



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



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE
ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DEL
BANCO DE GERMOPLASMA DEL C.E. CAMACANI PUNO, PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MILAGROS CHOQUEMOROCO QUISBERT

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



MILAGROS CHOQUEMOROCO QUISBERT

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DEL B...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:410261722

118 Páginas

Fecha de entrega
28 nov 2024, 7:50 a.m. GMT-5

20,706 Palabras

Fecha de descarga
28 nov 2024, 7:54 a.m. GMT-5

107,457 Caracteres

Nombre de archivo
TESIS FINAL-EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE ACCESIONES DE QUINUA (Ch....pdf

Tamaño de archivo
1.4 MB



St. Marca U.



Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.
Cod. 82681 CIP: 24042





11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**
25 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

S. Marica S.

Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.
Cod. 82081 CIP: 24042





DEDICATORIA

A Dios

Fuente de sabiduría y fortaleza, cuya guía y apoyo me han acompañado en cada paso de este viaje. Gracias por iluminar mi camino y por darme la perseverancia para alcanzar mis metas.

A mi adorado padre

Juan Choquemoroco Choque, quien en paz descanse. Su amor, sabiduría y ejemplo de perseverancia han sido las luces que han guiado mi camino. Aunque su ausencia se siente profundamente, su espíritu vive en mí y me inspira a seguir adelante. Este trabajo es un tributo a su legado y a todo lo que significó en mi vida.

A mis amigos

Quienes me brindaron un apoyo emocional invaluable a lo largo de este proceso. Su aliento en los momentos de incertidumbre y su capacidad para escuchar han sido esenciales para mi bienestar y motivación. Estoy profundamente agradecida por su presencia en este viaje y por hacer que cada desafío sea más llevadero.

A mi amada madre

Rosa Quisbert Chambilla, cuya amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por siempre estar a mi lado, por tu sacrificio y por enseñarme el valor del esfuerzo. Este logro es tan suyo como mío.

A mis queridos hermanos

Quienes siempre han sido mi apoyo incondicional y mis mejores compañeros de vida. Gracias por estar a mi lado en cada desafío, por sus risas, consejos y motivación. Este logro es también de ustedes, y espero que sigamos creciendo juntos en cada paso del camino.

Milagros Choquemoroco Quisbert



AGRADECIMIENTOS

A la prestigiosa casa de estudios superior Universidad Nacional del Altiplano – Puno y la Escuela profesional de Ingeniería Agronómica por proporcionar los recursos y la información que fueron cruciales para el desarrollo de esta investigación.

A mi director de tesis M. Sc. Ing. Saturnino Marca Vilca, por su orientación, apoyo y valiosos consejos a lo largo de este proceso. Su dedicación y conocimiento han sido una inspiración constante a lo largo de este proceso.

A mi jurado de tesis Dr. Félix Alonso Astete Maldonado, por su disposición para compartir sus conocimientos y su paciencia para guiarme en este proceso, aprecio profundamente el tiempo que dedicó a responder mis preguntas y a brindarme asesoría.

Al Dr. Mario Flores Aroni y al Mtro. Luis Pauro Flores, quienes confiaron en mí desde los primeros pasos de este proyecto, brindándome su apoyo y orientación desde la formulación del título hasta la culminación de esta investigación. Su gran apoyo y sus grandes aportes marcaron el rumbo de esta investigación.

Al técnico laboratorista Luciano Julian Dueñas Quispe, por su paciencia para guiarme en la resolución de los desafíos que surgieron, su habilidad técnica y disposición para ayudarme en el proceso han sido esenciales para el desarrollo de mi trabajo.

Al encargado del banco de germoplasma, al Dr. Rafael Velasquez Huallpa, por su apoyo y disposición para facilitarme los recursos que han sido fundamentales para el desarrollo de mi trabajo.

A mi querida madre Rosa Quisbert Chambilla, por su amor y apoyo incondicional.

A mis amigos, quienes me brindaron su apoyo emocional y físico, así como su aliento incondicional en la elaboración de esta tesis. Agradezco profundamente su ayuda y su constante disposición para acompañarme en cada etapa de este proceso.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, contribuyeron para que este trabajo se hiciera realidad. Gracias por creer en mi trabajo y su invaluable contribución a este proyecto.

Milagros Choquemoroco Quisbert



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL:	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes regionales	24
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.2.1. La quinua.....	25
2.2.1.1. Origen e historia de la quinua	27
2.2.1.2. Morfología de la quinua.....	31



2.2.2. Banco de germoplasma	35
2.2.2.1. Accesiones	36
2.2.3. Control de calidad de semillas	38
2.2.4. Legislación peruana de semillas.....	38
2.2.4.1. Elementos de Ley de semilla de quinua.....	39
2.2.5. La semilla	40
2.2.5.1. Estructura de la semilla de quinua	41
2.2.5.2. Morfología de la semilla	42
2.2.6. Calidad de semilla de quinua	45
2.2.7. Calidad física de la semilla de quinua.....	46
2.2.8. Control de calidad de semilla	47
2.2.8.1. Pureza física	47
2.2.8.2. Peso de 1000 semillas	48
2.2.8.3. Número de semillas por grano	49
2.2.9. Calidad fisiológica de la semilla	50
2.2.9.1. Prueba de germinación.....	51

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....	52
3.2. MATERIALES	53
3.2.1. Semillas de quinua	53
3.2.2. Equipos	54
3.2.3. Insumos	54
3.2.4. Implementos de trabajo	54
3.3. METODOLOGÍA	55
3.3.1. Metodología para determinar los parámetros de la calidad física de la semilla	55
3.3.1.1. Análisis de pureza	55



3.3.1.2.	Análisis del peso de 1000 semillas	59
3.3.1.3.	Análisis de número de semillas por gramo	59
3.3.1.4.	Valor cultural	60
3.3.2.	Metodología para determinar los parámetros de la calidad fisiológica de la semilla	61
3.3.2.1.	Determinación de prueba de germinación	61
3.4.	MODELOS EXPERIMENTALES PARA LOS PARAMETROS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS EVALUADOS.....	65
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD FÍSICA DE LAS ACCECIONES DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL C.E. CAMACANI PUNO, PERÚ	66
4.1.1.	Análisis de pureza física de la semilla	66
4.1.2.	Peso de mil semillas	69
4.1.3.	Número de semillas por gramo de cincuenta accesiones de quinua	73
4.1.4.	Relación entre número de semilla por un gramo y peso de 1000 semillas	76
4.2.	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCUENTA ACCESIONES DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA C.E. CAMACANI PUNO, PERÚ	78
4.2.1.	Prueba de germinación	78
4.2.2.	Distribución de poder germinativo de cincuenta accesiones de semilla de quinua	81



4.2.3. Agrupamiento de las accesiones de acuerdo al porcentaje de germinación, peso de 1000 semillas y número de semillas por gramo.	82
4.2.4. Valor cultural de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	85
V. CONCLUSIONES	88
VI. RECOMENDACIONES	89
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
ANEXOS.....	96

AREA : Ciencias Agrarias

TEMA : Manejo agronómico de cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de diciembre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Código de cincuenta accesiones de semillas de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	53
Tabla 2 Separación de los componentes de análisis de pureza de las accesiones del banco de germoplasma del C.E de Camacani Puno, Perú	58
Tabla 3 Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas de accesiones de quinua del Banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú.....	70
Tabla 4 Prueba de medias de Scott & Knott para peso de 1000 semillas del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	70
Tabla 5 Análisis de varianza para el número de semillas por gramo del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	73
Tabla 6 Análisis de varianza para el número de semilla por gramo del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	74
Tabla 7 Análisis de varianza para la prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú	78
Tabla 8 Prueba de medias de Scott & Knott para prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú	79
Tabla 9 Resultados de valor cultural de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	85



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Muestras de quinuas de restos arqueológicos comparado con el cultivo actual	28
Figura 2 Tipos de panícula.....	33
Figura 3 Flor del cultivo de quinua.....	34
Figura 4 Estructura de la semilla de quinua.....	42
Figura 5 Morfología de la semilla, 1) lenticular 2) cilíndrico 3) elipsoidal 4) cónico	44
Figura 6 Mapa de ubicación del trabajo de investigación.....	52
Figura 7 Recepción y registro de accesiones de semilla de quinua en el laboratorio de análisis de semillas	56
Figura 8 Análisis de pureza física de las semillas. (a) tamizado de semilla, (b) selección de semilla pura, otras semillas y material inerte.....	57
Figura 9 Conteo de numero de semillas por un gramo de cincuenta accesiones de semilla de quinua.....	60
Figura 10 Distribución de 100 semillas con tres repeticiones en placas Petri en el Laboratorio de Análisis de Semilla.	62
Figura 11 Introducción de placas Petri a la cámara germinadora.....	62
Figura 12 Conteo final a las 72 horas a) plántula normales b) plántulas anormales c) semillas no germinadas.....	63
Figura 13 Histograma de porcentaje de semilla pura de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. de Camacani Puno, Perú.....	66



Figura 14	Histograma de porcentaje de otras semillas de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú	68
Figura 15	Histograma de porcentaje de materia inerte de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú	69
Figura 16	Relación entre número de semillas y peso de 1000 semillas del Banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú	77
Figura 17	Distribución de poder germinativo de cincuenta accesiones del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú	82



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Resultados del análisis de pureza de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú.....	96
ANEXO 2. Medida de dispersión de análisis de pureza de cincuenta accesiones de quinua del Banco de Germoplasma del Centro Experimental Camacani..	97
ANEXO 3. Porcentaje de semilla pura, otras semillas y materia inerte de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	98
ANEXO 4. Resultados de la prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del Banco de Germoplasma del Centro Experimental Camacani	100
ANEXO 5. Resultados de porcentajes de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	107
ANEXO 6. Resultado del aglomerado de número de semillas por gramo, peso de 1000 semillas y prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú.....	109
ANEXO 7. Conglomerado de color rojo.....	110
ANEXO 8. Conglomerado de color rosado.....	110
ANEXO 9. Conglomerado de color verde.....	110
ANEXO 10. Conglomerado de color azul.....	111
ANEXO 11. Conglomerado de color negro	111
ANEXO 12. Conglomerado de color rosado.....	112
ANEXO 13. Conglomerado de color celeste.....	112



ANEXO 14. Accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	113
ANEXO 15. Tamizado de las accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	113
ANEXO 16. Material inerte encontrada en cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú.....	114
ANEXO 17. Accesoión 03-21-0064 con mayor presencia de “otras semillas”	114
ANEXO 18. Accesoión 03-21-0059 con mayor número de semillas y 100% de poder germinativo.....	114
ANEXO 19. Contabilización de plántulas normales	115
ANEXO 20. Plántulas normales	115
ANEXO 21. Plántulas anormales	115
ANEXO 22. Semillas no germinadas	116
ANEXO 23. Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	117
ANEXO 24. Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional..	118



ACRÓNIMOS

ONU:	Organización de Naciones Unidas
ISTA:	International Seed Testing Association
INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú
PROINPA:	Promoción e Investigación de Productos Andinos
INIAF:	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
g:	Gramos
DCA:	Diseño Completamente al Azar
**:	Altamente significativo



RESUMEN

La investigación científica se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, con el objetivo de evaluar la calidad física y determinar la calidad fisiológica de cincuenta accesiones de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma del C.E. Camacani de la UNA – Puno. La calidad física se evaluó mediante el análisis de pureza, determinación del peso de 1000 semillas y la determinación del número de semillas por gramo. La calidad fisiológica se determinó mediante la prueba de germinación, según el procedimiento establecido por Marca et al. (1993); Para la determinación de medias, se utilizó la prueba de Skott & Nott al 0.01. Los resultados de análisis físico muestran que la accesión 03-21-0018 obtuvo 50% de pureza y las accesiones 03-21-0005 y 03-21-0009 obtuvieron 90%; en peso de 1000 semillas, la accesión 03-21-0059 tuvo 1.6 gramos y la accesión 03-21-0032 tuvo 3.11 gramos; en relación de número de semillas por gramo, la accesión 03-21-0059 presentó 655.5 semillas y la accesión 03-21-0032 presentó 332 semillas por gramo. En la determinación de la calidad fisiológica, las accesiones 03-21-0026, 03-21-0050, 03-21-0059, 03-21-0062, 03-21-0064 y 03-21-0072 tuvieron 100% de germinación y la accesión 03-21-0013 tuvo 94%; en valor cultural, la accesión 03-21-0059 alcanzó 89.98% de valor cultural y la accesión 03-21-0018 alcanzó 50.02%.

Palabras clave: Análisis, calidad, fisiología, quinua, semilla.



ABSTRACT

The scientific research was conducted at the Seed Analysis Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidad Nacional del Altiplano - Puno, with the objective of evaluating the physical quality and determining the physiological quality of fifty quinoa seed accessions (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the germplasm bank of the C.E. Camacani of the UNA - Puno. The physical quality was evaluated by purity analysis, determination of the weight of 1000 seeds and determination of the number of seeds per gram. The physiological quality was determined by the germination test, according to the procedure established by Marca et al. (1993); for the determination of means, the Skott & Nott test at 0.01 was used. The results of physical analysis show that accession 03-21-0018 obtained 50% purity and accessions 03-21-0005 and 03-21-0009 obtained 90%; in weight of 1000 seeds, accession 03-21-0059 had 1.6 grams and accession 03-21-0032 had 3.11 grams; in relation to the number of seeds per gram, accession 03-21-0059 presented 655.5 seeds and accession 03-21-0032 presented 332 seeds per gram. In the determination of physiological quality, accessions 03-21-0026, 03-21-0050, 03-21-0059, 03-21-0062, 03-21-0064 and 03-21-0072 had 100% germination and accession 03-21-0013 had 94%; in cultural value, accession 03-21-0059 reached 89.98% of cultural value and accession 03-21-0018 reached 50.02%.

Keywords: Analysis, quality, physiology, quinoa, seed.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta anual que presenta una amplia diversidad de cultivos y variedades. Es una de las especies domesticadas en los alrededores del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia (FAO, 2014).

La quinua es una variedad de cereal con características especiales, especialmente su alta variación genética, así como su rendimiento y resistencia a factores bióticos y abióticos, que permiten mejorar las variedades en términos de maduración temprana, color y desarrollo del grano. La variedad se adapta a una variedad de climas, desde el desierto hasta el cálido y seco, y puede crecer con una humedad relativa de entre el 40 y el 88 por ciento. Además, puede soportar temperaturas de $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Su capacidad de adaptarse a condiciones climáticas y de suelo desfavorables le permite desarrollarse en altitudes desde el nivel del mar hasta los 4000 metros sobre el nivel del mar (Bioversity International et al., 2013).

La quinua se ha utilizado como alimento autosostenible para animales y humanos durante muchos años. Los cambios en la dieta mundial y la preferencia por alimentos orgánicos y ricos en nutrientes han impulsado la investigación y la reevaluación de la quinua, lo que ha dado como resultado un aumento de la producción. El equilibrio ideal de aminoácidos en las proteínas determina su valor nutricional, lo que las convierte en un componente dietético ideal. Además, contiene suficientes carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales que aumentan su valor nutricional (Gómez y Aguilar, 2016).

La tolerancia de la quinua a factores adversos como sequía, heladas, salinidad, composición del suelo y factores bióticos ha atraído el interés de investigadores y



productores, ya que su plasticidad le permite adaptarse a los factores antes mencionados sin problemas (Apaza et al., 2013).

Los bancos de germoplasma son los principales depósitos de material biológico con el objetivo principal de proteger la biodiversidad genética de la tierra. Esto significa evitar la erosión genética, la pérdida de integridad genética causada por el cambio climático, los factores naturales y la actividad humana. Para prevenir esta erosión, es necesario gestionar adecuadamente las poblaciones de plantas y abordar el cambio climático. Además, el objetivo de la creación de estos bancos es recolectar, caracterizar y seleccionar muestras de germoplasma del mayor número posible de especies vegetales, explotando así toda su variabilidad genética (Martínez, 2019).

La pérdida de recursos fitogenéticos es motivo de preocupación para los científicos y los responsables políticos de todo el mundo, lo que subraya la importancia de abordar la vulnerabilidad de los bancos de germoplasma en todo el mundo. Más de 7 millones de plantas están almacenadas en 1.750 bancos y, lamentablemente, la mayoría de los bancos no tienen recursos suficientes para sostener estos bancos (Martínez, 2019); Existe una falta de información adecuada sobre la evaluación y caracterización del banco de germoplasma, así como problemas con la funcionalidad del banco de germoplasma debido al acceso limitado a la información almacenada (PROINPA, 2011).

Debido a la falta de interés, recursos y personal capacitado, un gran número de aportantes a los bancos de germoplasma no cuentan con datos actualizados de la evaluación y caracterización de sus colecciones, características tan importantes como datos fenotípicos y fisiológicos de la especie, bioquímicos; propiedades y resistencia a enfermedades y otros (PROINPA, 2011).



Por lo manifestado, el problema indicado viene a constituir una preocupación por el desconocimiento del estado de conservación, la falta de refrescamiento y la viabilidad de las accesiones del banco de germoplasma, por lo tanto, se plantearon los siguientes objetivos.

1.1. OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la calidad física y fisiológica de cincuenta accesiones de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar la calidad física de cincuenta accesiones de semillas de quinua del banco de germoplasma del C.E. de la UNA - Puno.
- Determinar la calidad fisiológica de cincuenta accesiones de semillas de quinua del banco de germoplasma del C.E. de la UNA - Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

El “Genebank standards for plant genetic resources for food and agricultura” afirma que la pureza de las semillas es un criterio esencial en los bancos de germoplasma, ya que asegura que las muestras preservadas sean lo más homogéneas y representativas posible de la especie o accesión. Según los estándares de la (FAO, 2014) las semillas almacenadas para conservación a largo plazo deben presentar un mínimo de 97% de semilla pura, excluyendo materiales extraños como semillas de otras especies o fragmentos de plantas.

En “Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination 2da edición” Baskin y Baskin (2014), enfatizan que un alto porcentaje de semilla pura, generalmente entre el 95% y 98%, es indispensable para garantizar la viabilidad y la integridad de las semillas almacenadas en bancos de germoplasma.

En el Volumen II de “Handbook of seed technology for genebanks”, Ellis et al., (1985) afirma que el número de semillas por gramo es una medida clave en la caracterización de accesiones en bancos de germoplasma, ya que proporciona información sobre el tamaño y peso promedio de las semillas, lo cual es esencial para los programas de conservación y mejoramiento genético. Este parámetro permite estandarizar el manejo de las muestras, facilitando comparaciones entre diferentes accesiones y ayudando a determinar la cantidad de semillas necesarias para establecer una población representativa en los ensayos de evaluación.



El ISTA (2019), sostiene que el peso de 1000 semillas es una medida ampliamente utilizada en la caracterización de accesiones en bancos de germoplasma, ya que permite obtener una estimación precisa del tamaño y densidad promedio de las semillas de una especie determinada. Este parámetro es crucial para la planificación de ensayos de siembra y el manejo de las muestras en programas de conservación y mejoramiento genético, ya que facilita la estandarización entre accesiones y permite calcular con exactitud la cantidad de semillas necesarias para lograr densidades óptimas de plantación.

Alanoca et al. (2013), en la “Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Estado Plurinacional de Bolivia” mencionan que el 71.6% de las accesiones de quinoa evaluadas, presentaron porcentajes de germinación menores al 80%, por lo que requieren ser refrescadas a la brevedad posible. En dicho refrescamiento se debe priorizar aquellas accesiones que presenten los porcentajes de germinación más bajos y que posean menor cantidad de semilla, para poder garantizar la preservación del germoplasma. Los resultados evidencian que las semillas de las accesiones conservadas no se encontraban en condiciones fisiológicas óptimas al ser recibidas por el INIAF en 2010.

El International Seed Testing Association establece que las semillas almacenadas en condiciones óptimas pueden conservar una germinación uniforme, mientras que aquellas expuestas a variaciones extremas pueden mostrar un descenso en su viabilidad, generando mayor variabilidad en el porcentaje de germinación (ISTA, 2019).



Hampton y Tekrony (1995), señalan que existe una relación inversa entre el número de semillas por gramo y el peso de 1000 semillas. En general, un mayor número de semillas por gramo indica semillas más pequeñas y, por ende, un menor peso en la medida de peso de 1000 semillas, asimismo explican que esta relación es útil para la caracterización de accesiones, ya que permite inferir sobre el vigor potencial de las semillas; en especies como la quinua, las semillas más pesadas suelen tener un mayor vigor inicial.

En un estudio realizado en Bolivia sobre accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), se reportó que los valores culturales variaron entre el 75% y el 95%, dependiendo de la calidad inicial del lote de semillas. Los investigadores concluyeron que los valores más bajos estuvieron asociados a un manejo inadecuado durante la cosecha y el almacenamiento, afectando tanto la pureza física como la viabilidad de las semillas (Flores et al., 2018).

Según estudios realizados por ISTA (2009), el valor cultural se utiliza ampliamente en bancos de germoplasma para garantizar que las semillas almacenadas posean tanto una alta viabilidad como una pureza física aceptable. Se menciona que lotes con un Valor Cultural inferior al 80% pueden no ser aptos para la conservación a largo plazo, lo que indica la necesidad de regenerar o limpiar el material almacenado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

González et al., (2020), en su investigación del impacto del peso de semilla en la germinación de quinua concluyeron que las semillas de mayor peso tienen un mayor vigor germinativo. Estos autores afirman que las semillas con un peso de 2.5 a 3.0 g por 1000 semillas tenían una tasa de germinación superior al 90%,



mientras que las semillas más ligeras (menos de 1.5 g por 1000 semillas) presentaban una germinación más baja y una mayor tasa de malformaciones en las plántulas.

2.1.3. Antecedentes regionales

Arcaya (2018), en “Determinación de la calidad física y fisiológica de semillas de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de color” manifiesta que la variedad Salcedo INIA tuvo mayor peso promedio de 1000 semilla clasificado por tamaños con 2.11 g. Para la calidad fisiológica, la variedad Pasankalla con semilla de tamaño grande tuvo 96% de germinación; la variedad Salcedo INIA con semilla de tamaño grande tuvo 90% de germinación; y la variedad Negra Collana con semilla grande tuvo 83%. 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.

Cahuide (2024), en “Determinación de parámetros de calidad física y fisiológica de semillas de cuatro cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Puno, Perú” indica que los resultados para la calidad física muestran que, en pureza física el cultivar K’ello obtuvo 92.1 %, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo 1197 semillas/gramo; en calidad fisiológica el cultivar Chilliwa Rosada con semillas del tamiz de calibre 1.18 mm tuvo 90, el cultivar Pitojiura tuvo 99 % de germinación.

Chura (2019), en “Evaluación de la calidad física y fisiológica de Las semillas de tres variedades y tres ecotipos de Cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) en Puno” afirma que, en cuanto a la calidad física, el más alto valor de pureza corresponde a la variedad cupi con 99.4%, y el menor al ecotipo rosado de



Kelluyo con 88.3%. El mayor peso de 1000 semillas, corresponde a la variedad Cupi con 0.92 g y el menor peso al ecotipo rosado de Kelluyo con 0.60 g. En cuanto a la calidad fisiológica de las semillas de cañihua, el mayor porcentaje de germinación corresponde a la variedad Illpa INIA 406 con 95.7% y el menor porcentaje corresponde al ecotipo rosado de Kelluyo con 47.2%.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano originario de los Andes peruanos y de otras regiones de Sudamérica, perteneciente a la familia *Amaranthaceae*. Desde tiempos prehispánicos, ha constituido un componente esencial de la alimentación de las poblaciones andinas (Campos, 2018).

FAO et al. (2013), la quinua recibe diferentes nombres comunes que varían de acuerdo al idioma, la localidad o el país. Los más comunes que se encuentran en la literatura son los siguientes:

- Quechua: Kiuna, quinua, parca.
- Aymara: Supha, jopa, jupha, jauira, jiura, aara, ccallapi, vocali.
- Azteca: Huatzontle.
- Chibcha: Suba, supha, pasca.
- Mapuche: Quinua.
- Español: Quinua, quínoa, quingua, quiuna, kinoa, triguillo, trigo inca, arrocillo, arroz del Perú, Dahuie, juba, ubaque, ubate, jura, suba.
- India: Bathu.
- Portugués: Arroz miúdo do Perú, espinafre do Perú, quinoa.



- Inglés: Quinoa, quinua, kinoa, sweet quinoa, Peruvian rice, Inca rice, Petty rice.
- Francés: Ansérine quinoa, riz de Pérou, petit riz de Pérou, quinoa.
- Italiano: Quinoa, chinua.
- Alemán: Reisspinat, Peruanischer reisspinat, reismelde, Reis-gerwacks, Inkaweizen.

En la actualidad, ha sido reevaluada y reconocida por la FAO y la OMS como uno de los alimentos del futuro a nivel mundial, debido a su notable capacidad de adaptación agronómica, su elevado contenido de aminoácidos esenciales y su contribución a la seguridad alimentaria. Este reconocimiento global ha propiciado un aumento en la demanda, tanto a nivel nacional como internacional, lo que se traduce en una expansión de las superficies cultivadas en los países de origen y en otras regiones del mundo (Campos, 2018).

En taxonomía según Cronquist (1995):

Reino: Vegetal

División: Magnoliophyta

Clase: Magnolipsida

Subclase: Caryophyllidae

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Género: Spinacia

Sección: Cellulata

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.



La quinua es una planta anual de la familia de las dicotiledóneas, con una altura que varía según el genotipo y el ambiente, lo que le permite adaptarse a distintas condiciones y regiones. Su morfología y resistencia la hacen un cultivo versátil y adecuado para múltiples sistemas de producción agrícola (Cogliatti y Heter, 2016).

Las plantas pueden presentar diferentes colores debido a la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas de ciertas especies, lo que genera tonalidades variadas. Estas pueden incluir colores como rojos, morados, verdes y amarillos. Además de su atractivo visual, esta diversidad de colores puede tener un papel funcional en la adaptación y supervivencia de las plantas en diversos entornos (Orgaz, 2020).

2.2.1.1. Origen e historia de la quinua

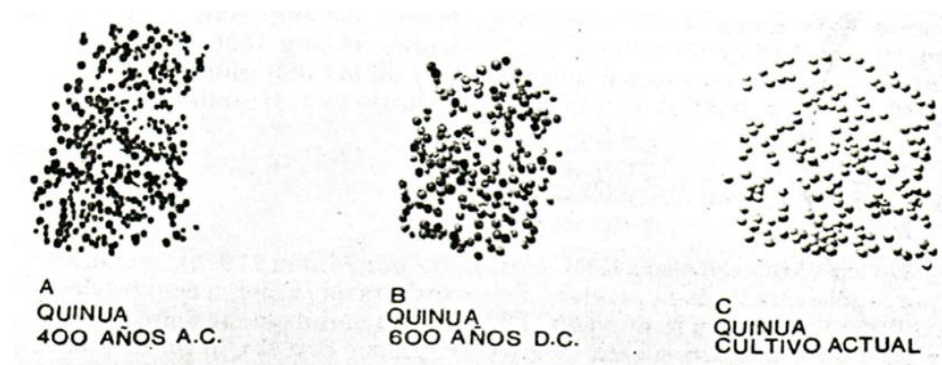
En lo que respecta al origen de las especies domesticadas, Toro (1964) realizó un estudio sobre las quinuas del Altiplano de Puno y Cusco, estableciendo una relación entre la antigüedad del cultivo y el origen de la domesticación de la quinua. En su investigación, asocia el uso contemporáneo de las denominaciones quechua “kiuna” y aimará “jupha” y “jiura” como evidencias de que las comunidades de las razas aimara y quechua fueron las primeras en domesticar esta planta. Este vínculo lingüístico sugiere una larga historia de interacción entre estas culturas y la quinua (FAO, 2014).

La Figura 2 muestra quinuas datadas con diferentes antigüedades, determinadas mediante el método de carbono 14. En las imágenes se puede apreciar que el porcentaje variable de semillas de "ayaras" o "ajaras"

(quinua silvestre de grano negro) disminuye en las muestras más recientes. Esta tendencia sugiere un cambio en la composición de las quinuas a lo largo del tiempo, evidenciando la evolución del cultivo y su domesticación (Bioversity International et al., 2013).

Figura 1

Muestras de quinuas de restos arqueológicos comparado con el cultivo actual



Fuente: FAO (2013).

Tapia (1996), como resultado de un exhaustivo estudio en los Andes, ha propuesto la diferenciación de cinco grupos principales de quinua, fundamentada en sus características de adaptación a distintas condiciones agroecológicas presentes en esta región. Esta clasificación permite comprender mejor la diversidad genética y funcional de la quinua, así como su capacidad para prosperar en diversos entornos (Bioversity International et al., 2013).

- Quinuas de los valles interandinos: Estas quinuas provienen de zonas mesotérmicas, donde se desarrollan bajo condiciones climáticas específicas.



- Quinuas del altiplano norte del Lago Titicaca: Compartidas entre Perú y Bolivia, estas quinuas tienen un ciclo de crecimiento corto, lo que les permite adaptarse a las condiciones de esta región.
- Quinuas de los salares en el Altiplano sur de Bolivia: Estas quinuas halófilas están adaptadas a suelos salinos y se caracterizan por tener un mayor tamaño de grano.
- Quinuas de nivel del mar: Cultivadas en el centro y sur de Chile, estas quinuas presentan granos oscuros y de menor tamaño.
- Quinuas de los yungas: Procedentes de la zona subtropical en la vertiente oriental de los Andes en Bolivia, estas quinuas se desarrollan en un clima diferente, lo que les confiere características particulares.

a) Región

La quinua, debido a su capacidad de adaptación, se cultiva en diversas condiciones climáticas y de suelo. En el Perú, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 3900 metros de altitud, siendo su mayor concentración entre los 2500 y 3900 msnm. Esta zona tiene un clima templado a frío, con heladas frecuentes y una fuerte dependencia de las lluvias (FAO & INIA, 2015).

b) Temperatura

La quinua, gracias a su variabilidad genética, se adapta a climas que van desde los cálidos y secos hasta los templados y fríos. Su crecimiento óptimo ocurre entre 15 y 25 °C, y aunque tolera heladas y altas temperaturas en etapas vegetativas, no soporta estas condiciones durante



la floración. Las temperaturas extremas pueden afectar la fertilidad del polen y el desarrollo de los granos, resultando en granos inmaduros o de menor peso (Gómez y Aguilar, 2016).

c) Humedad y precipitación

En la Región Andina, el periodo de precipitación se extiende desde septiembre-octubre hasta mayo-junio. La cantidad total de precipitación anual varía de la siguiente manera: entre 600 y 800 mm en los Andes ecuatorianos, de 400 a 500 mm en los Andes peruanos, de 500 a 800 mm en el altiplano que rodea el Lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el altiplano sur de Bolivia, y de 800 a 1000 mm en la zona central de Chile. La quinua se cultiva en un rango de precipitación que va de 300 mm a 1000 mm, siendo el rango óptimo de 500 a 800 mm (Gómez et al., 2016).

d) Fotoperiodo

La quinua, cultivada desde tiempos antiguos en una amplia región desde Colombia hasta Chile y Argentina, responde de manera diferente al fotoperiodo y la temperatura según su origen. Las variedades tropicales son más sensibles a la duración de la luz y tienen ciclos largos, mientras que las del altiplano y el nivel del mar tienen ciclos más cortos. Al introducirlas en nuevas regiones, es crucial considerar su latitud y altitud de origen. Las variedades de Ecuador, por ejemplo, requieren al menos 15 días con 10 horas de luz diaria para la antesis. Se debe evitar el calor excesivo y los días largos, que pueden afectar el rendimiento (Gómez y Aguilar, 2016).



e) Suelos

La quinua se adapta a una variedad de suelos, preferentemente aquellos con buen drenaje, textura franca, semi profundos y ricos en materia orgánica. Es crucial evitar suelos susceptibles a inundaciones, ya que pueden afectar el desarrollo del cultivo. Existen variedades que crecen en suelos con pH que varía desde 4.5 en los valles interandinos del norte del Perú hasta 9.0 en el altiplano peruano-boliviano y los salares de Bolivia (Gómez y Aguilar, 2016).

2.2.1.2. Morfología de la quinua

a) Raíz

La raíz de la quinua varía según su estado fenológico. Al principio, se desarrolla como una raíz pivotante profunda y robusta, que puede llegar hasta 1,8 metros en condiciones de sequía. Posteriormente, se convierte en un sistema radicular ramificado, capaz de explorar las capas más profundas del suelo. La profundidad de la raíz está relacionada con la altura de la planta (Orgaz, 2020).

b) Tallo

El tallo de la quinua es cilíndrico en la base y se vuelve anguloso en las ramificaciones, con hojas dispuestas de manera alterna, lo que le da una apariencia distintiva. Su altura varía entre 0,70 y 3,0 m y puede tener colores que van del verde a la púrpura a medida que madura. El diámetro del tallo, que varía entre 1 y 8 cm, depende del genotipo, la distancia de siembra, la fertilización y las condiciones de cultivo. La médula de las



plantas jóvenes es blanda, mientras que al madurar se vuelve esponjosa y hueca, con una corteza firme y compacta (PROINPA, 2011).

c) Hojas

Las hojas de la quinua, al igual que en todas las dicotiledóneas, están compuestas por el peciolo y la lámina. Los peciolos son largos, delgados y presentan un canal en su parte superior, con una longitud variable dentro de la misma planta. La lámina es polimórfica; las hojas inferiores suelen tener una forma romboidal o triangular, mientras que las superiores son lanceoladas o triangulares (Campos, 2018).

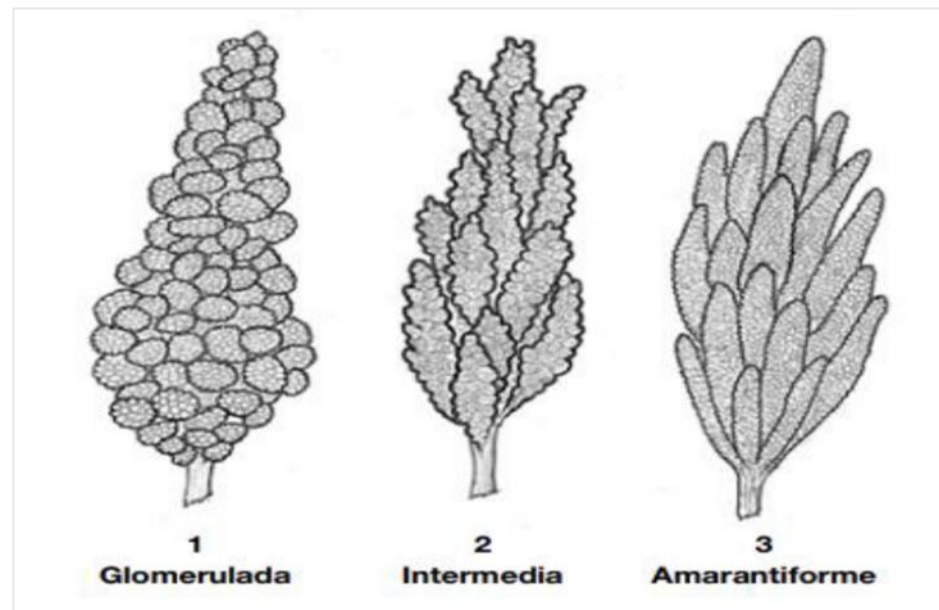
d) Inflorescencia

La inflorescencia de la quinua es del tipo racimoso y, debido a la disposición de las flores, se clasifica como panoja. Esta puede ser laxa o compacta, según la longitud de los ejes secundarios y los pedicelos. En las panojas, los ejes secundarios y los pedicelos son generalmente cortos (Campos, 2018).

Las inflorescencias de la quinua pueden ser de varios tipos. Las glomeruladas tienen flores esféricas agrupadas alrededor del eje terciario, con peciolos cortos, lo que les da un aspecto compacto. Las inflorescencias intermedias no tienen una forma definida de glómérulo. Las inflorescencias amarantiformes presentan glómérulos alargados y rectangulares, insertados directamente en el eje secundario, y sus flores se agrupan de manera más dispersa en los ejes secundarios y terciarios, similar a las del género *Amaranthus* (Orgaz, 2020).

Figura 2

Tipos de panícula



Fuente: FAO (2013).

e) Flor

Las inflorescencias de la quinua pueden ser glomeruladas, con flores esféricas agrupadas de manera compacta, o amarantiformes, con glomérulos alargados y dispersos en los ejes secundarios. Las inflorescencias intermedias no tienen una forma definida de glomérulo (Orgaz, 2020).

Figura 3

Flor del cultivo de quinua



Fuente: FAO (2016).

f) Fruto

El fruto se presenta como un aquenio rodeado por el perigonio, que se separa fácilmente al frotarlo cuando está seco (Gandarillas, 1979). Este aquenio proviene de un ovario superior unilocular con simetría dorsiventral, y tiene una forma cilíndrico-lenticular, ligeramente más ancho en el centro. En la parte ventral del aquenio se encuentra una cicatriz que indica la conexión del fruto con el receptáculo floral. El perigonio envuelve completamente la semilla.

El color del fruto de la quinua varía según el perigonio y la planta, siendo verde, púrpura o rojo. Al madurar, el perigonio toma una forma estrellada por los cinco sépalos. La semilla está rodeada por un epispermo delgado, y el embrión, formado por los cotiledones y la radícula, ocupa la



mayor parte de la semilla, que envuelve al perisperma en forma de anillo (Gandarillas, 1979).

h) Semilla

La semilla, parte del fruto maduro que carece de perigonio, tiene formas lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. El pericarpio contiene saponina, responsable del sabor amargo, cuya adherencia varía según el genotipo. El epispermo cubre la semilla, junto con el embrión y el perisperma, que actúa como órgano de reserva (Apaza et al., 2013).

2.2.2. Banco de germoplasma

Es una reserva de material genético que se mantiene a través de colecciones de plantas vivas. Estas colecciones pueden incluir plantas de la misma especie o de especies relacionadas, que pertenecen al mismo género o a géneros afines. También pueden abarcar elementos de producción de estas plantas, que se conservan en su estado natural o bajo condiciones especiales para asegurar su preservación (SENASA, 2008).

Un banco de germoplasma es un repositorio de semillas, tejidos o plantas cuyo objetivo es conservar la diversidad genética. Por esta razón, se considera un tipo de banco, ya que estas semillas y sus genes se almacenan como un recurso para ser utilizado en investigaciones, incluyendo el mejoramiento genético (Condón & Rossi, 2018); Un principio esencial en la conservación de germoplasma es que las instalaciones del banco deben estar diseñadas para proteger los materiales de factores externos, como desastres naturales y daños ocasionados por actividades humanas (FAO, 2013).



En los bancos de germoplasma, el porcentaje de impurezas permitido en las semillas suele establecerse de acuerdo con los estándares internacionales, que buscan garantizar la calidad genética y la viabilidad de las semillas a largo plazo. La International Seed Testing Association (2019), establece que el porcentaje de impurezas en la mayoría de las especies de semillas no debe superar el 3%, con un nivel óptimo de pureza de al menos 97%. Esta norma aplica principalmente a cultivos agrícolas de alto valor, como el trigo, el maíz y el arroz, donde la pureza genética es crucial para asegurar la homogeneidad y la calidad de las futuras cosechas.

El porcentaje de impurezas en las muestras de semillas es un parámetro fundamental en la evaluación de calidad de los bancos de germoplasma. La presencia de impurezas, como semillas de otras especies o materiales extraños, no solo reduce la pureza genética de las muestras, sino que también aumenta el riesgo de contaminación y posibles daños a largo plazo en las accesiones almacenadas. Según la FAO (2014), un nivel alto de pureza es esencial para preservar la integridad genética y minimizar los problemas que puedan surgir durante la regeneración y multiplicación de las accesiones. La International Seed Testing Association (2019), establece que el porcentaje de impurezas aceptable en bancos de germoplasma debe ser inferior al 3%, dado que un porcentaje superior podría comprometer la calidad y viabilidad de las semillas a largo plazo.

2.2.2.1. Accesiones

Una accesión es un lote de semillas de una especie que ha sido recolectado en un lugar y momento específicos. Cada accesión lleva un



código de recolección que la identifica y la acompaña desde su recolección en campo hasta su conservación final (Prieto, 2015).

Una muestra única y claramente identificable de semillas que corresponde a un cultivar, una línea de mejoramiento o una población, preservada en almacenamiento para su conservación y utilización (FAO, 2024).

Los parámetros de las accesiones de semillas incluyen varios aspectos clave que ayudan a su gestión y conservación:

1. Código de identificación: Un código alfanumérico único para rastrear la accesión.

2. Origen: Información sobre el lugar y las condiciones de recolección.

3. Fecha de recolección: El momento específico en que se recolectaron las semillas.

4. Especie: Identificación taxonómica de la planta de la que provienen.

5. Estado de viabilidad: Evaluaciones de capacidad de germinación y vigor.

6. Método de conservación: Tipo de almacenamiento utilizado (congelación, secado, cultivo in vitro).

7. Características fenotípicas: Descripciones observables de la planta.



8. Datos de uso: Información sobre el uso previsto de la accesión.

Estos parámetros son fundamentales para asegurar la conservación y el uso eficaz de los recursos fitogenéticos (Frankel, 1984).

2.2.3. Control de calidad de semillas

El control de semillas es un proceso que asegura la calidad de las semillas a través de evaluaciones técnicas y normativas enfocadas en sus aspectos físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios. Según la International Seed Testing Association (ISTA, 2019), estas prácticas buscan garantizar que las semillas cumplan con los estándares establecidos para su uso en la agricultura, maximizando su potencial de germinación y rendimiento. Por su parte, Copeland y McDonald (2012) destacan que este control es esencial para mantener la homogeneidad y pureza de las semillas utilizadas en la producción agrícola.

2.2.4. Legislación peruana de semillas

La Ley General de la Semilla, Ley N° 27262, y su modificación mediante el Decreto Legislativo N° 1080, establece que la obtención, producción, abastecimiento y utilización de semillas de calidad son de interés nacional. Además, regula las actividades relacionadas con la investigación, producción, certificación y comercialización de semillas, con el fin de garantizar que cumplan con los estándares adecuados de calidad (SENASA, 2008).

La regulación de semillas es particularmente relevante para la quinua, un cultivo estratégico en Perú. La Ley de Semillas no solo garantiza que las semillas disponibles en el mercado sean de alta calidad, sino que también apoya la investigación y el desarrollo de variedades que puedan adaptarse a diferentes



condiciones agroecológicas y a las necesidades del mercado, contribuyendo así a la seguridad alimentaria del país (MINAGRI, 2017).

La Ley N° 26551, conocida como la Ley de Semillas, fue establecida en 1995 y proporciona un marco regulatorio que abarca la investigación, producción, certificación y comercialización de semillas en Perú. Esta ley busca asegurar la calidad de las semillas, proteger los derechos de los agricultores y facilitar el acceso a variedades de alta calidad, lo que es esencial para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible del sector agrícola (MINAGRI, 2017).

2.2.4.1. Elementos de Ley de semilla de quinua

a) Investigación

La ley promueve la investigación y el desarrollo en el área de semillas y mejoramiento genético, asegurando que las actividades realizadas respeten los derechos de los agricultores y las comunidades. Esta investigación es esencial para el desarrollo de variedades que sean adaptables a las condiciones cambiantes del medio ambiente y que satisfagan las demandas del mercado (MINAGRI, 2017).

b) Producción de semillas

La legislación establece requisitos específicos que los productores deben cumplir para asegurar la pureza varietal y la sanidad de las semillas. Asimismo, se fomenta la adopción de prácticas agrícolas sostenibles que minimicen el uso de agroquímicos y que promuevan la conservación de la biodiversidad (MINAGRI, 2017).

c) Certificación de semillas



La Ley de Semillas define los procedimientos necesarios para la certificación de semillas, que incluyen evaluaciones de calidad como la viabilidad, pureza y sanidad. Este proceso de certificación es crucial para garantizar que las semillas que se comercializan en el mercado cumplen con los estándares de calidad establecidos por la normativa (MINAGRI, 2019).

d) Comercialización de semillas

La legislación regula que solo las semillas que han sido debidamente certificadas pueden ser comercializadas. Además, se requiere un etiquetado adecuado que brinde información clara sobre el origen, la variedad, la fecha de cosecha y los resultados de las pruebas de calidad, lo que contribuye a la transparencia en el mercado (MINAGRI, 2017).

e) Sanciones y responsabilidades

La ley contempla sanciones para aquellos que incumplan las disposiciones establecidas, lo que refuerza la importancia de mantener altos estándares de calidad y seguridad en el suministro de semillas. Esta regulación es vital para proteger los derechos de los productores y garantizar un mercado justo (MINAGRI, 2017).

2.2.5. La semilla

El fruto maduro de la quinua, sin el perigonio, tiene formas lenticulares, elipsoidales, cónicas o esferoidales, y se compone de tres partes principales: episperma, embrión y perisperma. La episperma consta de cuatro capas: la externa, rugosa y quebradiza, que contiene saponina y varía en adherencia según



el genotipo; una capa delgada y lisa; una capa amarillenta y opaca; y una capa translúcida, formada por un solo estrato celular (Gandarillas, 1979).

Semilla es toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie y desempeña un papel primordial en la expansión de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas; en la renovación, permanencia de las poblaciones de plantas; en la regeneración de bosques y en la sucesión ecológica (Tolentino et al., 2018).

2.2.5.1. Estructura de la semilla de quinua

La semilla es una estructura compleja que se desarrolla a partir del óvulo después de la fecundación y consta de varias partes esenciales. Estas incluyen el embrión, que es la parte que se desarrollará en una nueva planta; el endospermo, que proporciona nutrientes al embrión durante su desarrollo; y la cubierta seminal, que protege la semilla de condiciones adversas (Baker et al., 2020).

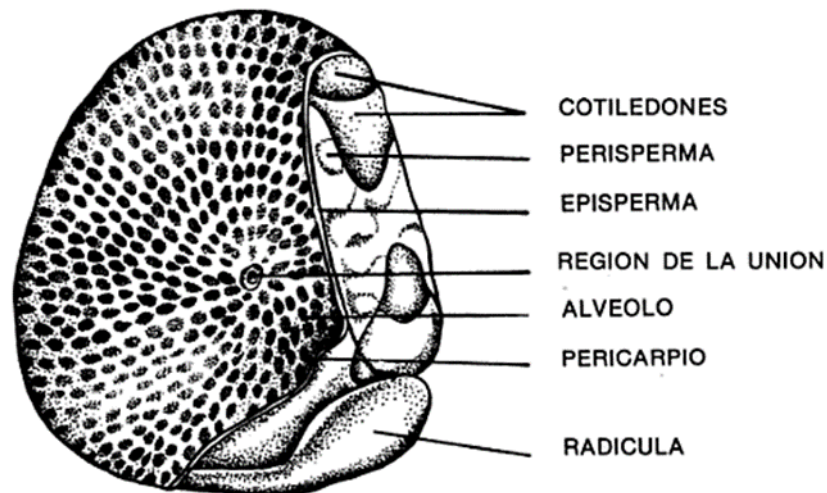
El embrión, en la quinua, presenta características morfológicas distintivas, como el hipocótilo, que conecta la raíz y el tallo, y los cotiledones, que son las hojas embrionarias que almacenan nutrientes. La estructura del endospermo puede variar en función de la variedad de quinua, lo que influye en la calidad nutricional de la semilla (Meyer et al., 2018).

El perigonio rodea la semilla y se desprende fácilmente al frotarlo. La episperma, que envuelve al grano, consta de cuatro capas: la capa externa, que da color a la semilla, es rugosa, quebradiza y se separa con

facilidad al contacto con agua, y contiene saponina. El almidón se almacena en el perisperma (Cogliatti y Heter, 2016).

Figura 4

Estructura de la semilla de quinua



Fuente: FAO (2013).

2.2.5.2. Morfología de la semilla

La morfología de la semilla de quinua es diversa y presenta variaciones que pueden influir en su calidad y funcionalidad. Las semillas de quinua son generalmente pequeñas, con un diámetro que varía entre 1 y 3 mm, y poseen una forma que puede ser ovalada o discoide. La superficie de la semilla está recubierta por una membrana externa que puede ser lisa o rugosa, dependiendo de la variedad (Gonzales et al., 2019).

Además, la coloración de las semillas de quinua varía, presentando tonos que van del blanco y amarillo al rojo y negro. Esta diversidad morfológica no solo es estética, sino que también puede tener implicaciones en las características agronómicas y la aceptación del



mercado. Por lo tanto, la comprensión de estas variaciones es crucial para la selección y mejora de las variedades de quinua (Boukhalfa et al., 2021).

Las semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) exhiben una notable variabilidad en su estructura, que abarca aspectos como la forma, el color y el tamaño. Estas características morfológicas son importantes para identificar diferentes variedades y para su adaptación a diversas condiciones de cultivo (FAO et al., 2013).

a) Peso de la semilla de quinua

El peso de la semilla de quinua es una medida que se utiliza para determinar el tamaño promedio de las semillas en un lote. Este parámetro es relevante porque está asociado con la calidad física de la semilla y tiene un impacto directo en su capacidad de germinación y en el vigor de la plántula. Para medir el peso, normalmente se evalúa el peso de 1000 semillas en gramos, método recomendado por la International Seed Testing Association (ISTA). Este peso permite hacer comparaciones entre accesiones, variedades o lotes, facilitando la caracterización de semillas en programas de conservación y mejoramiento genético (ISTA, 2015).

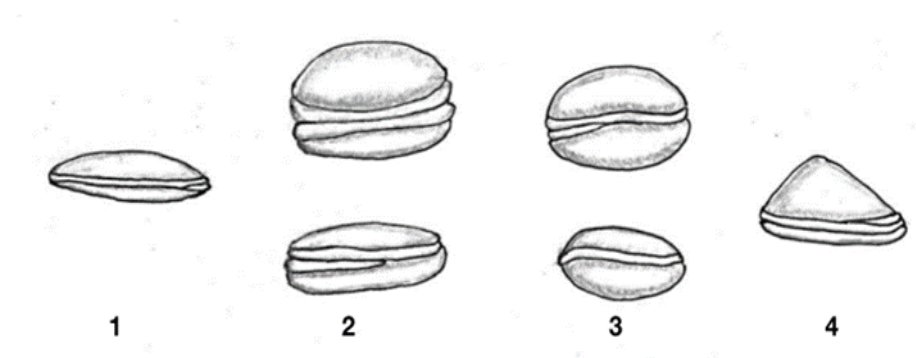
El peso de la semilla de quinua es un atributo esencial que se utiliza para determinar la calidad física de las semillas, así como su viabilidad y vigor. Además, esta característica tiene implicaciones en la planificación de la siembra, el rendimiento del cultivo, y la conservación del germoplasma. Entender los factores que influyen en el peso de la semilla es clave para el manejo eficiente de la quinua y otros cultivos agrícolas (Gutiérrez y Pérez, 2017).

b) Forma de la semilla de quinua

Las semillas de quinua presentan diferentes formas, que pueden ser ovaladas o discoides. Esta diversidad en la forma es un rasgo característico entre las distintas accesiones y puede influir en la capacidad de germinación y en el crecimiento posterior de las plantas (Rojas et al., 2018).

Figura 5

Morfología de la semilla, 1) lenticular 2) cilíndrico 3) elipsoidal 4) cónico



Fuente: FAO (2013).

b) Color de la semilla de quinua

En cuanto al color, las semillas de quinua muestran una amplia gama de tonalidades, que incluyen desde blanco y amarillo hasta rojo, negro y púrpura. Esta variabilidad no solo tiene un aspecto estético, sino que también puede impactar las preferencias del consumidor y la percepción de calidad en el mercado (Orgaz, 2020).



c) Tamaño de la semilla de quinua

Respecto al tamaño, las semillas de quinua generalmente tienen un diámetro que varía entre 1 y 3 mm. Este tamaño puede afectar la tasa de germinación y el desarrollo inicial de las plántulas, lo que es un factor clave para el éxito del cultivo (Zarazúa et al., 2020).

La comprensión de la estructura y morfología de las semillas de quinua es fundamental para evaluar su calidad física y fisiológica. Estas características no solo influyen en el desarrollo de la planta, sino que también tienen implicaciones significativas en la producción agrícola y la comercialización de este importante cultivo.

2.2.6. Calidad de semilla de quinua

La quinua, al igual que cualquier cultivo, demanda semillas de alta calidad como material inicial para lograr una producción óptima. Para ello, es fundamental contar con una oferta adecuada y suficiente de semillas de calidad que garantice el desarrollo de plantas capaces de transmitir el máximo potencial productivo de la especie a las próximas generaciones de cultivos (Rojas et al., 2016).

Comprender la calidad de las semillas es fundamental para la toma de decisiones en su manejo comercial y conservación. Esto garantiza una adecuada capacidad de germinación y una emergencia rápida y uniforme, lo que contribuye a un buen establecimiento (Llanos, 2021).



2.2.7. Calidad física de la semilla de quinua

Valenzuela (2000), indica que la calidad física se relaciona con el nivel de pureza de un lote de semillas, lo que implica la presencia o ausencia de otras especies, variedades, malezas y materia inerte. Además, abarca la integridad física de las semillas, considerando factores como roturas, tamaño y peso. La evaluación de este componente se realiza mediante pruebas de pureza analítica, conteo de semillas extrañas, análisis del contenido de humedad, peso de 1000 semillas y peso volumétrico.

Terenti (2004), indica que la calidad física está relacionada con características como el color, el brillo y los daños mecánicos (fracturas, cuarteos), así como con la presencia o ausencia de contaminantes que no sean la semilla deseada. Estos contaminantes pueden incluir materiales inertes, semillas de malezas comunes y perjudiciales, así como formas reproductivas de plagas y enfermedades.

Gómez (2017), en su estudio sobre pureza física y pruebas de germinación en semillas para siembra, señala que, a mayor tiempo de almacenamiento, la humedad y el peso de las semillas tienden a disminuir. En conclusión, se demuestra que el análisis físico tiene un impacto significativo en la viabilidad de las semillas.

Los análisis físicos del lote son fundamentales para determinar la calidad de las semillas en el cultivo, ya que son cruciales para evaluar su valor para la siembra y prever su comportamiento en el campo (Bioversity International et al. 2013); Dentro de los parámetros del análisis físico se incluyen la pureza física (semillas puras, otras semillas y materia inerte), el peso de 1000 semillas, el



análisis de humedad, el peso volumétrico (peso hectolítrico) y el número de semillas por gramo (Bioversity International et al., 2013).

2.2.8. Control de calidad de semilla

El control de calidad de las semillas se puede entender como un enfoque sistemático destinado a lograr y/o mantener los estándares de calidad establecidos para las semillas de una especie vegetal específica. La calidad de las semillas abarca cuatro componentes diferentes (Beingolea, 2015).

2.2.8.1. Pureza física

El propósito de un análisis de pureza es determinar la proporción de semillas que permanece tras la eliminación de contaminantes, residuos de semillas y semillas de especies no relacionadas con el cultivo. Esto facilita la identificación precisa de la composición por cultivar. El análisis se lleva a cabo utilizando entre 4 g y 5 g de semillas, y los resultados se expresan como un porcentaje de la muestra representativa, que incluye componentes puros, otras semillas agrícolas y material inerte (Gutiérrez y Pérez, 2017).

Según Sánchez (2014), la pureza física es una propiedad que muestra la composición física o mecánica de un lote de semillas. Este análisis tiene como objetivo identificar las distintas especies de semillas y las proporciones de los materiales inertes en una muestra representativa. La identificación de las semillas puras se expresa como un porcentaje del peso de la muestra.



El ISTA (2019), en el “International rules for seed testing” manifiesta que nivel de pureza es crucial, ya que cualquier contaminante en la muestra podría afectar la identidad genética de la accesión y comprometer su uso futuro en programas de mejoramiento genético y conservación de biodiversidad.

2.2.8.2. Peso de 1000 semillas

El peso de 1000 semillas es una medida estándar utilizada en la caracterización física de las semillas, que refleja el tamaño y la calidad de las semillas. En general, el peso de 1000 semillas se correlaciona con el tamaño y la reserva de nutrientes dentro de la semilla, lo que puede influir en su capacidad de germinación y vigor en condiciones subóptimas. Este parámetro es especialmente relevante en especies como la quinua, cuyo rendimiento y comportamiento en el campo están estrechamente relacionados con el peso de las semillas (Bazile et al., 2016).

En el caso de la quinua, la variabilidad en el peso de 1000 semillas puede ser considerable entre accesiones, ya que las semillas más grandes tienden a ser más pesadas, pero no necesariamente resultan en una mayor tasa de germinación. FAO (2014) señala que, aunque el peso de 1000 semillas puede ser un indicador de calidad, otras variables como la humedad, la sanidad de las semillas y la pureza también juegan un papel fundamental en la viabilidad de las semillas almacenadas. En algunos casos, las accesiones de quinua con semillas más ligeras (menor peso por 1000 semillas) pueden tener un mayor número de semillas por gramo, lo



que podría influir en la variabilidad genética y en el comportamiento agronómico de las plantas (Bazile et al., 2016).

El peso de 1000 semillas es un componente fundamental en la evaluación inicial de la calidad de las semillas, y se calcula mediante el conteo y el pesaje de muestras tomadas al azar. Además, el número de semillas pesadas proporciona información sobre la cantidad y el comportamiento esperado de las semillas necesarias para un lote específico (Peske et al., 2012).

2.2.8.3. Número de semillas por grano

El tamaño de la semilla, reflejado en el número de semillas por gramo, también puede variar en función de factores ambientales y genéticos, lo que lo convierte en un importante indicador de la diversidad dentro de la especie (Baskin y Baskin, 2014). En el caso de la quinua, esta variabilidad es particularmente relevante, ya que la especie presenta una amplia diversidad en cuanto a morfología y tamaño de semilla, características que son importantes para la adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas y para la selección en programas de mejoramiento (Bazile et al., 2016).

El número de semillas por gramo es una medida importante en la caracterización física de las semillas, ya que está relacionado con su tamaño, peso y, en algunos casos, con la calidad fisiológica de las semillas. Este parámetro es relevante en los estudios de conservación de semillas y en la selección de accesiones para el mejoramiento de especies. En el caso de la quinua, la variabilidad en el número de semillas por gramo es



significativa entre diferentes accesiones, lo que puede estar relacionado con factores genéticos y ambientales (Bazile et al., 2016). La variabilidad en el tamaño de las semillas y, por ende, en el número de semillas por gramo, también se ha reportado en estudios sobre otras especies de plantas como el maíz y el trigo.

Según la FAO (2009), para calcular el número de semillas por unidad de peso, se toman al azar dos o más muestras del lote de semillas, por ejemplo, de 100 gramos. Luego, se registra tanto el número como el peso de las semillas puras y llenas. Al igual que en la prueba de pureza, se descartan las semillas impuras y se conserva el resto.

2.2.9. Calidad fisiológica de la semilla

Según Terenti (2004), la fisiología de la semilla se define como la capacidad de una semilla para germinar, emerger y producir plantas uniformes y vigorosas. Cuando la semilla alcanza la madurez, experimenta su máxima vitalidad; sin embargo, a partir de ese momento, comienza a envejecer y a perder vigor, ya que continúa respirando y utilizando energía para mantener sus funciones vitales. Por esta razón, es crucial que el ambiente de almacenamiento sea seco y fresco. Un nivel extremo de envejecimiento resulta en la muerte de la semilla o en la pérdida de su capacidad para generar una planta normal y vigorosa.

El atributo fisiológico, conocido también como calidad fisiológica de la semilla, se refiere al metabolismo de la misma. Este atributo incluye principalmente la capacidad de germinación, el vigor y la dormancia o latencia que puede presentar un lote de semillas. Por otro lado, el cuarto atributo de la calidad de la semilla es el componente sanitario, que evalúa la salud del lote; las



semillas infectadas por microorganismos pueden tener un bajo vigor o no ser viables, lo que hace necesario que todas las semillas comercializadas tengan niveles de patógenos aceptablemente bajos (Cahuide, 2024).

2.2.9.1. Prueba de germinación

En el ámbito de la tecnología de semillas, la germinación se define como la aparición y el crecimiento de las estructuras fundamentales del embrión, lo que demuestra su capacidad para dar lugar a una plántula normal en condiciones ambientales adecuadas (Peske et al., 2012).

La finalidad de la prueba de germinación es evaluar el potencial máximo de germinación de un lote de semillas; en este sentido, el porcentaje obtenido indica tanto la rapidez de la germinación como la viabilidad de las semillas en condiciones de campo (Gómez, 2017).

Delouche (1974) señala que la prueba de germinación es un indicador poco sensible y a menudo engañoso del vigor de las semillas, ya que se centra en las consecuencias finales del deterioro, sin considerar la pérdida de vigor que puede ocurrir antes de que la capacidad de germinación comience a disminuir (Cahuide, 2024).

CAPÍTULO III

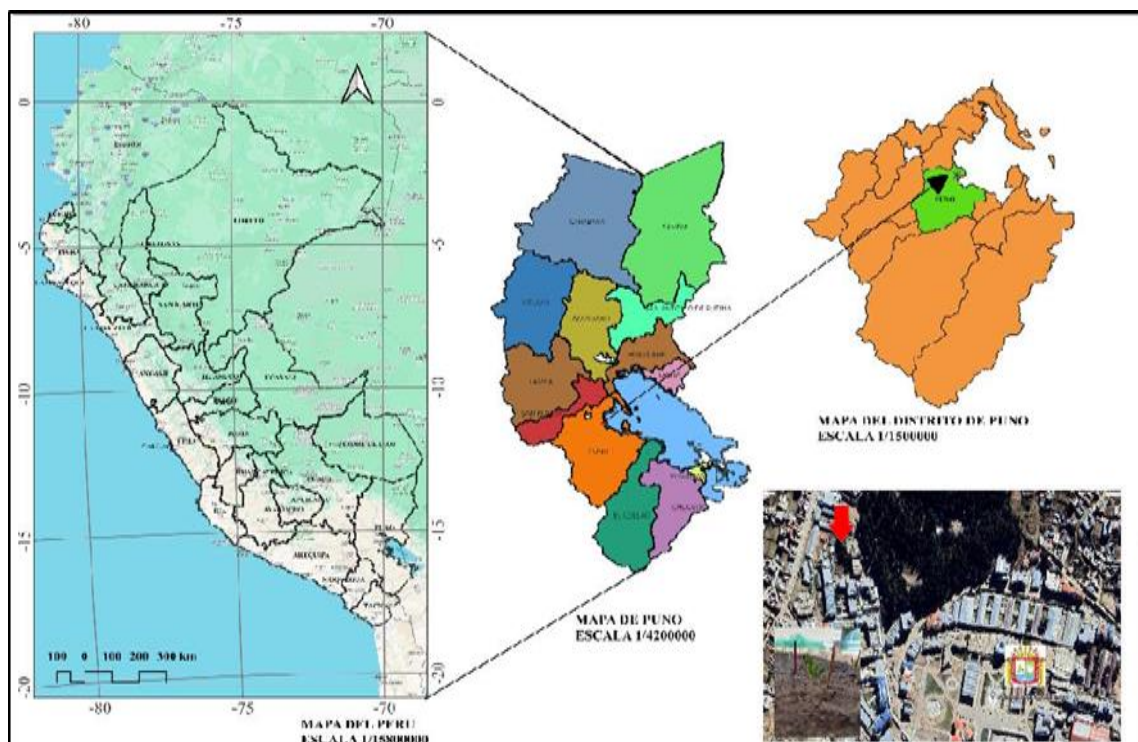
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de análisis de semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, en Puno. Se encuentra geográficamente en la región de Puno, con las siguientes coordenadas: Latitud: $15^{\circ}49'28.98''$ S, Longitud: $70^{\circ}00'58.21''$ W y una Altitud: 3830 metros sobre el nivel del mar. Ubicado en la zona agroecológica Suni, que se caracteriza por un clima templado frío, con temperaturas promedio que oscilan entre 16 y 7°C . Durante la temporada de lluvias, la producción de cultivos nativos es favorable, aunque disminuye durante el invierno y el otoño.

Figura 6

Mapa de ubicación del trabajo de investigación





3.2. MATERIALES

3.2.1. Semillas de quinua

Para la presente investigación se utilizó cincuenta accesiones de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma procedentes del Centro Experimental de Camacani, de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno (Anexo 14).

Tabla 1

Código de cincuenta accesiones de semillas de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

N°	Código de accesión	N°	Código de accesión
1	03-21-0001	26	03-21-0032
2	03-21-0002	27	03-21-0035
3	03-21-0003	28	03-21-0036
4	03-21-0004	29	03-21-0037
5	03-21-0005	30	03-21-0040
6	03-21-0006	31	03-21-0042
7	03-21-0007	32	03-21-0043
8	03-21-0008	33	03-21-0044
9	03-21-0009	34	03-21-0046
10	03-21-0010	35	03-21-0049
11	03-21-0012	36	03-21-0050
12	03-21-0013	37	03-21-0051
13	03-21-0014	38	03-21-0052
14	03-21-0015	39	03-21-0055
15	03-21-0016	40	03-21-0047
16	03-21-0017	41	03-21-0058
17	03-21-0018	42	03-21-0059
18	03-21-0019	43	03-21-0061
19	03-21-0020	44	03-21-0062
20	03-21-0022	45	03-21-0064
21	03-21-0025	46	03-21-0065
22	03-21-0026	47	03-21-0069
23	03-21-0029	48	03-21-0072
24	03-21-0030	49	03-21-0074
25	03-21-0031	50	03-21-0076



3.2.2. Equipos

- Cámara germinadora “SEEDBURO modelo SDA8700”.
- Balanza analítica “RADWAG”.
- Balanza de digital “METTLER modelo JB 3002-G”.
- Estereoscopio “EROLAB”.
- Lupa con iluminación especial.
- Balanza hectolítrica “SHOOPER”.
- Tamices N° 1.18 mm, 800 μm , 710 μm “TEST SIEVE” y 1.00 mm “PRUFSIEBRING A”.
- Pipeta graduada.
- Laptop.
- Cámara fotográfica “SAMSUNG”

3.2.3. Insumos

- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio
- Alcohol

3.2.4. Implementos de trabajo

- Placas Petri de vidrio
- Papel sobre manila para semilla
- Papel filtro
- Pinzas
- Guantes de procedimiento
- Cuaderno de campo
- Cinta masking



- Mandil
- Tijera
- Lápiz
- Plumón indeleble
- Papel bond A4
- Cartulina blanca 50*65cm
- Guantes quirúrgicos
- Gorro quirúrgico

3.3. METODOLOGÍA

Para determinar la pureza física y la prueba de germinación de las cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano, se ha utilizado la metodología de análisis de semilla de quinua establecida por (Marca et al., 1993) y la determinación del peso de 1000 semillas y el número de semillas por gramo, se efectuó según las Reglas Internacionales de Análisis de Semilla (International Seed Testing Association 2009).

3.3.1. Metodología para determinar los parámetros de la calidad física de la semilla

3.3.1.1. Análisis de pureza

El análisis de pureza consistió en un examen pormenorizado de todos los elementos que componen la muestra de trabajo, para ello, se ha seguido el siguiente procedimiento:

Preparación de la muestra

La muestra de semilla para el análisis de pureza de las cincuenta accesiones de quinua, fueron debidamente identificadas y después de la homogenizadas, se obtuvo una muestra representativa de 12 gramos para cada accesión (Figura 7).

Figura 7

Recepción y registro de accesiones de semilla de quinua en el laboratorio de análisis de semillas



Separación de los componentes de la muestra

En una mesa de trabajo, con la ayuda de lupa, pinza y tamices, las muestras fueron separadas en tres componentes: semilla pura, otras semillas y material (Figura 8).

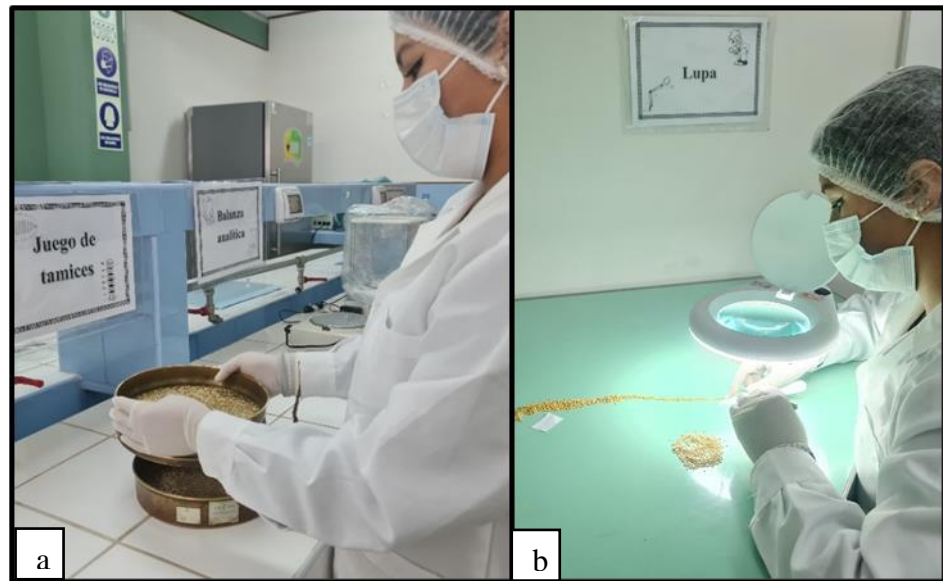
Se consideró como semilla pura, aquellas pertenecientes a la especie y de mayor predominancia en la muestra; semilla de tamaño inferior a la normal, fragmentos de semillas partidas mayores a la mitad, semillas inmaduras, semillas partidas mayores que la mitad del tamaño normal.

En otras semillas, fueron consideradas aquellas que no corresponden a la accesión, especialmente en color, semillas de otras especies, semillas partidas cuyo tamaño es inferior a la mitad, semillas de malezas (Anexo 17).

En material inerte se incluyó, semillas completamente dañadas por insectos u hongos, semillas partidas cuyo tamaño es inferior a la mitad del tamaño normal, pedazo de hoja, tallo, pedicelos y perigonio; partículas de tierra, arena y cualquier material que no sea semilla (Anexo 16).

Figura 8

Análisis de pureza física de las semillas. (a) tamizado de semilla, (b) selección de semilla pura, otras semillas y material inerte



Cálculo de pureza física

En una balanza analítica, se pesó el resultado del componente semilla pura, otras semillas y material inerte, en gramos, los cálculos se han efectuado con el peso final de los componentes (Tabla 2; Anexo 1).

Tabla 2

Separación de los componentes de análisis de pureza de las accesiones del banco de germoplasma del C.E de Camacani Puno, Perú

Componentes	Gramos	%
Peso inicial	12.0	- - -
Semilla pura	11.2	95.7
Otras semillas	0.3	2.6
Material inerte	0.2	1.7
Peso final	11.7	100

Comparaciones entre el peso inicial y final de la muestra:

- 3% del peso inicial corresponde a 3.6
- La diferencia entre el peso inicial y el peso final es: $0.30 < 3.6$, por lo tanto, el análisis se desarrolló correctamente, caso contrario se repite el análisis.

Los cálculos: se realizaron mediante las fórmulas propuestas por Peske et al., (2012) y los resultados se expresan con un decimal.

$$\% \text{ Semilla Pura} = \frac{\text{Peso de semillas puras}}{\text{Peso final de la muestra}} \times 100$$



$$\% \text{ Otras Semillas} = \frac{\text{Peso de otras semillas}}{\text{Peso final de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Material Inerte} = \frac{\text{Peso de la materia inerte}}{\text{Peso final de la muestra}} \times 100$$

3.3.1.2. Análisis del peso de 1000 semillas

Para determinar el peso de 1000 semillas de las cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma, se basó en el procedimiento establecido por ISTA (2009) y Peske et al. (2012) como sigue:

- a. Se contó al azar ocho repeticiones de 100 semillas provenientes de la fracción de semilla pura del análisis de pureza.
- b. Se peso cada una de las repeticiones por separado, los datos se registraron en una ficha previamente preparada.
- c. Con los datos obtenidos se calculó el promedio, la variancia, desviación estándar, el coeficiente de variabilidad.
- d. El peso de 1000 se calculó con la siguiente fórmula: Peso de 100 semillas con 8 repeticiones: promedio x 10.

3.3.1.3. Análisis de número de semillas por gramo

De acuerdo con ISTA, (2009) de la fracción de semilla pura del análisis de pureza, se tomó al azar una porción de semilla, luego en una balanza de precisión se pesó un gramo de semilla de cada una de las accesiones, con cuatro repeticiones; seguidamente se realizó el conteo del número de semillas contenidas en un gramo (Figura 9).

Para el análisis estadístico se calculó el promedio del número de semillas por gramo de las cuatro repeticiones.

Figura 9

Conteo de numero de semillas por un gramo de cincuenta accesiones de semilla de quinua



3.3.1.4. Valor cultural

En este estudio, el valor cultural (VC) se empleó como un indicador para evaluar la calidad integral de un lote de semillas, combinando dos aspectos fundamentales: la pureza física y la capacidad de germinación. Este índice refleja el potencial de las semillas para germinar y desarrollar plántulas vigorosas bajo condiciones óptimas. El valor cultural es un parámetro crucial en la producción agrícola, la conservación de recursos genéticos en bancos de germoplasma y la certificación de semillas comerciales (Hartmann et al., 2011).

$$\text{Valor cultural} = \frac{\% \text{ semilla pura} \times \% \text{ germinación}}{100}$$



3.3.2. Metodología para determinar los parámetros de la calidad fisiológica de la semilla

3.3.2.1. Determinación de prueba de germinación

Para determinar el parámetro de la calidad fisiológica de las cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma se utilizó la prueba de germinación. Para ello, se aplicó la metodología establecida por Marca et al, (1993) y las reglas de análisis de semilla de la ISTA (2009), como sigue:

Muestra

Para la muestra de trabajo se utilizó 300 semillas, tomadas al azar de la porción de semilla pura del análisis de pura, con tres repeticiones de 100 semillas cada uno.

Sustrato

Por el tamaño pequeño de la semilla de quinua, se utilizó como sustrato el papel filtro, el cual fue colocado en la base de placas Petri, luego humedecido con una cantidad de agua destilada de 3 veces el peso de sustrato, con el cuidado de que no forme película de agua.

Siembra

Las cien semillas de cada repetición fueron distribuidas uniformemente en las placas Petri, debidamente identificadas con su código de accesión, fueron colocadas en la Cámara germinadora marca

Seedburo, previamente regulada a la temperatura constante de 20°C (Figura 10 y 11).

Figura 10

Distribución de 100 semillas con tres repeticiones en placas Petri en el Laboratorio de Análisis de Semilla.



Figura 11

Introducción de placas Petri a la cámara germinadora



Duración de la prueba y conteo

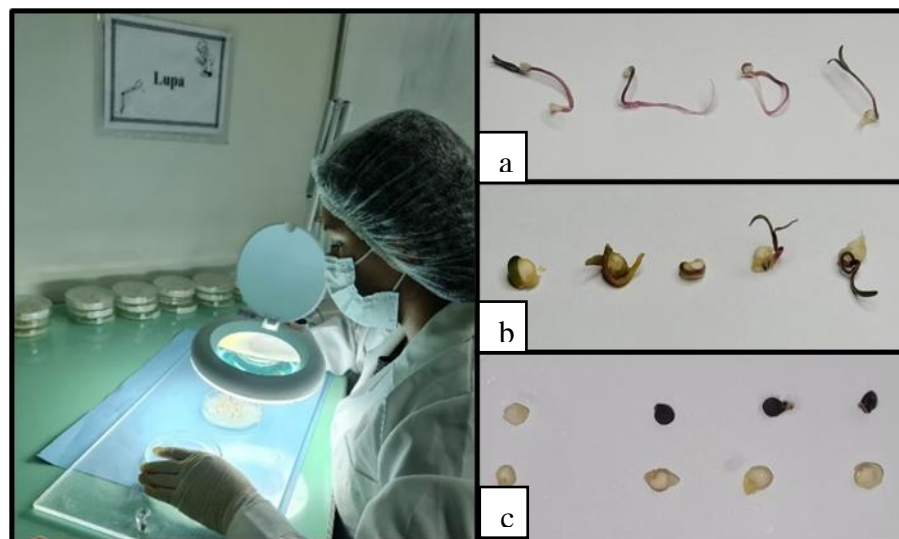
La duración de germinación para semilla de quinua fue de 72 horas. El primer conteo se realizó a las 48 horas, donde se registró solamente las plántulas normales y el conteo final a las 72 horas, donde se contó plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas.

Interpretación de la prueba

La interpretación de la prueba de germinación, consistió en identificar y separar en plántulas normales, plántulas anormales y semillas no germinadas (Figura 12; Anexo19).

Figura 12

Conteo final a las 72 horas a) plántula normales b) plántulas anormales c) semillas no germinadas



Se consideró como plántulas normales, aquellas que presentan todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, en forma completa y sana, tales como, el sistema radicular, el hipocótilo y el epicótilo bien formado y sin daños; plántulas que presenten crecimiento proporcional



entre la radícula y la parte aérea; plántulas con lesiones superficiales en la radícula, hipocótilo y epicótilo, que no afecten el sistema vascular (Anexo 20).

Plántulas anormales, aquellos que presentan radícula bien desarrollada y con hipocótilo poco desarrollado o sin hipocótilo; plántulas con hipocótilo bien desarrollado, pero sin radícula; plántulas con radícula e hipocótilo apenas emergiendo; plántulas con radícula e hipocótilo retorcidas; plántulas con radícula e hipocótilo con daños profundas (Anexo 21).

Semillas no germinadas, aquellas que al final de la prueba no germinaron, que pueden ser semillas muertas, deterioradas o atacados por hongos (Anexo 22).

Para los criterios de evaluación y análisis, la interpretación de la prueba de germinación se llevó a cabo diferenciando las 1) plántulas normales, que presentaban una radícula, cotiledones e hipocotíleo bien desarrollados, 2) plántulas anormales, que mostraban la ausencia de alguna parte de la plántula o deformidades. Además, se clasificaron 3) semillas que no germinaron durante el conteo como semillas no germinadas.

Como ultimo análisis el porcentaje de germinación se calculó como el promedio de las tres repeticiones de 100 semillas para cada accesión, reflejando la calidad fisiológica de las semillas (Anexo 1).



3.4. MODELOS EXPERIMENTALES PARA LOS PARAMETROS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS EVALUADOS

Para la variable análisis de pureza es analizada utilizando estadística descriptiva e histograma para caracterizar la distribución de la pureza en cada una de las accesiones de quinua.

Las variables número de semillas, peso de mil semillas y poder germinativo serán analizadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completamente al azar (DCA) con cincuenta accesiones de cuatro, ocho y tres repeticiones respectivamente.

El modelo lineal aditivo correspondiente es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \rho_j + \tau\rho_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1, \dots, 4; j=1, \dots, r;$$

Donde:

μ : Es el efecto de la media general

τ_i : Efecto cultivar

ρ_j : Efecto tamaño semilla

$\tau\rho_{ij}$: Es el efecto de la interacción de primer orden del j-esima cultivar en la j-ésimo tamaño

$\varepsilon(ijk)$: Error experimental.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

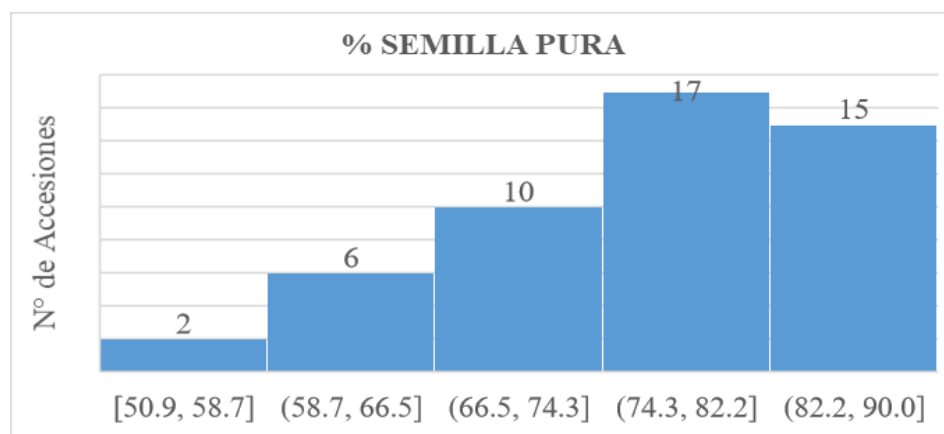
4.1. ANÁLISIS DE LA CALIDAD FÍSICA DE LAS ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL C.E. CAMACANI PUNO, PERÚ

4.1.1. Análisis de pureza física de la semilla

En la Figura 13, se muestra el análisis de semilla pura de cincuenta accesiones de quinua, donde 17 accesiones (03-21-0014, 03-21-0061, 03-21-0072, 03-21-0040, 03-21-0058, 03-21-0050, 03-21-0065, 03-21-0044, 03-21-0057, 03-21-0036, 03-21-0012, 03-21-0016, 03-21-0008, 03-21-0062, 03-21-0069 y 03-21-0046 y 03-21-35) obtuvieron porcentajes de semilla pura que varía de 74.3% a 82.2%; Por otro lado, tenemos a las accesiones 03-21-0064 y 03-21-0018 con el porcentaje más bajo de semilla pura de 50.9 % y 58.7 % respectivamente.

Figura 13

Histograma de porcentaje de semilla pura de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E de Camacani Puno, Perú





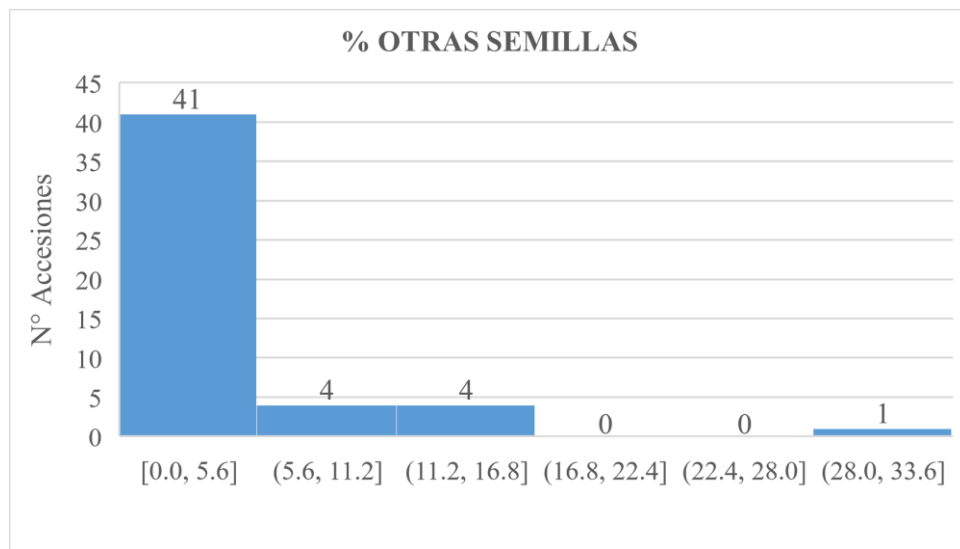
La FAO (2014), establece que semillas destinadas a bancos de germoplasma, el porcentaje de pureza debe alcanzar al menos el 98%, asegurando así la calidad del material conservado. Por otro lado, el ISTA (2019) sugiere que las semillas en bancos de germoplasma deben tener un nivel de pureza alto, generalmente del 98%, para garantizar su uso eficaz en programas de conservación y mejora genética. Así mismo Baskin y Baskin (2014), en su libro enfatizan la importancia de la pureza y viabilidad de las semillas en bancos de germoplasma, recomendando una pureza mínima de 95% para asegurar la regeneración y mantenimiento de la diversidad genética; En el presente trabajo de investigación se obtuvo como resultado 80% a 90% de porcentaje de pureza en las accesiones evaluadas; Ante estos casos las organizaciones como el ISTA (2015) y la FAO (2014) sugieren técnicas de separación mecánica (como cribado y tamizado) para eliminar materiales no deseados, fragmentos de semillas y otras impurezas.

En la Figura 14, se muestra el análisis otras semillas en cincuenta accesiones de quinua, donde 41 accesiones: 03-21-0059, 03-21-0009, 03-21-0004, 03-21-0007, 03-21-0074, 03-21-0019, 03-21-0030, 03-21-0005, 03-21-0064, 03-21-0006, 03-21-0016, 03-21-0017, 03-21-0018, 03-21-0019, 03-21-0020, 03-21-0022, 03-21-0025, 03-21-0029, 03-21-0031, 03-21-0032, 03-21-0035, 03-21-0037, 03-21-0040, 03-21-0022, 03-21-0046, 03-21-0055, 03-21-0029, 03-21-0020, 03-21-0025, 03-21-0051, 03-21-0026, 03-21-0049, 03-21-0030, 03-21-0001, 03-21-0015, 03-21-0003, 03-21-0031, 03-21-0037, 03-21-0044, 03-21-0043 y 03-21-0069, se encuentran en el rango más bajo con porcentajes que varía de 0% a 5.6% con contenido de otras semillas; sin embargo la accesión 03-21-0064 obtuvo el mayor porcentaje con un total de 33.5 % de presencia de otras

semillas, seguido por las accesiones 03-21-0019 y 03-21-0020 con porcentajes de 15.7% y 13.9% respectivamente.

Figura 14

Histograma de porcentaje de otras semillas de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

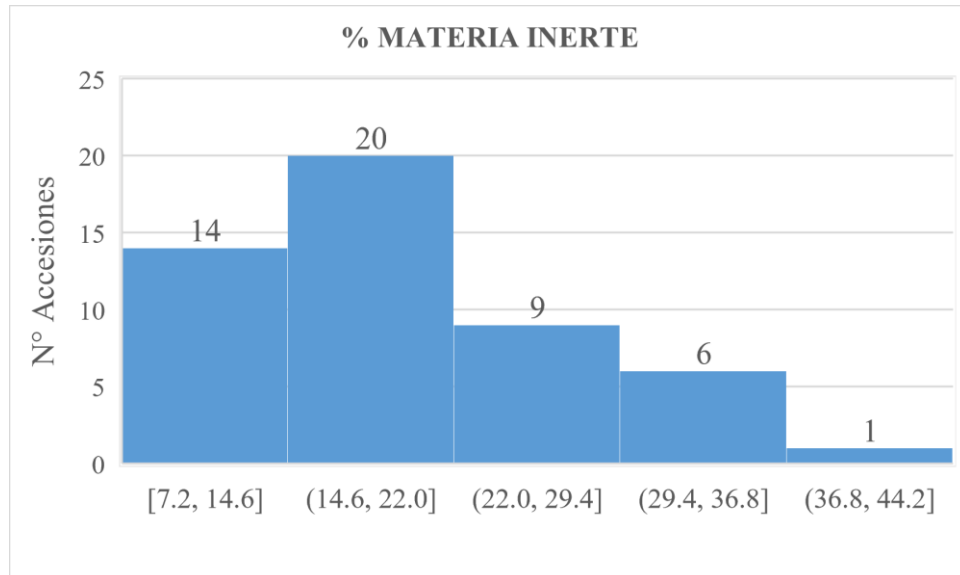


Ellis et al. (1985), proporcionan información detallada sobre los niveles de impurezas permitidos en diversas especies de semillas, incluidas las legumbres, con un límite generalmente aceptable de hasta el 3%; no obstante, los porcentajes obtenidos en esta investigación superan ampliamente el porcentaje límite.

En la Figura 15, se muestra el análisis de materia inerte de cincuenta accesiones de quinua, donde 20 accesión (03-21-0015, 03-21-0016, 03-21-0017, 03-21-0018, 03-21-0019, 03-21-0020, 03-21-0022, 03-21-0025, 03-21-0026, 03-21-0029, 03-21-0030, 03-21-0031, 03-21-0032, 03-21-0035, 03-21-0036, 03-21-0037, 03-21-0040, 03-21-0042, 03-21-0043, 03-21-0044) que se encuentran en el rango más alto con porcentajes que varían desde los 14.6% a 22%; La accesión 03-21-0018 obtuvo como resultado 43.4% de materia inerte siendo este el máximo.

Figura 15

Histograma de porcentaje de materia inerte de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú



La FAO (2014), recomienda que el porcentaje de impurezas en bancos de germoplasma no exceda el 3%, para asegurar que las muestras mantengan su pureza genética y se conserven adecuadamente a largo plazo; sin embargo, según los resultados de la presente investigación, la materia inerte presente supera en gran escala a lo recomendado.

4.1.2. Peso de mil semillas

En la Tabla 3, se observa el análisis de varianza para el peso de 1000 semillas de accesiones de quinua, que indica una diferencia estadística altamente significativa y un coeficiente de variabilidad de 4.08% lo que evidencia que el peso de 1000 semillas varía en cada accesión.

Tabla 3

Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas de accesiones de quinua del Banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Accesiones	49	33.95	0.69	76.21	0.0001
Error	350	3.18	0.01		
Total	399	37.14			
Media:	2.34		CV:	4.08	

En la Tabla 4, se percibe el resultado de la prueba de medias de Scott & Knott para peso de 1000 semillas de 50 accesiones de quinua, donde las accesiones se agrupan en 11 grupos; dentro la agrupación A se encuentra la accesión 03-21-0032 con el mayor peso de 1000 semillas con un promedio de 3.11 g, accesión que estadísticamente supera a las demás, seguido por la agrupación B donde se encuentran las accesiones 03-21-0058, 03-21-0014, 03-21-0044 y 03-21-0005 con promedios de 2.76 g, 2.76 g, 2.76 g y 2.71 g respectivamente; sin embargo en la última agrupación K, se encuentran las accesiones 03-21-0052 y 03-21-0059 con los promedios más bajos de 1.66 g y 1.60 g respectivamente.

Tabla 4

Prueba de medias de Scott & Knott para peso de 1000 semillas del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

Accesión	Media	Scott & Knott
03-21-0032	3.11	a
03-21-0058	2.76	b
03-21-0014	2.76	b
03-21-0044	2.76	b
03-21-0005	2.71	b



Accesión	Media	Scott & Knott
03-21-0003	2.63	c
03-21-0025	2.61	c
03-21-0076	2.61	c
03-21-0046	2.6	c
03-21-0057	2.59	c
03-21-0042	2.56	c
03-21-0065	2.51	d
03-21-0004	2.51	d
03-21-0018	2.5	d
03-21-0026	2.5	d
03-21-0009	2.5	d
03-21-0012	2.49	d
03-21-0013	2.46	d
03-21-0036	2.46	d
03-21-0001	2.43	e
03-21-0015	2.41	e
03-21-0019	2.41	e
03-21-0074	2.4	e
03-21-0030	2.4	e
03-21-0069	2.4	e
03-21-0031	2.36	e
30-21-0049	2.31	f
03-21-0029	2.31	f
03-21-0061	2.3	f
03-21-0064	2.29	f
03-21-0072	2.29	f
03-21-0022	2.26	f
03-21-0017	2.21	g
03-21-0006	2.2	g
03-21-0010	2.19	g
03-21-0051	2.19	g
03-21-0020	2.19	g



Accesión	Media	Scott & Knott
03-21-0043	2.16	g
03-21-0062	2.16	g
03-21-0007	2.16	g
03-21-0050	2.16	g
03-21-0016	2.11	h
03-21-0037	2.11	h
03-21-0002	2.1	h
03-21-0040	2.1	h
03-21-0008	1.98	i
03-21-0035	1.76	j
03-21-0055	1.7	j
03-21-0052	1.66	k
03-21-0059	1.6	k

El ISTA (2019), sostiene que el peso de 1000 semillas es una medida ampliamente utilizada en la caracterización de accesiones en bancos de germoplasma, ya que permite obtener una estimación precisa del tamaño y densidad promedio de las semillas de una especie determinada; La FAO (2014) señala que, en el caso de la quinua, la variabilidad en el peso de 1000 semillas puede ser considerable entre accesiones, ya que las semillas más grandes tienden a ser más pesadas, pero no asegura un porcentaje de germinación alto; lo cual concuerda con los hallazgos obtenidos en este trabajo; González et al. (2020), afirman que las semillas con un peso de 2.5 a 3.0 g por 1000 semillas tenían una tasa de germinación superior al 90%, mientras que las semillas más ligeras (menos de 1.5 g por 1000 semillas) presentaban una germinación más baja; así mismo Arcaya (2018), manifiesta que la variedad Salcedo INIA tuvo mayor peso promedio de 1000 semilla clasificado por tamaños con 2.11 g; Chura (2019), indica que el mayor peso de 1000 semillas, corresponde a la variedad Cupi con

0.92 g y el menor peso al ecotipo rosado de Kelluyo con 0.60 g; En los resultados de esta investigación se demuestra que, las accesiones presentaron variabilidad de peso entre 2.5% a 31% teniendo como resultado más del 95% de poder germinativo y la accesión con el peso más bajo de 1.6%, logró obtener un 100% de poder germinativo.

4.1.3. Número de semillas por gramo de cincuenta accesiones de quinua

En la Tabla 5, se observa el análisis de varianza para el número de semillas por gramo de accesiones de semilla de quinua, este indica una diferencia estadística altamente significativa y un coeficiente de variabilidad de 0.19% lo que evidencia que el número de semillas por gramo varía en cada accesión.

Tabla 5

Análisis de varianza para el número de semillas por gramo del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Accesiones		49	378.95	7.73	4795.2	0.0001 **
Error		150	0.24	1.6		
Total		199	379.19			
Media real		444.1				
Media transformada		21.03				
CV		0.19				

En la Tabla 5, se muestra la prueba de medias de Scott & Knott para número de semillas por gramos agrupados en 29 grupos, en el grupo A se encuentra la accesión 03-21-0059 que obtuvo mayor el número de semillas por gramo con un promedio de 655.5 semillas, el cual es estadísticamente superior a

las demás accesiones de semillas de quinua, en el grupo B se encuentra la accesión 03-21-0052 con 569.75 semillas promedio y la accesión 03-21-0055 con 568.5 semillas promedio; en los últimos grupos a y b se ubican las accesiones 03-21-0044 con 360.25 y la accesión 03-21-0032 con 332.5 semillas promedio.

Tabla 6

Análisis de varianza para el número de semilla por gramo del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

Accesión	Media	Media transformada	Scott & Knott
	real (N° prom.)		
03-21-0059	655.5	25.6	a
03-21-0052	569.75	23.87	b
03-21-0055	568.5	23.84	b
03-21-0058	550.5	23.46	c
03-21-0035	542	23.28	d
03-21-0008	527.75	22.97	e
03-21-0040	507.25	22.52	f
03-21-0062	505.5	22.48	f
03-21-0037	483.25	21.98	g
03-21-0006	475.5	21.81	h
03-21-0007	472.75	21.74	h
03-21-0015	469.5	21.67	i
03-21-0016	469.5	21.67	i
03-21-0020	458.75	21.42	j
03-21-0017	458.5	21.41	j
03-21-0051	457.75	21.4	j
03-21-0072	457.5	21.39	j
03-21-0064	454.5	21.32	k
03-21-0050	452.5	21.27	k
03-21-0002	449.25	21.2	l



Accesión	Media real (N° prom.)	Media transformada	Scott & Knott
03-21-0022	447.5	21.15	l
03-21-0043	446.75	21.14	l
03-21-0029	445.25	21.1	l
03-21-0014	434.5	20.85	m
03-21-0049	434.5	20.85	m
03-21-0074	431.5	20.77	n
03-21-0061	427.5	20.68	o
03-21-0069	426.5	20.65	o
03-21-0018	424.5	20.6	o
03-21-0003	421.75	20.54	p
03-21-0065	421.25	20.52	p
03-21-0030	418.25	20.45	q
03-21-0004	413.5	20.33	r
03-21-0026	410.25	20.25	s
03-21-0010	409.75	20.24	s
03-21-0031	408.5	20.21	s
03-21-0036	407.75	20.19	t
03-21-0013	407.5	20.19	t
03-21-0019	406.5	20.16	t
03-21-0057	405.5	20.14	t
03-21-0009	400.25	20.01	u
03-21-0076	398.5	19.96	u
03-21-0025	396.75	19.92	u
03-21-0012	390.5	19.76	w
03-21-0001	386	19.65	x
03-21-0046	374.5	19.35	y
03-21-0005	372.5	19.3	y
03-21-0042	365.75	19.12	z
03-21-0044	360.25	18.98	A
03-21-0032	332.5	18.23	B



“Handbook of seed technology for genebanks”, Ellis et al. (1985), afirma que el número de semillas por gramo es una medida clave en la caracterización de accesiones en bancos de germoplasma, ya que proporciona información sobre el tamaño y peso promedio de las semillas, lo cual es esencial para los programas de conservación y mejoramiento genético; Según los resultados obtenidos la evaluación de cincuenta accesiones, se afirma que el número de semillas por gramo es relevante para la caracterización y evaluación de accesiones de quinua; Baskin y Baskin (2014), determina el tamaño y el número de semillas por gramo que puede influir en la germinación y el vigor de las semillas, abordando las implicaciones de las semillas más grandes y pequeñas; Pese a que se espera un menor porcentaje de germinación por la mayor cantidad de números de semilla por gramo, en los resultados se puede observar que, la accesión 03-21-0059 con mayor número de semillas obtuvo un 100% de porcentaje de germinación.

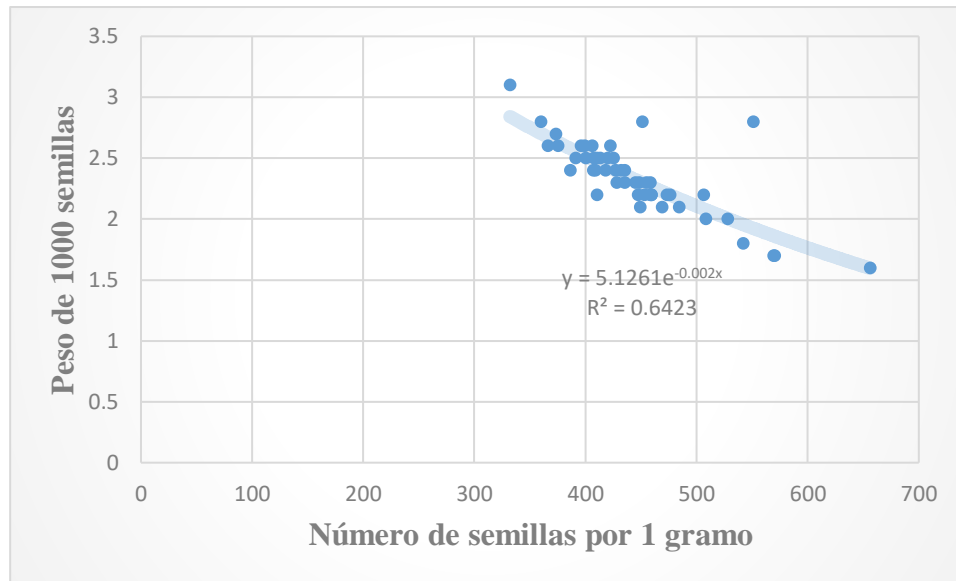
4.1.4. Relación entre número de semilla por un gramo y peso de 1000 semillas

Se muestra en la Figura 17, en relación entre el número de semillas por gramo y el peso de 1000 semilla, se observa que la accesión 03-21-0032 obtuvo 332 números de semilla por gramo y 3.1g peso de 1000 semilla; así mismo la accesión 03-21-0014 obtuvo 45 números de semilla por gramo y 2.8 g peso de 1000 semillas y la accesión 03-21-0058 obtuvo 551 números de semillas y 2.8 g de 1000; Estas accesiones resaltan entre las que están por encima del rango. Las accesiones 03-21-0001 obtuvo 386 semillas por gramo y 2.4g peso 1000 semillas; la accesión 03-21-0010 obtuvo 410 semillas por gramo y 2.1g peso de 1000 semillas y 03-21-002 obtuvo 449 semillas por gramo y 2.1g de peso de 1000

semillas; Estas accesiones son las que más resaltan de las que están debajo del rango.

Figura 16

Relación entre número de semillas y peso de 1000 semillas del Banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú



Hampton y Tekrony (1995), señalan que existe una relación inversa entre el número de semillas por gramo y el peso de 1000 semillas y que un mayor número de semillas por gramo indica semillas más pequeñas y, por ende, un menor peso en la medida de Peso de 1000 semillas, además esta relación es útil para la caracterización de accesiones; Según los resultados obtenidos, las accesiones obtuvieron una relación inversa sin embargo con un coeficiente de variación alto lo que indica que existen accesiones que están por encima del rango esperado y otras por debajo de este.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCUENTA ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DEL BANCO DE GERMOPLASMA C.E. CAMACANI PUNO, PERÚ

4.2.1. Prueba de germinación

En la Tabla 7, se muestra el análisis de varianza para la prueba de germinación de las cincuenta de accesiones de quinua, donde se observa una diferencia estadística altamente significativa para accesiones, lo cual indica que existe variación en el porcentaje de germinación entre las accesiones de semilla de quinua, asimismo se observa que el coeficiente de variabilidad es de 1.37%.

Tabla 7

Análisis de varianza para la prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Accesiones	49	332.99	6.8	3.73	<0.0001
Error	100	182	1.82		
Total	149	514.99			
Media	98.33				
CV	1.37				

En la Tabla 7, se observa el resultado de la prueba de medias de Scott & Knott para la prueba de germinación de 50 accesiones de quinua, en la cual los resultados de 34 accesiones están dentro de la agrupación A, con porcentajes más altos de 98.33% a 100%, en la agrupación B se encuentran 11 accesiones con un porcentaje de germinación medio de 96.33% a 97.67% y finalmente en la agrupación C, se encuentran 5 accesiones dentro de 94% a 96%.



Tabla 8

*Prueba de medias de Scott & Knott para prueba de germinación de cincuenta
accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani*

Puno, Perú

Prueba de germinación		
Accesión	Media real	Scott & Knott
03-21-0062	100	a
03-21-0059	100	a
03-21-0050	100	a
03-21-0026	100	a
03-21-0064	100	a
03-21-0072	100	a
03-21-0049	99.67	a
03-21-0040	99.67	a
03-21-0036	99.67	a
03-21-0076	99.67	a
03-21-0058	99.67	a
03-21-0057	99.67	a
03-21-0055	99.67	a
03-21-0020	99.33	a
03-21-0025	99.33	a
03-21-0052	99.33	a
03-21-0035	99.33	a
03-21-0029	99.33	a
03-21-0017	99.33	a
03-21-0007	99	a
03-21-0030	99	a
03-21-0046	99	a
03-21-0074	99	a
03-21-0042	98.67	a
03-21-0044	98.67	a
03-21-0019	98.67	a



Prueba de germinación		
Accesión	Media real	Scott & Knott
03-21-0061	98.67	a
03-21-0043	98.33	a
03-21-0051	98.33	a
03-21-0065	98.33	a
03-21-0018	98.33	a
03-21-0022	98.33	a
03-21-0014	98.33	a
03-21-0037	98.33	a
03-21-0009	97.67	b
03-21-0004	97.67	b
03-21-0008	97.33	b
03-21-0006	97.33	b
03-21-0012	97.33	b
03-21-0015	97	b
03-21-0069	97	b
03-21-0010	97	b
03-21-0016	97	b
03-21-0005	96.67	b
03-21-0032	96.33	b
03-21-0031	96	c
03-21-0001	95.67	c
03-21-0002	95	c
03-21-0003	94.67	c
03-21-0013	94	c

Alanoca et al. (2013), mencionan que el 71.6% de las accesiones de quinua evaluadas, presentaron porcentajes de germinación menores al 80%, por lo que requieren ser refrescadas a la brevedad posible; Arcaya (2018), manifiesta que para la calidad fisiológica, la variedad Pasankalla con semilla de tamaño grande tuvo 96% de germinación; la variedad Salcedo INIA con semilla de tamaño grande



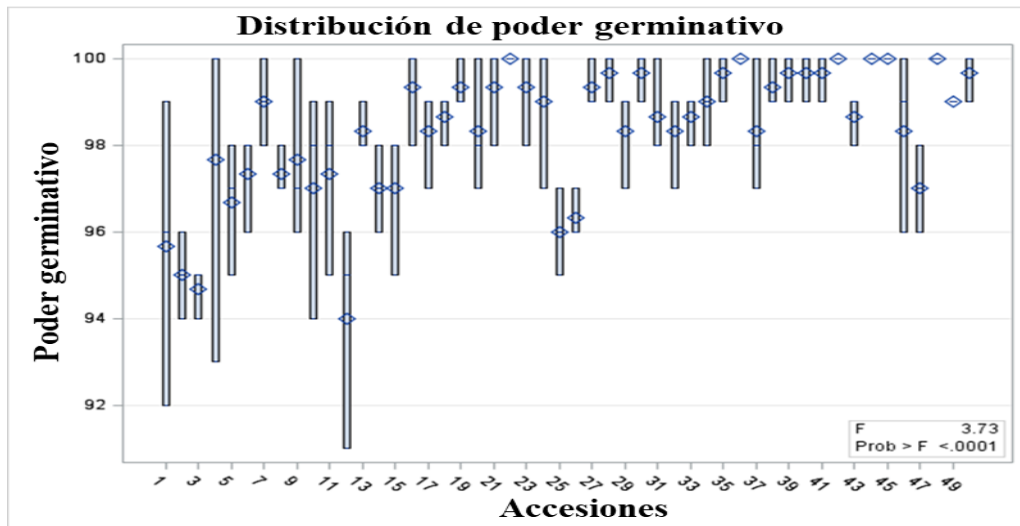
tuvo 90% de germinación; y la variedad Negra Collana con semilla grande tuvo 83%; En la presente investigación, de las cincuenta accesiones se obtuvo una variación de 94% a 100% de poder germinativo, sin embargo dentro de ellas se encuentra un accesión de tamaño pequeño con un 100% de poder germinativo (Anexo 18).

4.2.2. Distribución de poder germinativo de cincuenta accesiones de semilla de quinua.

En la Figura 18, se observa la variabilidad del poder germinativo de las cincuenta accesiones de quinua; dentro de las accesiones con mayor variabilidad esta 5 con una variabilidad de 93% a 100%, seguido de la accesión 1 con una variabilidad de 92% a 99%, la accesión 12 con 91% a 96% de variabilidad, accesión 10 con 94% a 100% de variabilidad y las accesiones 9 y 46 con una variabilidad de 96% a 100%; Por otra parte tenemos a las accesiones 22, 36, 42, 44, 45 y 48 con 0 % de variabilidad y un 100% de poder germinativo; sin embargo se obtuvo accesiones de baja variabilidad y bajo porcentaje de germinación como es la accesión 3 con una variabilidad de 94% a 95%.

Figura 17

Distribución de poder germinativo de cincuenta accesiones del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú



El ISTA (2019), establece que aquellas semillas expuestas a variaciones extremas pueden mostrar un descenso en su viabilidad, generando mayor variabilidad en el porcentaje de germinación; según los resultados de la prueba de germinación del presente proyecto, se obtuvo una gran variación del porcentaje de germinación de algunas accesiones concluyendo que la viabilidad de estas accesiones es baja y según el ISTA. Estas accesiones podrían requerir un mejor almacenamiento.

4.2.3. Agrupamiento de las accesiones de acuerdo al porcentaje de germinación, peso de 1000 semillas y número de semillas por gramo.

En la Figura 18, se observa el eje horizontal muestra las accesiones individuales, cada una identificada con un número (este es el orden de número de cada accesión que va del 1 al 50), estos están agrupados por colores que representa la similitud de número de semillas por 1g, El eje vertical representa la disimilitud



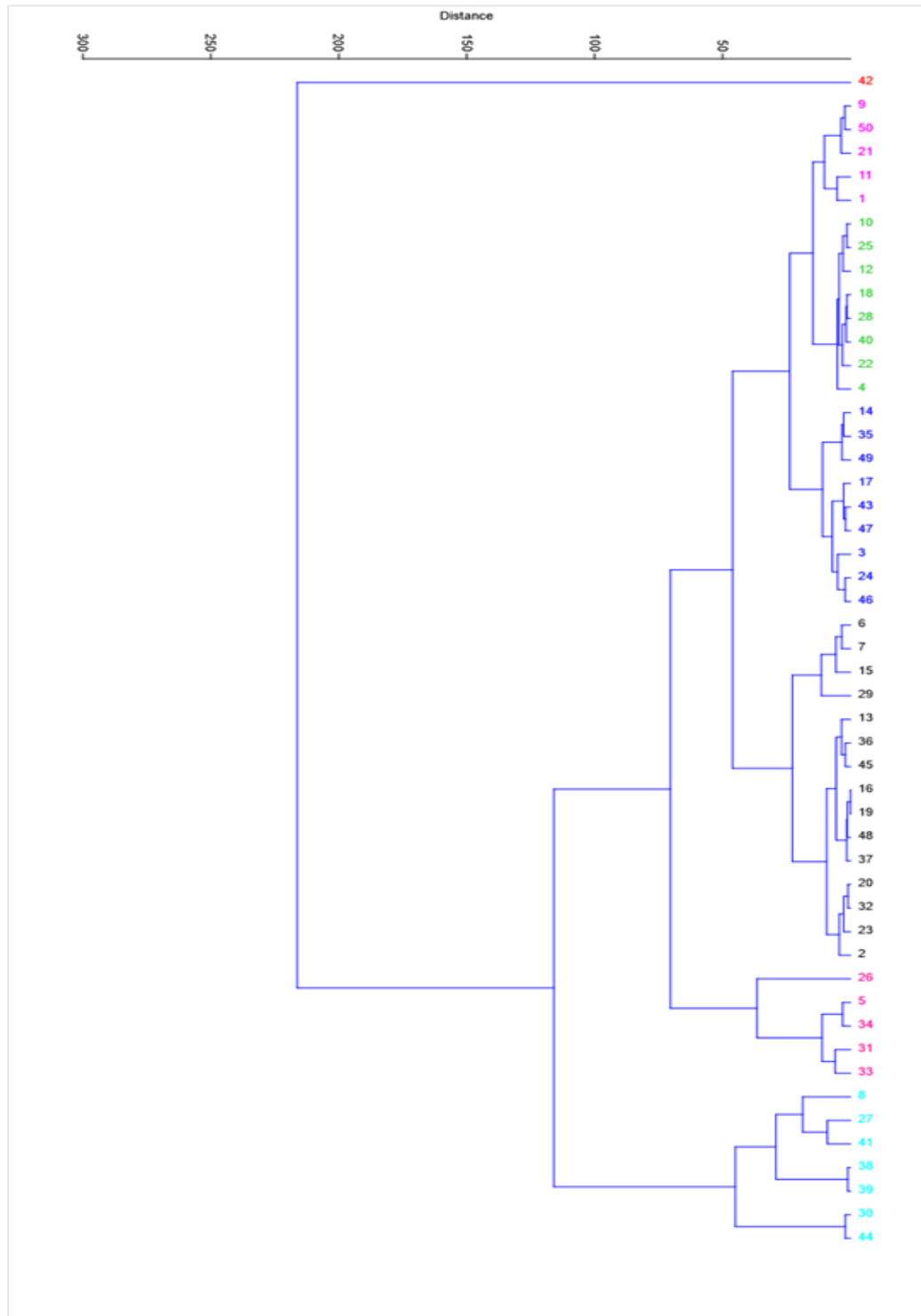
de porcentaje de germinación. Cuanto mayor es la distancia entre dos accesiones, menos similares son entre sí. Las líneas horizontales indican el peso de 1000 semillas, y en qué punto se unen las accesiones. Cuanto más bajo en el dendrograma se unen dos accesiones, más similares son (Anexo 6-13).

Hampton y Tekrony (1995), señalan que existe una relación inversa entre el número de semillas por gramo y el peso de 1000 semillas, asimismo explican que esta relación es útil para la caracterización de accesiones, ya que permite inferir sobre el vigor potencial de las semillas; en especies como la quinua, las semillas más pesadas suelen tener un mayor vigor inicial; Según los resultados obtenidos en la presente investigación se puede contrastar que, las accesiones de bajo peso y mayor número de semillas no siempre obtienen un bajo poder germinativo.

Figura 18

Conglomerado entre número de semillas, peso de 1000 semillas y prueba de germinación de cincuenta accesiones del banco de germoplasma del C.E.

Camacani Puno, Perú



4.2.4. Valor cultural de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

En la Tabla 8, se observan los resultados del valor cultural de cincuenta accesiones de semilla de quinua, donde la accesión 03-21-0059 obtuvo el mayor valor cultural de 89.98% y la accesión 03-21-0018 obtuvo el menor valor cultural de 50.02%.

Tabla 9

Resultados de valor cultural de cincuenta accesiones de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

N°	Código de accesión	Valor cultural %
1	03-21-0001	80.54
2	03-21-0002	79.09
3	03-21-0003	79.57
4	03-21-0004	87.60
5	03-21-0005	84.59
6	03-21-0006	83.64
7	03-21-0007	83.87
8	03-21-0008	75.98
9	03-21-0009	87.75
10	03-21-0010	81.72
11	03-21-0012	76.23
12	03-21-0013	67.50
13	03-21-0014	80.56
14	03-21-0015	82.80
15	03-21-0016	75.77
16	03-21-0017	64.88
17	03-21-0018	50.02
18	03-21-0019	71.29



N°	Código de accesoión	Valor cultural %
19	03-21-0020	59.31
20	03-21-0022	62.89
21	03-21-0025	67.54
22	03-21-0026	70.33
23	03-21-0029	73.58
24	03-21-0030	86.73
25	03-21-0031	61.57
26	03-21-0032	70.74
27	03-21-0035	75.00
28	03-21-0036	78.20
29	03-21-0037	86.06
30	03-21-0040	81.01
31	03-21-0042	65.50
32	03-21-0043	63.55
33	03-21-0044	78.72
34	03-21-0046	75.50
35	03-21-0049	68.21
36	03-21-0050	79.92
37	03-21-0051	67.20
38	03-21-0052	71.81
39	03-21-0055	67.23
40	03-21-0047	79.14
41	03-21-0058	80.62
42	03-21-0059	89.98
43	03-21-0061	80.50
44	03-21-0062	76.81
45	03-21-0064	52.96
46	03-21-0065	78.46
47	03-21-0069	74.02
48	03-21-0072	81.50
49	03-21-0074	87.02
50	03-21-0076	84.48



Flores et al. (2018), en un estudio realizado en Bolivia sobre accesiones de quinua, se reportó que los valores culturales variaron entre el 75% y el 95%, dependiendo de la calidad inicial del lote de semillas. Los investigadores concluyeron que los valores más bajos estuvieron asociados a un manejo inadecuado durante la cosecha y el almacenamiento, afectando tanto la pureza física como la viabilidad de las semillas; Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación los resultados, el valor cultural de las accesiones se asemeja al estudio realizado en Bolivia, sin embargo la mayoría de las accesiones están por debajo de los 80% de valor cultural; Según estudios realizados por ISTA (2009), menciona que lotes con un valor cultural inferior al 80% pueden no ser aptos para la conservación a largo plazo, lo que indica la necesidad de regenerar o limpiar el material almacenado.



V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Según el análisis de la calidad física, la accesión 03-21-0018 obtuvo 50% de pureza y las accesiones 03-21-0005 y 03-21-0009 obtuvieron 90%; en peso de 1000 semillas, la accesión 03-21-0059 tuvo 1.6 gramos y la accesión 03-21-0032 tuvo 3.11 gramos; en relación de número de semillas por gramo, la accesión 03-21-0059 presentó 655.5 semillas y la accesión 03-21-0032 presentó 332 semillas por gramo.
- En la determinación de la calidad fisiológica, las accesiones 03-21-0026, 03-21-0050, 03-21-0059, 03-21-0062, 03-21-0064 y 03-21-0072 tuvieron 100% de germinación y la accesión 03-21-0013 tuvo 94%; en valor cultural, la accesión 03-21-0059 alcanzó 89.98% de valor cultural y la accesión 03-21-0018 alcanzó 50.02%.



VI. RECOMENDACIONES

- Fortalecer los métodos de selección mediante el uso de tamices de malla estandarizada para clasificar las semillas por tamaño y retirar impurezas e incorporar sistemas automatizados de tamizado con sensores ópticos para aumentar la precisión en la clasificación a fin de salvaguardar la genética de cada accesión.
- Potenciar el método de refrescamiento de las accesiones implementando técnicas de aislamiento efectivo para evitar la contaminación cruzada entre accesiones durante la regeneración.
- Continuar con evaluaciones de la calidad física y fisiológica de las demás accesiones a fin de evitar el deterioro de semilla.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanoca, C., Guzman, D., Lutino, S., & Iquize, E. (2013). *Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) del Estado Plurinacional de Bolivia. Revista Científica de Investigación INFO-INIAF, II, 7.*
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinoa en el Perú* (FAO & INIA, Eds.; Primera ed). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Representación de la FAO en el Perú. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/76>
- Arcaya, J. A. (2018). *Determinación de la calidad física y fisiológica de semillas de tres variedades de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) de color.* In Tesis. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8999/Arcaya_Chagua_Jhon_Alexis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baker, J. T, O'Brien, D. M., & Smith, J. (2020). *Seed structure and function.* (In Plant Physiology) pp. (217-241).
- Baskin, C. C, & Baskin, J. M. (2014). *Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd Eds). pp.37-50 Elsevier.
- Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Verniau, A. (2016). *The global expansion of quinoa: Trends and limits. Frontiers in Plant Science.* pp.23-24 <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>
- Beingolea, L. (2015). *Manejo y Control de Semillas.* Universidad Nacional Agraria La Molina. pp. 45. Manejo y Control de Semillas.
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF, & FIDA. (2013). *Descriptorios para quinoa y sus parientes silvestres* (Bioversity International & FAO, Eds.2 pp. 5). <https://www.fao.org/4/aq658s/aq658s.pdf>
- Boukhalfa, H., Ouzounidou, G., & Kallithraka, S. (2021). Diversity in seed morphology and its relation to agronomic traits in quinoa. *Agronomy.*



- Cahuide, M. (2024). *Determinación de parámetros de calidad física y Fisiológica de semillas de cuatro cultivares de Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en Puno, Perú*. pp. 20-83 Universidad Nacional del Altiplano Puno.
- Campos, C. S. (2018). *Accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) ecotipo altiplano en condiciones de costa central [Universidad Nacional La Molina]*. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*.
https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf
- Chura, J. (2019). *Evaluación de la calidad física y fisiológica de Las semillas de tres variedades y tres ecotipos de Cañihua (Chenopodium canihua cook) en Puno*. [Universidad Nacional del Altiplano Puno].
file:///D:/Chura_Huanacuni_Juan_Marcos.pdf
- Cogliatti, M., & Heter, D. (2016). *Perspectivas de producción de quinua en la región agrícola del centro de la provincia de Buenos Aires*. Centro de Investigaciones Integradas sobre Sistemas Agronómicos Sustentables.
<https://www.researchgate.net/publication/313820494>
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2012). *Principles of seed science and technology*. Springer Science & Business Media. pp. 253.
- Condón, F., & Rossi, C. (2018). ¿Qué es un banco de germoplasma? *Revista INIA*, pp.52.
- Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press pp. 58.
- Ellis, R. H, Hong, T. D, & Roberts, E. H. (1985). *Handbook of seed technology for genebanks: Vol. II*. pp. 43. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations.
- Estrada, R., Bobadilla, L. G., Neyra Valdez, E, Manotupa Tupa, M. B., Álvarez Caceres, A., & Céspedes Florez, E. (2022). Evaluación morfoagronómica de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) por su respuesta a mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum), rendimiento y contenido de saponina en Cusco, Perú. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 26(1), pp.47–61.
<https://doi.org/10.53897/revaia.22.26.04>



- FAO. (2009). Evaluación de la calidad de semilla. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*.
- FAO. (2013). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013 & FAO, Eds.; pp. 30–34). FAO. www.fao.org/publications
- FAO. (2014). *Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture*. (The designations employed and the presentation of material in this information product do not imply the expression, Ed). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/i3704e/i3704e.pdf>
- FAO, & INIA. (2015). *El mercado y la producción de quinua en el Perú* (INIA & FAO, Eds). pp. 82-112 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <http://www.iica.int>
- Flores, H., Ramos, L., & Gutiérrez, M. (2018). Evaluación de la calidad de semillas de quinua en bancos de germoplasma. *Revista Agroecológica Andina*, 12(3), pp. 45-56.
- Frankel, O. (1984). *Genetic conservation: Our evolutionary responsibility*. Cambridge University Press., pp 1–12.
- Gandarillas, H. (1979). *La quinua y su potencial para la agricultura en altura: aspectos agronómicos, económicos y sociales*. pp.32-84 <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16254>
- Gómez, J. (2017). *Análisis de pureza física y pruebas de germinación en semillas para siembra, en el laboratorio de semillas del ICA, sede Bucaramanga, Santander* (Vol. 01 pp. 36). Universidad de Pamplonas.
- Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua* (Universidad Nacional Agraria La Molina & Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía, Eds.; II). www.fao.org/publications/es



- Gonzales, J., Pérez, M., & Alvarado, A. (2019). *Morphological diversity of quinoa seeds in Perú*. <https://doi.org/10.1016/j.fst.2019.01.024>. Food Science and Technology.
- González, M., Rodríguez, E., & Sánchez, M. (2020). *Effects of seed weight on germination and early growth of quinoa*. (Journal of Agricultural Science, Ed.).
- Gutiérrez, A., & Pérez, M. (2017). *Evaluación de la calidad de semillas en bancos de germoplasma: Influencia del tamaño y peso en la germinación de especies andinas*. (Revista de Agricultura Andina, Ed. pp. 68).
- Hampton, J. G., & Tekrony, D. M. (1995). *Seed testing and seed vigor*. En Seed quality (pp. 50-70). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4217-7>
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Plant propagation: principles and practices* (8th ed., pp. 245). Pearson.
- International Seed Testing Association. (2009). *Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuaria-Brasilia: Brasil*. Ministério da Agricultura, Pecuária y Abastecimento. Mapa/ACS. pp. 399. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf
- ISTA. (2015). *International Rules for Seed Testing*. (Bassersdorf). ISTA. www.seedtest.org. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária y Abastecimento.
- ISTA. (2019). *International rules for seed testing*. ISTA. (Bassersdorf, Ed.; Bassersdorf). ISTA. www.seedtest.org. Secretaria de Defesa Agropecuaria-Brasilia: Mapa/ACS. 399 pp.
- Llanos, Asuncion. (2021). *Calidad física-química y sanitaria de granos de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) destinados a la comercialización en tres cooperativas de la región Puno* [Universidad Nacional del Altiplano - Puno]. The research was developed at the Faculty of Biological Sciences of the National University of the Altiplano from April 2019 to January 2020.
- Marca Vilca, S.; Lucca Filho, Orlando Antonio; Baptista Da Silva, Joao (1993). *Estabelecimento da Metodología para Análise de Semente de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*. Dissertacao de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliceu Maciel. Pelotas-RS- Brasil. 95 p.



- Martínez, M. (2019). El deterioro de los bancos de germoplasma no es un cuento. *Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas*, 4. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
- Meyer, K., Saeed, W., & Zhang, H. (2018). *The role of endosperm in seed development*. Journal of Agricultural Sciences. pp.115.
- MINAGRI. (2017). Ley de Semillas N° 26551. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/normas-legales/212822-ley-de-semillas>.
- MINAGRI. (2019). Reglamento de la Ley de Semillas. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/normas-legales/212822-ley-de-semillas>.
- Orgaz, G. (2020). *Adaptación de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) a las condiciones agroecológicas de la zona centro peninsular*. [Universidad politécnica de Madrid]. pp.134 https://oa.upm.es/65953/1/TFG_GABRIELA_ORGAZ_GARCIA.pdf
- Peske, Silmar Teichert; Villela, Francisco Amaral y Meneghello, Eduardo Geri (2012). *Sementes: fundamentos científicos y tecnológicos*. 3ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Univcensitaria/UFPel, pp.573. [https://www.seednews.com.br/edicoes/2-sementes-fundamentos-cientificos-e-tecnologicos-sementes-fundamentos-cientificos-e-tecnologicos-\(3-edicao\)-janeiro-2012](https://www.seednews.com.br/edicoes/2-sementes-fundamentos-cientificos-e-tecnologicos-sementes-fundamentos-cientificos-e-tecnologicos-(3-edicao)-janeiro-2012)
- Prieto, N. (2015). *El Banco de Germoplasma del Real Jardín Botánico, CSIC, al servicio de la conservación de nuestro futuro vegetal*. pp. 43-54 Unidad de Horticultura Del Jardín Botánico de Madrid.
- PROINPA. (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Estrategia de manejo integrado del cultivo de quinua. pág. 78. www.proinpa.org.
- Rojas, W., Vargas, A., & Pinto, M. (2016). *La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria*. pág. 86. RIIAR.
- Sanchez, F. (2014). *Proyecto de factibilidad de inversión privada para la instalación de un semillero de quinua*. pp. 45-76.



- SENASA. (2008). *Semilla de calidad, insumo clave para la seguridad alimentaria*. Instituto de Innovación Agraria. www.senasa.gob.pe
- Terenti, O. (2004). *Calidad de semilla que implica y como evaluarla*. pp. 75-123
- Tolentino, L., Muñoz, D., & Parees, cesar. (2018). Boletín técnico La Semilla. *Gobierno Regional de Agricultura - La Libertad*, 6. pp. 12-75. www.agrolalibertad.gob.pe
- Valenzuela, A. (2000). *Producción de semilla de trigo en el valle de Mexicali y San Luis*.
- Zarazúa, J., Zárate, R., & García, J. (2020). *Seed quality parameters in quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and their relationship with agronomic performance*. *Agronomy*. 10(3).



ANEXOS

ANEXO 1. Resultados del análisis de pureza de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú

N°	Análisis de pureza de accesiones del banco de germoplasma de quinua				
	Componentes				Peso Total (g)
	Accesión	Semilla Pura	Otras Semillas	Material Inerte	
1	03-21-0001	9.3	0.44	1.31	11.05
2	03-21-0002	10.04	0.35	1.67	12.06
3	03-21-0003	10.15	0.28	1.65	12.08
4	03-21-0004	10.5	0	1.21	11.71
5	03-21-0005	10.76	0	1.54	12.3
6	03-21-0006	10.16	0	1.66	11.82
7	03-21-0007	9.92	0.49	1.3	11.71
8	03-21-0008	9.23	0	2.59	11.82
9	03-21-0009	10.76	0	1.22	11.98
10	03-21-0010	9.95	0	1.86	11.81
11	03-21-0012	9.19	0.11	2.43	11.73
12	03-21-0013	9.12	0.9	2.68	12.7
13	03-21-0014	9.67	0	2.13	11.8
14	03-21-0015	10.09	0	1.73	11.82
15	03-21-0016	9.21	0	2.58	11.79
16	03-21-0017	7.71	0.34	3.75	11.8
17	03-21-0018	6.01	0.68	5.12	11.81
18	03-21-0019	8.53	1.85	1.43	11.81
19	03-21-0020	7.06	1.64	3.12	11.82
20	03-21-0022	7.37	1.42	2.73	11.52
21	03-21-0025	7.91	0.51	3.21	11.63
22	03-21-0026	8.2	0	3.46	11.66
23	03-21-0029	8.41	0	2.94	11.35
24	03-21-0030	10.18	0	1.44	11.62
25	03-21-0031	7.42	0	4.15	11.57
26	03-21-0032	8.55	0.78	2.31	11.64
27	03-21-0035	8.64	0	2.8	11.44



28	03-21-0036	9.2	0	2.53	11.73
29	03-21-0037	10.27	0.62	0.84	11.73
30	03-21-0040	9.45	0	2.18	11.63
31	03-21-0042	7.26	0	3.68	10.94
32	03-21-0043	7.04	0	3.85	10.89
33	03-21-0044	8.63	0	2.19	10.82
34	03-21-0046	8.29	0	2.58	10.87
35	03-21-0049	7.43	0	3.43	10.86
36	03-21-0050	8.52	0	2.14	10.66
37	03-21-0051	8.06	0.27	3.46	11.79
38	03-21-0052	8.49	1.33	1.92	11.74
39	03-21-0055	7.93	0.83	3	11.76
40	03-21-0047	9.43	0	2.45	11.88
41	03-21-0058	9.59	0.1	2.17	11.86
42	03-21-0059	10.6	0	1.18	11.78
43	03-21-0061	9.73	0	2.2	11.93
44	03-21-0062	9.14	0.38	2.38	11.9
45	03-21-0064	6.36	4.02	1.63	12.01
46	03-21-0065	9.53	0.09	2.32	11.94
47	03-21-0069	9.02	0	2.8	11.82
48	03-21-0072	9.69	0	2.2	11.89
49	03-21-0074	10.61	0	1.46	12.07
50	03-21-0076	10.05	0	1.81	11.86

ANEXO 2. Medida de dispersión de análisis de pureza de cincuenta accesiones de quinua del Banco de Germoplasma del Centro Experimental Camacani

Medida de dispersión	Semilla pura (g)	Otras semillas (g)	Material inerte (g)
Media	8.97	0.35	2.37
Varianza	1.4	0.49	0.78
Máximo	10.76	4.02	5.12
Mínimo	6.01	0	0.84
Rango	4.75	4.02	4.28



ANEXO 3. Porcentaje de semilla pura, otras semillas y materia inerte de cincuenta
accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno,
Perú

Accesión	Semilla Pura (%)	Otras Semillas (%)	Material Inerte (%)
03-21-0001	84.2	3.98	11.9
03-21-0002	83.3	2.9	13.8
03-21-0003	84	2.32	13.7
03-21-0004	89.7	0	10.3
03-21-0005	87.5	0	12.5
03-21-0006	86	0	14
03-21-0007	84.7	4.18	11.1
03-21-0008	78.1	0	21.9
03-21-0009	89.8	0	10.2
03-21-0010	84.3	0	15.7
03-21-0012	78.3	0.94	20.7
03-21-0013	71.8	7.09	21.1
03-21-0014	81.9	0	18.1
03-21-0015	85.4	0	14.6
03-21-0016	78.1	0	21.9
03-21-0017	65.3	2.88	31.8
03-21-0018	50.9	5.76	43.4
03-21-0019	72.2	15.66	12.1
03-21-0020	59.7	13.87	26.4
03-21-0022	64	12.33	23.7
03-21-0025	68	4.39	27.6
03-21-0026	70.3	0	29.7
03-21-0029	74.1	0	25.9
03-21-0030	87.6	0	12.4
03-21-0031	64.1	0	35.9
03-21-0032	73.5	6.7	19.8
03-21-0035	75.5	0	24.5
03-21-0036	78.4	0	21.6
03-21-0037	87.6	5.29	7.2
03-21-0040	81.3	0	18.7
03-21-0042	66.4	0	33.6
03-21-0043	64.6	0	35.4
03-21-0044	79.8	0	20.2
03-21-0046	76.3	0	23.7



03-21-0049	68.4	0	31.6
03-21-0050	79.9	0	20.1
03-21-0051	68.4	2.29	29.3
03-21-0052	72.3	11.33	16.4
03-21-0055	67.4	7.06	25.5
03-21-0047	79.4	0	20.6
03-21-0058	80.9	0.84	18.3
03-21-0059	90	0	10
03-21-0061	81.6	0	18.4
03-21-0062	76.8	3.19	20
03-21-0064	53	33.47	13.6
03-21-0065	79.8	0.75	19.4
03-21-0069	76.3	0	23.7
03-21-0072	81.5	0	18.5
03-21-0074	87.9	0	12.1
03-21-0076	84.7	0	15.3

ANEXO 4. Resultados de la prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del Banco de Germoplasma del Centro Experimental Camacani

Prueba de germinación de cincuenta accesiones de quinua										
Accesión	Rep.	Plántulas Normales	Total Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Total Plántulas Anormales	Semillas no germinadas	Total Semillas no germinadas	TOTAL	Germinación (%)	
03-21-0001	1	92	287	4	6	4	7	100	95.7	
	2	96		1		3		100		
	3	99		1		0		100		
03-21-0002	1	95	285	3	11	2	4	100	95	
	2	96		3		1		100		
	3	94		5		1		100		
03-21-0003	1	95	284	4	12	1	4	100	94.7	
	2	95		5		0		100		
	3	94		3		3		100		
03-21-0004	1	100	293	0	5	0	2	100	97.7	
	2	100		0		0		100		
	3	93		5		2		100		
03-21-0005	1	95	290	4	9	1	1	100	96.7	
	2	97		3		0		100		
	3	98		2		0		100		



03-21-0006	1	98	292	2	6	0	2	100	97.3
	2	98		1		100			
	3	96		3		100			
03-21-0007	1	99	297	1	2	0	1	100	99
	2	100		0		100			
	3	98		1		100			
03-21-0008	1	97	292	2	4	1	4	100	97.3
	2	98		1		100			
	3	97		1		100			
03-21-0009	1	96	293	3	4	1	3	100	97.7
	2	100		0		100			
	3	97		1		100			
03-21-0010	1	94	291	6	8	0	1	100	97
	2	98		1		100			
	3	99		1		100			
03-21-0012	1	95	292	3	6	2	2	100	97.3
	2	98		0		100			
	3	99		0		100			
03-21-0013	1	95	282	4	9	1	9	100	94
	2	91		5		100			
	3	96		3		100			
03-21-0014	1	99	295	1	3	0	2	100	98.3
	2	98		2		100			
	3	98		2		100			



03-21-0015	1	97	291	2	6	1	3	100	97
	2	96		2		100			
	3	98		2		100			
03-21-0016	1	95	291	3	7	2	2	100	97
	2	98		2		100			
	3	98		2		100			
03-21-0017	1	100	298	0	0	0	2	100	99.3
	2	98		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0018	1	99	295	1	3	0	2	100	98.3
	2	99		1		100			
	3	97		1		100			
03-21-0019	1	98	296	1	3	1	1	100	98.7
	2	99		1		100			
	3	99		1		100			
03-21-0020	1	100	298	0	0	0	2	100	99.3
	2	99		0		100			
	3	99		0		100			
03-21-0022	1	100	295	0	3	0	2	100	98.3
	2	98		0		100			
	3	97		3		100			
03-21-0025	1	100	298	0	0	0	2	100	99.3
	2	98		0		100			
	3	100		0		100			



03-21-0026	1	100	300	0	0	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		0		100			
	3	100		0		0		100			
03-21-0029	1	100	298	0	2	0	0	0	0	100	99.3
	2	100		0		0		100			
	3	98		2		0		100			
03-21-0030	1	100	297	0	0	0	0	0	3	100	99
	2	100		0		0		100			
	3	97		0		3		100			
03-21-0031	1	96	288	4	8	0	4	0	4	100	96
	2	95		1		4		100			
	3	97		3		0		100			
03-21-0032	1	96	289	1	4	3	7	3	7	100	96.3
	2	97		1		2		100			
	3	96		2		2		100			
03-21-0035	1	100	298	0	2	0	0	0	0	100	99.3
	2	99		1		0		100			
	3	99		1		0		100			
03-21-0036	1	100	299	0	0	0	1	0	1	100	99.7
	2	99		0		1		100			
	3	100		0		0		100			
03-21-0037	1	97	295	0	0	3	5	3	5	100	98.3
	2	99		0		1		100			
	3	99		0		1		100			



03-21-0040	1	99	299	1	1	0	0	100	99.7
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0042	1	98	296	0	0	2	4	100	98.7
	2	100		0		100			
	3	98		2		100			
03-21-0043	1	99	295	0	2	1	3	100	98.3
	2	97		1		100			
	3	99		1		100			
03-21-0044	1	98	296	1	2	1	2	100	98.7
	2	99		1		100			
	3	99		0		100			
03-21-0046	1	100	297	0	2	0	1	100	99
	2	99		1		100			
	3	98		1		100			
03-21-0049	1	99	299	0	0	1	1	100	99.7
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0050	1	100	300	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0051	1	97	295	1	3	2	2	100	98.3
	2	100		0		100			
	3	98		2		100			



03-21-0052	1	99	298	1	2	0	0	100	99.3
	2	99		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0055	1	100	299	0	0	0	1	100	99.7
	2	99		1		100			
	3	100		0		100			
03-21-0047	1	99	299	1	1	0	0	100	99.7
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0058	1	100	299	0	1	0	0	100	99.7
	2	99		1		100			
	3	100		0		100			
03-21-0059	1	100	300	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0061	1	99	296	1	2	0	2	100	98.7
	2	99		1		100			
	3	98		1		100			
03-21-0062	1	100	300	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0064	1	100	300	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			



03-21-0065	1	99	295	1	3	0	2	100	98.3
	2	100		0		100			
	3	96		2		100			
03-21-0069	1	98	291	2	4	0	5	100	97
	2	96		0		100			
	3	97		2		100			
03-21-0072	1	100	300	0	0	0	0	100	100
	2	100		0		100			
	3	100		0		100			
03-21-0074	1	99	297	0	2	1	1	100	99
	2	99		1		100			
	3	99		1		100			
03-21-0076	1	100	299	0	0	0	1	100	99.7
	2	99		0		100			
	3	100		0		100			



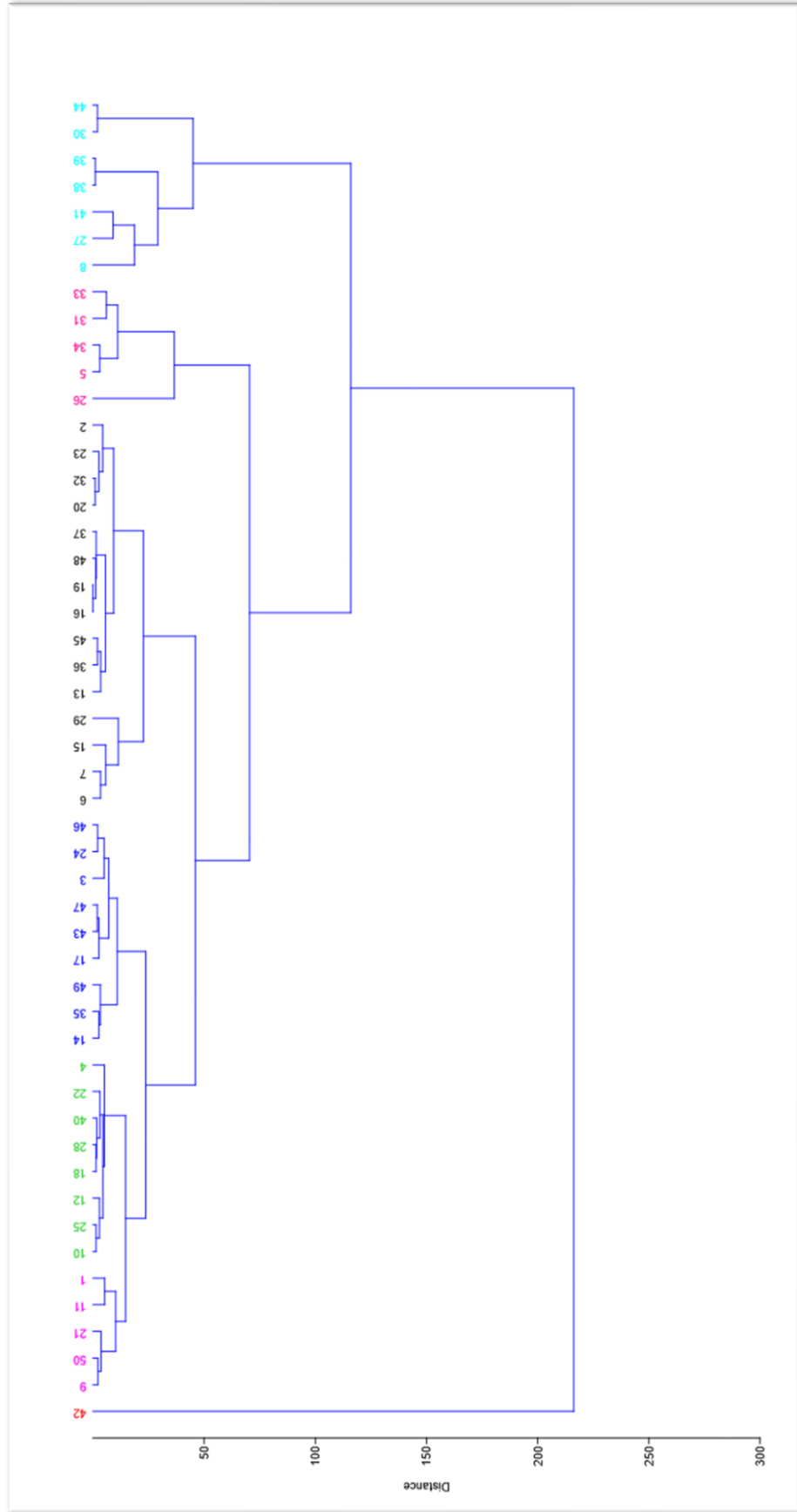
ANEXO 5. Resultados de porcentajes de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú

Accesión	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas no Germinadas
03-21-0001	95.67	2	2.33
03-21-0002	95	3.67	1.33
03-21-0003	94.67	4	1.33
03-21-0004	97.67	1.67	0.67
03-21-0005	96.67	3	0.33
03-21-0006	97.33	2	0.67
03-21-0007	99	0.67	0.33
03-21-0008	97.33	1.33	1.33
03-21-0009	97.67	1.33	1
03-21-0010	97	2.67	0.33
03-21-0012	97.33	2	0.67
03-21-0013	94	3	3
03-21-0014	98.33	1	0.67
03-21-0015	97	2	1
03-21-0016	97	2.33	0.67
03-21-0017	99.33	0	0.67
03-21-0018	98.33	1	0.67
03-21-0019	98.67	1	0.33
03-21-0020	99.33	0	0.67
03-21-0022	98.33	1	0.67
03-21-0025	99.33	0	0.67
03-21-0026	100	0	0
03-21-0029	99.33	0.67	0
03-21-0030	99	0	1
03-21-0031	96	2.67	1.33
03-21-0032	96.33	1.33	2.33
03-21-0035	99.33	0.67	0
03-21-0036	99.67	0	0.33
03-21-0037	98.33	0	1.67
03-21-0040	99.67	0.33	0
03-21-0042	98.67	0	1.33
03-21-0043	98.33	0.67	1
03-21-0044	98.67	0.67	0.67



03-21-0046	99	0.67	0.33
03-21-0049	99.67	0	0.33
03-21-0050	100	0	0
03-21-0051	98.33	1	0.67
03-21-0052	99.33	0.67	0
03-21-0055	99.67	0	0.33
03-21-0047	99.67	0.33	0
03-21-0058	99.67	0.33	0
03-21-0059	100	0	0
03-21-0061	98.67	0.67	0.67
03-21-0062	100	0	0
03-21-0064	100	0	0
03-21-0065	98.33	1	0.67
03-21-0069	97	1.33	1.67
03-21-0072	100	0	0
03-21-0074	99	0.67	0.33
03-21-0076	99.67	0	0.33

ANEXO 6. Resultado del aglomerado de número de semillas por gramo, peso de 1000 semillas y prueba de germinación de cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E Camacani Puno, Perú





ANEXO 7. Conglomerado de color rojo

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
42	03-21-0059	656	1.6	100

ANEXO 8. Conglomerado de color rosado

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
9	03-21-0009	400	2.5	97.667
50	03-21-0076	399	2.6	99.667
21	03-21-0025	396	2.6	99.333
11	03-21-0012	391	2.5	97.333
1	03-21-0001	386	2.4	95.667
Promedio		394.4	2.52	97.93
Varianza		34.3	0.01	2.63

ANEXO 9. Conglomerado de color verde

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
10	03-21-0010	410	2.2	97
25	03-21-0031	409	2.4	96
12	03-21-0013	408	2.5	94
18	03-21-0019	407	2.4	98.667
28	03-21-0036	408	2.5	99.667
40	03-21-0057	406	2.6	99.667
22	03-21-0026	410	2.5	100
4	03-21-0004	413	2.5	97.667
Promedio		408.88	2.45	97.83
Varianza		4.7	0.01	4.41



ANEXO 10. Conglomerado de color azul

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
14	03-21-0015	435	2.4	97
35	03-21-0049	435	2.3	99.667
49	03-21-0074	432	2.4	99
17	03-21-0018	425	2.5	98.333
43	03-21-0061	428	2.3	98.667
47	03-21-0069	427	2.4	97
3	03-21-0003	422	2.6	94.667
24	03-21-0030	432	2.4	99
46	03-21-0065	420	2.5	98.333
Promedio		428.44	2.42	97.96
Varianza		29.78	0.01	2.32

ANEXO 11 Conglomerado de color negro

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
6	03-21-0006	476	2.2	97.333
7	03-21-0007	473	2.2	99
15	03-21-0016	469	2.1	97
29	03-21-0037	484	2.1	98.333
13	03-21-0014	451	2.8	98.333
36	03-21-0050	453	2.2	100
45	03-21-0064	455	2.3	100
16	03-21-0017	459	2.2	99.333
19	03-21-0020	459	2.2	99.333
48	03-21-0072	432	2.3	99
37	03-21-0051	458	2.2	98.333
20	03-21-0022	448	2.3	98.333
32	03-21-0043	447	2.2	98.333
23	03-21-0029	445	2.3	99.333
2	03-21-0002	449	2.1	95
Promedio		457.2	2.25	98.47
Varianza		183.46	0.03	1.65



ANEXO 12. Conglomerado de color rosado

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
26	03-21-0032	332	3.1	96.333
5	03-21-0005	373	2.7	96.667
34	03-21-0046	375	2.6	99
31	03-21-0042	366	2.6	98.667
33	03-21-0044	360	2.8	98.667
Promedio		361.2	2.76	97.87
Varianza		301.7	0.04	1.59

ANEXO 13. Conglomerado de color celeste

N°	Accesión	Numero de semillas	Peso de 1000 semillas	Germinación (%)
8	03-21-0008	528	2	97.333
27	03-21-0035	542	1.8	99.333
41	03-21-0058	551	2.8	99.667
38	03-21-0052	570	1.7	99.333
39	03-21-0055	569	1.7	99.667
30	03-21-0040	508	2	99.667
44	03-21-0062	506	2.2	100
Promedio		539.14	2.03	99.29
Varianza		697.48	0.15	0.79

ANEXO 14. Accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E.

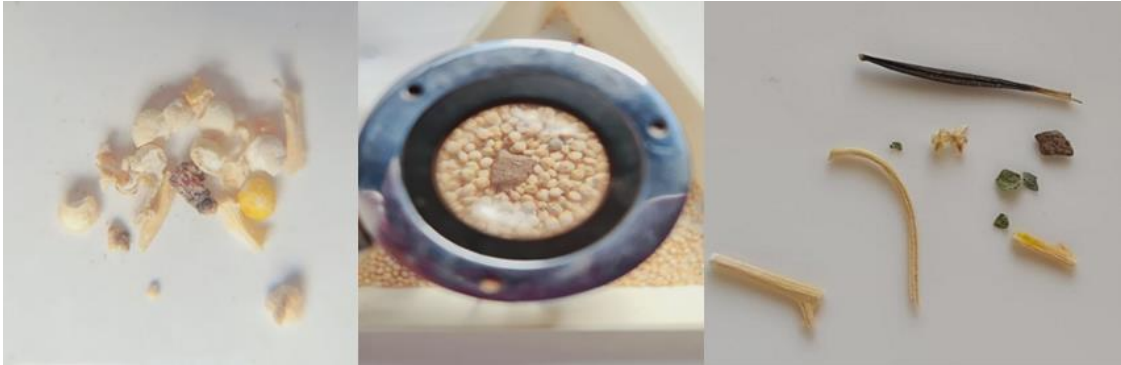
Camacani Puno, Perú



ANEXO 15. Tamizado de las accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú



ANEXO 16. Material inerte encontrada en cincuenta accesiones de semilla de quinua del banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú



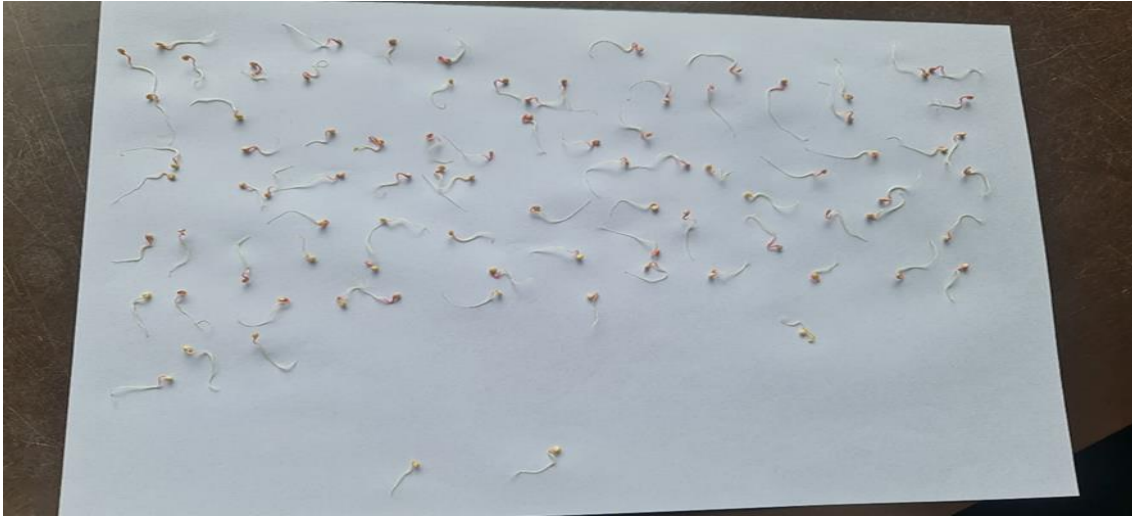
ANEXO 17. Accesoión 03-21-0064 con mayor presencia de “otras semillas”



ANEXO 18. Accesoión 03-21-0059 con mayor número de semillas y 100% de poder germinativo



ANEXO 19. Contabilización de plántulas normales



ANEXO 20. Plántulas normales



ANEXO 21 Plántulas anormales



ANEXO 22. Semillas no germinadas





ANEXO 23. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Milagros Chequemoroco Auisberl
identificado con DNI 74837297 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Evaluación de la calidad física y fisiológica de accesiones
de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) del banco de
germoplasma del C.E. Camucani Puno, Perú "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de Noviembre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 24. Autorización para el repositorio de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Milagros Choquemerocho Quisberl,
identificado con DNI 74837297 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Agronómica.

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación de la calidad Física y fisiológica de
accesiones de Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) del
Banco de germoplasma del C.E. Camacani Puno, Perú "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 28 de Noviembre del 2024

Milagros Choquemerocho Quisberl
FIRMA (obligatoria)



Huella