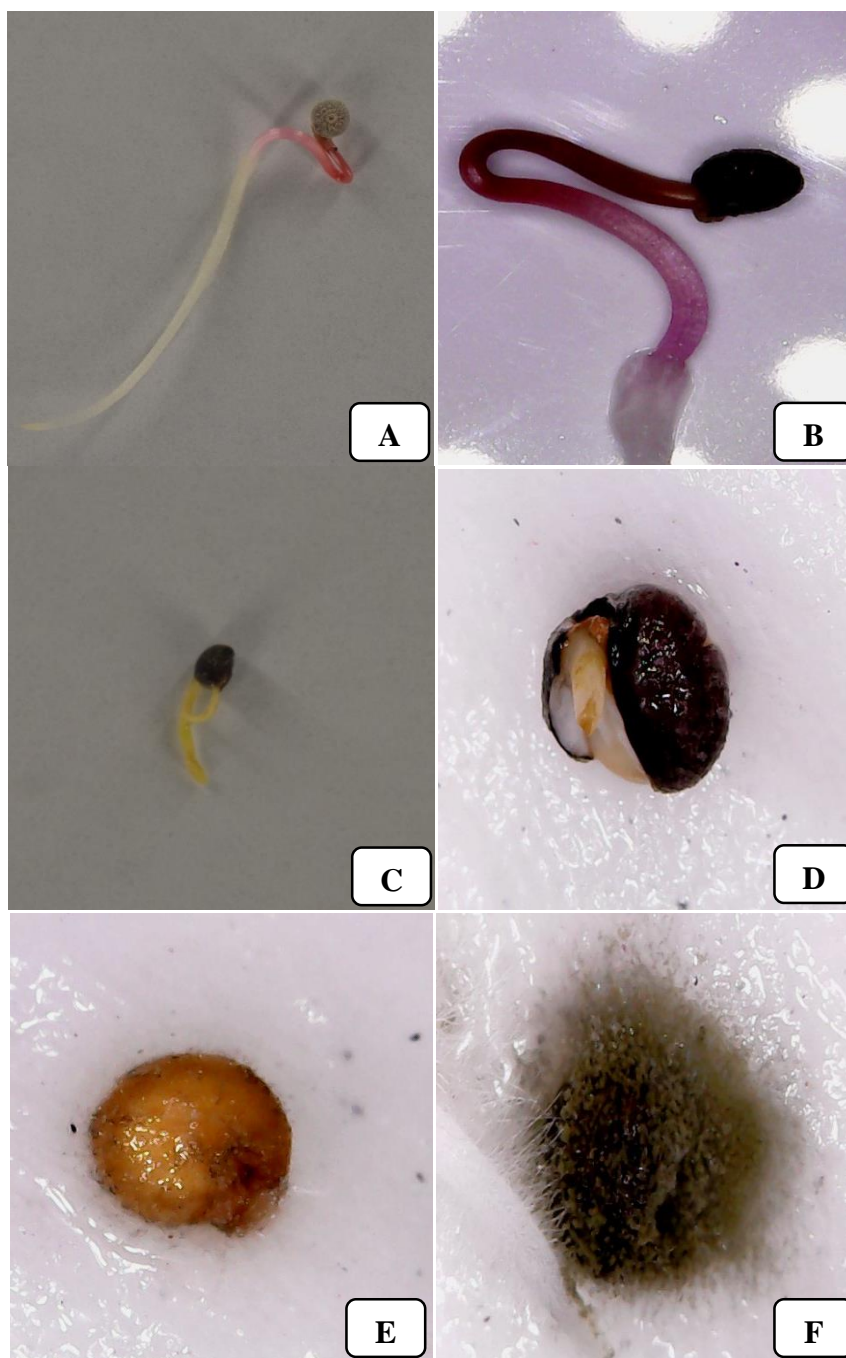


Figura 10. Evaluación de plántulas. **A, B.** Plántulas normales. **C, D.** Plántulas anormales. **E, F.** Semillas no germinadas y atacada por hongo. Laboratorio de Ingenierías de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial UNA – PUNO.

Para el resultado del porcentaje de germinación se consideró solamente las plántulas normales, expresadas en porcentaje, en la práctica, debe expresarse en números enteros; cuando la fracción fue mayor a 0.5 décimos se redondeó a la cifra superior.

3.5.2. Prueba del vigor

Las pruebas de vigor no están estandarizadas, por lo tanto, no están contemplados en las Reglas de Análisis de Semillas Brasil (2009) e ISTA (2008); sin embargo, existen muchos trabajos de investigación en diversas especies. Así mismo, son clasificadas en directo e indirecto, para el presente trabajo de investigación, se optó la metodología de velocidad de emergencia en campo, cuyo procedimiento se describe a continuación:

Los 27 tratamientos de semilla clasificada en tamaño grande, tamaño mediano y tamaño pequeño, fueron sembrados en parcelas de 0.50 m x 0.33 m con 3 repeticiones, cada parcela constó de dos surcos distanciados a 11 cm, en cada surco se sembró 10 semillas distanciados a 5 cm, a una profundidad de 2 cm, tapado con una capa de tierra, luego se efectuó el riego en forma manual con regadera en el momento de la siembra, dejando el suelo en capacidad de campo (Figura 21 del anexo).

El primer conteo fue realizado a los siete días cuando las plántulas comenzaron a emerger y se colocaron marcadores de color verde, a los que emergieron en ocho días se identificó con marcadores de color amarillo y a los que emergieron en nueve y diez días se identificó con el color naranja.

En la evaluación de vigor, las semillas de tamaño grande de todas las variedades emergieron a los siete días y fueron consideradas de alto vigor, las semillas de tamaño mediano emergieron a los ocho días y fueron consideradas de medio vigor y las semillas de tamaño pequeño emergieron entre nueve y diez días y fueron considerados de bajo vigor. (Figura 11).



Figura 11. Prueba de vigor de semillas de tres variedades de quinua de color en campo. **A.** Campo experimental. **B.** Conteo de plántulas e identificación con marcadores. **C.** de izquierda a derecha, diferencias de plántulas de alto vigor (tamaño grande), de medio vigor (tamaño mediano) y de bajo vigor (tamaño pequeño). Laboratorio de Análisis de Semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica UNA – PUNO.

3.6. Análisis estadístico descriptivo

Para los resultados de las variables de calidad física se efectuó el análisis estadístico descriptivo que permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes variedades y tamaños de semillas estudiadas. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos.

3.7. Diseño experimental

Para la calidad fisiológica el diseño experimental utilizado fue el de completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 (3 variedades x 3 tamaños) con un total de 9 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 27 unidades experimentales, cuyo esquema de análisis de varianza (ANVA) es el siguiente:

Tabla 2. Análisis de Varianza (ANVA).

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	
Factor Variedades (v)	$v-1$	2
Factor Tamaños (t)	$t-1$	2
Interacción v x t	$(v-1)(t-1)$	4
Error experimental	$tv(r-1)$	18
Total	$tvr-1$	26

Para el análisis estadístico de los datos de porcentaje de germinación (plántulas normales) y porcentaje de vigor (velocidad de emergencia), se utilizó el paquete estadístico (InfoStat, Versión 2018 estudiantil) y para los tratamientos la prueba de comparación de medias de Duncan a nivel de 0.05 de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad física de la semilla

4.1.1. Pureza física

Los resultados de pureza física de semilla de tres variedades de quinua de color provenientes de la cooperativa CAPROSEMILLA Ltda., del distrito de Cabana, provincia San Román, región de Puno, se muestran en la Tabla 3 y Figura 12, donde la variedad Negra Collana alcanzó 96.8% de pureza física, seguido de la variedad Pasankalla con 86.3% y Salcedo INIA con 84.9%.

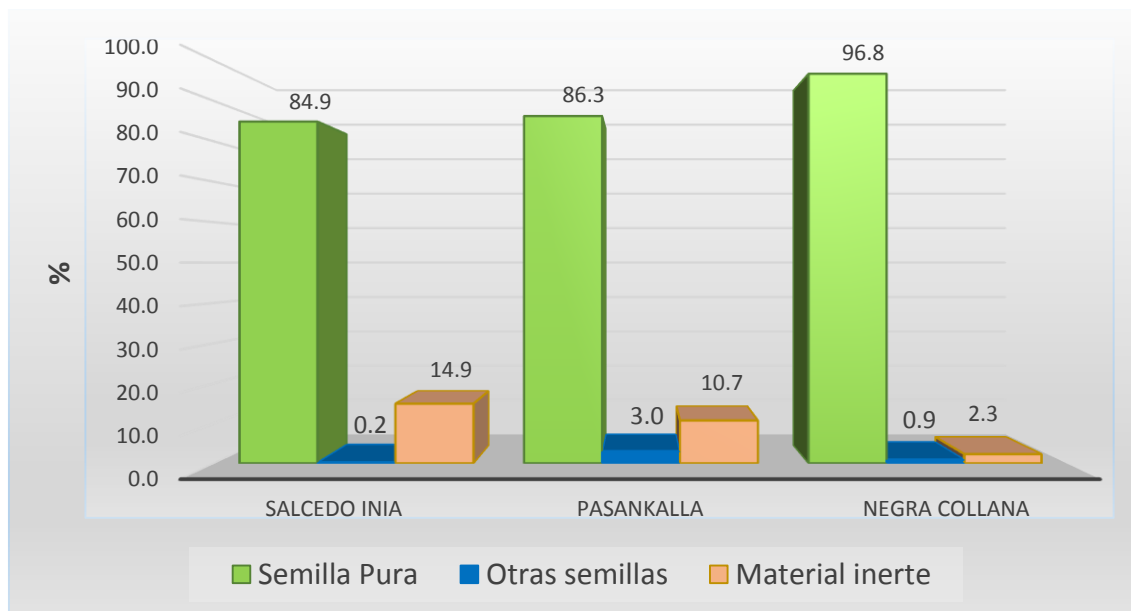
Según Bioversity International (2013), los niveles estándares de pureza deben alcanzar hasta el 95%, tal como señala la Norma de Manejo de Bancos de Genes, la variedad Negra Collana registro 96.8 %, nivel considerado como aceptable, mientras las variedades Salcedo INIA y Pasankalla registraron niveles bajos entre el 84.9% y 86.3%, los cuales registraron mayor cantidad de material inerte (14.9, 10.7%) y también se registró presencia de otras semillas (0.2, 3.0%).

En general, se puede indicar que la pureza física, tal como lo afirma Borrajo (2006), es el porcentaje en peso de la semilla de la especie estudiada respecto al total de la muestra. De igual manera Poulsen (1998), señala que las muestras de semillas pueden contener impurezas como, malezas, piedrecillas, semillas de otras especies y estructuras vegetales desprendidas de las semillas la cual influye en la calidad de semilla.

Tabla 3. Pureza física de semillas de tres variedades de quinua de color en porcentaje.

Variedad	Semilla Pura	Otras Semillas	Material inerte	D.E.	Var.	C.V.
Salcedo INIA	84.9	0.2	14.9	0.4595	0.2111	0.5412
Pasankalla	86.3	3.0	10.7	1.2975	1.1391	1.3198
Negra Collana	96.8	0.9	2.4	0.0009	0.0299	0.0309

D.E. = Desviación estándar, Var = Varianza, C.V. = Coeficiente de variación

**Figura 12.** Porcentaje de pureza física de semillas de tres variedades de quinua de color.

4.1.2. Peso volumétrico

La Tabla 4, muestra los resultados correspondientes al peso volumétrico de semillas de las tres variedades de quinua de color, donde la variedad Negra Collana alcanzó el mayor peso volumétrico con 72.8 kg/hl; la variedad Pasankalla con 69.2 kg/hl y la variedad Salcedo INIA con 68.0 kg/hl (Figura 13).

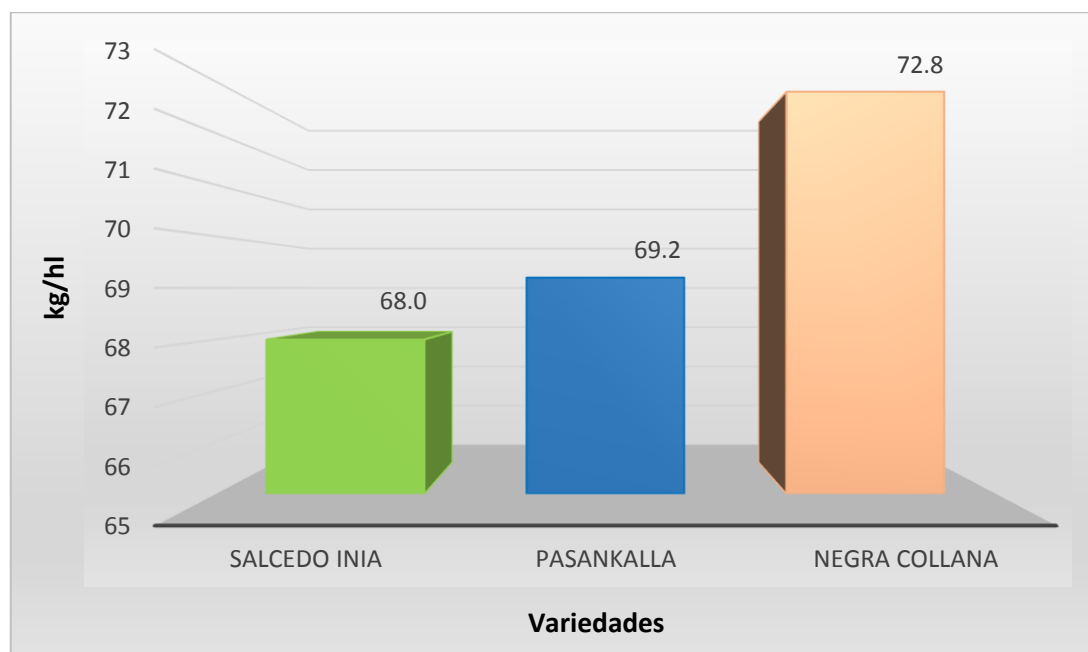
Al respecto, IBTA (1996) menciona que el peso volumétrico está influenciado por el tamaño, forma, densidad y contenido de humedad; cuanto menor es la semilla, mayor será su peso volumétrico. En caso de los granos de quinua, el peso volumétrico reportado por Chipana, (1993) varía de 68.19 a 74.94 kg/hl, lo que corrobora los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Tabla 4. Peso volumétrico de semillas de tres variedades de quinua de color.

Variedad	Color	PV (kg/hl)
Salcedo INIA	Blanco	68.0
Pasankalla	Plomo	69.2
Negra Collana	Negro	72.8

PV = Peso hectolítrico

Asimismo, Calderón & Guarachi (2009) al evaluar el peso volumétrico en ecotipos de quinua ajara (negra), obtuvieron un valor de 68,38 kg/hl en grano mediano a pequeño y en la variedad Pasankalla 73,01 kg/hl. Por otro lado, Padilla (2013) trabajando con promotores de crecimiento en quinua, señala que con la aplicación de *Biobacillus* más abonamiento obtuvo un peso volumétrico de 72,6 kg/hl.

**Figura 13.** Peso volumétrico de semillas de tres variedades de quinua de color.

4.1.3. Peso de 1000 semillas

En las Tablas 5 y Figura 14, se muestra el peso de 1000 semillas de las semillas sin clasificar por tamaño, donde se observa que la variedad Salcedo INIA obtuvo el mayor peso de 1000 semillas con 3.46 g, seguido de la variedad Pasankalla con 2.80 g y la variedad Negra Collana alcanzó el menor peso con 1.92 gramos.

Al respecto, Espinoza (2016), registro pesos de 2.93, 3.30, 2.46, 3.20 y 2.41 g, para las variedades: Pasankalla, Salcedo INIA, Negra Collana, Blanca Junín y San Juan, respectivamente, lo que corrobora con los resultados obtenidos. Desde el punto de vista agronómico, el peso de 1000 semillas es un dato práctico que sirve para ajustar la densidad de siembra en muchos cultivos de granos y se emplea para informar el tamaño y peso de la semilla, conociendo el peso de 1000 semillas, y por consiguiente, el número de semillas por kilogramo, será fácil determinar el peso de semillas a ser utilizado por área.

Tabla 5. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color sin clasificar por tamaños.

Variedad	Color	PMS (g)	Media	Var	D.E.	C.V.
Salcedo INIA	Blanco	3.46	0.346	1.54E-04	0.0123	3.573
Pasankalla	Plomo	2.80	0.280	6.34E-05	0.0079	2.833
Negra Collana	Negro	1.92	0.192	3.57E-05	0.0058	3.039

PMS = Peso de 1000 semillas, Var = Varianza, D.E. = Desviación estándar. C.V. = Coeficiente de variación.

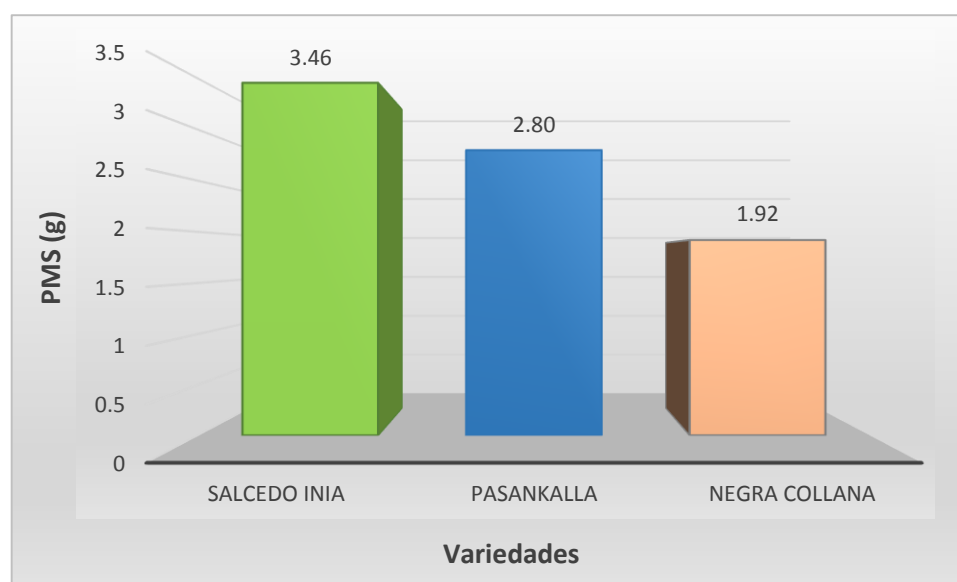


Figura 14. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color sin clasificar por tamaños.

En la Tabla 6 y Figura 15, se muestra los resultados del peso de 1000 semillas de semillas clasificadas por tamaño de las tres variedades de quinua de color, en la cual se observa

que las semillas de tamaño grande de las tres variedades tuvieron mayor peso, seguido en el mismo orden de semillas de tamaño mediano y las semillas de tamaño pequeño obtuvieron menor peso.

Rodríguez (2005), reportó mayores pesos en semillas de tamaño grande (de 1.35 a 1.75 mm) con un rango de 3.79 a 3.96 g para mil semillas. En otros trabajos, Gutiérrez (2003) y Palma (2007), registraron máximos pesos de mil semillas, en la variedad Surumi, con 2,47 y 4.39 g, respectivamente. Entre tanto, Meléndez (2009) registró un peso máximo de 4.32 g en la variedad Real blanca.

Tabla 6. Peso de 1000 semillas por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.

Variedad	Tamaño	PMS (g)	Media	D.E.	Var	C.V.
Salcedo INIA	Grande	2.77	0.277	0.0069	4.94E-05	2.495
Salcedo INIA	Mediano	2.21	0.221	0.0077	5.89E-05	3.462
Salcedo INIA	Pequeño	1.36	0.136	0.0052	2.74E-05	3.852
Pasankalla	Grande	2.72	0.272	0.0074	5.42E-05	2.704
Pasankalla	Mediano	2.10	0.210	0.0077	5.89E-05	3.653
Pasankalla	Pequeño	1.34	0.134	0.0052	2.74E-05	3.899
Negra Collana	Grande	2.12	0.212	0.0074	5.54E-05	3.488
Negra Collana	Mediano	1.39	0.139	0.0051	2.62E-05	3.668
Negra Collana	Pequeño	1.18	0.118	0.0043	1.85E-05	3.619

PMS = Peso de 1000 semillas, D.E. = Desviación estándar, Var = varianza, C.V. = Coeficiente de variación.

Según Hernández *et al.* (2010) el peso de las semillas varía ampliamente entre y dentro de una planta individual lo que puede afectar el porcentaje y la velocidad de germinación. Asimismo, Willenborg *et al.*, (2005) reportan una relación positiva del peso de la semilla con el porcentaje y velocidad de germinación. Este último se relaciona de forma directa con lo descrito anteriormente entre la relación tamaño de semilla por germinación de la misma, al asociarlo con un embrión más grande y mayor cantidad de reserva.

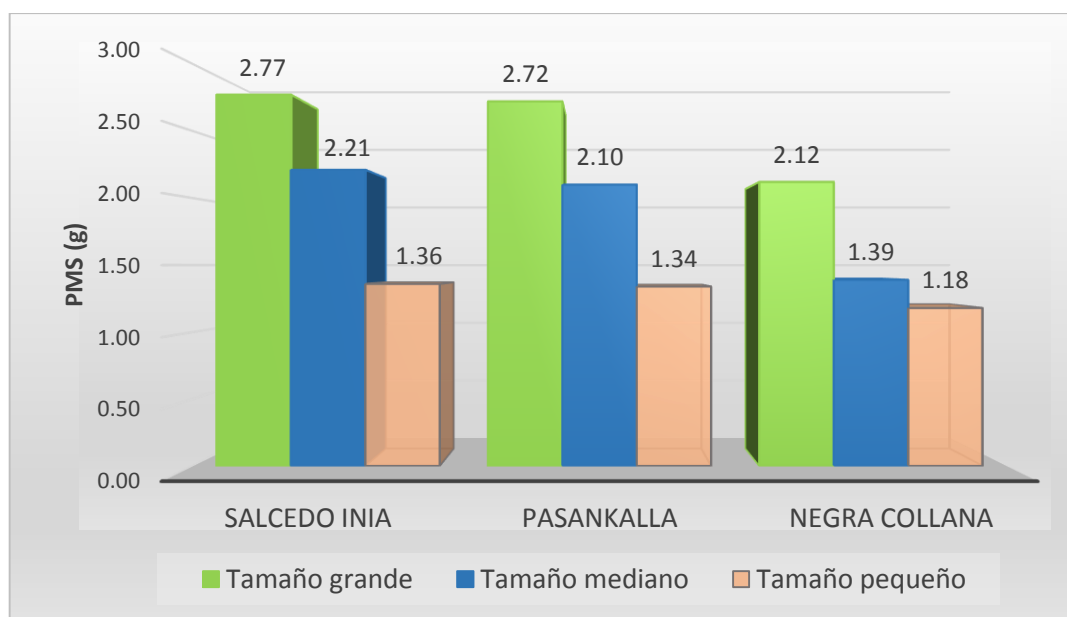


Figura 15. Peso de 1000 semillas por tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color.

4.1.4. Tamaño y forma de las semillas

En la Tabla 7 y Figura 16, se muestra los resultados del tamaño de semilla según el diámetro promedio de semillas de las tres variedades de quinua de color, en la cual se observa que las semillas grandes de las tres variedades tuvieron mayor diámetro, las semillas medianas de las tres variedades obtuvieron menor diámetro y las variedades de tamaño pequeño alcanzaron menor diámetro.

Al respecto, Fernández & Sahonero (2013) quienes indican que la característica morfológica de diámetro presenta variabilidad intra especie para los taxones de quinua evaluados. La relación del tamaño de grano con la germinación y el tiempo de germinación, no ha sido estudiado con el mayor detalle, por lo que los resultados obtenidos ofrecen pautas para continuar su estudio.

Tabla 7. Resultados de la determinación de tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color.

Variedad	Tamaño	Diámetro (mm)	Tamiz N°	D.E.	Var.	C.V.
Salcedo INIA	Grande	1.988	12	0.0379	0.0010	1.9047
Salcedo INIA	Mediano	1.675	14	0.1517	0.0153	9.0590
Salcedo INIA	Pequeño	1.370	16	0.0532	0.0019	3.8813
Pasankalla	Grande	2.087	12	0.0456	0.0014	2.1869
Pasankalla	Mediano	1.735	14	0.1031	0.0071	5.9417
Pasankalla	Pequeño	1.469	16	0.0517	0.0018	3.5174
Negra Collana	Grande	1.666	14	0.0431	0.0012	2.5876
Negra Collana	Mediano	1.439	16	0.1231	0.0101	8.5570
Negra Collana	Pequeño	1.371	18	0.0227	0.0003	1.6563

D.E. = Desviación estándar, Var = Varianza, C.V. = Coeficiente de variación.

Mamani (2007), menciona que las plantas sometidas a estrés hídrico en la etapa de grano lechoso, son afectadas en la disminución en la producción de granos grandes (2.5 – 2 mm) y muy grandes (> 2.5 mm). Además señala que los mejores tamaños de grano se obtuvieron cuando se presentó déficit hídrico durante las fases iniciales. Esto significa que un déficit hídrico al inicio del cultivo es beneficioso para el tamaño de grano. Al respecto Bonifacio *et al.*, (1997) indican que el diámetro de la semilla es una característica cuantitativa y está controlada por genes de efecto aditivo y la estabilidad de estos caracteres se encuentra afectada por el efecto ambiental.

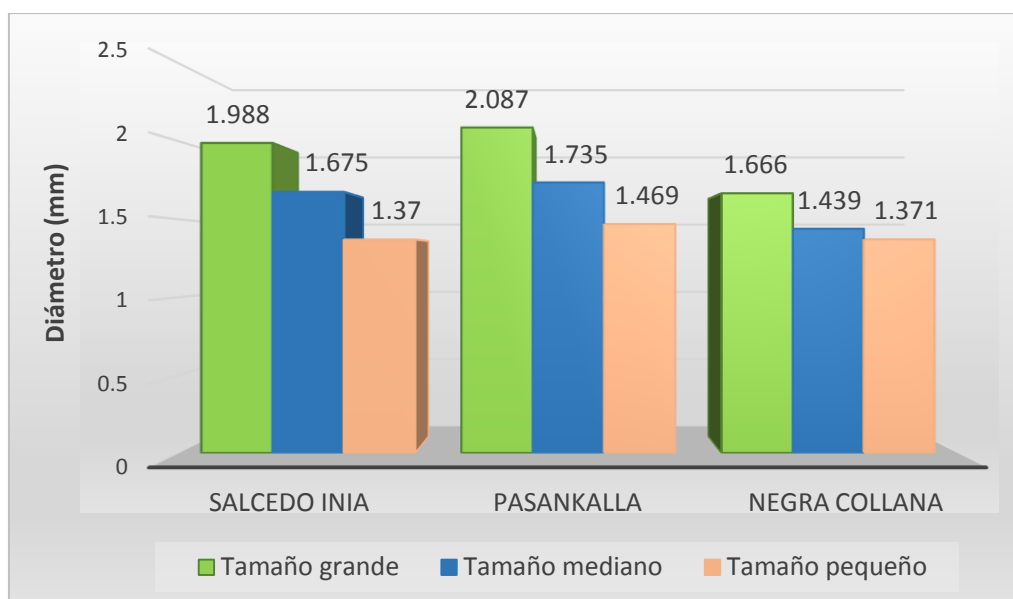


Figura 16. Diámetros del tamaño de semilla de tres variedades de quinua de color.

En la Tabla 8, se muestra los resultados de la determinación de la forma de la semilla de tres variedades de quinua de color. En la cual se observa que los valores varían entre 0.7413 que corresponde al tamaño pequeño de la variedad Salcedo INIA y 0.8561, que corresponde a la semilla de tamaño grande de la variedad Negra Collana.

En relación a la forma de la semilla (Bande *et al.*, 2012), mencionan que un valor de esfericidad de 0,7 a 0,8 es considerado esférico para una semilla. La esfericidad es el grado de aproximación de una semilla a una esfera y en cualquier semilla es una función de sus dimensiones básicas (largo, ancho y espesor), lo que corrobora los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Asimismo, Işık y Unal, (2011), Tarighi *et al.*, (2011), mencionan que la esfericidad en semillas aumenta con el incremento de la humedad.

En semillas de quinua, Vilche *et al.*, (2003) determinaron valores de 0,77 a 0,88 en función del incremento de humedad, no obstante, para otro género de semilla ha sido documentado disminución de la esfericidad al aumentar la humedad (Çalışır *et al.*, 2005).

La esfericidad de quinua entera y lavada determinada por Medina (2000), está en el rango 0.8 a 0.93 mm de diámetro, por lo tanto la cañihua lavada es menos esférica que la quinua, esta diferencia se le atribuye también a la agudeza de las esquinas del grano de cañihua de acuerdo a la relación de redondez mencionado por Mohsenin, (1986), los resultados manifiestan menores agudezas en los granos de cañihua lavada en comparación con los granos de cañihua entera.

Tabla 8. Resultados de la determinación de forma de la semilla de tres variedades de quinua de color.

Variedad	Tamaño	Media	Forma	D.E.	Var	C.V.
Salcedo INIA	Grande	0.8284	Esférica	0.0196	0.0003	2.3622
Salcedo INIA	Mediano	0.8142	Esférica	0.0094	0.0001	1.1510
Salcedo INIA	Pequeño	0.7413	Esférica	0.0291	0.0006	3.9254
Pasankalla	Grande	0.8293	Esférica	0.0242	0.0004	2.9207
Pasankalla	Mediano	0.8082	Esférica	0.0147	0.0001	1.8227
Pasankalla	Pequeño	0.8047	Esférica	0.0049	0.0002	0.6034
Negra Collana	Grande	0.8561	Esférica	0.0182	0.0002	2.1217
Negra Collana	Mediano	0.8264	Esférica	0.0068	0.0002	0.8213
Negra Collana	Pequeño	0.8307	Esférica	0.0084	0.0001	1.0117

D.E. = Desviación estándar, Var = Varianza, C.V. = Coeficiente de variación.

4.1.5. Valor cultural

En la Tabla 9 y Figura 17, se muestran los resultados del valor cultural de las semillas por tamaño de tres variedades de quinua de color, en la cual se puede observar que las semillas de tamaño grande presentan mayor porcentaje de valor cultural y los de tamaño pequeño menor porcentaje de valor cultural.

Al respecto, Pirovano (2010), asevera que el valor cultural, es el porcentual en semillas que germinarán en un kilo en condiciones normales de humedad, temperatura y luminosidad y para ello intervienen factores como la pureza de la semilla y el porcentaje de germinación.

Tabla 9. Valor cultural por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.

Variedad	Tamaño de semilla	Porcentaje		
		Pureza	Germinación	Valor cultural
Salcedo INIA	Grande	84.9	90	76
Salcedo INIA	Mediano	84.9	85	72
Salcedo INIA	Pequeño	84.9	26	22
Pasankalla	Grande	86.3	96	83
Pasankalla	Mediano	86.3	92	79
Pasankalla	Pequeño	86.3	77	67
Negra Collana	Grande	96.8	83	80
Negra Collana	Mediano	96.8	80	77
Negra Collana	Pequeño	96.8	70	68

Fuente: Elaboración propia.

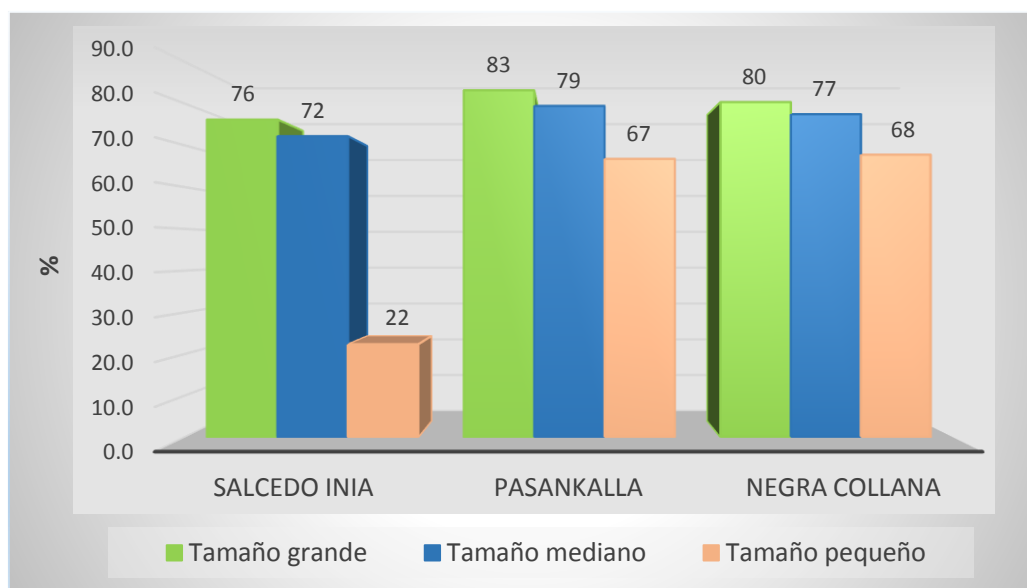


Figura 17. Valor cultural por tamaño de semillas de tres variedades de quinua de color.

4.2. Calidad fisiológica de la semilla

4.2.1. Porcentaje de germinación

Los datos porcentuales del porcentaje de germinación de las semillas se pueden apreciar en las tablas del anexo (21 y 22); Para el análisis de variancia, los datos fueron transformados a valores angulares respectivos. En la Tabla 10, se observa que existe diferencia altamente significativa para efectos simples y para la interacción variedad y tamaño. Este último nos indica que el porcentaje de germinación de las semillas de las tres variedades está influenciado por el tamaño de la semilla. El coeficiente de variación fue de 3.81 %, valor que está dentro del rango aceptable para experimentos desarrollados en laboratorio.

Tabla 10. Análisis de varianza para porcentaje de germinación de las semillas de tres variedades de quinua de color.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
Variedad (v)	2	1036.58	518.29	109.70**	3.55	6.01
Tamaño (t)	2	2545.00	1272.50	269.33**	3.55	6.01
V x T	4	1043.35	260.84	55.21**	2.93	4.58
Error	18	85.05	4.72			
Total correcto	26	4709.98				

F.V. = Fuente de variación, G.L. = Grado de libertad, S.C = Suma de cuadrados, C.M. = Cuadrado medio, ** = Altamente significativo.

Coeficiente de variabilidad = 3.43 %, \bar{X} = 63.28

Tabla 11. Análisis de varianza para efectos simples de la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación de las semillas de tres variedades de quinua de color.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
Efecto simple de V						
V(T1) = Salcedo INIA	2	938.49	469.24	99.41**	3.55	6.01
V(T2) = Pasankalla	2	974.52	487.26	103.23**	3.55	6.01
V(T3) = Negra Collana	2	652	326	69.06**	2.93	4.58
Efecto simple de T						
T(V1) = Tamaño grande	2	2982.9	1491.45	315.98**	3.55	6.01
T(V2) = Tamaño mediano	2	476.28	238.14	50.45**	3.55	6.01
T(V3) = Tamaño pequeño	2	128.94	64.47	13.65**	2.93	4.58
Error	18	85.05	4.72			
Total correcto	26	4709.98				

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la comparación de medias para efectos simples de la interacción variedad por tamaño se muestran en la Tabla 12 y Figura 18, el mayor porcentaje de germinación correspondió a la semilla de tamaño grande de la variedad Pasankalla con 96.3% y el menor porcentaje de germinación obtuvo la semilla de tamaño pequeño de la variedad Salcedo INIA con 26.3%.

Al respecto, Rojas y Camargo (2002, 2003), reportan porcentajes de germinación de 100% en semillas de color blanco, 80% en semillas de color negro, 98% en semillas de color café, 97% en semillas de color rojo y de 97% en semillas anaranjadas, Así mismo, Rodríguez (2005), relaciona directamente el tamaño de la semilla con el porcentaje de germinación, puesto que en evaluaciones anteriores encontró que semillas grandes (de 2.0 a 2.5 mm) presentan porcentajes de germinación mayores al 97% y semillas pequeñas (de 1.0 a 1.4) menores al 94%. Por otra parte, Hernández (2006) reporta que semillas con

porcentajes de germinación inferiores al 80% deben ser descartadas para su siembra en campo.

Tabla 12. Comparación de medias para efectos simples de la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación (Duncan $\alpha = 0.05$).

Variedad	Tamaño	Medias (Valor Angular)	Plántulas normales (%)			
Pasankalla	Grande	78.96	96	a		
Pasankalla	Mediano	73.57	92	a	b	
Salcedo INIA	Grande	71.25	90	b	c	
Salcedo INIA	Mediano	67.21	85		c	d
Negra Collana	Grande	65.65	83			d
Negra Collana	Mediano	63.43	80		d	e
Pasankalla	Pequeño	61.57	77			e
Negra Collana	Pequeño	56.79	70			f
Salcedo INIA	Pequeño	30.87	26			g

Fuente: Elaboración propia.

La calidad de semilla respecto al tamaño grande debe ser tomada en cuenta al momento de la sembrar, al utilizar semilla de tamaño mediano a grande, el establecimiento del cultivo es más uniforme, debido a que la quinua al ser de mayor tamaño almacena mayor cantidad de nutrientes que coadyuvan en el proceso de germinación y emergencia en campo.

En la actualidad los productores realizan la selección de semilla solamente en forma fenotípica en un 95%, y no así la selección mecánica de semilla con el uso de tamices para discriminar tamaños, que es indispensable para mejorar la emergencia, expresado en grosor de la raíz en las plántulas en campo y la uniformidad de madurez fisiológica al momento de la cosecha (Aroni *et al.*, 2009).

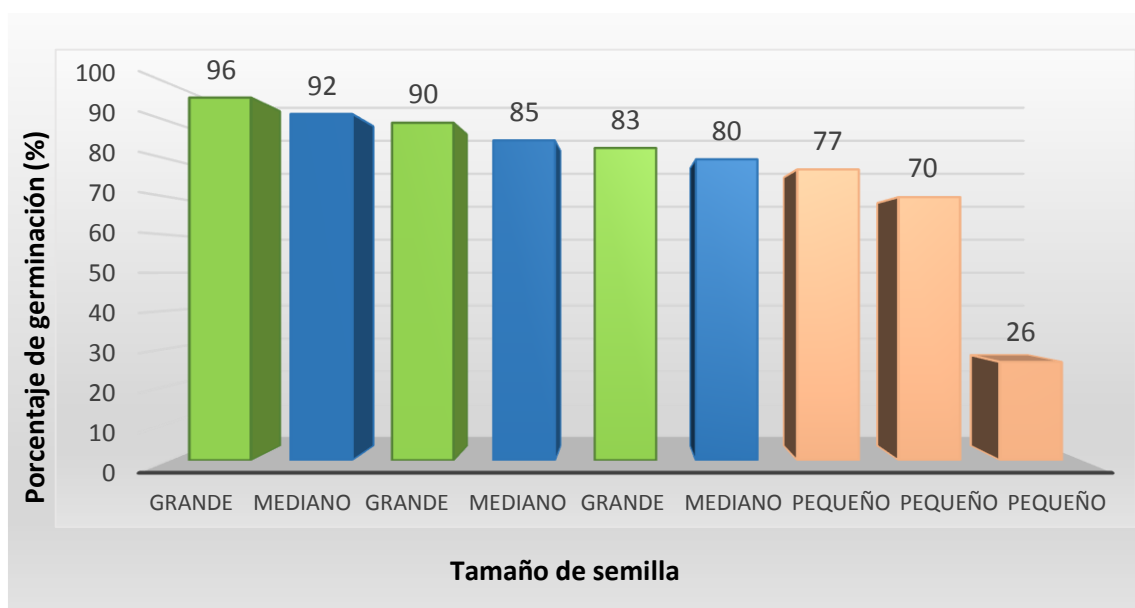


Figura 18. Comparación de medias para la interacción variedad por tamaño en el porcentaje de germinación de semillas de tres variedades de quinuas de color.

De acuerdo con la FAO (2000) de 100 semillas de la variedad deben germinar más de 80 en un periodo de 5–7 días, Asimismo, Mujica *et al.*, (2004), señalan que la fase de germinación es más sensible a la humedad, si es baja, no germina, si excede, se asfixia y muere la semilla.

4.2.2. Vigor (velocidad de emergencia)

Los datos porcentuales de vigor (velocidad de emergencia) se pueden apreciar en las Tablas 24 y 25 del anexo. Para el análisis de variancia, los datos fueron transformados a valores angulares, los cuales se presentan en la Tabla 13, en la cual se puede apreciar que existe diferencia altamente significativa tanto para variedades como para tamaños, pero no para la interacción variedad y tamaño, lo que implica que la prueba de vigor de cada factor en estudio se comportó independientemente. El coeficiente de variación fue de 12.02% valor que se encuentra en el rango aceptable para trabajos de campo.

Tabla 13. Análisis de varianza para vigor (velocidad de emergencia) de tres variedades de quinua de color.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
Variedad (v)	2	1977.33	988.66	25.96**	3.55	6.01
Tamaño (t)	2	3085.43	1542.71	40.51**	3.55	6.01
V x T	4	331.65	82.91	2.18 ns	2.93	4.58
Error	18	685.46	38.08			
Total correcto	26	6079.89				

F.V. = Fuente de variación, G.L. = Grado de libertad, S.C. = Suma de cuadrados, C.M. = Cuadrado medio, **Altamente significativo, ns = No es significativo.
Coeficiente de Variabilidad = 12.02 %, \bar{X} = 51.32

En la Tabla 14 y Figura 19, se muestra la comparación de medias, para el factor variedad, donde la variedad Pasankalla alcanzó un vigor de 80%, seguido de la variedad Salcedo INIA con 58% y la variedad Negra Collana con 45%.

Al respecto, Jacobsen *et al.*, (1994) citado por Berti *et al.*, (1998), indican que las pruebas normalmente usadas para determinar el porcentaje de germinación en laboratorio son inadecuadas para la quinua, y que las causas de la baja germinación de campo deberían ser estudiadas con mayor profundidad.

Por su parte, Osco (2009) halló un porcentaje de emergencia en promedio 20.25%, para 4 variedades en condiciones del Altiplano Central, donde atribuye el bajo valor hallado a la viabilidad y al tamaño de la semilla utilizada; argumentando que a mayor tamaño de semilla, mayor será su porcentaje de emergencia.

Tabla 14. Comparación de medias para el factor variedad de semilla de quinua de color (Duncan $\alpha =0.05$).

Tamaños	Medias (Valor Angular)	Velocidad de emergencia (días)	Vigor (%)	
Grande	62.65	7	80	a
Mediano	49.37	8	58	b
Pequeño	41.96	9,10	45	c

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

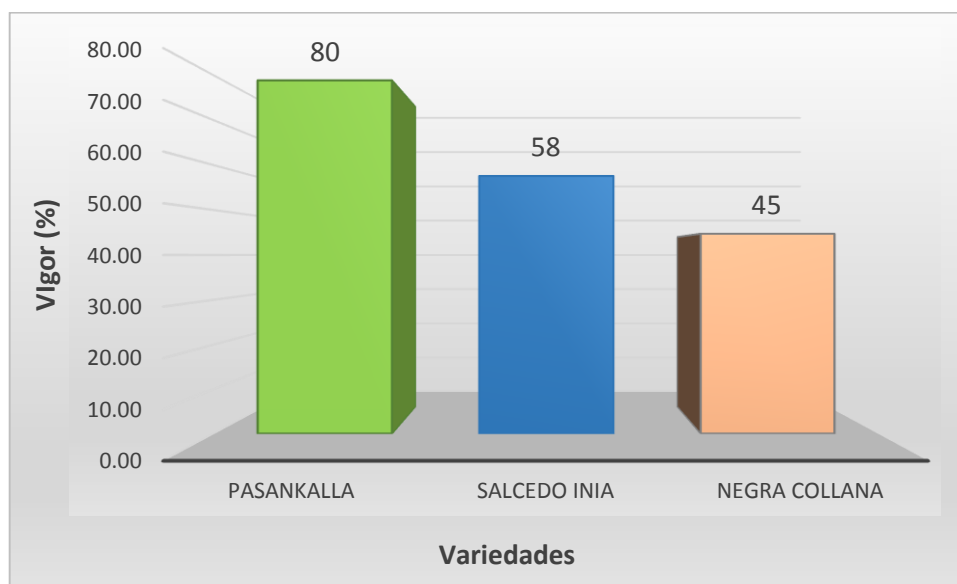


Figura 19. Comparación de medias para el factor variedad de semilla de quinua de color.

En la Tabla 15 y figura 20, se observa los resultados de la comparación de medias para el factor tamaño de semilla de las tres variedades. En la cual, las semillas de tamaño grande alcanzaron mayor porcentaje de vigor con 82%, seguido de la semilla de tamaño mediano con 59% y el vigor más bajo correspondió al tamaño de semilla pequeña con 39%.

Al respecto, Castillo (1970), comenta que el tamaño de la semilla en maíz no afecta el porcentaje de germinación, pero si puede influenciar sobre el tamaño de la planta, por lo que prefieren semillas grandes para la siembra en campo; esto coincide con lo comentado para diferentes especies donde semillas de tamaño pequeño suelen tener menores porcentajes de emergencia y dan lugar a plántulas de bajo vigor (Villalobos *et al.*, 2009; Illipronti *et al.*, 2000).

Tabla 15. Comparación de medias del factor tamaño de semilla de quinua de color. (Prueba Duncan Alfa =0.05).

Tamaños	Medias (Valor Angular)	Velocidad de emergencia (días)	Vigor (%)		
Grande	64.86	7	82	a	
Mediano	50.40	8	58		b
Pequeño	38.72	9,10	45		c

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

Asimismo diferentes estudios en maíz establecen relación entre características físicas y fisiológicas en campo al señalar que una semilla grande germina de forma más rápida que las semillas pequeñas (Martinelli & Moreira de Carvalho, 1999; Hernández L., 1997; Carballo *et al.*, 1998). Pérez *et al.*, (2006), manifiesta que asociando que a mayor tamaño de semillas se obtiene un embrión más grande y con mayor cantidad de sustancias de reserva.

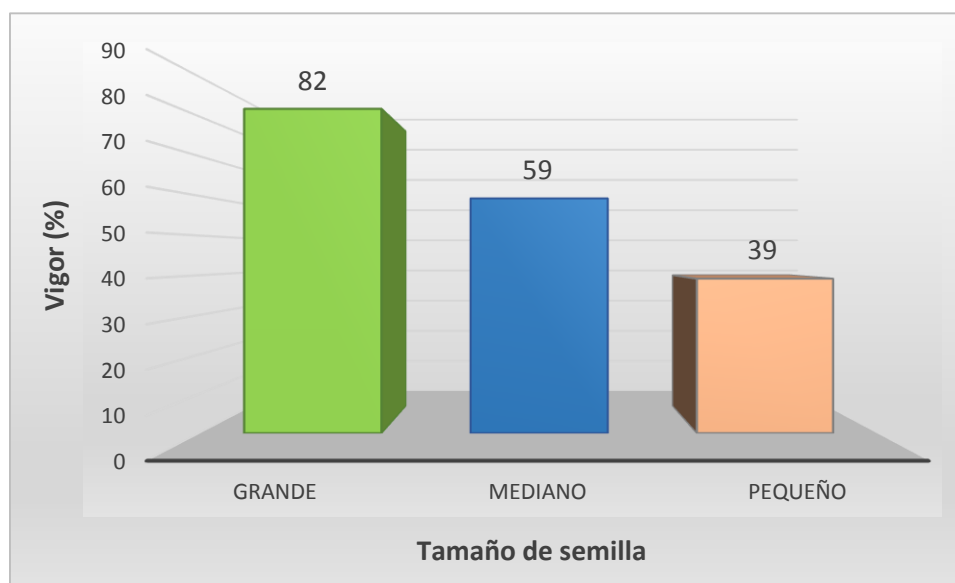


Figura 20. Comparación de medias para factor tamaño de semilla de quinua de color.

CONCLUSIONES

Por los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación, se llega a las siguientes conclusiones:

En relación a la calidad física, la variedad Negra Collana tuvo 96.8% de pureza física, con un peso volumétrico de 72.8 kg/hl; la variedad Salcedo INIA tuvo mayor peso promedio de 1000 semilla clasificado por tamaño con 2.11 g, la variedad Pasankalla presentó mayor tamaño de semilla con 2.08 mm, todas las variedades tuvieron forma esférica, lo que evidencia que las variedades evaluadas poseen diferente calidad física.

Referente a la calidad fisiológica, la variedad Pasankalla con semilla de tamaño grande tuvo 96% de germinación y 80% de vigor; la variedad Salcedo INIA con semilla de tamaño grande tuvo 90% de germinación y 58% de vigor; y la variedad Negra Collana con semilla grande tuvo 83% de germinación y 45% de vigor, lo que evidencia que las semillas de las tres variedades tuvieron diferente calidad fisiológica.

RECOMENDACIONES

Con base en las conclusiones del presente trabajo de investigación, se recomienda los siguientes:

Realizar investigaciones sobre las diferentes pruebas de vigor existentes, para establecer la metodología más apropiada para las semillas de quinua.

Realizar investigaciones sobre madurez de la semilla, tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico para las semillas de quinua.

Se recomienda que el gabinete del laboratorio de semillas este implementado para realizar investigaciones en tecnología de semillas.

Comprobar en campo el efecto de tamaño de semilla en la producción, productividad y calidad de semilla de quinua.

En el procesamiento de semilla se debe de tener en consideración el número de tamices para seleccionar las semillas por tamaño, debido a que la quinua al ser de mayor tamaño almacena mayor cantidad de nutrientes que coadyuvan en el proceso de germinación y mayor vigor en el campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego (Perú), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Alvarez, M. & Von Rutte, S. (1990). Genética. In. Quinoa hacia su cultivo comercial. Edt. Whali Ch. Ed. Latinreco S.A Quito, Ecuador. pp. 36-60.
- Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de Quinoa. Chile: Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/publications/card/es/c/90ce9b3a-7f09-5d64-b4ef-6990d4958dfb/>
- Anónimo. (2017). Estudio de quinua 23 de febrero. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/42704850/estudio-quinua>.
- Aguilera, J.M. (2001). Métodos para Medir las Propiedades Físicas en la Industria de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A.
- Bosque Sánchez, H., & Van Damme, P. (2000). Análisis ecofisiológico del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de estrés de la sequía y la salinidad. Tropicultura, 18(4), pp.198-202.
- Bazile, D. (2015). La dinámica de la expansión mundial de la quinua. Tierra Adentro, 108p, pp.18-21.
- Bande, Y.M.; Adam, N.M.; Azmi, Y. and Jamarie, O. (2012). A review of methodologies for determination of physical properties of seeds. In engineering research methods. (Chapter 3). Raleigh, North Carolina, USA: Lulu Press, Inc.

- Barioglio, C. (2006). Diccionario de las ciencias agropecuarias – 1ra ed.- Córdoba: Encuentro grupo editor. Córdoba, Argentina, 496p.
- Bennett, M.A. (2002). Saturated salt accelerated ageing (SSAA) and other vigor test for vegetable seeds. In: Seeds: trade, production and technology. Proceedings International Seed Seminar (Eds. M.B. McDonald y S. Contreras). Colección de Extensión. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.188p.
- Borrajo, C. (2006). Importancia de la calidad de semillas. Curso internacional en ganadería tropical. E.E.A. Mercedes. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Bonifacio, A.; Quispe, R.; Oros, R. (2013). “La reorientación del Proyecto Quinua: Objetivos del mejoramiento y calidad de semilla” Seminario de proyectos: Cdp-9. Puenbo, Ecuador.
- Calle, M., Aguirre, G., & Gabriel, J. (2010). Estado del método de secado y nivel de humedad en la germinación y vigor de semillas de quinua. Revista de Agricultura, 62 (49), pp.10-15.
- Carballo, C. A., Hernández, G. A., Hernández, L. A., & González, C. F. (1998). Calidad fisiológica de semilla de maíz y establecimiento en campo. I. Prueba de germinación. México: Memoria del XII Congreso de Citogenética.
- Castillo, Z. J. (1970). Selecciones la semilla grande de café para las siembras. Revista Cafetera de Colombia, 19(146), pp.60-68.
- Calderón, I. Y Guarachi, A. (2009). Contribución al estudio físico-químico integral de 15 ecotipos y variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con fines agroindustriales (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, Facultad Técnica, Química industrial. La Paz, Bolivia.
- Çalışır, edat; Marakoğlu, amer; Öğüt, Hüseyin and Öztürk, Özden. (2005). Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). Journal of Food Engineering. 69(1):pp. 61-66.

- Craviotto R.M., Salinas A.R., Arango, Perearnau M.R. y Gallo C. (2006). Diagnóstico por tetrazolio en semillas de soja verdes abolladas y arrugadas. III Congreso de Soja del MERCOSUR, Rosario, Argentina, pp. 146-149.
- Cervilla, N. S., Mufare, J. R., Calandri, E., & Guzmán, C. A. (2012). Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harina de *Chenopodium quinoa* Willd. cosechadas en distintos años y provenientes de la provincia de Salta. II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional. Pp. 14 – 15
- Ceccato, D., Delatorre Herrera, J., Burrieza, H., Bertero, D., Martinez, E., Delfino, I., Castellión, M. (2014). Fisiología de las semillas y respuesta a las condiciones de germinación. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura - FAO, Centre de cooperation Internationale en Recherche Agronomique Pour Le Développement - CIRAD. pp. 153-166
- Chipana, N. (1993). Estudio de características de calidad en la producción de semilla básica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 100 p.
- Danielsen, S., & Ames, T. (2000). El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina: Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Perú: Centro Internacional de la papa (cip), Royal Danish Ministry of Foreign Affairs, the Royal Veterinary and Agricultural University.
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1), pp. 74-85.
- Espinoza (2016). Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) al cambio climático en los Andes del Perú. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM, pp. 15 – 23.
- Espinosa, O. (1996). Componentes de un programa de producción de semilla e importancia de la semilla de buena calidad. In. Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. IBTADNS, public. Conjunta, Boletín N° 2. La Paz, Bolivia. 6 p.

- Ferguson, J. (1995). An introduction to seed vigour testing. In: SEED VIGOUR TESTING SEMINAR, Copenhagen, Zurich: International Seed Testing Association, 1995. pp. 1-9.
- Fernandez, M., & Sahonero, R. (2013). Estudio de la morfología y viabilidad de semillas de ocho taxones de quinua silvestre en Bolivia. En M. Vargas, In Congreso Científico de la Quinoa No. CIDAB-SB191.Q2-C61. Bolivia: Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Pp. 31- 41
- Feistritzer, WP. (1985). Procesamiento de semillas cereales y leguminosas de grano. Dirección de producción y protección vegetal, FAO. (Colección FAO: producción y protección vegetal N° 21). Roma, Italia. p. 260.
- Feistritzer, WP. (1977). Manual de producción, control de calidad y distribución de semillas de cereales. Dirección de producción y protección vegetal, FAO. (FAO: Cuadernos de fomento agropecuario N° 98). Roma, Italia. p. 260.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J., & Bonifacio, A. (2012). Quinoa de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.). Journal of the Selva Andina Research Society, 3(2), pp. 27-44.
- Garcia, M., Raes, D., Allen, R., & Herbas, C. (2004). Dynamics of reference evapotranspiration in the Bolivian highlands (Altiplano). Agricultural and forest meteorology, 125(1), pp. 67-82.
- Gómez P, L., & Aguilar C, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Perú: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, Universidad Nacional Agraria La Molina - UNAM.
- Gonzales, J., Knishi, Y., Valoy, M., & Padro, F. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa *Chenopodium quinoa* Willd. cultivars from two different agroecological regions. Science Food Agriculture, 92(6), pp. 1222-1229.

- Gonzalez, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M. y GuanipaS, N. (2010). Control de calidad para la producción de semillas forrajeras. INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Zulia. Argentina.
- Gutierrez, J. A. (2003). Evaluación del ritmo de crecimiento y desarrollo de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Estación Experimental de Choquenaira (Bolivia). Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 55 p.
- Hernández, R. J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. Revista Cubana de Endocrinología, 26(3), pp.1-3.
- Hernández-Verdugo, S., López-España, R. G., Porras, F., Parra-Terraza, S., Villarreal-Romero, M., & Osuna-Enciso, T. (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de chile silvestre. Agrociencia, 44(6), pp. 667-677.
- Hernández L., A. y. (1997). Pruebas de germinación y vigor en semillas de maíz de diferentes áreas de adaptación. Agrociencia. Agrociencia, 31(4), pp. 397-403.
- International Seed Testing Association (ISTA). (1985). Seed science and technology. Regles Internationales pour les Essais de Semences. Regles. Draper, S. (Chef editor). Volume 13, supplément 2. Zurich, Suisse. 236 p.
- ISTA. (2008). International Seed Testing Association. Sampling. In: International rules for seed testing. ed. Bassersdorf. cap.2, p.2-1 a 2-47.
- Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), DNS. (1996). Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para la producción y uso de semilla certificada. Boletín N° 2.
- International Bioversity; FAO; PROINPA; INIAF; FIDA. (2013). Descriptores para quinua *Chenopodium quinoa* Willd. y sus parientes silvestres. Bolivia, Chile: Bioversity International.
- Işık, Esref and Unal, alil. (2011). Some engineering properties of white kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Biotechnology. 10(82): pp.19126-19136.

- Illipronti, R. A., Langerak, C. J., Lommen, J. M., & Struik, P. C. (2000). Uniformity performance and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed crops grown from sub-samples of one seed lot obtained after selection for physical seed attributes. *Journal of Agronomy and Crop Science*, p.183, pp. 81-88.
- James, L. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, p.58, pp. 1-31.
- Jaguer, M. (2015). *La Quinoa: a a conquista del mundo*. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA.
- Ledezma, C. Q., & Vásquez, R. E. (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. *Revista investigación & Desarrollo*, 1(10), pp. 49-62.
- Lozano X, C., & Rubiano, A. J. (2007). Caracterización de tres ecotipos de quinua "*Chenopodium quinoa* willd" mediante técnicas agroecológicas, en dos zonas agroclimatológicamente diferentes del departamento de Cundinamarca. *Revista Inventum*, 4(2), pp. 89-101.
- Marca, V.S. (2009). *Producción de semilla de quinua*. Dirección Regional Agraria Puno. 85p.
- Marca, V. S. (1993). *Estabelecimento da Metodología para Análise de Semente de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. Dissertacao de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Facultad de Agronomia Eliceu Maciel. Pelotas-RS- Brasil. 95 p.
- Mamani, R. S. (2007). *Partición de biomasa y evapotranspiración del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), sometidas a estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento*. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia.

- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop Sci.* 2: pp. 176-177.
- Martins, D.C.; Vilela, F.K.; Guimaraes, R.M.; Gomes, L.A.; Da Silva, P.A. (2012). Physiological maturity of eggplant sedes, *Revista Brasileira de Sementes* 34(4); pp. 534 – 540.
- Martinelli, A., & Moreira de Carvalho, N. (1999). Seed size and genotype effects on maize (*Zea mays* L.) yield under different technology levels. *Seed Sci. Tech*, 27, pp. 999-1006.
- Melgarejo, L., & Suárez, D. (2010). *Biología y germinación de semillas*. En L. Melgarejo, *Experiments in plant Physiology*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. pp. 13-24.
- Melendez, F. (2009). Evaluación agrofisiológica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la localidad de Tunusi Altiplano Norte, departamento de La Paz, Municipio de Achacachi. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 103 p.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2017), estudio técnico Nro 1-2015 Dirección General de Políticas Agrarias y Dirección de estudios económicos e información Agraria, (MINAGRI- DEEIA), Quinoa Peruana situación actual y perspectivas en el mercado Nacional e internacional. pp. 6-58.
- Ministerio de Agricultura - Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2004). Ley General de Semillas (Ley N° 27262) y su Reglamento General (Decreto Supremo N° 040-2001-AG). 24p.
- Minuzzi, A., Mora, F., Sedrez Rangel, M. A., & Scapim, C. A. (2007). Características fisiológicas, contenido de aceite y proteína en genotipos de soya, evaluadas en diferentes sitios y épocas de cosecha, Brasil. *Agricultura Técnica*, 67(4), pp. 353-361.
- Moreno M., E. (1996). Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Programa universitario de alimentos. Tercera edición. UNAM. México.

- Mújica, A. (2015). El origen de la quinua y la historia de su domesticación. *Tierra adentro* (108), pp. 14-17.
- Mujica, A.; Suquilanda, M.; Chura, E.; Ruiz, E.; León, A.; Cutipa, S. y Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional del Altiplano, FINCAGRO. Puno, Perú. 118 p.
- Mujica. A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J.; Marathee, J. P. (2004). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 2da edición. Santiago, Chile. 361 p.
- Mújica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., & Marathee, J. P. (2001). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO.
- Nacimiento, W. M.; Silva, J.B.C. y Márton, L. (1993). Qualidade fisiológica de sementes peletizadas de tomate durante o armazenamento. EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de hortaliças - CNPH, Brasília, DF.
- Oscó, V. (2009). Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiwanacu. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 77 p.
- Palma, G. (2007). Comparación Agrofisiológica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y las consecuencias del raleo en los componentes del rendimiento y la calidad del grano, en el Altiplano Norte de Bolivia. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 123 p.
- Prego, I., Maldonado, S., & Otegui, M. (1998). Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany*, 82(4), pp. 481- 488.
- Pérez, L., Hernández, A., González, F., García de los Santos, G., Carballo, A., Vásquez, T., & Tovar, M. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica en México*, 32(3), pp. 341-352.

- Pérez García, F., & Pita Villamil, J. M. (1998). Germinación de Semillas. España: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Pérez García. (2004). Viabilidad, longevidad, vigor y conservación de las semillas, Biología Vegetal. E.U.I. Técnica Agrícola Universidad Politécnica de Madrid. 16p.
- Peske, S. Francisco A. V. & Gerre E. M. (2012). Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos. 3. ed. rev. E ampl. Pelotas: Ed. Universitaria/UFPel.573p.
- Peske, S. y Bautt, L. (1993). Curso de tecnología de semillas. Universidad Federal de Pelotas. Facultad de Agronomía Eliceu Maciel, Departamento de Fitotecnia. Pelotas-RS-Brasil. 80p.
- Pirovano, H. (2010). Valor cultural de las semillas. Disponible en: <http://www.lni.unipi.it/stevia/Suplemento/PAG41002.HTM> Consultado 06/12/14. Hora 15:45
- Poulsen, K. (1998). Análisis de semillas. Disponible en: <http://www.bionica.info/biblioteca/PoulsenAnalysisSemillas.pdf> Consultado 07/12/2014. Hora 18:00.
- PROINPA. (2011). La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Año Internacional de la Quinua. Bolivia: FAO. pp. 1-66.
- Procolombia. (2016). Procolombia. Obtenido de PROCOLOMBIA: <http://www.procolombia.co/memorias/oportunidades-comerciales-la-quinua-en-canada>.
- PromPerú, Indecopi y Mesa de Trabajo de Quinua. (2009). Norma técnica peruana 205.062:2009. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Requisitos. Lima-Perú.15 p.
- RAS Brasil. (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS. 399 p.

- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwua (*Chenopodium pallidicaule*). *Food reviews international*, 19(1-2), pp. 179-189.
- Reynaga, A.; Quispe, M.; Huarachi, A.; Calderón, I.; Soto, J. Y Torrez, M. (2011). Caracterización Física – Química de trece ecotipos de quinoa real del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales. Convenio UMSA, Facultad Técnica, Carrera Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz, Bolivia.
- Rojas, W., Pinto, M., & Soto, L. (2010). Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. En W. S. Rojas, *Granos Andinos: avances, logros y experiencias desarrolladas en quinoa, cañahua y amaranto en Bolivia*. Italia, Roma, Italia: Biodiversity International. Pp. 11-23.
- Rojas, W. y Camargo A., (2003), Establecimiento de un método de reducción del contenido de la humedad del grano de la quinoa, Informe Anual 2002/2003. Proyecto IPGRI-IFAD. Fundación PROINPA.
- Rodríguez, JP. (2005). El papel de del tamaño de grano de semilla de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente diferentes profundidades de siembra. Tesis de Ing. Agr. La Paz, BO. UMSA. 145 p.
- Sanchez, F. (2014). Proyecto de factibilidad de inversión privada para la instalación de un semillero de quinoa. Disponible en: http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/02/Proyecto_Semillero-Quinoa.pdf Consultado el 17/11/2014. Hora 16:10.
- Silva, C. C. A. (1982). El muestreo de semillas como element esencial en el análisis de calidad. Ministerio de Agricultura. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. 19 p.
- Tarighi, Javad; Mahmoudi, Asghar and Rad, Meysam Karami. (2011). Moisturedependent engineering properties of sunflower (var. Armaviriski). *Australian Journal of Agricultural Engineering*. 2(2). Pp. 40-44.

- Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los Cultivos Andinos. Perú, Lima, Perú: FAO y ANPE. Obtenido de Quinoa.pr.
- Tapia, M. (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO.
- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardoso, A., & Mújica, A. (1979). La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Colombia: Bib. Orton IICA / CATIE.
- Terenti, O. (2004). Calidad de semilla que implica y como evaluarla. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/27-calidad_semillas.pdf. Consultado 07/12/14 Hora 20:10.
- Valenzuela, A., Martinez, A., y Medina, A. (2000). Producción de semilla de trigo en el valle de Mexicali y San Luis. INIAF-CEMEXI, CIR-NORESTE, México.
- Vega-Gálves, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martinez, E. A. (2010). Nutrition facts and fuctional potential of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), pp. 2541-2547.
- Veloza Ramírez, C., Romero Guerrero, G., & Gómez Piedras, J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Sabana norte de Bogotá. *Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient.*, 19(2), pp. 325-332.
- Vicuña C, J. C., & Peralta I, M. E. (1981). Estudio de cinco ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), con cuatro densidades de siembra, en Cañar. Quito, Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP.
- Villalobos, F. J., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2009). Densidad y competencia en los cultivos. En F. J. Villalobos, L. Mateos, F. Orgaz, & E. Fereres, *Fitotecnias: Bases y tecnologías de la producción agrícola*. España: Mundi-Prensa Libros. pp. 163-188.

- Vilche, C.; Gely, M. and Santalla, E. (2003). Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering*. 86(1). Pp. 59-65.
- Vieira, R.D.; Paiva-Aguero, J.A.; Perecin, D.; Bittencourt, S.R.M. (1999). Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. *Seed Science and Technology*, v.27, pp.67-75.
- Willenborg, C. J., J. C. Wildeman, A. K. Miller, B. G. Rosnagel, and S. J. Shirliffe. (2005). Oat germination characteristics differ among genotypes, seed sizes, and osmotic potentials. *Crop Sci*. 45: pp. 2023–2059.

ANEXOS

Tabla 16. Pureza de semilla de tres variedades de quinua de color (g).

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Peso inicial	12.004	12.004	12.004	12.000	12.000	12.000	12.001	12.001	12.001
Semilla pura	10.029	10.209	10.031	9.764	10.075	9.906	11.571	11.560	11.569
Otras semillas	0.022	0.023	0.022	0.320	0.375	0.345	0.106	0.103	0.105
Material inerte	1.826	1.728	1.762	1.355	1.055	1.268	0.278	0.288	0.283
Peso final	11.877	11.96	11.815	11.439	11.505	11.519	11.955	11.951	11.957

Tabla 17. Peso de 1000 semillas de tres variedades de quinua de color (g).

Repeticiones	Salcedo INIA		Pasankalla		Negra Collana	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2
I	0.34	0.37	0.29	0.29	0.19	0.19
II	0.33	0.35	0.28	0.27	0.19	0.19
III	0.34	0.35	0.27	0.28	0.20	0.19
IV	0.36	0.35	0.28	0.28	0.19	0.18
V	0.35	0.33	0.28	0.29	0.19	0.20
VI	0.34	0.33	0.29	0.29	0.19	0.20
VII	0.36	0.34	0.27	0.28	0.20	0.20
VIII	0.36	0.34	0.28	0.27	0.19	0.19
Total	2.78	2.76	2.24	2.25	1.54	1.54
Media	0.3475	0.345	0.280	0.28125	0.1925	0.1925
Varianza	0.0001357	0.000171	5.71E-05	6.96E-05	2.14E-05	5E-05
D. estándar	0.0116496	0.013093	0.007559	0.008345	0.004629	0.007071
C. variación	3.3524165	3.795094	2.699746	2.967193	2.404728	3.673282

Tabla 18. Clasificación de las semillas por tamaño en relación al diámetro promedio (g).

Salcedo INIA		Pasankalla		Negra Collana	
Peso inicial (g)	500.01	Peso inicial (g)	500.08	Peso inicial (g)	500.01
N° 12 (1.70 mm)	324.78	N° 12 (1.70 mm)	265.1	N° 14 (1.40 mm)	323.79
N° 14 (1.40 mm)	166.76	N° 14 (1.40 mm)	213.99	N° 16 (1.18 mm)	158.34
N° 16 (1.18 mm)	6.57	N° 16 (1.18 mm)	14.70	N° 18 (1.00 mm)	16.39
Impurezas	0.60	Impurezas	4.58	Impurezas	0.37
Peso final	498.71	Peso final	498.37	Peso final	498.89

Tabla 19. Peso de 1000 semillas por tamaño de semilla de tres variedades de quinua (g)

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
I	0.28	0.28	0.27	0.22	0.23	0.22	0.13	0.14	0.14
II	0.29	0.27	0.27	0.23	0.23	0.23	0.14	0.14	0.13
III	0.28	0.27	0.28	0.22	0.22	0.21	0.14	0.14	0.13
IV	0.27	0.27	0.27	0.21	0.22	0.21	0.13	0.13	0.14
V	0.28	0.28	0.28	0.23	0.23	0.22	0.14	0.14	0.13
VI	0.27	0.28	0.29	0.22	0.22	0.22	0.13	0.13	0.14
VII	0.27	0.28	0.29	0.21	0.21	0.22	0.14	0.14	0.13
VIII	0.28	0.27	0.28	0.23	0.22	0.23	0.14	0.13	0.14
Total	2.22	2.2	2.23	1.77	1.78	1.76	1.09	1.09	1.08
Media	0.277 5	0.275	0.278	0.221	0.222	0.22	0.1362	0.1362	0.135
Var	5E-05	2.857 E-05	6.9643 E-05	6.9643 E-05	5E- 05	5.7143 E-05	2.6786 E-05	2.6786 E-05	2.7871 E-05
D.E.	0.007 0	0.005 3	0.0083	0.0083	0.007	0.0075	0.0051	0.0051	0.0053
C.V.	2.548	1.943	2.993	3.771	3.178	3.436	3.798	3.798	3.959

Tabla 20. Dimensiones de las semillas de tres variedades de quinua de color (mm).

Variedad	Tamaño	Repeticiones	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Diámetro equivalente (mm)	Esfericidad
Salcedo INIA	Grande	R1	2.17	2.447	1.536	2.0129283	0.82261067
		R2	2.309	2.287	1.392	1.94435895	0.85017882
		R3	2.308	2.47	1.417	2.00647708	0.8123389
	Mediano	R1	1.991	2.04	1.14	1.66674346	0.81703111
		R2	1.718	1.9	1.091	1.52709892	0.80373627
		R3	2.095	2.227	1.314	1.83020556	0.82182558
	Pequeño	R1	1.676	1.895	0.853	1.39404701	0.73564486
		R2	1.687	1.83	0.727	1.309283	0.71545519
		R3	1.695	1.821	0.903	1.40730792	0.77282148
Pasankalla	Grande	R1	2.474	2.544	1.443	2.08638464	0.82011975
		R2	2.324	2.518	1.455	2.04198061	0.81095338
		R3	2.477	2.49	1.574	2.13325789	0.85673008
	Mediano	R1	1.983	2.137	1.144	1.69245743	0.79197821
		R2	2.051	2.257	1.373	1.85234802	0.82071246
		R3	1.878	2.044	1.191	1.65969931	0.81198596
	Pequeño	R1	1.6	1.776	1.022	1.42671736	0.80333185
		R2	1.795	1.814	0.941	1.45243638	0.80068158
		R3	1.744	1.884	1.082	1.52622377	0.81009754
Negra Collana	Grande	R1	1.78	1.859	1.298	1.62551642	0.87440367
		R2	1.876	2	1.336	1.71141932	0.85570966
		R3	1.793	1.983	1.291	1.6619186	0.83808301
	Mediano	R1	1.654	1.764	1.055	1.45466229	0.82463849
		R2	1.705	1.862	1.179	1.55264662	0.83385962
		R3	1.543	1.594	0.91	1.30807269	0.82062277
	Pequeño	R1	1.53	1.659	1.057	1.38953962	0.83757663
		R2	1.56	1.638	0.953	1.34537638	0.8213531
		R3	1.579	1.652	1	1.37656712	0.83327307

Tabla 21. Plántulas normales de tres variedades de quinua de color (%).

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
R1	91	86	28	97	93	76	82	80	67
R2	89	85	20	95	90	74	87	81	73
R3	89	84	31	97	93	82	80	79	70
Total	269.00	255.00	79.00	289.00	276.00	232.00	249.00	240.00	210.00
Promedio	89.67	85.00	26.33	96.33	92.00	77.33	83.00	80.00	70.00

Tabla 22. Valor angular de plántulas normales de tres variedades de quinua de color.

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
R1	72.54	68.03	31.95	80.03	74.66	60.67	64.90	63.43	54.94
R2	70.63	67.21	26.57	77.08	71.57	59.34	68.87	64.16	58.69
R3	70.63	66.42	33.83	80.03	74.66	64.90	63.43	62.73	56.79
Total	213.80	201.66	92.35	237.13	220.88	184.90	197.20	190.32	170.42
Promedio	71.27	67.22	30.78	79.04	73.63	61.63	65.73	63.44	56.81

Tabla 23. Conteo de plántulas de alto, medio y bajo vigor de semillas de quinua.

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
R1	17	12	9	19	17	15	14	11	6
R2	18	12	6	18	13	8	13	8	4
R3	16	12	5	18	15	16	12	6	7
Total	51	36	20	55	45	39	39	25	17
Promedio	17	12	7	18	15	13	13	8	6

Tabla 24. Vigor de plántulas normales de tres variedades de quinua de color (%).

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
R1	85	60	20	95	85	75	70	55	30
R2	90	60	30	90	65	40	65	40	20
R3	80	60	25	90	75	80	60	30	35
Total	255.00	180.00	75.00	275.00	225.00	195.00	195.00	125.00	85.00
Promedio	85.00	60.00	25.00	91.67	75.00	65.00	65.00	41.67	28.33

Tabla 25. Valor angular de vigor de plántulas normales de tres variedades de quinua de color.

	Salcedo INIA			Pasankalla			Negra Collana		
	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P	T.G	T.M	T.P
R1	67.21	50.77	26.57	77.08	67.21	60.00	56.79	47.87	33.21
R2	71.57	50.77	33.21	71.57	53.73	39.23	53.73	39.23	26.57
R3	63.43	50.77	30.00	71.57	60.00	63.43	50.77	33.21	36.27
Total	202.21	152.31	89.78	220.21	180.94	162.67	161.29	120.31	96.05
Promedio	67.40	50.77	29.93	73.40	60.31	54.22	53.76	40.10	32.02

Figura 21. Área del campo experimental, para la evaluación de vigor de la semilla de tres variedades de quinua de color.

