



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



**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA Y
FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES DE
CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN PUNO, PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MADELEINY JACKELIN CAHUIDE CHURATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN PUNO, PERÚ

AUTOR

MADELEINY JACKELIN CAHUIDE CHURATA

RECuento DE PALABRAS

27357 Words

RECuento DE CARACTERES

144382 Characters

RECuento DE PÁGINAS

145 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.2MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 24, 2024 8:48 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 24, 2024 8:50 PM GMT-5

● 9% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


DNI: 012402611
M.Sc. Saturnino Marco Vilca


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

Resumen



DEDICATORIA

A Dios

*Mi esperanza de vida, mi fortaleza,
quien siempre guio mi camino,
cuido, acompaño y nunca me dejo.*

A mi querida madre

*Eusebia Churata por su cariño,
su paciencia, apoyo y quien nunca
perdió las esperanzas en mí.*

A mi adorado padre

*Moisés Cahuide, por ser parte
de mi inspiración, por su cariño
y apoyo inquebrantable*

A mis hermanos y hermana preciados

*Gabriel, Junior y Mariela que
son mi apoyo, amparo y motivo
a seguir.*

A mis amigos

*Con cariño a Alvaro Alberh quien siempre
estuvo a mi lado acompañándome y
dándome ánimos, a mis amigos
Sonia, Pedro y Mayda que siempre
me alentaron a seguir.*

A mis parientes

*Abuelas, tías, primos y primas
por ser para mí un ejemplo a seguir.*

Madeleiny Cahuide



AGRADECIMIENTOS

- A la prestigiosa casa de estudios superior Universidad Nacional del Altiplano – Puno, por darme la oportunidad de ser parte durante cinco años.
- A la Escuela profesional de Ingeniería Agronómica por prepararme profesionalmente aportándome saberes para mi desempeño como futuro Ingeniero Agrónomo.
- Al M. Sc. Ing. Saturnino Marca Vilca director del presente proyecto de investigación, por darme la gran oportunidad de ser su tutorada, por guiarme con su amplia experiencia como especialista y sobre todo por apoyarme moralmente.
- A los miembros del jurado: Ph. Dr. Ángel Mauricio Holguer Mujica Sánchez, Dr. Félix Alonso Astete Maldonado, Dr. Edgar Pelinco Ruelas; por su orientación, participación y contribución necesaria para la conclusión del trabajo de investigación.
- Al Ing. Vilk Modesto Checalla Mamani por su tiempo, su motivación, apoyo en el planteamiento y ejecución del proyecto.
- Al técnico Luciano Dueñas Quispe del Laboratorio de análisis de semillas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por su perseverancia constante, sus ánimos, su experiencia brindada y su apoyo durante la ejecución del proyecto.
- Al técnico Marcelino Ticona del laboratorio de pastos y forrajes por su asistencia en laboratorio.
- A los practicantes del laboratorio de semillas Guido y Walter por su apoyo en la ejecución del proyecto de investigación.
- A la Ing. Liliam Danitza Livisi Calcina, a mis amigos(as) y todas las personas que me colaboraron durante el trabajo de investigación.

Madeleiny Jackelin Cahuide Churata



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.1.3. Antecedentes regionales.....	23
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. La cañihua	24
2.2.1.1. Origen e historia de la cañihua.....	25
2.2.1.2. Hábitat y cultivo.....	27



2.2.1.3. Características botánicas, genéticas y fenológicas.....	28
2.2.1.4. Características nutricionales.....	31
2.2.1.5. Producción y exportación de la cañihua.....	32
2.2.1.6. Cultivares de cañihua	35
2.2.2. La Semilla	36
2.2.3. Calidad de semilla.....	36
2.2.4. Muestreo y muestra para análisis de semilla.....	38
2.2.5. Calidad física de la semilla	38
2.2.5.1. Determinación de humedad de la semilla	39
2.2.5.2. Pureza física de la semilla	39
2.2.5.3. Peso de 1000 semillas	40
2.2.5.4. Peso hectolítrico	41
2.2.5.5. Numero de semillas por gramo	42
2.2.5.6. Determinación del tamaño de semilla	43
2.2.6. Calidad fisiológica de la semilla	44
2.2.6.1. Prueba de germinación.....	45
2.2.6.2. Prueba de vigor de la semilla	46
2.2.6.2.1. Velocidad de emergencia de las plántulas en campo	48
2.2.6.2.2. Altura de plántulas	49
2.2.6.2.3. Peso de biomasa de plántulas por tamaño de semilla	50
2.2.6.2.4. Relación tallo raíz	50
2.2.6.2.5. Longitud de la raíz	50

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO.....	52
-----------------------------------	-----------



3.2.	COMPONENTE BIOLÓGICO.....	53
3.2.1.	Semillas de Cañihua.....	53
3.2.2.	Muestras de semilla para análisis.....	53
3.3.	MATERIALES.....	53
3.3.1.	Equipos.....	53
3.3.2.	Insumos	54
3.3.3.	Implementos de trabajo	54
3.4.	METODOLOGÍA	55
3.4.1.	Metodología para determinar los parámetros de la calidad física de la semilla	55
3.4.1.1.	Determinación de humedad de la semilla	55
3.4.1.2.	Análisis de pureza física de la semilla	57
3.4.1.3.	Peso de 1000 semillas	60
3.4.1.4.	Peso hectolítrico	61
3.4.1.5.	Numero de semillas por gramo	62
3.4.1.6.	Determinación del tamaño de la semilla	63
3.4.2.	Metodología para determinar los parámetros de la calidad fisiológica de la semilla	65
3.4.2.1.	Prueba de germinación.....	65
3.4.2.2.	Pruebas de vigor.....	68
3.4.2.2.1.	Velocidad de emergencia de plántulas en campo	69
3.4.2.2.2.	Altura de plántulas	71
3.4.2.2.3.	Evaluación de biomasa de plántulas por tamaño de la semilla.....	72
3.4.2.2.4.	Relación tallo raíz	73
3.4.2.2.5.	Longitud de raíz	74



3.5. MODELOS EXPERIMENTALES PARA LOS PARAMETROS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS EVALUADOS	75
3.5.1. Parámetros físicos	75
3.4.2. Parámetros fisiológicos	76
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PARÁMETROS DE LA CALIDAD FÍSICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) EN PUNO, PERÚ.	77
4.1.1. Determinación del contenido de humedad de la semilla.....	77
4.1.2. Análisis de pureza física de la semilla	79
4.1.3. Peso de mil semillas	81
4.1.4. Peso hectolítrico	84
4.1.5. Numero de semillas por gramo de cuatro cultivares de cañihua.....	85
4.1.6. Determinación del tamaño de semillas	87
4.2. PARAMETROS DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (<i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen) EN PUNO - PERÚ.....	93
4.2.1. Prueba de germinación.....	93
4.2.2. Prueba de vigor de la semilla	99
4.2.2.1. Velocidad de emergencia de plántulas en campo	99
4.2.2.2. Altura de plántulas	104
4.2.2.3. Peso de biomasa de plántulas de cañihua.....	106
4.2.2.4. Relación tallo raíz	109
4.2.2.5. Longitud de raíz	110



V. CONCLUSIONES.....	112
VI. RECOMENDACIONES	113
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
ANEXOS.....	127

ÁREA: Manejo agronómico de cultivos

TEMA: Calidad de semillas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 02 de octubre del 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Tamaño de las semillas seleccionada por tamices de cuatro diámetros..... 63
Tabla 2	Análisis de varianza para la determinación del contenido de humedad de la semilla de cañihua..... 77
Tabla 3	Comparación de promedios de Tukey para la determinación del contenido de humedad por cultivar. 78
Tabla 4	Análisis de varianza para el análisis de pureza de semilla de cuatro cultivares de cañihua 79
Tabla 5	Comparación de Promedios de Tukey para el análisis de pureza de la semilla de cuatro cultivares de cañihua. 79
Tabla 6	Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas con perigonio 81
Tabla 7	Comparación de Promedios de Tukey para el peso de 1000 semillas con perigonio 81
Tabla 8	Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua..... 83
Tabla 9	Comparación múltiple de promedios de Tukey para el peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua 83
Tabla 10	Análisis de varianza para el numero de semilla por gramo 85
Tabla 11	Comparación de promedios de Tukey para el número de semillas por gramos 86
Tabla 12	Análisis de varianza para el espesor en milímetros de la semilla 88
Tabla 13	Comparación de promedios Tukey para el espesor de la semilla 88
Tabla 14	Análisis de varianza para el ancho de la semilla..... 89
Tabla 15	Comparación de promedios Tukey para el ancho de la semilla..... 90



Tabla 16	Análisis de varianza para el largo de la semilla.....	91
Tabla 17	Comparación de promedios Tukey para el largo de la semilla.....	91
Tabla 18	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación de cañihua en cámara germinadora	93
Tabla 19	Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según cultivar	94
Tabla 20	Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según el tamaño de semilla.	94
Tabla 21	Análisis de varianza para la duración de germinación de cañihua en cámara germinadora	97
Tabla 22	Comparación de promedios de Tukey para la prueba de germinación en cámara germinadora según cultivar	97
Tabla 23	Comparación de promedios de Tukey para la duración de germinación en cámara germinadora según el tamaño de semillas.....	98
Tabla 24	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en campo.	100
Tabla 25	Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de emergencia en campo según cultivar	100
Tabla 26	Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de emergencia en campo según el tamaño de semillas	101
Tabla 27	Análisis de varianza para la prueba de duración de emergencia en campo	103
Tabla 28	Comparación de promedios de Tukey para la duración de emergencia en campo según cultivar	103
Tabla 29	Comparación de promedios de Tukey para la duración de emergencia en campo según el tamaño de semillas	104



Tabla 30	Análisis de varianza para la altura de plántula en centímetros	104
Tabla 31	105Comparación de promedios de Tukey para la altura de plántula según el cultivar	105
Tabla 32	Comparación de promedios de Tukey para la altura de plántula según el tamaño de semillas	105
Tabla 33	Análisis de varianza para peso de biomasa de plántulas de cañihua	107
Tabla 34	Comparación de promedios de Tukey para el peso de biomasa de plántulas según cultivar	107
Tabla 35	Comparación de promedios de Tukey para el peso de biomasa de plántulas según el tamaño de semillas.....	108
Tabla 36	Análisis de varianza para la relación tallo raíz	109
Tabla 37	Comparación de promedios de Tukey para la relación tallo raíz según cultivar	109
Tabla 38	Comparación de promedios de Tukey para la relación tallo raíz según el tamaño de semillas.....	110
Tabla 39	Análisis de varianza para la longitud de la raíz en plántulas de cañihua...	110
Tabla 40	Comparación de promedios de Tukey para la longitud de raíz según cultivar	111
Tabla 41	Comparación de promedios de Tukey para la longitud de raíz según el tamaño de semillas.....	111



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Planta de <i>Chenopodium pallidicaule</i> Aellen	25
Figura 2 Planta de cañihua y hábito de crecimiento	30
Figura 3 “Fases fenológicas” de la cañihua	31
Figura 4 Distribución del cultivo de Cañihua	34
Figura 5 Mapa de ubicación del trabajo de investigación.....	52
Figura 6 Determinación del contenido de humedad de la semilla de cañihua.....	56
Figura 7 Análisis de pureza física de las semillas de cuatro cultivares de cañihua .	59
Figura 8 Peso de 1000 semillas de cuatro cultivares de Cañihua	60
Figura 9 Determinación del peso hectolítrico de semillas de cuatro cultivares de de cañihua.	62
Figura 10 Numero de semillas por gramo.....	63
Figura 11 Semillas de cañihua clasificadas por tamaño mediante tamices.....	64
Figura 12 Medición del tamaño de la semilla de cañihua con vernier en mm.....	65
Figura 13 Prueba estándar de germinación por tamaño de semilla y por cultivar.....	66
Figura 14 Prueba de germinación de semillas de cañihua en cámara germinadora...	67
Figura 15 Prueba de vigor para el tamaño semillas de cuatro cultivares de cañihua.	69
Figura 16 Distribución de semillas de cañihua por tamaño	70
Figura 17 Siembra de semillas de cañihua por tamaño de semilla en campo abierto.	70
Figura 18 Evaluación de la altura de plántula y su desarrollo	72
Figura 19. Peso de biomasa de plántulas de semillas de cuatro cultivares de cañihua	73
Figura 20 Relación tallo raíz.....	74
Figura 21 Promedio del porcentaje de humedad de la semilla de cañihua según cultivar	78



Figura 22	Promedio de porcentaje de pureza de cuatro cultivares de cañihua	80
Figura 23	Promedio del peso de 1000 semillas de cañihua por cultivar.....	82
Figura 24	Promedio de peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua.....	84
Figura 25	Promedio del peso hectolítrico de cuatro cultivares de cañihua.....	85
Figura 26	Número de semillas por gramo de cuatro cultivares de cañihua	87
Figura 27	Promedio de espesor en mm de la semilla de cañihua por cultivar.....	889
Figura 28	Promedio de ancho en milímetros de la semilla de cuatro cultivares.....	90
Figura 29	Promedio largo de la semilla por cultivar.....	92
Figura 30	Promedio de prueba de germinación en cámara germinadora por cultivar.	95
Figura 31	Promedio de prueba de germinación en cámara germinadora por tamaño de semilla.....	96
Figura 32	Promedio de la duración de germinación en cámara germinadora por cultivar	98
Figura 33	Promedio del tiempo de germinación en cámara germinadora por tamaño de semilla.....	99
Figura 34	Promedio del porcentaje de emergencia en campo por cultivar.....	102
Figura 35	Promedio del porcentaje de emergencia en campo por tamaño de semilla	102
Figura 36	Promedio de altura de plántula por tamaño de semilla.....	106
Figura 37	Promedio de peso de biomasa por tamaños de semilla	108
Figura 38	Humedad relativa promedio 2017-2023	133
Figura 39	Precipitación y temperatura 2017 al 2023	134



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Resultados del análisis de pureza en cuatro cultivares de cañihua (g).....	127
ANEXO 2. Análisis de variación, normalidad y homogeneidad para las características físicas y fisiológicas en cuatro cultivares de cañihua	127
ANEXO 3. Climograma de precipitación, temperatura y humedad relativa.....	133
ANEXO 4. Dimensión de semillas de cuatro cultivares de cañihua en milímetros	135
ANEXO 5. Diseño de distribución de las semillas de cañihua en campo.....	136
ANEXO 6. Muestra fotografica	137
ANEXO 7. Analisis de suelos para el cultivo de cañihua	143
ANEXO 8. Declaración jurada de autenticidad de tesis	144
ANEXO 9. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	145



ACRÓNIMOS

ONU:	“Organización de Naciones Unidas”
ISTA:	“International Seed Testing Association”
INIA:	“Instituto Nacional de Innovación Agraria”
INEI:	“Instituto Nacional de Estadística e Informática”
t:	“tonelada”
Kg:	“kilogramos”
g:	“gamos”
ha:	“hectárea”
DCA:	“Diseño Completamente al Azar”
mm:	“milímetros”
kg/hl:	“Kilogramos por hectólitro”
Signif:	“Significancia”
ns:	“no significativo”
*:	“significativo”
**:	“altamente significativo”



RESUMEN

El desconocimiento de la calidad física y fisiológica de la semilla, es un principal problema que afecta el potencial productivo de la cañihua en la región Puno, teniendo en consideración que la semilla de alta calidad incrementa el rendimiento en un 25 % a 30 %. El objetivo del trabajo fue determinar los parámetros de la calidad física y fisiológica de semilla de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la campaña 2019 a 2020. Se utilizaron semillas de cuatro cultivares: Cupi, Chilliwa Rosada, K'ello, Pitojiura; para determinar la calidad física se evaluaron: el porcentaje de humedad, porcentaje de pureza, peso de 1000 semillas, peso hectrolítico, número de semillas por gramo y tamaño de la semilla; se utilizó el diseño completamente al azar con cuatro repeticiones; y para la calidad fisiológica se empleó la prueba de germinación y la prueba de vigor, para este último se usó la prueba germinación en campo, la altura, peso de biomasa de la plántula, relación tallo raíz y longitud de raíz, con un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 4x4x3 y para la comparación de medias la prueba de Tukey al 0.05: Los resultados para la calidad física muestran que, los cuatro cultivares tuvieron una humedad promedio de 12.30 %, en pureza física el cultivar K'ello obtuvo 92.1 %, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo 1197 semillas/gramo, en tamaño de semilla el espesor de los cultivares Chilliwa Rosada y Cupi presentaron 0.7 mm; en calidad fisiológica el cultivar Chilliwa Rosada con semillas del tamiz de calibre 1.18 mm tuvo 90 % de germinación y altura de plántula 26.58 cm, el cultivar Pitojiura tuvo 99 % de germinación y altura de plántula 23.79 cm, como conclusión las diferencias indican que los cultivares de cañihua y el tamaño de semilla influye en altura de plántula.

Palabras clave: Calidad física, Calidad fisiológica, Cañihua, Semilla.



ABSTRACT

The lack of knowledge of the physical and physiological quality of the seed is a major problem that affects the productive potential of cañihua in the Puno region, taking into consideration that high quality seed increases yield by 25% to 30%. The objective of the work was to determine the physical and physiological quality parameters of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) seed from the 2019 to 2020 season. Seeds of four cultivars were used: Cupi, Chilliwa Rosada, K'ello, Pitojiura; to determine the physical quality were evaluated: moisture percentage, purity percentage, 1000 seed weight, hectrolitic weight, number of seeds per gram and seed size; a completely randomized design with four replications was used; and for physiological quality the germination test and vigor test were used, for the latter the field germination test, height, seedling biomass weight, root stem ratio and root length were used, with a completely randomized design with a 4x4x3 factorial arrangement and for the comparison of means the Tukey test at 0.05: The results for physical quality show that the four cultivars had an average humidity of 12.30 %, in physical purity the cultivar K'ello obtained 92.1 %, the cultivar Chilliwa Rosada had 1197 seeds/gram, in seed size the thickness of the cultivars Chilliwa Rosada and Cupi presented 0.7 mm; in physiological quality the cultivar Chilliwa Rosada with seeds of sieve caliber 1.18 mm had 90% germination and seedling height 26.58 cm, the cultivar Pitojiura had 99% germination and seedling height 23.79 cm, as a conclusion the differences indicate that the cultivars of cañihua and seed size influences seedling height.

Keywords: Cañihua, Seed, Physical quality and Physiological quality.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es uno de los granos andinos originarios del Perú y Bolivia; contiene una importante fuente de macronutrientes y micronutrientes como “vitaminas, minerales y en específico las proteínas”, presenta una reducida producción debido a la limitada información del cultivo (Apaza, 2019), esta especie en la actualidad está poco impulsada en el mercado internacional, su producción y consumo generalmente es por los residentes locales y productores (Rodríguez *et al.*, 2023), en el 2022 nuestro país tuvo una siembra de 6064 ha de cañihua con una producción de 5692 t; dentro de los principales productores Puno ocupa el primer lugar con un área de 5606 ha de siembra y con un rendimiento de 974 kg/ha (MIDAGRI, 2022), para los años 2023 y 2024 no se encuentran reportes de producción en Boletín Estadístico del MIDAGRI para el cultivo.

En la región Puno la cañihua cuenta con gran diversidad de cultivares, como Cupi, Chilliwa Rosada, K’ello, Pitojiura entre otros (Apaza, 2010); en el año 2018 el costo de la cañihua era de S/0.93 por kg y en el 2022 el costo de este incremento a S/ 5.34 por kg (MIDAGRI, 2022) y en el 2023 en el mercado internacional repartidos entre los países de Canadá y Japón acumularon un total de US\$18.7 miles (CIEN, 2024), pese a estos cambios de los costos en las zonas productoras de cañihua aún se reportan niveles bajos en rendimientos con 854 kg/ha aproximado en grano (MIDAGRI, 2022), siendo un problema para el productor encardado del cultivo (Reynoso Mamani, 2020), es necesario optimizar el cultivo a través de un buen establecimiento para la garantía de la cosecha (Pacheco *et al.*, 2021).



A nivel nacional solo al rededor del 12 % de su área total cultivada usa una semilla de buena calidad debido a la inadecuada selección, por lo mismo hay una brecha que es necesaria reducir en el uso de semilla de mala calidad, mostrándose inerme el Sistema Nacional de Semillas que mantienen los niveles de tasa bajos en un uso de semilla de calidad, este indicador nos da evidencia de una articulación vulnerable entre los eslabones del Sistema Nacional de Semillas (MINAGRI, 2022), una estrategia para este problema es el conocimiento de que hay semillas de calidad identificando o determinando sus parámetros físicos y fisiológicos.

El peso y tamaño de la semilla determinan su capacidad de germinación, vigor y longevidad, sin embargo, es insuficiente y se requiere una evaluación de la calidad fisiológica para elegir semillas confiables que motiven al agricultor a cultivarlas, la cualidad física o cualidad integral es significativa porque es un signo del potencial de pureza (Ibarra *et al.*, 2021), garantizando su calidad y competitividad en la cadena de cañihua.

Las funciones fisiológicas y físicas que desempeñan los atributos de la semilla durante la germinación la convierten en una de las etapas de crecimiento más importantes y restrictivas en términos de calidad fisiológica, durante el cultivo, normalmente se pasan por alto el nivel de actividad y el rendimiento afectando la viabilidad de la semilla (Ibarra *et al.*, 2021).

Las semillas son las precursoras de la siguiente generación en la vida de la planta, si esta muestra una adecuada emergencia y desarrollo, entonces podemos predecir su capacidad de tolerancia a condiciones ambientales en las zonas productoras de cañihua, las semillas de buena calidad a menudo se seleccionan a criterio mas no de acuerdo a



reglas “ISTA” y análisis adecuados, que son herramientas importantes para la toma de decisiones inmediatas o a mediano plazo.

Por las consideraciones expuestas, estoy ensayando como ligar el trabajo a la solución del problema con el objetivo de determinar los parámetros de la calidad física y fisiológica de semillas de cuatro cultivares de cañihua, utilizando diferentes métodos: para la calidad física, la determinación de humedad, análisis de pureza, peso de 1000 semillas, peso hectolítrico, número de semillas por gramo, tamaño de la semilla, para la calidad fisiológica, la prueba de germinación, prueba de vigor, relación tallo raíz y longitud de raíz .

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar los parámetros de la calidad física y fisiológica de semillas de cuatro cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Puno, Perú.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de la calidad física de semillas de cuatro cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Puno, Perú.
- Determinar los parámetros de calidad fisiológica de semillas de cuatro cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Puno, Perú.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

Moscoso *et al.*, (2024) indican que los esfuerzos en la cañihua en los diez últimos años de mejoramiento siguen siendo limitados y que su rendimiento de semilla por planta no ha aumentado, además que Kwiatkowski *et al.* (2020), señalan que el más alto vigor de semilla, es determinada por el número de semillas no germinantes, por su tamaño y peso, la eficacia de los programas de mejoramiento está en la selección de genotipos.

Así mismo Bvenura & Kambizi, (2022) indican que la cañihua es un pseudocereales potencial, su principal aprovechamiento son las semillas que son relativamente o poco importantes a escala mundial en la producción de cereales, pese a sus cualidades contribuyen significativamente a la dieta humana en ciertas culturas.

Condori (2021), destaca que el posicionamiento del cultivo de cañihua dependerá de la calidad de sus granos a su vez la entidad encargada del sistema nacional para la calidad viene generando normas de calidad para garantizar la calidad de cañihua en diversas etapas.

Por otra parte, Mancipe *et al.* (2018), mencionan que el potencial que tiene una semilla para germinar, está ligada al éxito o fracaso reproductivo de las poblaciones y de esta manera es una de las primeras variables confiables evaluadas en un cultivo, aumentando los porcentajes de germinación.



Prado *et al.* (2018), destacan que la calidad fisiológica de la semilla puede definirse a través de la germinación y las pruebas de vigor llegando a la conclusión que la identificación de las semillas con mayor potencial en germinar ayuda a reducir pérdidas económicas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Livisi (2022), en su evaluación del rendimiento de cuatro accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) reporta que el cultivar K'ello obtuvo un rendimiento de 2851.56 kg/ha, Chilliwa Rosada 2 638.22 kg/ha y Cupi 2 582.67 kg/ha, además que indica que son cultivares con semillas de alta calidad esencial para lograr un cultivo exitoso desde un punto de vista sostenible.

Por otra parte, Castro (2019), manifiesta que los análisis fisiológicos (germinación y viabilidad) y físicos (pureza, peso de 1000 semillas y tamaño de la semilla) con valores preexcelso, son sólo el resultado de una cosecha ideal y la clave de un viabilidad alta en la especie.

2.1.3. Antecedentes regionales

Chahua, (2020) afirma que la cañihua posee una baja producción en la región alcanzando 4,356 toneladas de producción y solo se cuenta con pocos trabajos de investigación, en su trabajo indica que una germinación adecuada es un requisito para un establecimiento exitoso.

Así mismo Mamani (2022), en su evaluación de las características morfológicas, fenológicas y rendimiento de 50 accesiones de cañihua indica que la calidad física son diferentes para cada cultivar, además que la calidad fisiológica (viabilidad y germinación) es dependiente de la semilla del cultivar.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La cañihua

La cañihua “*Chenopodium pallidicaule* Aellen Kañihua , cañahua, kañahua o qañäwa ”es uno de los granos andinos que se originó en la zona circundante del lago Titicaca (IPGRI *et al.*, 2005), potencialmente se produce en Perú y Bolivia por el contenido nutricional que dispone su grano (Huamaní *et al.*, 2020), es considerado un alimento muy importante para garantizar la seguridad alimentaria y un propósito de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) para la erradicación del hambre; el poseer tolerancia al cambio climático la hace un cultivo promisorio (Condori, 2021).

Durante mucho tiempo se confundió a la cañihua con las especies de los cultivos de “*Chenopodiaceae*” por su parecido, hasta 1929 en que Aellen lo clasificó como una especie independiente (Mayta, 2019); la cañihua tiene gran diversidad su composición genética y su autofecundación va de 64 y 89 % (Apaza, 2010). En la taxonomía la cañihua (Callohuanca & Mamani, 2014) se clasifica:

Reino: Plantae

Sub reino: Fanerógamas

División: Angiospermas

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Archyclamydias

Orden: Centrospermales

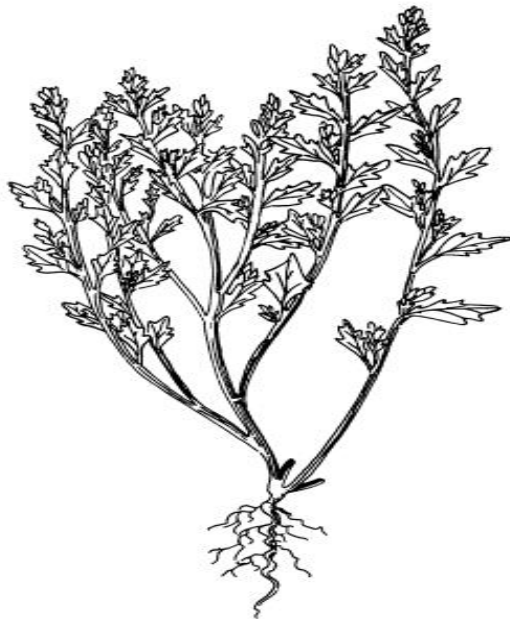
Familia: Amaranthaceae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen.

Figura 1

Planta de Chenopodium pallidicaule Aellen



Fuente: Adaptado de Tapia *et al.*, (1979).

Existe una importante diversidad y variabilidad de cañihua en el altiplano, durante el año 2002 se recolectaron alrededor de 374 especies y se caracterizaron 120 dentro del banco de germoplasma INIA – Illpa, las investigaciones sobre los rasgos heredados de ecotipos específicos muestran que el tono predominante es el de las plantas rojas y el grano negro. (Apaza, 2010).

La cañihua es una planta subutilizada que encierra una gran promesa por sus aspectos nutricionales, nutracéuticos y benéficos para el suelo, se destaca por su imponente crecimiento en la agricultura no tradicional y por exhibir un nivel poco común de resiliencia a la salinidad del suelo, la sequía y el frío (Rodríguez *et al.*, 2023).

2.2.1.1. Origen e historia de la cañihua

Los andes del sur del Perú en la región de Puno en las provincias de Azángaro, Carabaya, Chucuito, Lampa, El Collao, Puno y San Roman



en mayor concentración y el altiplano boliviano del departamento de La Paz, área de Pacajes, en la provincia de Omasuyo y el departamento de Cochabamba; son considerados el centro de mayor diversidad y domesticación (Tapia *et al.*, 2010).

Debido a sus propiedades agronómicas, que incluyen la tolerancia al frío, el cultivo de cañihua ha avanzado significativamente (Rosales *et al.*, 2022), la extensa distribución de la especie fue constatada por los primeros historiadores españoles que llegaron, en 1583 Pedro Mercado descubrió una amplia difusión en Bolivia, según Morúa 1922 los indios Urus que vivían al sur del lago Titicaca eran quienes cultivaban la planta (Tapia *et al.*, 2010 y Tapia *et al.*, 1979).

Aunque no se ha descubierto ningún registro arqueológico de la planta, su dehiscencia en los granos muestra que la domesticación aún está en curso (Ligarda *et al.*, 2012), la cultura Tiahuanaco, que se desarrolló en la meseta del Collao, tuvo una influencia significativa en la domesticación de la planta (FAO, 1992).

Su marginación a causa de la elevada cantidad de personal para su cosecha debido a su tamaño, la hace de gran dificultad (Mujica, 1992). Esta especie andina que durante años ha sido de gran significancia para la alimentación de pobladores andinos, en la actualidad retoma su importancia en la alimentación por su calidad (MINAGRI, 2018).

2.2.1.2. Hábitat y cultivo

a) Hábitat

Las zonas agroecológicas de Suni y Puna son las áreas donde se cultiva *Chenopodium pallidicaule* Aellen, su clima con presencia de heladas, granizadas, sequías e inundaciones es característico y negativo del área para el cultivo, aunque esté presente tolerancia a sequías cuando inicia su bifurcación (Callohuanca & Mamani, 2014).

El departamento de Puno es uno de los lugares donde esta influencia climática está presente, y las zonas aledañas al lago inciden significativamente en su producción (Rojas *et al.*, 2014), esto debido al acrecentamiento de temperatura “6°C a 3°C” en comparación a lugares más alejados al lago; como evidencia la cañihua en forma lasta presenta buenos rendimientos teniendo una producción de 2,450.00 kg/ha en grano (Callohuanca & Mamani, 2014). Un clima seco y frío es el entorno natural más adecuado para que la cañihua se desarrolle (Tapia, 1997).

b) Cultivo

Chenopodium pallidicaule puede plantarse como cultivo de rotación después de la siembra de los tubérculos; se cree que de septiembre a octubre son los meses más favorables para el cultivo (Callohuanca & Mamani, 2014).

El cultivo tiene una etapa vegetativa de 140 a 150 días hasta la maduración, dependiendo de la variedad o cultivar, y es cultivado por agricultores utilizando técnicas convencionales alrededor del 95 % del tiempo desde la siembra hasta la cosecha (Apaza, 2010), dependiendo de



la accesibilidad del productor, se utilizan equipos o tractores para preparar el suelo con el fin de completar los delicados requisitos de limpieza del cultivo (Callohuanca & Mamani, 2014).

La forma de sembrado es al voleo, pero se reportaron que se tiene mejores rendimientos en una siembra por surco y a un distanciamiento de 30 a 50cm (Cahuana, 1975), la cantidad de semilla que se utiliza para sembrar es un aproximado de 4 hasta 8 kg / ha en surcos y 15 kg/ha al voleo; el abonado que necesita el cultivo por kg/ha es de 60 - 80 N, 20 – 60 P₂O₅ y 50 K₂O (MINAGRI & AgroRural, 2019), la carencia de labores culturales “aporque” en el cultivo es un factor que disminuye la producción (Callohuanca & Mamani, 2014).

2.2.1.3. Características botánicas, genéticas y fenológicas

a) Morfología y botánica

La cañihua es un tipo de planta anual puede tener una forma erguida “saiwa”, semierguida “lasta” y tallos erguidos tumbados al suelo “pampa lasta” (figura 2) (Apaza, 2010), son bastante ramificadas partiendo de la base (Planta herbácea) y está adaptada a condiciones de sequía estacional, poseen una altura de 20 hasta 70 cm (Callohuanca & Mamani, 2014).

La cubierta de polvos blanco o rosado, no son más que las vesículas o “cristales de oxalato de calcio” cubriendo el tallo, hojas e inflorescencias de la parte superior de la planta (Mujica & Chura, 2012) el cual es encargado de la moderación en la transpiración “excesiva transpiración” en épocas secas (Apaza, 2010).



Callohuanca & Mamani, (2014), indican que su raíz es “pivotante” con abundantes raicillas colaterales, que puede alcanzar una profundidad de 15 a 30cm, su coloración varían entre cremoso y en ocasiones rosado.

Las hojas son tribuladas con bordes dentatos y/o enteros, poseen nervaduras muy evidentes en el envés y sus peciolo son cortos de un aproximado de “10 a 12 mm” (Apaza, 2010), a su vez presentan diferentes formas de “lamina foliar” entre las cuales son el de aspecto triangular, romboidal y ancha ovada (IPGRI *et al.*, 2005).

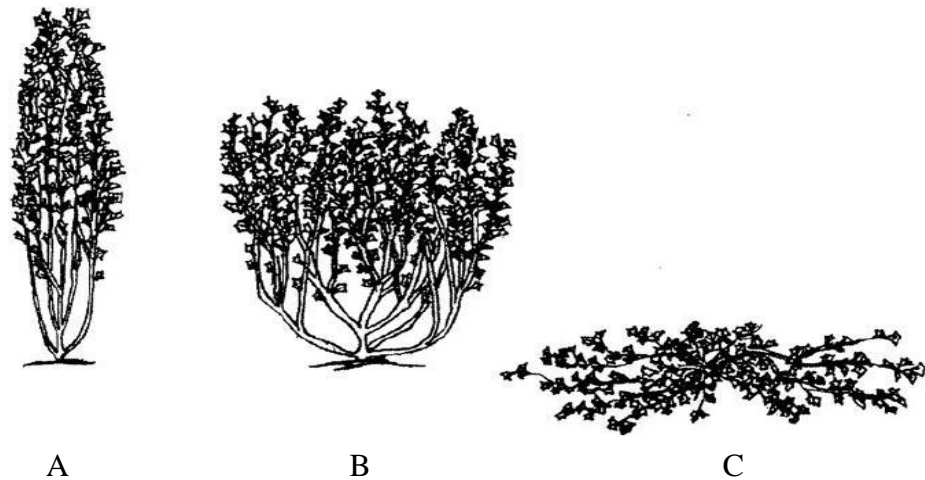
La coloración en hojas y tallo, en las primeras fases fenológicas de los cultivares es verde la cual varía entre claro y oscuro, en la etapa de madurez fisiológica adquieren un color diferente “amarrillo, rojo, purpura, etc.” (Callohuanca & Mamani, 2014).

Al igual que en la quinua en la cañihua su parte más importante es la semilla madura (Canahua *et al.*, 2003). Según, Callohuanca & Mamani (2014), IPGRI *et al.* (2005) y Apaza, (2010), la forma de la semilla puede ser “lenticular, cónico, subelipsoidal subcilíndrico, sublenticular y subcónico”, además no tiene saponina.

La semilla de la cañihua tiene un fruto en aquenio y es de menor tamaño en comparación a la quinua, está cubierta por el perigonio que es de un color similar en su periodo vegetativo y es gris en la maduración completa, no presenta dormancia y posee una maduración gradual (Callohuanca & Mamani, 2014).

Figura 2

Planta de cañihua y hábito de crecimiento.



Fuente: Adaptado de IPGRI *et al.* (2005). A) Saihua, B) Lasta, C) Pampalasta.

b) Genética

Según PIWA (1994), indica que la cañihua es una especie diploide con 18 cromosomas somáticos, sin embargo, cuando se aplica colchicina al 4 %, muestran 36 cromosomas somáticos, lo que los convierte en tetraploide, muestran una herencia simple en el color de la plántula y el grano, y su alto valor de polinización impide cruces específicos. Su tipo de fecundación es mixta con una tasa de 64 a 89 % en autofecundación (Astete, 2002). Tapia, (1968), indica que su grano no tiene un color concreto debido a su coloración negra teniendo una tenue dominancia sobre el marrón y castaño.

c) Fases fenológicas de la cañihua

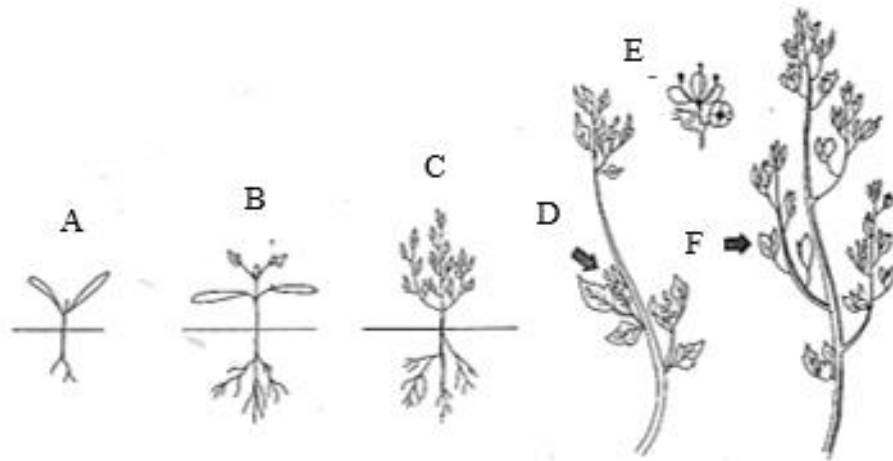
La fases fenológicas de la cañihua comienza con la emergencia, período vulnerable en el que los dos cotiledones son visibles en el suelo (Callohuanca & Mamani, 2014), posteriormente, las dos hojas reales

comienzan a brotar, lo que significa el inicio del crecimiento y la fotosíntesis (Apaza, 2010).

Para proceder a la floración y producción de grano, la planta comienza a ramificarse (crear ramas secundarias) y producir una inflorescencia (figura 3) (PIWA, 1994).

Figura 3

“Fases fenológicas” de la cañihua.



Fuente: PIWA, (1994). A) emergencia, B) dos hojas verdaderas, C) ramificación, D) formación de inflorescencia, E) floración, F) grano lechoso, G) grano pastoso, H) madurez fisiológica.

2.2.1.4. Características nutricionales

Chenopodium pallidicaule Aellen “cañihua” es considerado una de las especies peruanas de granos andinos más fortificantes por su alto valor nutricional (La Rosa, 2021), el grano es la principal porción comestible de la cañihua, pero los subproductos de la trilla también se utilizan como alimento para los animales, dos ejemplos son el kiri (tallos) y el jipi (ramitas, hojas y perigonio), que se utilizan como alimento para el ganado vacuno, ovino y alpacas (Canahua *et al.*, 2003).



Las hojas tiernas también son aprovechadas por un porcentaje de amas de casa que indican buenos resultados para los enfermos y atletas, el grano se puede consumir en forma de harina tostada llamada “cañihuaco” (Callohuanca & Mamani, 2014), el comprendido nutricional reportada por la FAO indica que el contenido proteico de la cañihua es de 14.0, fibra 9.8, grasas 6.3, ceniza 5.4, carbohidratos 64.0 y tiene una humedad de 12.2 en comparación al arroz y el trigo que tienen mayor contenido de carbohidratos y humedad (Canahua *et al.*, 2003).

(MORON, 1999), indica que el contenido promedio de los aminoácidos esenciales de la cañihua es de 59.0 de lisina, 47.0 de treonina, 16.0 de metionina y de 0.9 de triptófano expresados en mg de aminoácidos/g de proteína.

Un estudio realizado por Zegarra *et al.*, 2019, indican que el pan de cañihua tiene una composición de 11.2 % de proteína, 4,74 % de fibra dietaria y 11.2 % de grasa, siendo una mejor opción para la producción de panes y a su vez conveniente para el consumo de pacientes celiacos con una aceptabilidad de “4,6/5”.

2.2.1.5. Producción y exportación de la cañihua

a) Producción Internacional

La especie se cultiva en las áreas altiplánicas altas de Perú y Bolivia (Figura 4), ocupa un espacio reducido si lo asemejamos al cultivo de quinua (Estaña & Muñoz, 2012).



Las regiones productoras del cultivo en Bolivia incluyen Potosí, La Paz, Oruro y Cochabamba, con una superficie total de 1216 ha y un rendimiento de 782 t, la producción de este país en la campaña 2021 - 2022 fue de 643 kg/ha (INE, 2022); dentro de los países que también producen cañihua tenemos a “Argentina, Colombia, Chile y Ecuador” (MINAGRI, 2018).

b) Producción Nacional

En el Perú la producción de cañihua se da en las regiones de Puno con el 96.5 % de producción, Cusco con el 3.5 % y Arequipa con el 0.1 %, en los datos del 2021 la producción fue de 839 kg/ha, con un área ocupada de 6188 ha y un rendimiento de 5188 t a nivel del país (MIDAGRI, 2021).

c) Producción Regional

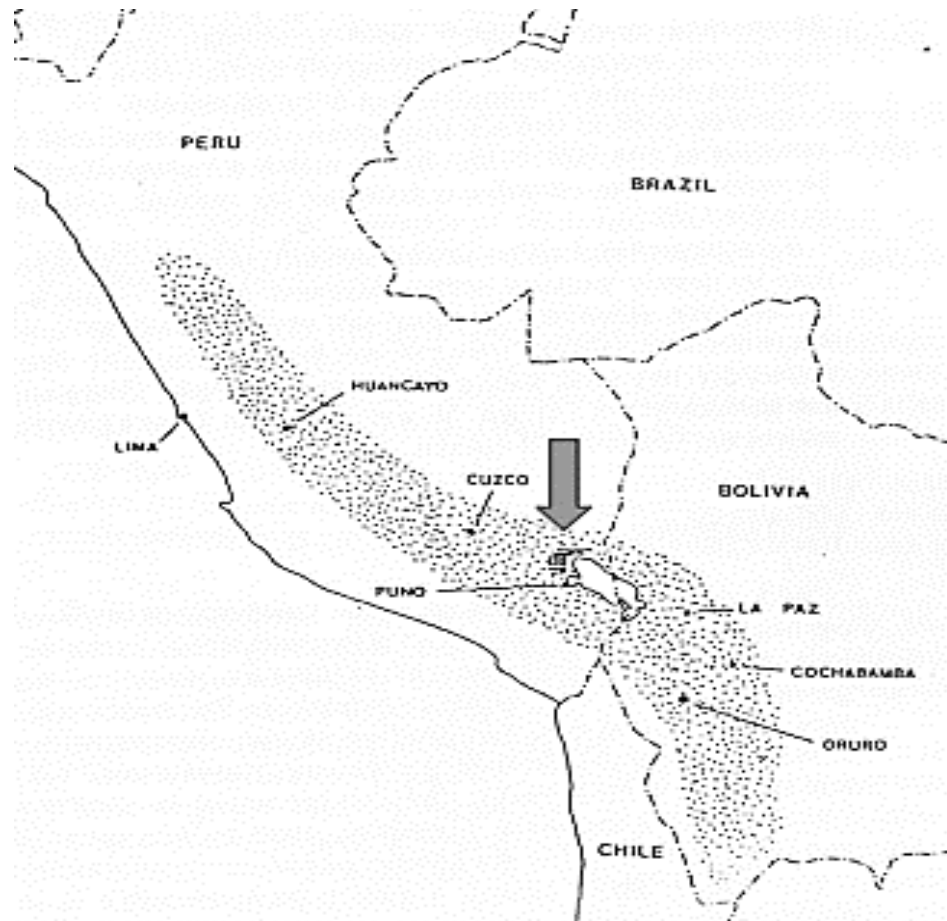
Puno departamentos del Perú ubicado a una altitud de 3800 a 4400 msnm aproximadamente, es uno de los lugares en el cual se produce mayor cantidad de cañihua (Dolly, 2013), en la campaña agrícola del 2019 reportó niveles bajos de rendimientos con 854 kg/ha en grano a nivel departamental (Reynoso Mamani, 2020), para la campaña agrícola 2019 y 2020 el cultivo fue considerado como un cultivo prioritario debido a que es parte de los alimentos beneficiosos para la salud (MINAGRI, 2020).

Las zonas que mayormente producen cañihua en Puno son “Azangaro 31.7 %”, “Lampa 17.7 %” y “San Román 9.8 %” (MINAGRI, 2018), pero también se producen en Carabaya, Chucuito, Collao, Huancané, Melgar, Moho y San Antonio de Putina (Callohuanca & Mamani, 2014).

Figura 4

Distribución del cultivo de Cañihua

Fuente: Adaptado de Risi & Galwey, (1984) Densamente sembrada en el Altiplano de



Perú y Bolivia en la región norte del lago Titicaca “flecha”.

d) Exportación de cañihua

Dentro de los países importadores de cañihua cabe resaltar a “Alemania, Canadá, EE. UU, Holanda y países que establece firmemente las preferencias de sus residentes por comidas de origen más natural y poco procesadas (MINAGRI, 2018), en 2016 se exportaron “960” toneladas de bienes por un precio FOB de 3,2 millones de dólares (MINAGRI, 2018), pero se estima que las exportaciones de cañihua representan menos del 0.01 % de todas las exportaciones de granos andinos, lo que las convierte



en un componente relativamente insignificante para los cálculos del mercado de valores (Becerra & Moreyra, 2023).

2.2.1.6. Cultivares de cañihua

a) Cupi

Cupi es una variedad, posee un hábito de crecimiento tipo lasta, su coloración en la madurez fisiológica es de púrpura pálido y su dehiscencia regular, presenta un perigonio cerrado de color “gris crema suave” (Callohuanca & Mamani, 2014).

b) Chilliwa Rosada

Es un cultivar que posee un tamaño promedio entre Cupi y Pitojiura, presenta un tallo ramificado y con mayor diámetro, su rendimiento promedio es de 1460 kg/ha promedio (Chahua, 2020).

c) K'ello

El ecotipo k'ello posee una coloración que va de amarillo a amarillo ocre, un grano color castaño y un periodo vegetativo de 140 a 170 días promedio (Tapia *et al.*, 2010), además de buenos rendimientos en grano (Livisi, 2022).

d) Pitojiura

Es un ecotipo con una altura menor a comparación de la variedad Cupi, posee un tallo ramificado y su periodo vegetativo tiene una durabilidad de 146 días promedio (Chahua, 2020).



2.2.2. La Semilla

Según, la Ley General de Semillas N° 27262 (peruana), se considera semilla a toda estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie. Desde el punto de vista de tecnología de semillas, la semilla es producido sexualmente como resultado de la polinización, fecundación y madurez de un óvulo, el cual contiene: una cubierta protectora denominada pericarpio, tegumento o testa (cáscara), un almacén de sustancias de reserva o nutrientes (endospermo, perispermo, cotiledones), y el embrión constituido por radícula y plúmula (planta en miniatura).

Desde la floración hasta la polinización, las plantas pasan por una complicada secuencia de cambios morfológicos y fisiológicos que finalmente dan como resultado semillas maduras (Maestro *et al.*, 2023).

La herramienta más básica utilizada en la producción agrícola es la semilla, cuyas cualidades inherentes remiten la calidad y el rendimiento del cultivo sus características de deben ser de alta calidad deben e incluir espesor, consistencia, pureza, integridad, salud y alta viabilidad (Huang *et al.*, 2024).

2.2.3. Calidad de semilla

Según Peske *et al.*, (2012) los atributos de la calidad pueden ser divididas en genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios. El atributo genético hace referencia a la pureza varietal, al potencial de rendimiento, a la precocidad de un cultivar, capacidad de enfrentar diferentes tipos de estrés y calidad de grano, entre otras características. El atributo físico hace referencia a la humedad de la semilla, a los daños mecánicos que se puedan presentar en un lote de semillas, masa, apariencia, presencia de semillas de otros cultivares, de otras especies y/o de material inerte.



El atributo fisiológico, también llamado de calidad fisiológica de la semilla, envuelve el metabolismo de la misma. Este atributo está principalmente representado por la capacidad de germinación, el vigor y la dormancia o latencia que un lote de semillas puede presentar; finalmente el cuarto atributo de la calidad de la semilla, es el componente sanitario, representa la sanidad del lote de semillas, ya que semillas infectadas por microorganismos pueden tener bajo vigor o no ser viables, razón por la cual todas las semillas comercializadas deben tener niveles aceptablemente bajos de cualquier patógeno.

La germinación, el análisis de pureza y la sanidad son tres criterios de calidad aceptada y determinados por análisis de rutina en laboratorio para el análisis de semillas. Estos parámetros son de gran importancia para evaluar la calidad de las semillas en el mercado. Sin embargo, no son los más eficientes (Fernantes *et al.* (2013).

La etapa fenológica más crucial en el ciclo de vida de las plantas agrícolas es el establecimiento del cultivo, siendo controlada por la calidad de la semilla previa a la siembra (Javed *et al.*, 2022).

La calidad de las semillas está anexa con diversas pruebas que determinan la eficacia en la semilla (análisis de germinación, prueba de vigor, pureza, etc) y es una consideración importante en las decisiones de los productores y empresas de semillas debido a ser un factor clave para la prosperidad del cultivo en la superficie de siembra (Magdaleno *et al.*, 2020).

El mal manejo de las semillas por parte de los agricultores da como resultado una disminución en la capacidad de las semillas para germinar, un

deterioro de la calidad en las semillas y una pérdida de potencial, para poder tener una semilla de calidad debemos reconocer sus cualidades (Melese *et al.*, 2022).

2.2.4. Muestreo y muestra para análisis de semilla.

El muestreo del lote anexo a la obtención de semilla se realiza de manera uniforme, las muestras de cultivares pueden tomarse en recipientes y los envases deben ser adecuados a los objetivos, es decir, no dañar la semilla y deben estar limpios para evitar mezclas, se deben rotular antes o inmediatamente después de finalizar el muestreo (ISTA, 2016).

Para la obtención de muestra se recolectan manualmente aproximadamente 5 kg. de cada cultivar de los almacenes de semillas que luego se mezcla adecuadamente reduciéndolo a un 1 kilogramo para el análisis de calidad, la muestra final y la aproximación de la composición, esto se hace de acuerdo con las pautas y planes de muestreo proporcionados por ISTA (2023) (Melese *et al.*, 2022).

2.2.5. Calidad física de la semilla

Los análisis físicos del lote forman parte de la semilla de calidad en el cultivo, cuya importancia radica en la evaluación de su valor para la siembra y disposición de su comportamiento en campo (FAO & AfricaSeeds, 2019).

Dentro de los parámetros en el análisis físico, se tiene a la pureza física (semilla pura, otras semillas y materia inerte), peso de 1000 semillas, análisis de humedad, peso volumétrico (peso hectolítrico), número de semillas en un gramo (ISTA, 2023).



Gómez (2017), en la investigación de pureza física y pruebas de germinación en semillas para siembra, indica que a mayor tiempo de almacenamiento de semillas menor será la humedad y peso, en conclusión, se muestra que el análisis físico es influyente en la viabilidad de la semilla.

2.2.5.1. Determinación de humedad de la semilla

La determinación del contenido de humedad es empleada según el método de secado en estufa a 105 °C con una muestra agregada de 5 g de semilla entera, durante un periodo de 17 horas de secado, para su posterior determinación de contenido de humedad (Magdaleno *et al.*, 2020).

La pérdida de peso que experimenta una muestra después del secado es un buen indicador de su contenido de humedad, según las instrucciones suministradas, así mismo es expresada en porcentaje de peso a través de la comparación de la muestra original, el principio de la determinación de humedad radica en disminuir la oxidación, descomposición o pérdida de otros componentes volátiles, las estrategias sugeridas buscan limitar la evaporación de la humedad (ISTA, 2023).

2.2.5.2. Pureza física de la semilla

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

La pureza física determina la disposición porcentual del peso de la muestra a analizar por medio de la inferencia y constitución de la parcela



de semilla; a su vez se encarga de determinar semillas de otras especies y/o la cantidad de materia inerte que incluye la muestra (FAO & AfricaSeeds, 2019).

Según, ISTA (2023), en el análisis de pureza la muestra se separa en semilla pura (semillas intactas y semillas que se han reducido menos del 50 % de su tamaño inicial), otras semillas (semillas que difieren del cultivar muestra) y materia inerte (partes de semilla, compuestos y estructuras que no estén categorizadas como semillas).

El objetivo en un análisis de pureza es calcular la fracción de semilla que queda después de la extracción de contaminantes, restos de semillas y semillas de especies no relacionadas al cultivo, permitiendo la determinación exacta de composición por cultivar, el análisis se realiza sobre 4 g a 5 g de semillas y los resultados se expresan en porcentaje de muestra representativa, análisis de componentes puros, otras semillas agrícolas y material inerte (Gonzalez *et al.*, 2010).

2.2.5.3. Peso de 1000 semillas

Conforme Peske *et al.*, (20212) el peso de 1000 semillas es una característica utilizada para informar el tamaño y peso de la semilla. Conociendo el peso de 1000 semillas y por consiguiente el número de semillas por kilogramo, es fácil determinar el peso de semillas a ser utilizada por área.

El peso de 1000 semillas pertenece a la primera etapa de evaluación de calidad de semillas, el cual se obtiene a través del conteo y pesado de las semillas por repetición tomadas a l azar (Pérez *et al.*, 2006), además



que el número de semillas pesadas muestra la representación de la cantidad y comportamiento deductivo de semilla que se requieren en un lote objetivo (FAO & AfricaSeeds, 2019).

El peso volumétrico es influenciado por el tamaño, forma, densidad y grado de humedad de las semillas. Un lote formado por semillas maduras, bien granadas, presenta un peso volumétrico mayor que otro lote con la presencia de semillas inmaduras, mal formadas y chusas; Asimismo, el peso volumétrico, además, de ser útil en la evaluación de la calidad de las semillas, también es esencial para el cálculo de silos, almacenes y depósitos en general (Peske *et al.*, 2012)

En el caso de canihua, la evaluación ejecutada va del peso y dimensión de la semilla, con un rango de 0.5 a 0.6 g. en 1000 unidades de granos (Gonzales, 2019), por otra parte (Pascualides & Ateca, 2013), reporta que el peso de 1000 semillas corresponde a la categorización positiva tanto en el peso seco de las plántulas como en la longitud del eje del hipocotilo radicular.

2.2.5.4. Peso hectolítrico

Los cálculos de volumen en semillas pueden facilitar con el uso del coeficiente de volumen (calidad), que revela una relación directa entre unas pocas dimensiones de semillas seleccionadas (forma-tamaño) y el volumen de las semillas “peso hectolítrico” (contenido de humedad) (Kaliniewicz *et al.*, 2022).

El peso de 100 litros de semilla se conoce como peso por hectolitro o peso por unidad de volumen y sirve como indicador de calidad del



rendimiento, se expresa como hectolitro en la India y Europa, y como bushel (libras por bushel) en otros países (Lab Manual, 2017), cuanto Más alto mayor sea el peso en hectolitros, mejor será el rendimiento y posteriormente un precio mayor por kilogramo, excluyendo los efectos adversos sobre la calidad de otros factores como las proteínas, el clima o los daños causados por insectos (Lüy *et al.*, 2023; Manley *et al.*, 2009).

Además, Estrada *et al.*, (2023) indica que el peso hectolítrico de las semillas en grano se ve influenciada por los siguientes factores:

- a) La cantidad de granos que caben en un cilindro de prueba está limitada por el nivel de humedad, ya que el agua hace que los granos se expandan, el peso hectolítrico disminuye al aumentar el contenido de humedad.
- b) Forma del grano, el peso hectolítrico disminuirá al aumentar el espaciamiento entre granos.
- c) La gravedad específica o espesor de la corteza del perispermo.
- d) Una gran cantidad de contaminantes diminutos y ligeros reducen el peso del hectolitro al impedir que los granos formen una masa compacta.

2.2.5.5. Numero de semillas por gramo

El número esperado de semillas en un gramo de una determinada variedad se expresa como número de semillas por gramo, si bien es posible que sea necesario medir de forma abstracta las semillas muy grandes algunas semillas muy pequeñas pueden contener (Dobrzaski & Stpniewski, 2013).



Dado que el tamaño y el peso relativos de las semillas pueden variar hasta en un 50 % según factores como la humedad de semilla, la dureza de la semilla e incluso la humedad ambiental, el término "semillas por gramo" siempre se utiliza como estimación (Kaliniewicz & Choszcz, 2021).

2.2.5.6. Determinación del tamaño de semilla

Kaliniewicz *et al.*, (2022) señalan que las semillas y sus características físicas tienen un impacto en procesos como la siembra y la cosecha, el desarrollo de procesos tecnológicos requiere una comprensión profunda de las propiedades de un material, y una de esas propiedades es el "tamaño" de la semilla.

Así mismo, Qiu *et al.*, (2022) destacan que el tamaño de la semilla, que se compone de sus características "ancho-largo-espesor", es crucial para medir la producción y servir como base para evaluar su idoneidad.

Debido a que las semillas pequeñas, inmaduras o dañadas tienden a generar plantas débiles, el tamaño juega un papel en el proceso de lograr una uniformidad específica debido a sus características externas (Smitchger & Weeden, 2018).

El tamaño y el color de las semillas son fundamentales para la comercialización, ya que a los consumidores les gusta o esperan una calidad de grano particular (Cervantes *et al.*, 2016), mejorar el rendimiento y producir dosis de semilla de emergencia más confiables son dos beneficios de clasificar la semilla según su tamaño uniforme (Goldammer, 2021).



De igual forma, Ferreira *et al.*, (2017) manifiesta que el tamaño de una semilla o granulometría está determinado por su volumen, su apariencia y sus características, se puede determinar utilizando filtros (Tamices) que separan el grano a través de mallas con diferentes anchos y bastidores de diámetros conocidos.

Existen cinco tipos de granos: sub cilíndricos cónicos, sub lenticulares, sub conicos, sub elipsoidales con bordes afilados o redondeados (Callohuanca & Mamani, 2014; IPGRI *et al.*, 2005), según los criterios técnicos para la cañihua en el Perú establecen que se pueden evaluar semillas con cualidades físicas y químicas adecuadas y un tamaño superior a 0,80 mm. (MIDIS, 2022). No obstante, es fundamental comprender que en la misma panícula pueden coexistir granos de cañihua en distintos tamaños.

2.2.6. Calidad fisiológica de la semilla

A las características de la semilla que determinan su comportamiento potencial para el establecimiento en campo se denominan calidad fisiológica, sin embargo, las características de calidad pueden verse perjudicadas durante los procedimientos de producción, cosecha, procesamiento, almacenamiento y/o envío (Estrada, 2022).

La fisiología de la semilla como viabilidad, capacidad germinativa, vigor son aspectos que se consideran relevantes en la conservación de nuestra agrobiodiversidad, las semillas son el origen de la planta (Whitehouse *et al.*, 2020).



La semilla alcanza su máxima vitalidad en la madurez de la planta, después de eso, comienza a deteriorarse o perder su fuerza ya que tiene que seguir latente usando energía para continuar con sus procesos esenciales (Espitia *et al.*, 2023), debido a que las bajas temperaturas hacen que las semillas se sequen y pierdan su viabilidad, es importante considerar la temperatura a la que se almacenan (Whitehouse *et al.*, 2020).

La totalidad de las características genéticas, química biológicas, citológicas y de otro tipo de una semilla que gobiernan su fase de actividad y la sustentan como unidad biológica de reproducción se conoce como su calidad fisiológica capaz de ser viable (Ruiz *et al.*, 2021).

Comprender el vigor, la calidad, madurez, latencia, germinación y vida útil de las semillas requiere una percepción de la fisiología de las semillas, el proceso de germinación de semillas representa importantes características agrícolas y biológicas que determinan cómo se establecen las plantas en hábitats silvestres o gestionados y garantizan su preservación (Gupta *et al.*, 2022).

2.2.6.1. Prueba de germinación

La prueba de germinación es actualmente el parámetro utilizado para medir la viabilidad y predecir a emergencia en campo cuando la siembra es realizada en condiciones ideales del suelo, de humedad y de temperatura. Tales condiciones raramente ocurren y ese parámetro de evaluación de la viabilidad superestima las emergencias en campo, en porcentajes variables, eso es debido al hecho de que el vigor de las semillas integra factores o caracteres que van más allá de la simple viabilidad (Popinigis, 1985).



Delouche (1974) destaca que la prueba de germinación es un parámetro poco sensible y engañoso del vigor de las semillas, porque enfoca la consecuencia final de la deterioración y no toma en cuenta aquella pérdida que ocurre antes que la capacidad de germinación disminuya.

El objetivo de la prueba de germinación es determinar el máximo potencial de germinación del lote de semillas; en este contexto, el porcentaje representa la rápida germinación de las semillas y la viabilidad en el campo (Domin *et al.*, 2019).

La inserción de la radícula circundante por la estructura de la semilla es la manifestación externa de la germinación; dado que no todas las semillas germinan, incluso en circunstancias ideales, una germinación efectiva es un signo crucial de alta calidad para las plantas (Kumar & Pandey, 2021).

Determinar el mayor potencial de un lote de semillas es el objetivo de las pruebas de evaluación de la germinación. Cuando las semillas se siembran en condiciones óptimas, la proporción de semillas que germinan en el menor tiempo se conoce como porcentaje de germinación (Domin *et al.*, 2019).

2.2.6.2. Prueba de vigor de la semilla

Un cuarto criterio de calidad, denominado vigor, surgió con el objetivo de estimar el desempeño de las semillas en el campo. La expresión “vigor de semillas” fue utilizada durante muchos años, pero solamente en las últimas dos décadas se reconoció como un factor definible de calidad



y se comprendió sus efectos sobre el comportamiento y emergencia de la semilla en el campo (Fernantes *et al.* (2013).

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor (International Seed Testing Association, 1995)

Un componente crucial de la calidad de las semillas es su vigor, las semillas fuertes con buenas cualidades germinan rápido, tienen buenos atributos, su producción es uniformemente y particularmente se desarrollan eficazmente en el medio ambiente, especialmente en circunstancias desfavorables (Tao *et al.*, 2023).

La interacción de variables genéticas y ambientales determina el vigor de la semilla, una característica esencial y complicada; además es una cualidad cuantitativa que está influenciada por una serie de variables relacionadas con el comportamiento general de las semillas (desarrollo y uniformidad) (Marcos, 2015). La totalidad de las características y su establecimiento crucial de una semilla que afectan su actividad, comportamiento durante la germinación y la aparición de plántulas se conoce como vigor de la semilla (Dadlani & Yadava, 2023).

Los lotes de semillas de bajo vigor producen plántulas con menor tasa de desarrollo del cultivo, índice de área foliar y acumulación de



materia seca, los factores clave que influyen en el vigor de las semillas incluyen factores genéticos y ambientales, como los tratamientos de las semillas (Tao *et al.*, 2023).

El deterioro durante el desarrollo, la cosecha, el secado y el almacenamiento, que comienza cuando la semilla alcanza la madurez fisiológica y continúa durante el almacenamiento, es una de las principales razones de la pérdida de vigor (Dadlani & Yadava, 2023).

En la prueba de vigor se utilizan un mínimo de dos muestras de semillas distintas, lo que permite identificar posibles variaciones en la calidad fisiológica de semillas con poderes de germinación comparables y adquirir una evaluación ajustada del rendimiento en el campo en diversas condiciones (Ebone *et al.*, 2020).

La velocidad de emergencia, que cuenta el número de días que emerge una plántula para crear un índice, permite desarrollar estimadores más precisos del vigor de las plántulas para su uso en iniciativas de mejora genética (Pang *et al.*, 2023).

El concepto de vigor ha sido ampliamente utilizado por las empresas de semillas en control de calidad, existen varias pruebas de vigor, cada una más apropiada en semilla y condición, aunque las pruebas de vigor son muy útiles, aún no están estandarizadas (Wen *et al.*, 2018).

2.2.6.2.1. Velocidad de emergencia de las plántulas en campo

El paso principal para determinar el vigor de la planta es el desarrollo de la semilla (emergencia) (Kumar & Pandey, 2021), la

emergencia de las semillas marca el inicio (origen del cultivo) del crecimiento de las plantas y está fuertemente asociada con el desarrollo y la productividad del cultivo bajo circunstancias medioambientales adecuados (Wang *et al.*, 2023), en esta etapa, se inicia el proceso donde la semilla absorbe agua, rompe cubierta y concluye con la formación del eje embrionario (Kumar & Pandey, 2021).

Siguen tres fases de germinación, algunas de las cuales se superponen: a. Imbibición: el proceso de absorción de agua (potencial hídrico), b. Activación enzimática: disminución significativa de la absorción debido a la conversión metabólica, c. Crecimiento: emerge la radícula (más actividad metabólica) (Wolny *et al.*, 2018).

Cuando están presentes estímulos ambientales (condiciones ambientales favorables) como la luz, la temperatura, los componentes del suelo, particularmente nitrato y componentes moleculares la semilla comenzará a germinar (Kumar & Pandey, 2021 y Rodríguez *et al.*, 2016).

2.2.6.2.2. Altura de plántulas

Se puede evaluar el vigor de la planta, predecir la biomasa y el rendimiento utilizando la altura de la planta, una altura óptima de la planta es necesaria para una buena producción agrícola (Qiu *et al.*, 2022).

Además que la altura de planta es un componente crucial de las cualidades agronómicas para su arquitectura en el cultivo, su tolerancia, su estrés por alta densidad, su rendimiento de la planta; existen dos categorías amplias en las que se pueden dividir en los genes y procesos que regulan la altura de las plantas (Zhao *et al.*, 2024).



2.2.6.2.3. Peso de biomasa de plántulas por tamaño de semilla

La característica fenotípica trascendental de los cultivos es la biomasa aérea que es crucial para rastrear el desarrollo de los cultivos, calcular el rendimiento y evaluar la salud del ecosistema circundante (Shu *et al.*, 2023).

Una de las técnicas convencionales para estimar el aumento de la biomasa aérea de las plantas se basan en estimaciones indirectas o en técnicas de recolección directa (Sun *et al.*, 2024).

2.2.6.2.4. Relación tallo raíz

Dos características importantes que tienen un impacto en la salud, el desarrollo y la vida útil de las plántulas, son la profundidad a la que se encuentran sus raíces estructurales debajo de la superficie del suelo y el tamaño en la que crecen sus tallos (Hauer & Johnson, 2021).

Cuando los recursos del subsuelo (nutrientes y agua) son limitados, el crecimiento de las raíces aumenta y cuando los recursos aéreos (luz CO₂) son restringidos, se debe estimular el crecimiento de las raíces (Pretzsch *et al.*, 2012).

2.2.6.2.5. Longitud de la raíz

Las raíces primarias claramente brotan al inicio del desarrollo, pero estas raíces son rápidamente suplantadas por raíces laterales robustas y gruesas, que a menudo son las que dan a la planta su desarrollo (Gilbert & Medina, 2016).



Otro componente esencial del refuerzo del suelo es la profundidad de las raíces, ya que las raíces más profundas ayudan a mantener el suelo a un nivel más profundo, pueden mejorar la estabilidad además de anclar las raíces y fijar el suelo, otros elementos arquitectónicos de las raíces, como las ramificaciones, también contribuyen a una mayor estabilidad y tolerancia a la erosión del suelo (Bardgett *et al.*, 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de análisis de semillas, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno “, ubicada geográficamente en la región de Puno, en las siguientes coordenadas:

Latitud : 15°49'28.98" S

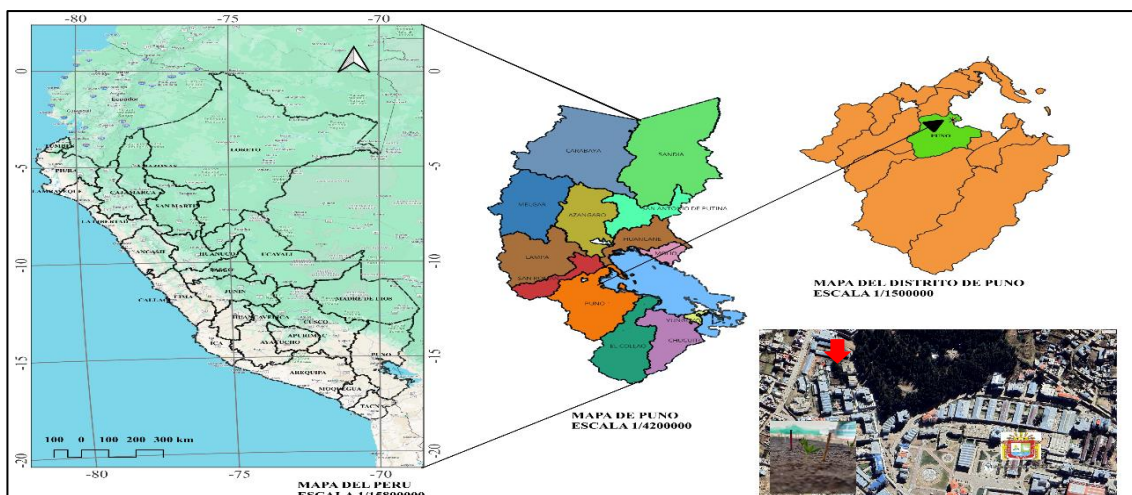
Longitud : 70°00'58.21" W

Altitud : 3830 m s n m

Está localizado en la zona agroecológica Suni, caracterizado como templado frio, por presentar variaciones de temperatura que van de 16 a 7 °C en promedio. En época de lluvia la producción de los cultivos oriundos es buena, disminuyendo en época de invierno otoño (SENAMHI, 2020).

Figura 5

Mapa de ubicación del trabajo de investigación.





3.2. COMPONENTE BIOLÓGICO

3.2.1. Semillas de Cañihua

Se utilizaron semillas de cuatro cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen): Cupi, Chilliwa Rosada, K'ello y Pitojiura, procedentes de la provincia de Azángaro del departamento de Puno, correspondiente a la campaña agrícola 2019/2020.

3.2.2. Muestras de semilla para análisis

La muestra de la semilla de cada cultivar fueron tomados al azar de cada uno de los sacos almacenados, en la cantidad de un kilo, debidamente etiquetado y almacenadas a temperatura y humedad relativa del ambiente, durante el tiempo que dure la realización de las pruebas en laboratorio.

3.3. MATERIALES

3.3.1. Equipos

- Cámara germinadora “SEEDBURO modelo SDA8700”.
- Balanza analítica “RADWAG”.
- Balanza de digital “METTLER modelo JB 3002-G”.
- Estereoscopio “EROLAB”.
- Vernier milimétrico “TRUPER modelo CALDI-6MP”.
- Lupa con iluminación especial
- Balanza hectolítrica “SHOOPER”.
- Desecador “B13514”



- Tamices N° 1.18 mm, 800 μm , 710 μm “TEST SIEVE” y 1.00 mm “PRUFSIEBRING A”.
- Molino pequeño
- Pipeta graduada
- Estufa “LP 114 serie 73-743712”.
- Laptop
- Cámara fotográfica “HUAWEI”.

3.3.2. Insumos

- Agua destilada
- Hipoclorito de sodio
- Alcohol
- Agua destilada

3.3.3. Implementos de trabajo

- Placas Petri de vidrio
- Bolsas de polietileno
- Papel filtro
- Pinzas
- Guantes de procedimiento
- Cuaderno de campo
- Cinta masking
- Mandil
- Tijera
- Rafia



- Lápiz
- Mondadientes de color
- Plumón indeleble
- Papel bond A4

3.4. METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: “laboratorio y campo”, para la identificación de las variables dependientes en la determinación de la calidad física y fisiológica.

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

La disponibilidad de semilla de alta calidad es importante para todos los sectores de la agricultura: El análisis de pureza y las pruebas de germinación han sido ampliamente utilizadas en la evaluación de la calidad de las semillas durante aproximadamente un siglo. Sin embargo, en los últimos tiempos se ha dado énfasis en las mediciones de otros componentes de la calidad de semillas, tales como: sanidad, pureza genética y vigor (Adriana *et al.*, 2001).

3.4.1.1. Determinación de humedad de la semilla

Para determinar la humedad de la semilla de cañihua, se utilizó el método de estufa a 105° establecido por ISTA (2009) y Magdaleno *et al.* (2020).

Después la recepción de las muestras, dos repeticiones de 5g de semilla de cada cultivar fueron colocadas y pesadas en un recipiente (tara), luego llevadas a la estufa graduada a 105°C por un periodo de 17 horas,

vencido el tiempo fueron retiradas, enfriadas en desecador y pesadas nuevamente en una balanza analítica de 0.0001 g (figura 6).

Para el cálculo del porcentaje de humedad de la semilla de cañihua, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{PMf - T}{PMi} \times 100$$

Donde:

PMf: peso muestra final

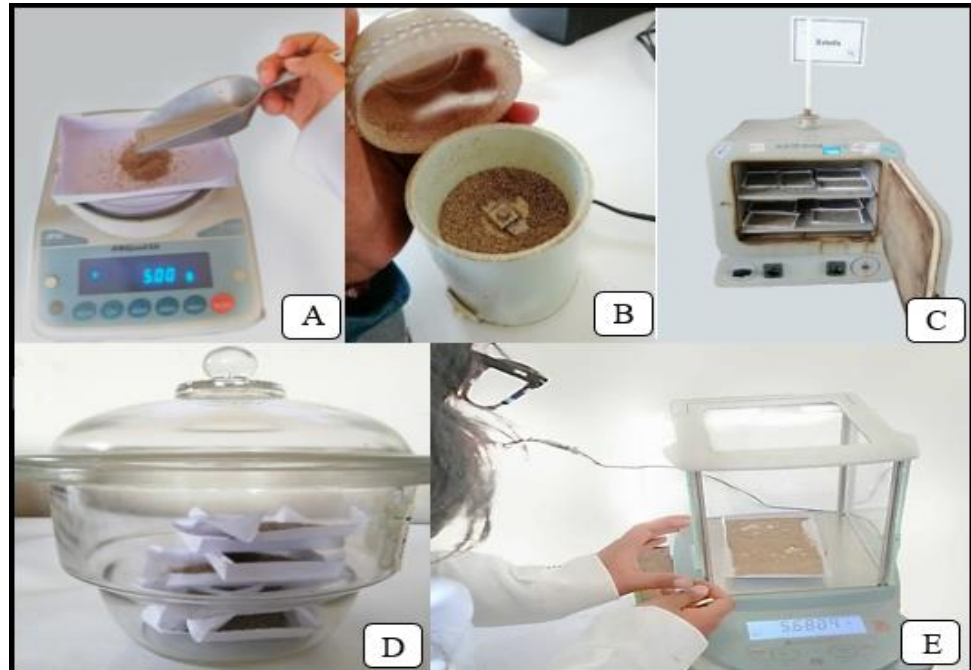
PMi: peso muestra inicial

T: tara

Figura 6

Determinación del contenido de humedad de la semilla de cañihua.

A) pesado de 5 g de semilla muestra por ecotipo destinada al análisis de humedad. B)



molino pequeño con muestra triturada, C) estufa a 105°C con la muestra de semilla, D) desecador con ecotipos de cañihua, E) pesado de muestra seca.



3.4.1.2. Análisis de pureza física de la semilla

La metodología para el análisis de pureza de semillas de cañihua, todavía no es definida, a punto de que no consta, tanto en las reglas de análisis de semillas (Brasil, 1993) como en las reglas de análisis de semilla de la ISTA (2023). Sin embargo, se optó la metodología de análisis de semilla de quinua establecida por Marca *et al.* (1993).

Fueron tomadas una muestra media de 150 g. de semilla de cañihua de las cuatro cultivares debidamente identificadas, las cuales en el laboratorio de análisis de semillas fueron homogenizadas y por divisiones sucesivas se obtuvo una muestra de trabajo de 5 g. para cada repetición.

En una mesa de trabajo, con el auxilio de una lupa con luces LED, pinza, pinceles y recipientes de material de vidrio, las muestras de trabajo fueron separadas en tres componentes: semilla pura, otras semillas y material inerte (Marca *et al.*, 1993; ISTA, 2023)

En el componente semilla pura, fueron consideradas aquellas semillas pertenecientes a la especie y cultivar, semillas de tamaño menor que las normales, semillas inmaduras, semillas atacadas por hongos o insectos.

En otras semillas fueron consideradas, semillas de otras especies, semillas de malezas, semillas de otros cultivares no pertenecientes al cultivar en estudio,

En la porción de material inerte, fueron consideradas el material orgánico como: fragmentos de hoja, de tallo, perigonio, pedúnculos,



pedicelos, semillas partidas menor que la mitad, insectos muertos, excrementos de pájaros, roedores; y material inorgánico como: fragmentos de tierra, arena, piedrecillas y cualquier otro material que no sea semilla (figura 7).

Para el cálculo de los resultados, se tomó en cuenta el peso inicial de la muestra de trabajo, cada uno de los componentes fueron pesados separadamente, y la suma de éstos constituyen el peso final, el cual fue comparado con el peso inicial, con la finalidad de verificar, si la variación entre el peso final y el peso inicial es mayor que 1 %, si esto ocurriese el análisis se repite con nueva muestra de trabajo.

El resultado final es expresado en porcentaje con un decimal, mediante las siguientes fórmulas (ISTA, 2016).

$$\% \text{ semilla pura: } \%P = \frac{(p_i - m_i - O_s)}{p_i} * 100$$

Donde:

$\%P$: Es el “porcentaje de semilla pura”

p_i : Es el “peso inicial”

m_i : Representa a la materia inerte

O_s : Representa a otras semillas de la muestra

$$\% \text{ material inerte: } \%Mi = \frac{m_i}{p_i} * 100$$

Donde:

%Mi: Es el porcentaje de material inerte

m_i : Representa al peso de material inerte

p_i : Es el peso inicial de la muestra

$$\% \text{ otras semillas: } \%O_s = \frac{O_s}{p_i} * 100$$

Donde:

%Os: Es el porcentaje de otras semillas en la muestra

O_s : Es el peso de otras semillas

p_i : Es el peso inicial de la muestra

Figura 7

Análisis de pureza física de las semillas de cuatro cultivares de cañihua.



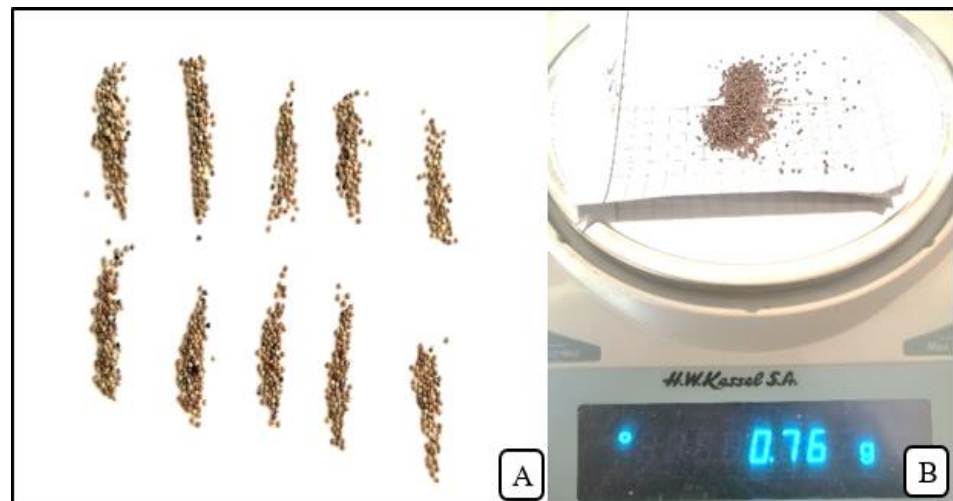
A) pesado de 5 g de semilla muestra por ecotipo, B) selección de semilla pura, otras semillas y material inerte, C) muestras de semilla pura por cultivar.

3.4.1.3. Peso de 1000 semillas

Para la determinar el peso de 1000 semillas, fueron tomadas al azar del componente semilla pura del análisis de pureza, ocho repeticiones de 100 semillas, los cuales fueron pesadas separadamente en una balanza analítica con un decimal; con el peso de las ocho repeticiones, se calculó la variancia, la desviación estándar, y el coeficiente de variación, y el resultado del peso de 100 semillas será: promedio en gramos multiplicado por 10, conforme las reglas de Análisis de Semilla (ISTA, 2023), de manera similar se realizó para peso de 1000 semillas sin perigonio (figura 8).

Figura 8

Peso de 1000 semillas de cuatro cultivares de Cañihua.



A) conteo de semillas sin perigonio separadas en grupos de 100, B) Pesado de las 1000 semillas.



3.4.1.4. Peso hectolítrico

El peso hectolítrico o volumétrico de los cultivares de cañihua se efectuó según los procedimientos establecidos en las reglas de análisis de semilla (ISTA,2023).

Las muestras de las cuatro cultivares de cañihua constaron de 01 kilo, con dos repeticiones. De las muestras se separaron las impurezas como: semillas de otras especies, piedras, terrones y partes vegetativas de plantas. Se utilizó la balanza hectolítrica Shopper con capacidad de ¼ de litro (250ml), los resultados fueron expresados en unidades masa/volumen (kg/hl) con un decimal (figura 9); para el cálculo de los resultados se utilizó la fórmula siguiente:

$$Ph = \frac{Pf \times 100}{Vb}$$

Donde:

Ph: Peso hectolítrico

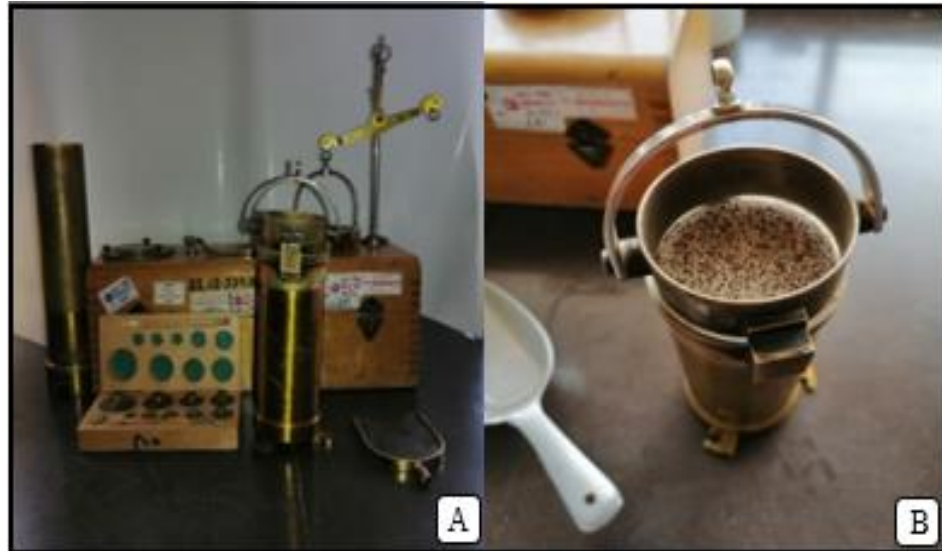
Pf: Peso resultante de la balanza hectolítrica

Vb: Volumen de la balanza

Figura 9

Determinación del peso hectolítrico de semillas de cuatro cultivares de cañihua.

A) balanza hectolitrica con sus accesorios, B) muestra y llenado de semillas para el



peso hectolítrico.

3.4.1.5. Numero de semillas por gramo

Según descrita en las Reglas de Análisis de Semilla (ISTA, 2023), para determinar el número de las semillas por gramo, se pesó 01 gramo de semillas de cada cultivar con cuatro repeticiones en balanza analítica de 0.01g de precisión, en seguida se contó el número de semillas contenidas en un gramo y se registró el resultado (figura 10).

Figura 10

Numero de semillas por gramo.

A) pesado de un gramo de semillas, B) conteo de número de semillas por gramo.



3.4.1.6. Determinación del tamaño de la semilla

Los cuatro cultivares de cañihua fueron clasificados con tamices de diámetros diferentes, de los cuatro cultivares se clasificaron en semillas grandes, medianas 1, medianas 2 y pequeñas. Para medir los cultivares de Cupi, Chilliwa Rosada, K'ello y Pitojiura se utilizaron los tamices de 1.18mm, 1mm, 800 μm Y 710 μm . Luego, todas las muestras se sometieron a pruebas de balanza analítica de precisión (figura 11).

Tabla 1

Tamaño de las semillas seleccionada por tamices de cuatro diámetros.

Calibre promedio de la semilla	Tamaño de la semilla
Mayor a 1.18 mm	Grande
Entre 1.00 mm a 1.18 m	Mediano
Entre 800 μm a 1.00 mm	Pequeño
Entre 800 μm a 710 μm	Muy pequeño

Figura 11

Semillas de cañihua clasificadas por tamaño mediante tamices.

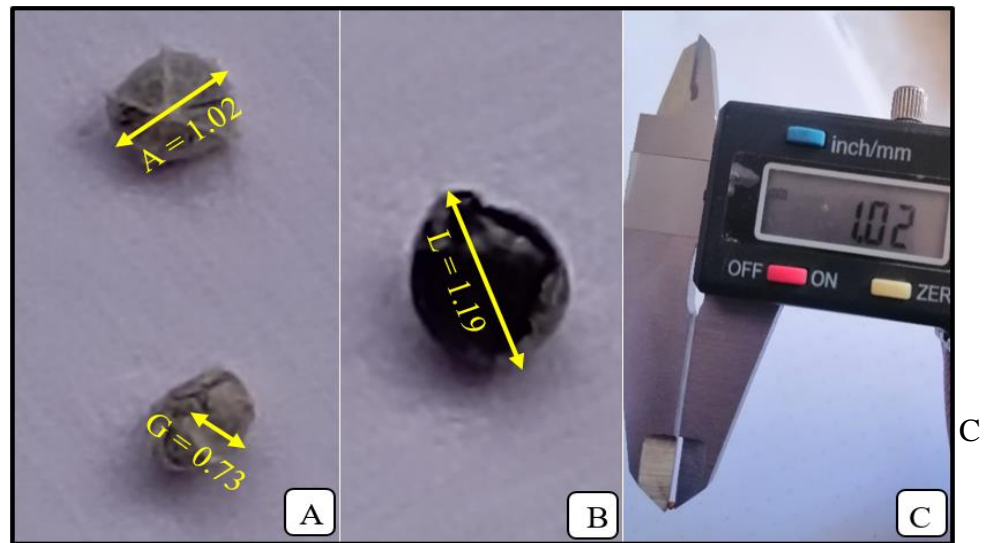


El tamis de 1.00 mm fue de la marca PRUFSIEBRING A. A) tamices de diferentes tamaños con semillas clasificadas, B) semillas de tamaño mayores a 1.18 mm, C) semillas de los rangos 1.18 mm a 1.00 mm, D) semillas de los rangos 1.00mm a 800 μm , E) Semillas de los rangos 800 μm a 710 μm .

Para determinar el tamaño de la semilla de cañihua, se tomó una muestra de 20 semillas de la porción de semilla pura (análisis de pureza) con tres repeticiones; con un vernier milimétrico de 0,01 mm de precisión, se midió el largo, ancho y espesor de la semilla; el largo fue valorado desde el equidistante de la radícula, el ancho de forma transversal y el espesor a través del grosor (figura 12).

Figura 12

Medición del tamaño de la semilla de cañihua con vernier en mm.



Para todas las muestras se retiró el perigonio. A) ancho “A” y grosor o espesor “G” de la semilla, B) largo “L” de la semilla, C) vernier milimétrico expresando el ancho.

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

La calidad fisiológica de las semillas de los cuatro cultivares de cañihua se determinó a través de pruebas de germinación y vigor.

3.4.2.1. Prueba de germinación

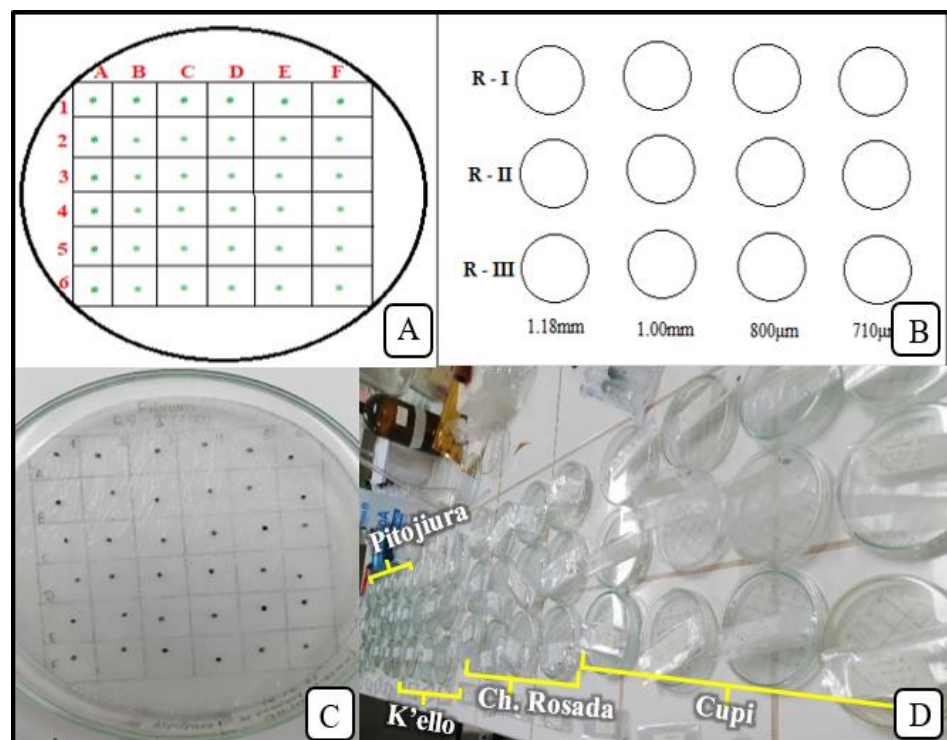
La prueba de germinación se efectuó conforme la metodología establecida para quinua (Marca *et al.*, 1993) y las Reglas de Análisis de Semillas (International Seed Testing Association, 1996). Para ello se tomó al azar 400 semillas de la porción de semilla pura del análisis de pureza, con cuatro repeticiones de 100 semillas para cada cultivar en estudio, se utilizó el sustrato papel humedecido con la cantidad de agua destilada 3 veces el peso del sustrato, en placas Petri debidamente identificadas se colocó en la cámara germinadora graduada a una temperatura constante de

20°C durante 72 horas, el primer conteo se realizó a las 48 horas y el conteo final a las 72 horas. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado.

Para la prueba de germinación se tomaron 36 semillas puras de la prueba de pureza con 3 repeticiones según el diámetro del tamiz: de rango mayor a 1.18 mm, del tamiz entre 1.18 mm a 1.00 mm, tamiz entre 1.00 a 800 μm y 108 semillas del tamiz de entre 800 μm a mayores de 710 μm , teniendo un total de 432 semillas por cultivar (figura 13).

Figura 13

Prueba estándar de germinación por tamaño de semilla y por cultivar.



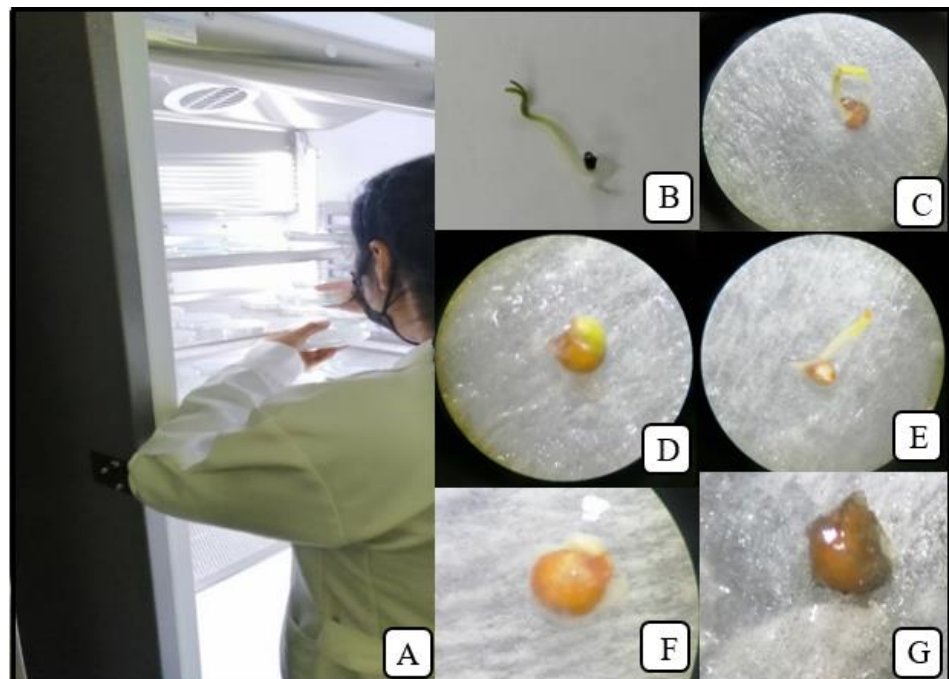
El total de muestras de los cuatro cultivares fue de 1728 semillas. A) distribución de semillas por placa Petri, B) distribución de muestra por cultivar y repetición, C) semillas por placa Petri, D) cultivares de cañihua con sus muestras para la prueba de germinación respectivo.

Las evaluaciones de proceso de germinación se realizaron cada 6 horas el primero a las 12 horas después de la distribución en cámara germinadora, el segundo a las 18 horas, el tercero a las 24 horas, el cuarto a las 30 horas, la quinta a las 36 horas, la sexta a las 42 horas, la séptima a las 48 horas, la octava a las 60 horas y la última evaluación a las 72 horas,

La interpretación de la prueba de germinación se realizó con base a la diferenciación de plántulas normales (radícula, cotiledones e hipocotíleo bien desarrollado), plántulas anormales (con carencia de alguna parte de la plántula o anómalas) y semilla sin germinar (semilla que al final del conteo germinaron).

Figura 14

Prueba de germinación de semillas de cañihua en cámara germinadora.



Imágenes tomadas con estereoscopio. A) distribución de placas petri en la cámara germinadora de los cuatro cultivares, B) y C) plántula normal, D) y E) Plántula anormal. F. Semillas no germinadas. G. Semilla no germinadas y con presencia de hongo.

3.4.2.2. Pruebas de vigor

Para determinar el vigor de las semillas de cuatro cultivares de cañihua, se utilizaron cuatro tamaños de semillas determinados por los tamices de calibre: grande 1.18 mm, mediano de 1.00 mm - 1.18 mm, pequeño de 800 μm - 1.00 mm y muy pequeño de 800 μm - <700 μm).

La siembra se efectuó en campo abierto con una distancia entre semilla de 5 cm y a una profundidad de dos veces el tamaño de la misma, cubierto por una capa de sustrato arena y se realizó el riego a capacidad de campo (figura 15).

Se efectuaron pruebas de germinación y emergencia en campo, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones con un arreglo factorial de 4x4x3 (4 cultivares, 4 tamaños de semilla, 3 repeticiones) con total de 24 tratamientos, se sembró 72 semillas por subparcela haciendo un total de 1728 semillas para todo los cultivares, en las parcelas se distribuyeron las cultivares y en las subparcelas el tamaño de semillas. En la prueba de vigor se evaluó el porcentaje de germinación y emergencia, altura de plántula, peso de la biomasa aérea, relación tallo/raíz y longitud de raíz. Se hizo análisis de varianza y la comparación de promedios de Tukey ($p \leq 0.05$).

El área designada para la prueba de vigor constó de un total de 11.28 m^2 (figura 15) con un largo de 4.7 m, un ancho de 2.40 m, una separación de 30 cm entre parcelas, cada parcela estuvo compuesta por 2 subparcelas cuyas medidas fueron de 30 cm de ancho por 60 cm de largo considerando un distanciamiento de 5 cm entre semillas.

Figura 15

Prueba de vigor para el tamaño semillas de cuatro cultivares de cañihua.



Distribución de cultivares de cuatro tamaños de semilla por repetición en campo abierto.

3.4.2.2.1. Velocidad de emergencia de plántulas en campo

El conteo primero se realizó a los cuatro días (señalador crema) el cual se dividió en dos turnos a horas de la mañana uno y dos a horas de la tarde después de la siembra, el segundo conteo a los 5 días (señalador rosado) a horas de la mañana tres y de la tarde cuatro, el tercero a los 6 días (señalador negro con crema) a horas de la mañana cinco y de la tarde seis, el cuarto a los 7 días (señalador con cinta verde) a horas de la mañana siete y de la tarde ocho, el quinto a los 8 días (señalador negro) a horas de la mañana nueve y a horas de la tarde diez, la última medición onceavo se llevó a cabo el sexto día (señalador crema con rojo) a horas de la mañana.

Para su evaluación se consideró de semillas de alto vigor y semillas de bajo vigor según el tiempo de germinación por tamaño de semilla.

Figura 16

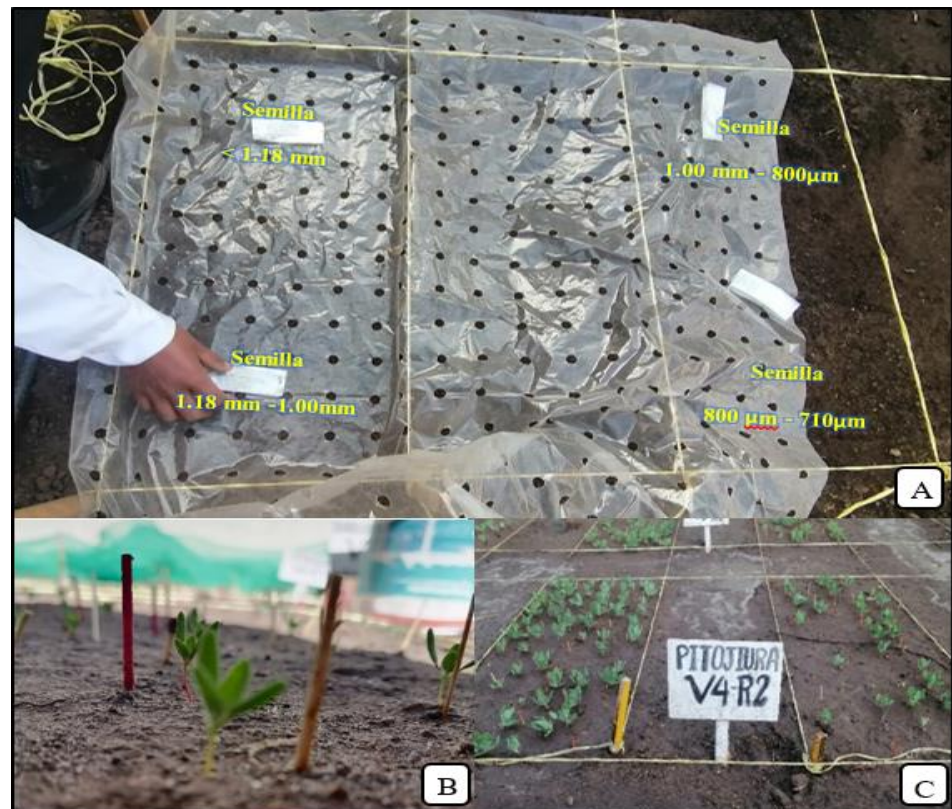
Distribución de semillas de cañihua por tamaño.

Distribución de semillas por tamaño y repetición													
Semillas <1.18 mm (Grande)	○	○	○	○	○	○	Semillas de 1.00 mm a 0.8 mm (Pequeño)	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
Semillas de 1.18 mm a 1.00 mm (mediano)	○	○	○	○	○	○	Semillas de 0.8 mm a 0.71 mm (Muy pequeño)	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○

Los círculos representan las semillas en las sub parcelas del cultivar.

Figura 17

Siembra de semillas de cañihua por tamaño de semilla en campo abierto.



A) Distribución de semillas por cultivar y tamaño, B) y C) Plántula normales.



3.4.2.2.2. Altura de plántulas

Se tomó al azar 10 (50 %) de las plántulas de cada repetición, de las cuales se midió en centímetros la longitud de la parte aérea, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la última hoja.

La primera evaluación de altura de plántula se dio cuando el 50 % de plántulas presento dos hojas verdaderas a los 13 días después de la siembra, la segunda evaluación se dio a los 18 días con la presencia de 4 hojas verdaderas, la tercera se dio a los 30 días con la aparición de 6 hojas verdaderas y para las demás medidas se consideró realizar la medición cada 5 días con la aparición de las dos nuevas hojas en el tallo principal, el total de evaluaciones de tamaño de plántulas fueron 15 (figura 18).

Para la evaluación del número de hojas se consideró el desarrollo de la plántula, la primera evaluación se realizó a los 20 días posterior a la siembra y las demás 15 medidas se realizaron cada 5 días.

El tamaño de hojas fue evaluada a los 40 días después de la siembra con la ayuda de un vernier milimétrico de 0.01 mm de precisión considerando la fenología de igual manera que en el tamaño y al número de hojas de la plántula, durante el periodo de prueba se obtuvieron 6 medidas del número de ramas y hojas secundarias, 6 medidas del ancho y largo de la hoja obtenida al azar, las cuales se obtenían cada 10 días de una plántula evaluada.

Figura 18

Evaluación de la altura de plántula y su desarrollo.



A) determinación del tamaño de plántula B) evaluación de número de hojas C) D) E) evaluación pos siembra de plántulas, F) medición del tamaño de hoja con vernier milimetrado.

3.4.2.2.3. Evaluación de biomasa de plántulas por tamaño de la semilla

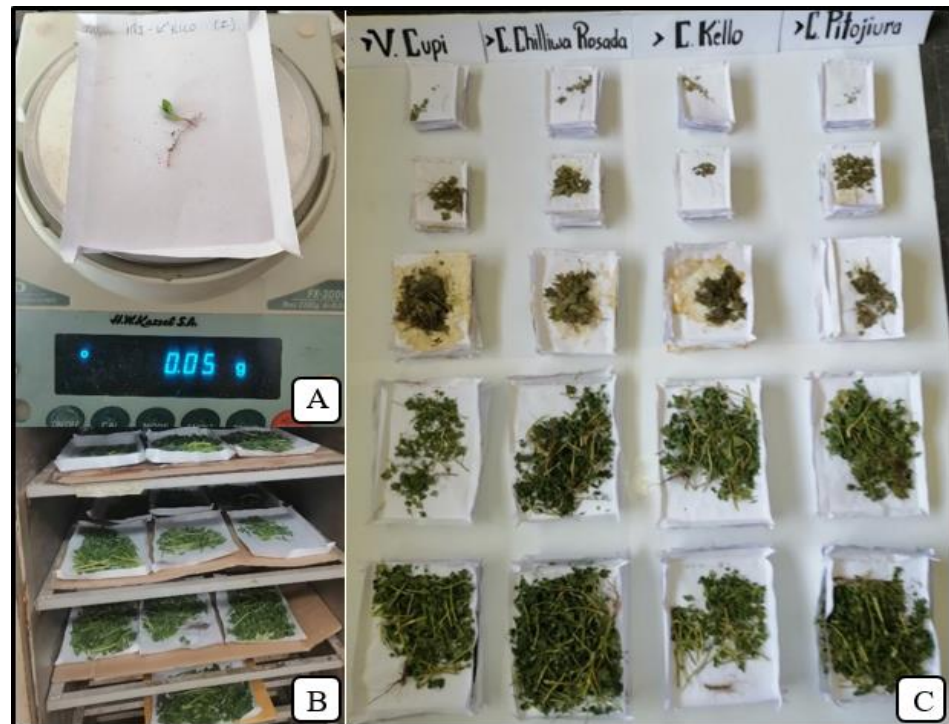
Para la evaluación de la biomasa se utilizaron las mismas plántulas que se emplearon para medir la altura de plántula, el peso se realizó por partes vegetativas (peso de raíz-peso tallo), las cuales se colocaron en una estufa a 75°C por un periodo de 24 horas (figura 19).

Las muestras tomadas para evaluación fueron a partir de los 40 días después de la siembra, durante el periodo de prueba se obtuvieron 6 evaluaciones las cuales consistieron en la toma de muestra de cuatro plántulas derivados de los distintos tamaños de semilla por cultivar y

repetición, para la determinación del peso inicial se usó una balanza digital de 0.01 de precisión, como resultado se obtuvo el peso final de una balanza analítica de 0.0001 de precisión.

Figura 19

Peso de biomasa de plántulas de semillas de cuatro cultivares de cañihua.



A) peso inicial tomada a los 40 días de la semilla de rango 800 μm a 710 μm , B) Muestras de cañihua de 80 días en estufa a 75°C, C) Muestras finales tomadas de los cuatro cultivares de cañihua sometidas a evaluación en distintos tiempos.

3.4.2.2.4. Relación tallo raíz

En la relación del tamaño del tallo y su raíz en la plántula se realizó el pesado con una balanza digital de 0.01 g de precisión y la medida del tamaño con ayuda de un vernier milimétrico al 0.01 mm de precisión, y fueron consideradas de mayor tamaño a los cultivares según el tamaño de semilla (figura 20).

3.4.2.2.5. Longitud de raíz

Para la determinación de la longitud de raíz se tomaron también 14 muestras en diferentes tiempos durante el desarrollo de la plántula extraídas del área experimental, posterior a ello se realizó el pesado con una balanza digital de 0.01 g de precisión y la medida del tamaño con ayuda de un vernier milimetrado al 0.01 mm de precisión (figura 20).

Figura 20

Relación tallo raíz.



A) tamaño de la plántula, B) tamaño de la raíz, C) peso de la plántula, D) peso de la raíz.



3.5. MODELOS EXPERIMENTALES PARA LOS PARAMETROS FÍSICOS Y FISIOLÓGICOS EVALUADOS

3.5.1. Parámetros físicos

Los datos de espesor de semilla, peso de 1000 semillas, numero de semillas en 1g y peso de 1000 semillas sin perigonio cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad. Los datos de porcentaje de pureza por ser valores porcentuales se han transformado a valores de raíz cuadrada.

Posterior al cumplimiento de los supuestos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), según el modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + \rho_i + \varepsilon_{ij}$$

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

Donde:

μ : Es el efecto de la media general

ρ_i : Efecto de la i -ésimo cultivar

$\varepsilon(ij)$: Error experimental.

Los datos de ancho y largo de semilla y porcentaje de humedad no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas por lo que respetando el modelo aditivo se analizó por un análisis de varianza no paramétrico de Kruscall Wallis.

3.4.2. Parámetros fisiológicos

Para la estimación de los parámetros fisiológicos de la semilla bajo condiciones adversas en ambiente abierto, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial por el vigor de cada plántula y se tomó los ensayos anteriores (laboratorio y campo) como factor de variación y en su forma lineal aditiva fue:

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

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

Donde:

μ : Es el efecto de la media general

τ_i : Efecto cultivar

ρ_i : 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. PARÁMETROS DE LA CALIDAD FÍSICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN PUNO, PERÚ.

4.1.1. Determinación del contenido de humedad de la semilla

El análisis de varianza para la determinación del contenido de humedad de la semilla de cuatro cultivares de cañihua (tabla 2), resultó no significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 12.3 % y un coeficiente de variabilidad de 5.41 %.

Tabla 2

Análisis de varianza para la determinación del contenido de humedad de la semilla de cañihua.

Parámetros físicos	Cultivar	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Determinación de humedad (%)	ns	5.41	-	12.3%

Para el porcentaje de humedad de la semilla de cañihua, la comparación múltiple de promedios de tukey (tabla 3), muestra que los cultivares Cupi, Chilliwa Rosada, K'ello y Pitojiura con promedios de 10.72 ± 0.13 , 17.23 ± 6.79 , 10.47 ± 0.13 y 10.76 ± 0.49 % son similares estadísticamente, con un promedio general de 12.30 ± 1.68 %.

Tabla 3

Comparación de promedios de Tukey para la determinación del contenido de humedad por cultivar.

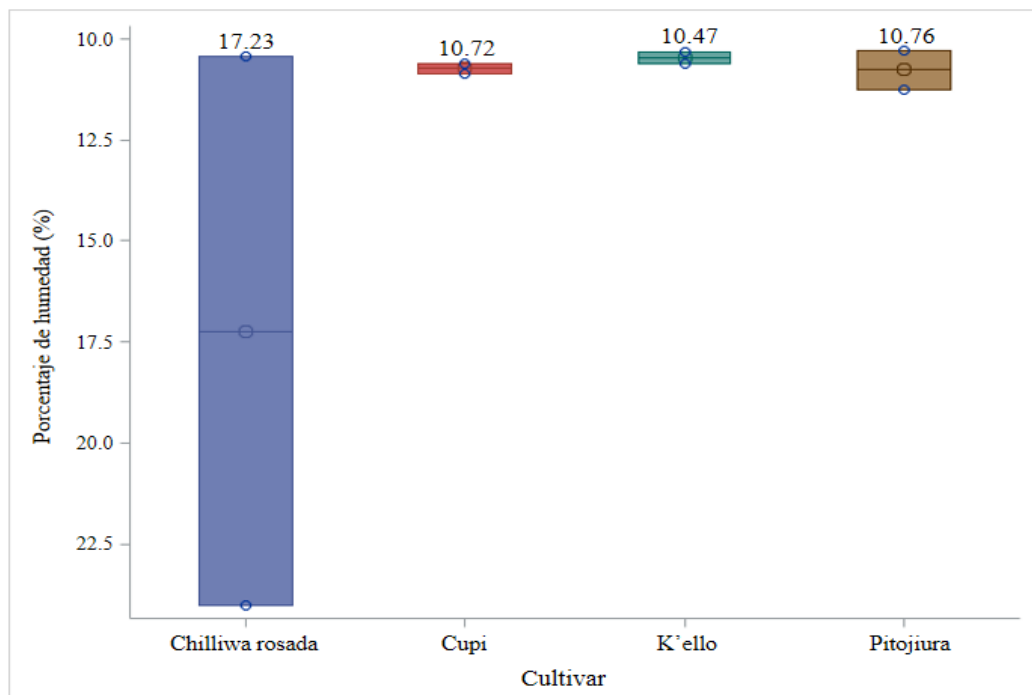
Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Determinación de humedad	10.72±0.13a	17.23±6.79a	10.47±0.13a	10.76±0.49a

Nota: Letras similares en la fila indican que son estadísticamente iguales.

Se puede confirmar que los resultados según la figura 21, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo mayor porcentaje en humedad, la humedad de las semillas pese al tiempo almacenado están dentro del rango de contenido de humedad reportado por ISTA (2023) y que 5 g de grano maduro de quinua reportado por León *et al.*, (2021) contienen un promedio similar de humedad en secado con estufa.

Figura 21

Promedio del porcentaje de humedad de la semilla de cañihua según cultivar.



4.1.2. Análisis de pureza física de la semilla

El análisis de varianza para el análisis de pureza física de la semilla de cuatro cultivares de cañihua (tabla 4), presento diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con promedio general de 88.15 % y coeficiente de variabilidad de 4.11 %.

Tabla 4

Análisis de varianza para el análisis de pureza de semilla de cuatro cultivares de cañihua.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coeficiente de variación (%)	R ²	Media general (%)
Porcentaje de pureza (%)	*	4.11	0.58	88.15

Para el porcentaje de pureza de la semilla de cañihua, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 5), muestra que el cultivar K'ello con 92.10 ± 2.07 % tuvo mayor porcentaje de pureza, que a su vez es similar a Cupi con 89.05 ± 1.34 % pero también la semilla de Cupi es similar a la semilla de Chilliwa Rosada con 85.85 ± 0.85 % y Pitojiura con promedio de 85.60 ± 0.42 % posee la semilla con mayor contenido de impurezas.

Tabla 5

Comparación de Promedios de Tukey para el análisis de pureza de la semilla de cuatro cultivares de cañihua.

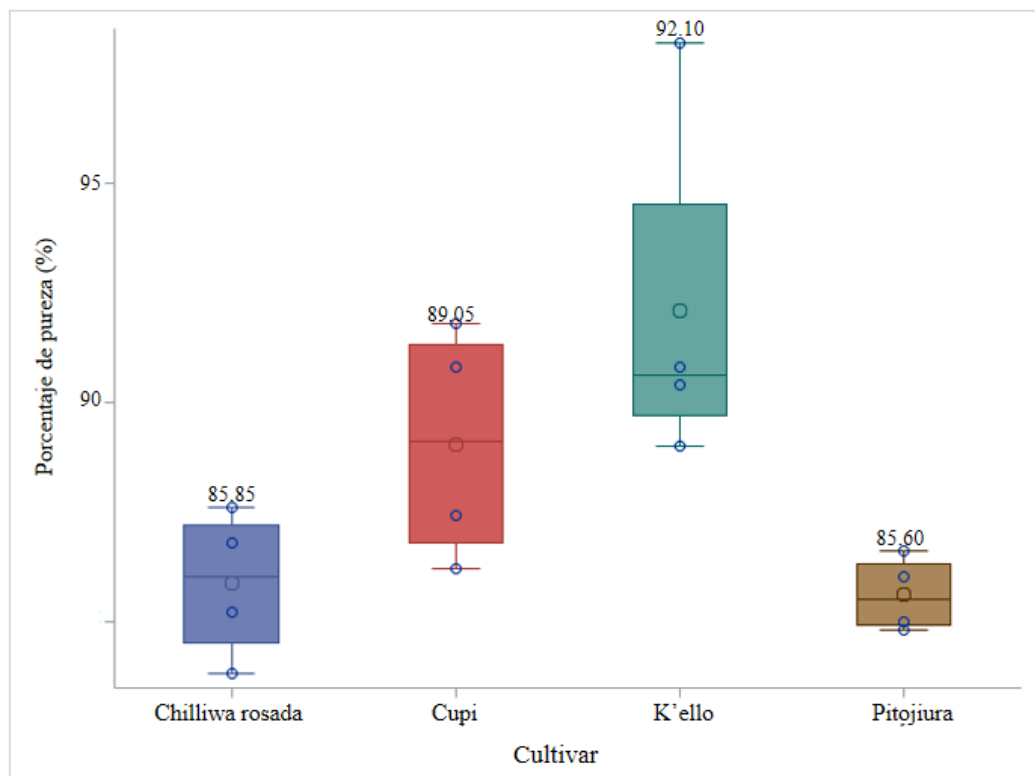
Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Análisis de pureza (%)	$89.05 \pm 1.34ab$	$85.85 \pm 0.85b$	$92.10 \pm 2.07a$	$85.60 \pm 0.42b$

Se puede confirmar que los resultados según la figura 22, el cultivar K'ello presento mayor porcentaje de pureza, además que los cuatro cultivares presentaron niveles bajos de pureza según estándares de pureza que indican el 95 %, tal como señala la Norma de Manejo de Bancos de Genes (FAO, 2014)

Dadlani & Yadava (2023) indican que el porcentaje en peso de las especies se analizan en relación con la muestra completa que es equivalente a la proporción de semillas que contienen contaminantes (malezas, piedras, semillas de otras especies y componentes vegetales desprendidos).

Figura 22

Promedio de porcentaje de pureza de cuatro cultivares de cañihua.



4.1.3. Peso de mil semillas

a) Peso de mil semillas con perigonio

El análisis de varianza para el peso de 1000 semillas con perigonio de cuatro cultivares de cañihua (tabla 6), presento diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) con promedio general de 0.72 g y coeficiente de variabilidad de 2.92 %.

Tabla 6

Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas con perigonio.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Peso de mil semillas (g)	**	2.92	0.91	0.72

Para el peso de 1000 semillas con perigonio, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 7 y figura 23), muestra que el cultivar Chilliwa Rosada presentó mayor peso con 0.82 ± 0.01 y el menor peso de 1000 semillas correspondió al cultivar Cupi con 0.67 ± 0.01 g.

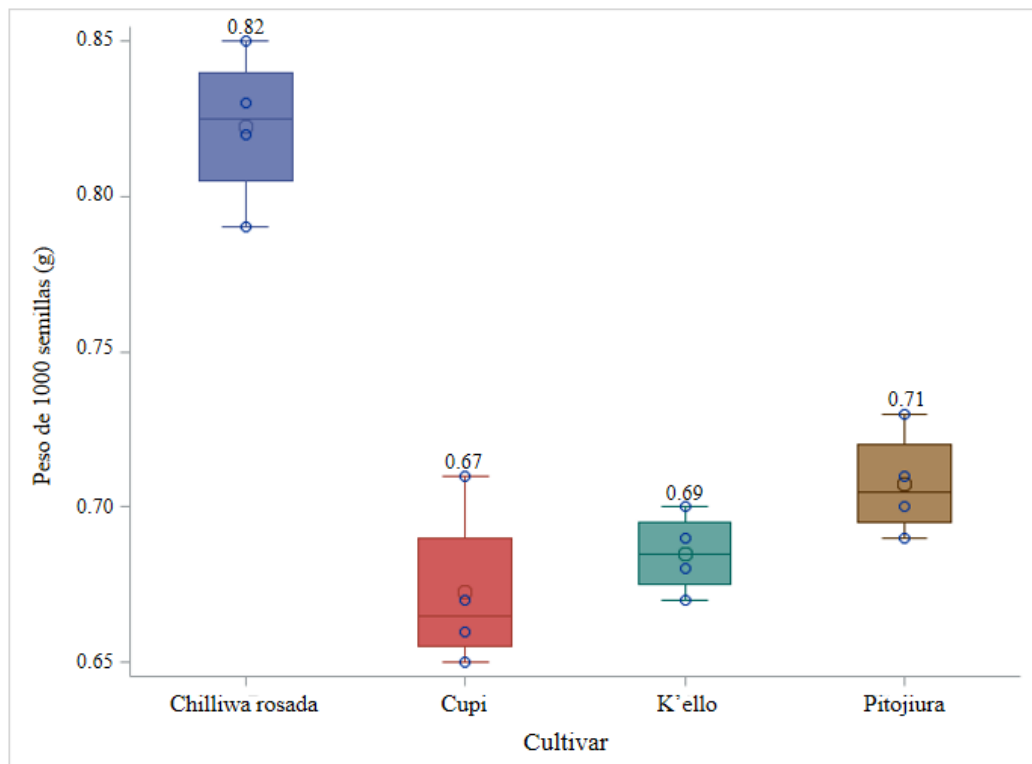
Tabla 7

Comparación de Promedios de Tukey para el peso de 1000 semillas con perigonio.

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Peso de 1000 semillas	$0.67 \pm 0.01b$	$0.82 \pm 0.01a$	$0.69 \pm 0.01b$	$0.71 \pm 0.01b$

Figura 23

Promedio del peso de 1000 semillas de cañihua por cultivar.



En un trabajo similar, Acarapi (2024), reporta que en cultivares de cañihua, encontró promedio de peso de 1000 semilla de 0,85 g, cultivar Kullaca con 0.79g, Umacutama con 0,66 g, Akapuya con 0,64 g, Warikunka con 0,62 g y L300 con 0,56 g; los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son bastante análogos. Asimismo, Apaza (2010), en su investigación indica que el cultivar Cupi posee en promedio de peso de 1000 granos de 0.55 g; resultado que es inferior a lo obtenido en el presente trabajo.

b) Peso de 1000 semillas sin perigonio

El análisis de varianza para el peso de mil semillas sin perigonio (Tabla 8), muestra diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) para cultivares de cañihua, con un promedio general de 0.67g y coeficiente de variabilidad de 3.35 %.

Tabla 8

Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Peso de mil semillas (g)	**	3.35	0.89	0.67

Para el peso de 1000 semillas sin perigonio porcentaje de cuatro cultivares de cañihua, la comparación múltiple de promedios de tukey (tabla 9), muestra que el cultivar Chilliwa Rosada obtuvo mayor peso de 1000 semillas con 0.77 ± 0.01 g y el menor peso correspondió al cultivar Pitojiura con 0.65 ± 0.01 g.

Tabla 9

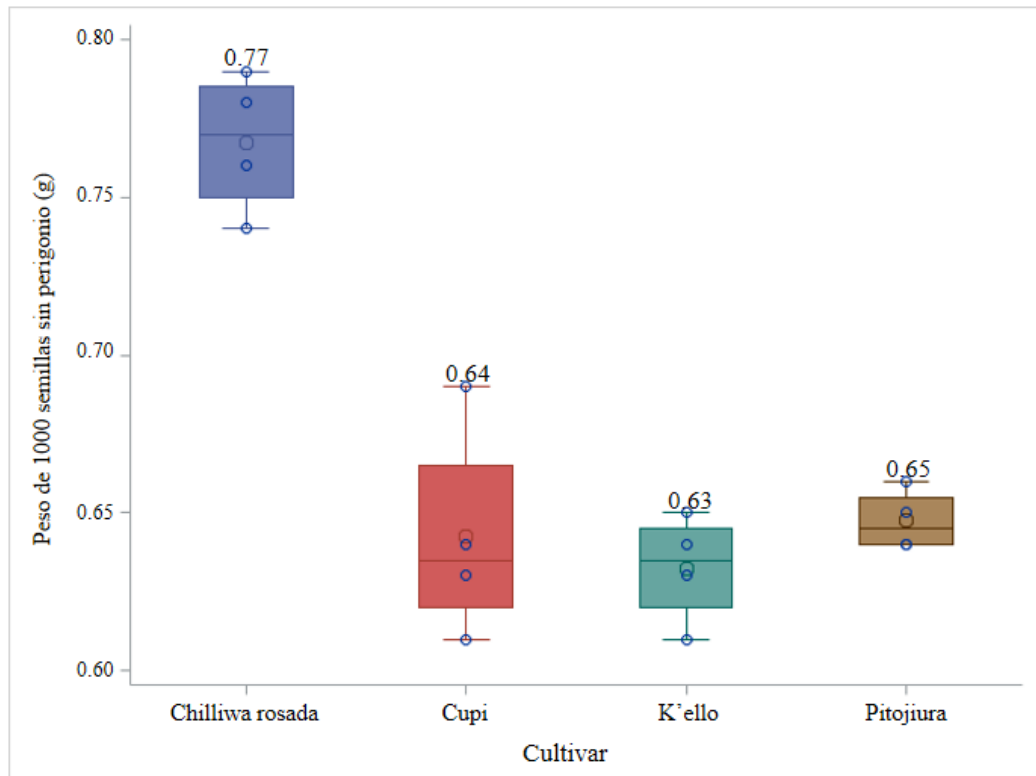
Comparación múltiple de promedios de Tukey para el peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Peso de 1000 semillas sin perigonio (g)	0.64 ± 0.02 b	0.77 ± 0.01 a	0.63 ± 0.01 b	0.65 ± 0.01 b

Se puede confirmar que los resultados según la figura 24, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo mayor peso de 1000 semillas sin perigonio, con un promedio general de 0.77g. Al respecto, Francival *et al.* (2021), indica que el porcentaje y la tasa de germinación pueden verse afectados por las variaciones significativas en el peso de las semillas que existen entre y dentro de la planta.

Figura 24

Promedio de peso de 1000 semillas sin perigonio de cuatro cultivares de cañihua.

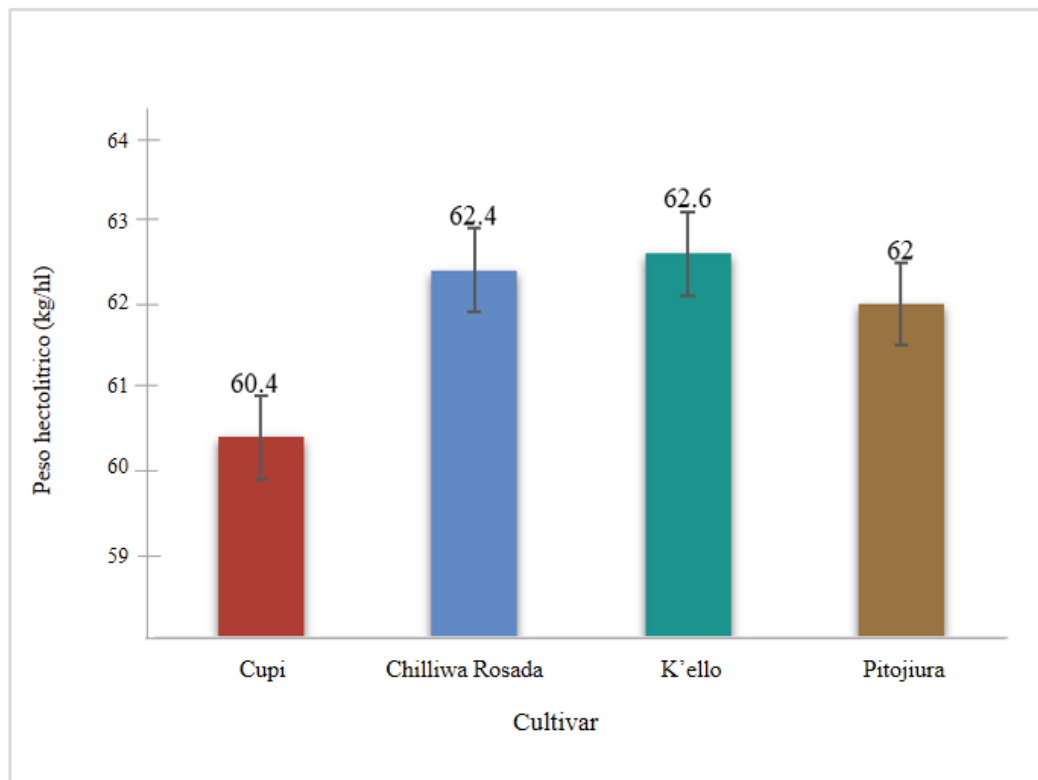


4.1.4. Peso hectolítrico

El análisis de la varianza para el peso hectolítrico, indica que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las cuatro cultivares de cañihua al ($p \geq 0.05$), con un promedio general de 61.85 ± 0.01 kg/hl (figura 25), donde se observa que los cultivares K'ello y Chiliwa Rosada alcanzaron mayor peso hectolítrico con 62.6 kg/hl y 62.4 kg/hl, respectivamente, y el menor peso hectolítrico obtuvo el cultivar Cupi con 60.4 kg/hl. Carpio *et al*, (2023) manifiesta que el tamaño, la forma, la densidad y el contenido de humedad afectan el peso volumétrico; cuanto más pequeña es la semilla, mayor es su peso volumétrico.

Figura 25

Promedio del peso hectolítrico de cuatro cultivares de cañihua.



4.1.5. Numero de semillas por gramo de cuatro cultivares de cañihua

El análisis de la varianza para el número de semillas por gramo (tabla 10), muestra que existe diferencia estadística altamente significativa ($p \leq 0.01$); con un promedio general de 1466.38 y un coeficiente de variabilidad de 1.29% lo que indica que el número de semillas en un gramo, varía para cada cultivar.

Tabla 10

Análisis de varianza para el numero de semilla por gramo.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Numero de semillas por gramo	**	1.29	0.99	1466.38

Para el número de semillas por gramo, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 11), muestra que el cultivar K'ello y Pitujiura obtuvieron mayor número de semillas por gramo con 1619.5 ± 5.11 g y 1590 ± 9.92 g respectivamente, el cultivar con menor número de semillas fue Chilliwa Rosada con 1197.5 ± 13.51 g.

Tabla 11

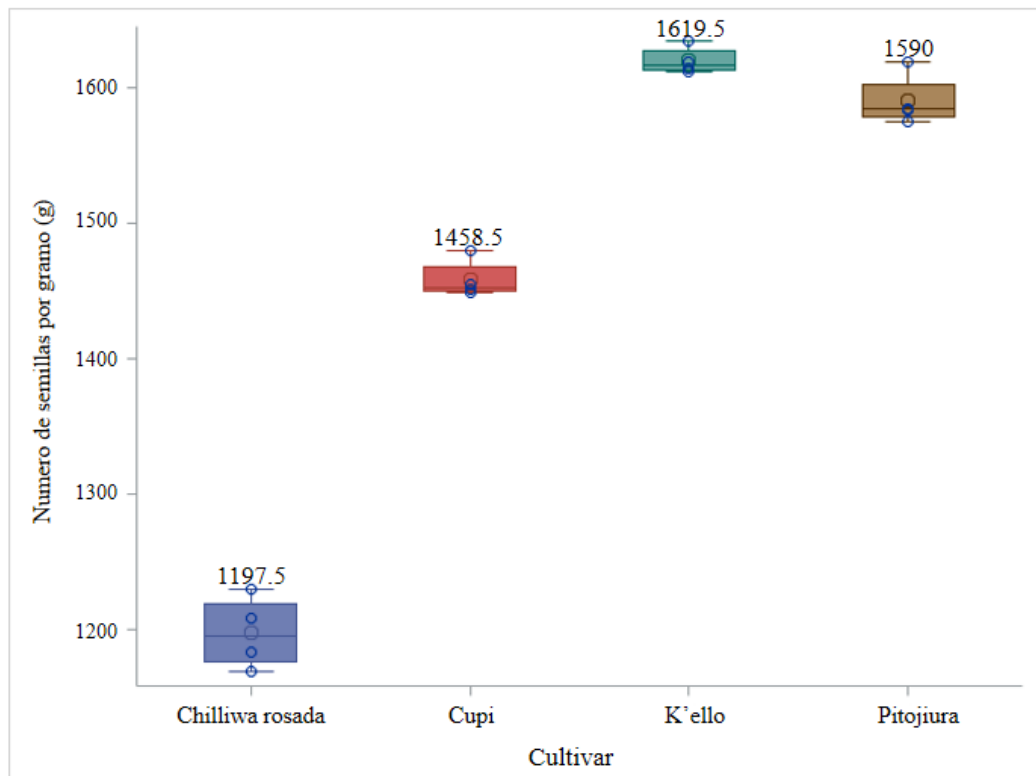
Comparación de promedios de Tukey para el número de semillas por gramos.

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Numero de semillas por gramo	$1458.5 \pm 7.24b$	$1197.5 \pm 13.51c$	$1619.5 \pm 5.11a$	$1590 \pm 9.92a$

Se puede confirmar que los resultados según la figura 26, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo menor número de semillas por gramo, con un promedio de 1197.5 semillas/gramo. Gonzales (2019) en su trabajo de investigación reporta que el cultivar Chilliwa en un gramo contenía 1817 semillas y el cultivar Cupi con 1729 semillas por gramo; resultados que son superiores a los obtenidos en el presente trabajo de investigación. Es importante destacar que el mayor número de semillas por gramo, corresponde menor tamaño de semilla y a menor número de semillas por gramo corresponde maor numero de semillas

Figura 26

Número de semillas por gramo de cuatro cultivares de cañihua.



4.1.6. Determinación del tamaño de semillas

a) Espesor de la semilla

El análisis de la varianza para el espesor de la semilla (tabla 12) presentó diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), con coeficiente de variabilidad de 2.44 % y con un promedio general de 0.70 mm de espesor.

Tabla 12

Análisis de varianza para el espesor en milímetros de la semilla.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Espesor de la semilla (mm)	**	2.44	0.88	0.70

Para el espesor de la semilla, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 13), muestra que el cultivar Chilliwa Rosada tuvo mayor espesor de semilla con 0.76 ± 0.01 mm, y el menor espesor de semilla correspondió al cultivar Pitojiura con 0.68 ± 0.01 mm.

Tabla 13

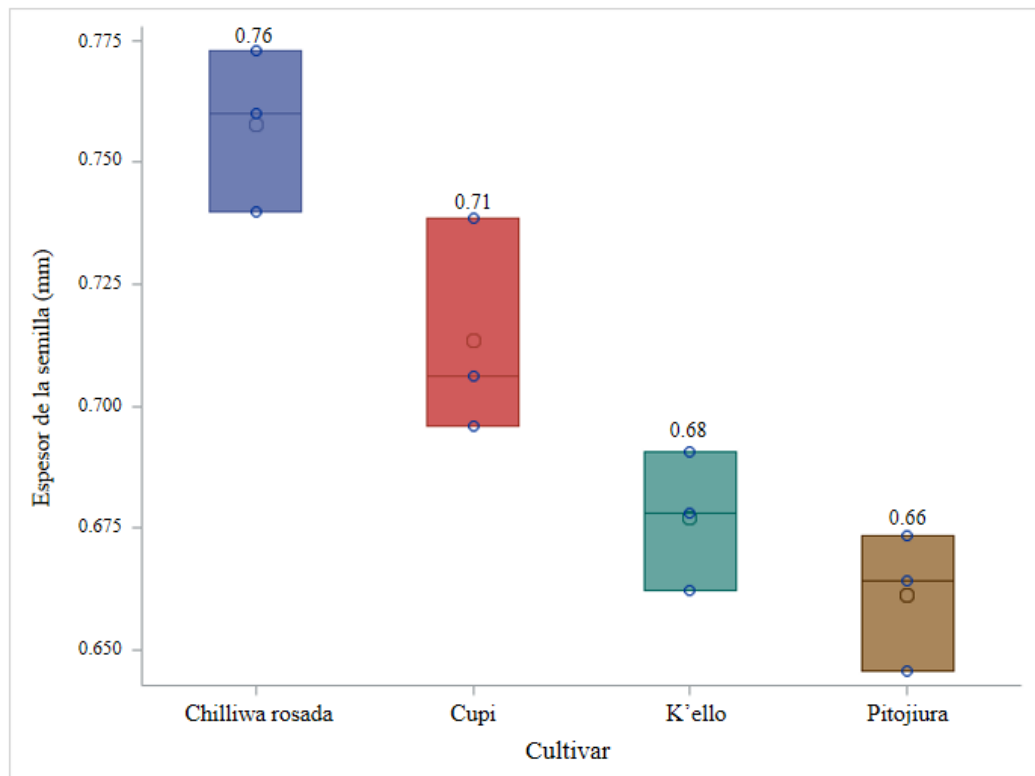
Comparación de promedios Tukey para el espesor de la semilla.

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Espesor de la semilla, (mm)	0.71 ± 0.01 ab	0.76 ± 0.01 a	0.68 ± 0.01 bc	0.66 ± 0.01 c

Se puede confirmar que los resultados según la figura 27, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo mayor espesor de semilla, con un promedio de 0.76 mm. Estos resultados se diferencian con los resultados obtenidos por Chura, (2019), donde indica que el espesor promedio de la semilla del cultivar Cupi es de 1.036 mm, superior a lo obtenido en la presente investigación.

Figura 27

Promedio de espesor en mm de la semilla de cañihua por cultivar.



b) Ancho de la semilla

El análisis de varianza para el ancho de la semilla de cuatro cultivares de cañihua (tabla 14), presento diferencia no significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 0.95 mm y coeficiente de variabilidad de 2.96 %.

Tabla 14

Análisis de varianza para el ancho de la semilla.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Ancho de la semilla (mm)	ns	2.96	-	0.95

La comparación de promedios de Tukey (tabla 15 y figura 28) muestra que el promedio de ancho de semilla de los cuatro cultivares varió entre 0.97 ± 0.01 y

0.93 ±0.01mm, siendo estadísticamente similares; estos resultados se diferencian con los resultados obtenidos de Chura (2019) que menciona que el ancho promedio es igual al espesor de la semilla.

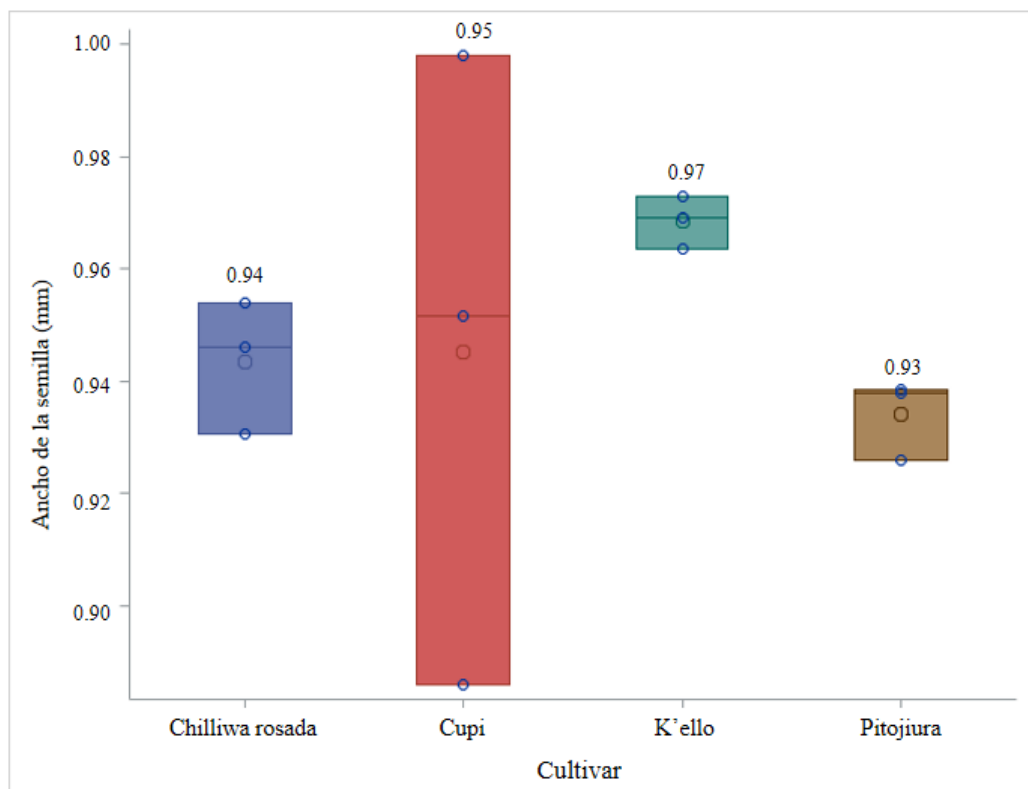
Tabla 15

Comparación de promedios Tukey para el ancho de la semilla.

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Ancho de la semilla (mm)	0.95±0.03a	0.94±0.01a	0.97 ±0.01a	0.93 ±0.01a

Figura 28

Promedio de ancho en milímetros de la semilla de cuatro cultivares.



c) Largo de la semilla

El análisis de varianza para el largo de la semilla de cuatro cultivares de cañihua (tabla 16), presento diferencia no significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 1.07 mm y coeficiente de variabilidad de 4.21 %.

Tabla 16

Análisis de varianza para el largo de la semilla.

Parámetros físicos	Nivel de significancia	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Largo de la semilla	ns	4.21	-	1.07

En la tabla 17 y figura 29, se observa que el cultivar Pitojiura tuvo mayor largo de semilla con 1.12 ± 0.01 mm y la menor longitud de semilla correspondió al cultivar Chiliwa Rosada con 1.03 ± 0.01 mm de longitud, con una promedio general de 1.07 mm; resultados que se diferencian con los obtenidos por Chura (2019) donde indica que el espesor promedio es de 1.562 mm para el cultivar Cupi.

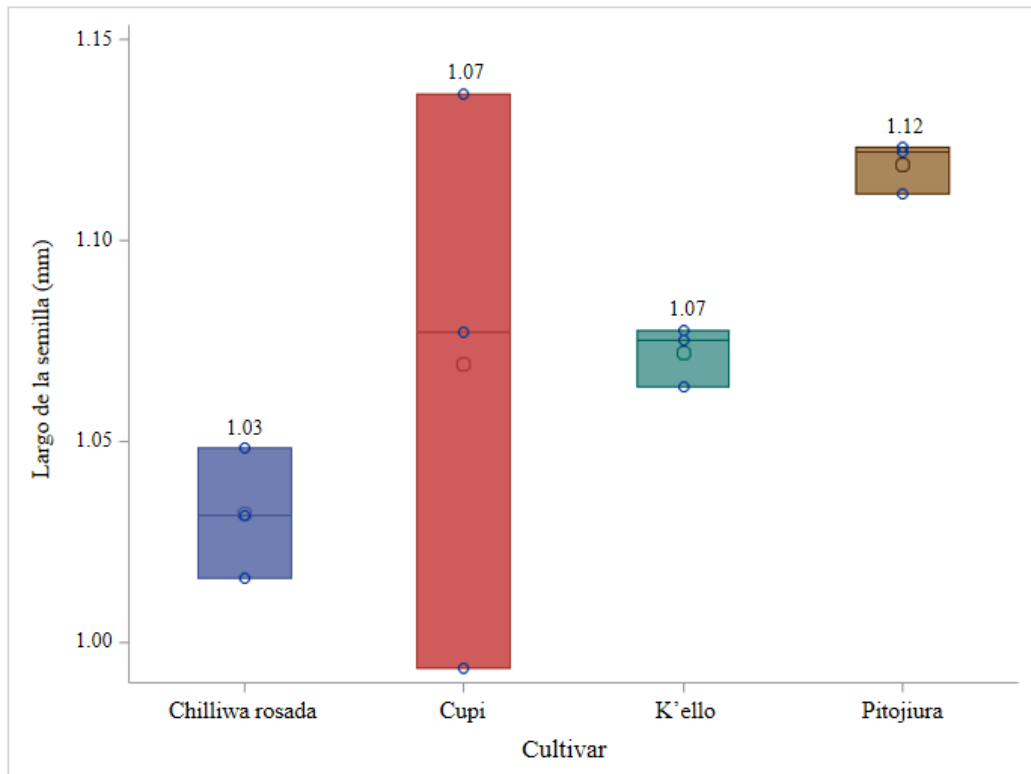
Tabla 17

Comparación de promedios Tukey para el largo de la semilla.

Parámetros físicos	Cultivares			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Largo de la semilla (mm)	1.07 ± 0.04 a	1.03 ± 0.01 a	1.07 ± 0.01 a	1.12 ± 0.01 a

Figura 29

Promedio largo de la semilla por cultivar



4.2. PARAMETROS DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN PUNO - PERÚ.

4.2.1. Prueba de germinación

a) Prueba de germinación en cámara germinadora

Para el porcentaje de germinación en cámara germinadora (tabla 18), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño presento diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), con promedio general de 94.33 % y coeficiente de variabilidad de 6.68 %.

Tabla 18

Análisis de varianza para el porcentaje de germinación de cañihua en cámara germinadora.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar x Tamaño	Coefficiente de variación (C.V.) %	R ²	Media general
Porcentaje de germinación (%)	**	**	ns	6.68	0.8	94.33

Para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 19), muestra que el cultivar Pitojiura tuvo mayor porcentaje de germinación con 98.61 %, y el menor porcentaje de germinación correspondió al cultivar Chilliwa Rosada con 89.58 %.

Tabla 19

Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según cultivar.

Parámetro fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Porcentaje de germinación (%)	93.75±2.92a	89.58±2.78b	95.37±1.82a	98.61±0.54a

Para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 20), muestra que los tamaños 1.18 mm y 1.00 mm lograron mayor porcentaje de germinación con 98.61 y 98.15 %, respectivamente, y el menor porcentaje de germinación correspondió al tamaño 0.71 mm con 84.26 %, debido a que semillas de mayor tamaño contienen mayor concentración de sustancias nutritivas en relación a la semilla de menor tamaño que contiene menor concentración.

Tabla 20

Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de germinación en cámara germinadora según el tamaño de semilla.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Porcentaje de germinación (%)	98.61±0.54a	98.15±0.71a	96.30±1.20 ^a	84.26±2.99b

Se puede confirmar que los resultados según la figura 30 y figura 31, el cultivar Pitojiura y el tamaño 1.18 mm tuvieron mayor porcentaje de germinación, con un promedio de 98.61 %, el porcentaje de germinación de la semilla varían dependiendo al cultivar y tamaño de semilla, según, Sowiński *et al.* (2024) en estudios de quinua indica que la calidad de semilla depende de las condiciones climáticas como humedad.

Figura 30

Promedio de prueba de germinación en cámara germinadora por cultivar.

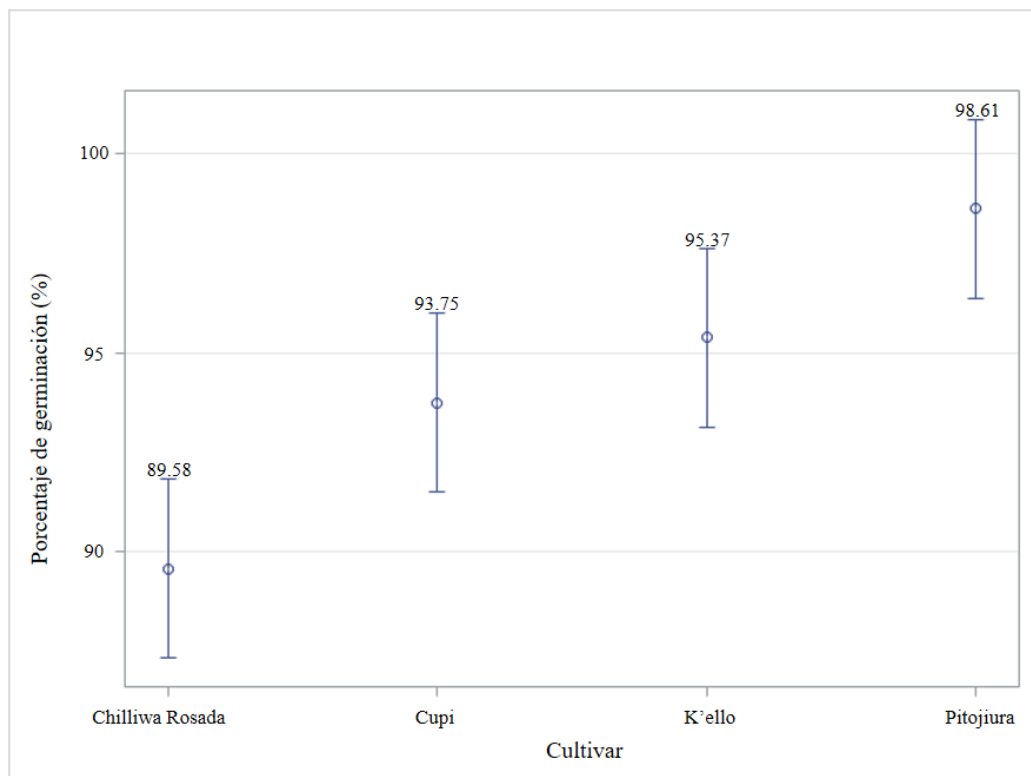
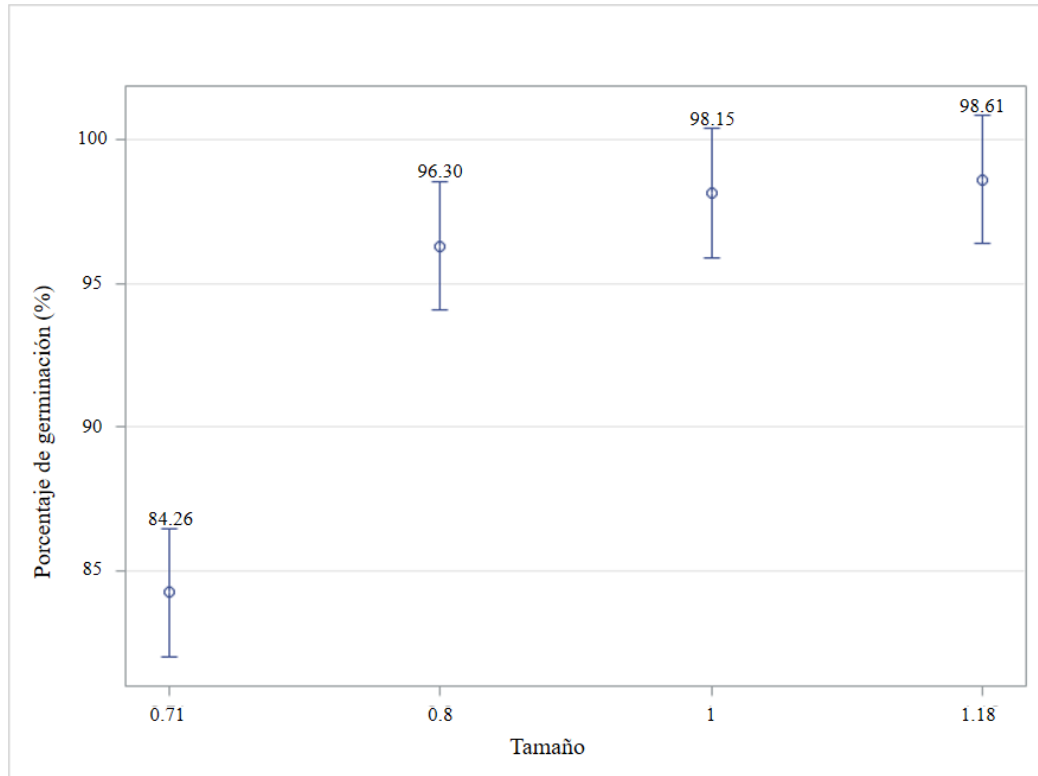


Figura 31

Promedio de prueba de germinación en cámara germinadora por tamaño de semilla.



b) Duración de germinación en cámara germinadora

Para la duración de germinación en cámara germinadora (tabla 21), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño presento diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), con promedio general de 21.37 horas y coeficiente de variabilidad de 3.31 %.

Tabla 21

Análisis de varianza para la duración de germinación de cañihua en cámara germinadora.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	Coefficiente de variación, %	R ²	Media general
Duración de germinación (horas)	**	**	ns	3.31	0.94	21.37

Para la duración de germinación en cámara germinadora según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 22), muestra que el cultivar Pitojiura tuvo menor tiempo de germinación con 18.15 horas, y el mayor tiempo de germinación correspondió al cultivar Chilliwa Rosada con 21.36 horas.

Tabla 22

Comparación de promedios de Tukey para la prueba de germinación en cámara germinadora según cultivar

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Duración de germinación (horas)	22.72±2.48a	21.36±2.26a	23.24±2.69a	18.15±1.47b

Para la duración de germinación en cámara germinadora según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 23), muestra que el tamaño 1.18 tuvo menor tiempo de germinación con 15.37 horas, y el mayor tiempo de germinación correspondió al tamaño 0.71 mm con 33.47 horas.

Tabla 23

Comparación de promedios de Tukey para la duración de germinación en cámara germinadora según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Duración de germinación (horas)	15.37±0.36c	17.60±0.80b	19.03±0.69b	33.47±1.57a

Se puede confirmar que los resultados según la figura 32 y figura 33, el cultivar Pitojiura y el tamaño 1.18 mm tuvieron menor duración de germinación, con un promedio de 18.15 y 15.37 horas, la duración de germinación de la semilla varían dependiendo al cultivar y tamaño de semilla.

Figura 32

Promedio de la duración de germinación en cámara germinadora por cultivar.

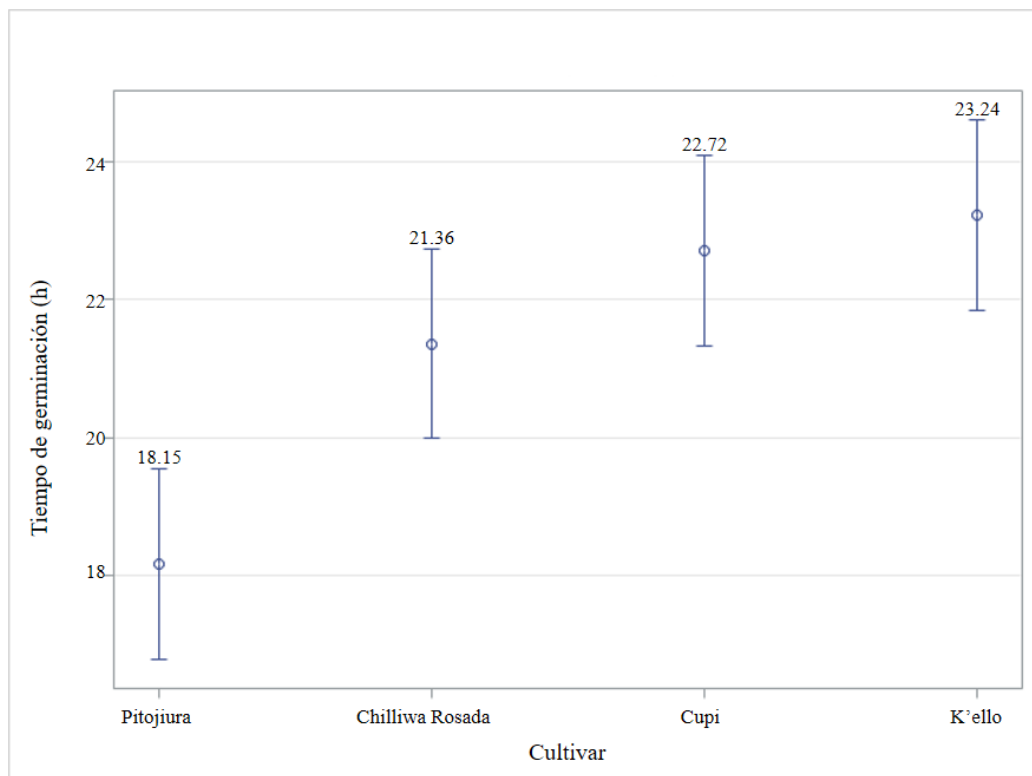
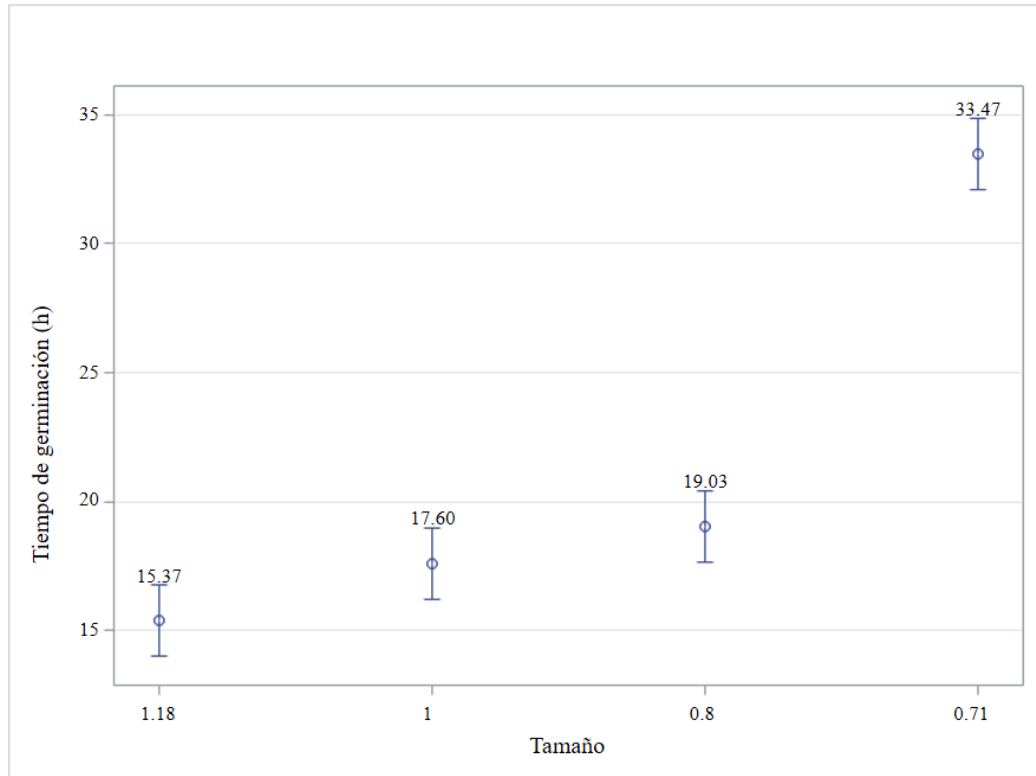


Figura 33

Promedio del tiempo de germinación en cámara germinadora por tamaño de semilla.



4.2.2. Prueba de vigor de la semilla

4.2.2.1. Velocidad de emergencia de plántulas en campo

a) Prueba de germinación en campo (Porcentaje de emergencia)

Para el porcentaje de germinación en campo (tabla 24), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño presento diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$), con promedio general de 71.35 % y coeficiente de variabilidad de 17.11 %.

Tabla 24

Análisis de varianza para el porcentaje de germinación en campo.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Porcentaje de emergencia (%)	**	**	ns	17.1	0.64	71.35

Para el porcentaje de germinación en campo según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 25), muestra que el cultivar Pitojiura tuvo mayor porcentaje de emergencia con 81.94 %, y el menor porcentaje de emergencia correspondió al cultivar Cupi con 64.82 %. Esta variación en los cultivares y tamaños de semilla puede ser debido a la influencia de la temperatura y precipitación que han incidido en la etapa fisiológica de la planta (figura 38 y figura 39).

Tabla 25

Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de emergencia en campo según cultivar.

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Porcentaje de emergencia (%)	64.82±6.49b	65.28±4.04b	73.38±6.01ab	81.94±4.32a

Para el porcentaje de germinación en campo según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 26), muestra que los tamaños 1.18 mm y 1.00 mm lograron mayor porcentaje de emergencia con 85.88 % y 77.31 %, respectivamente, y el menor porcentaje de

germinación correspondió al tamaño 0.71 mm con 51.62 %, debido a la concentración de sustancias nutritivas en relación a la semilla.

Tabla 26

Comparación de promedios de Tukey para el porcentaje de emergencia en campo según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaños de semilla (mm)			
	1.18 mm	1.00 mm	0.80 mm	0.71 mm
Porcentaje de emergencia (%)	85.88±4.19a	77.31±2.98ab	70.60±4.52b	51.62±5.12c

Se puede confirmar que los resultados según la figura 34 y figura 35, el cultivar Pitojiura y el tamaño 1.18 mm tuvieron menor duración de germinación, con un promedio de 81.94 y 85.88 %, el porcentaje de emergencia de la semilla varían dependiendo al tamaño y cultivar, según Wu *et al.* (2020) en su estudio en quinua indica que el porcentaje de emergencia está estrechamente ligada a su latencia, factores endógenos y exógenos.

Figura 34

Promedio del porcentaje de emergencia en campo por cultivar.

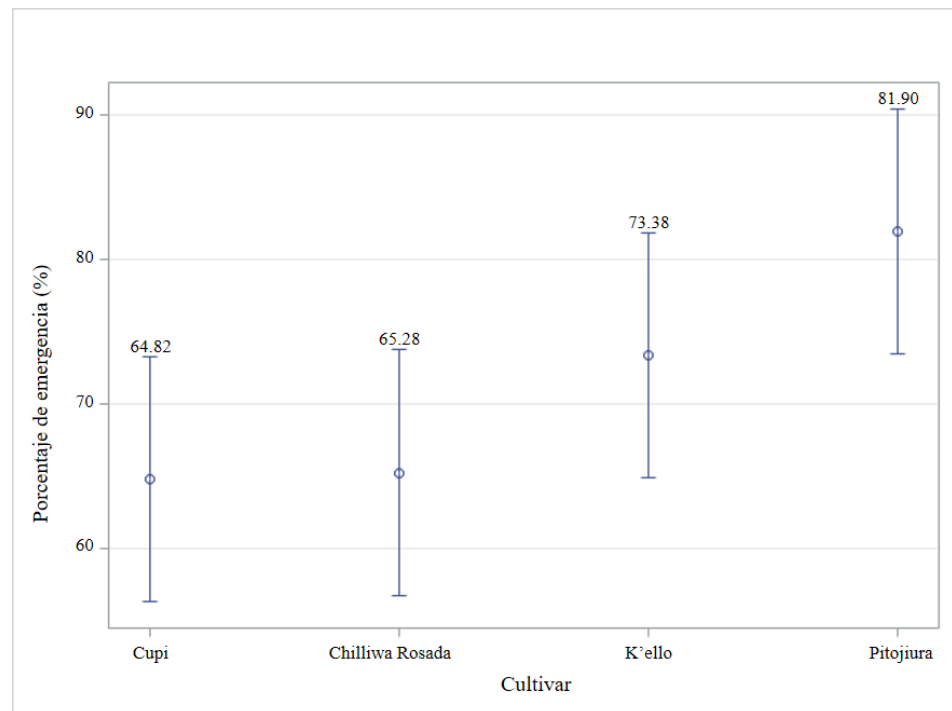
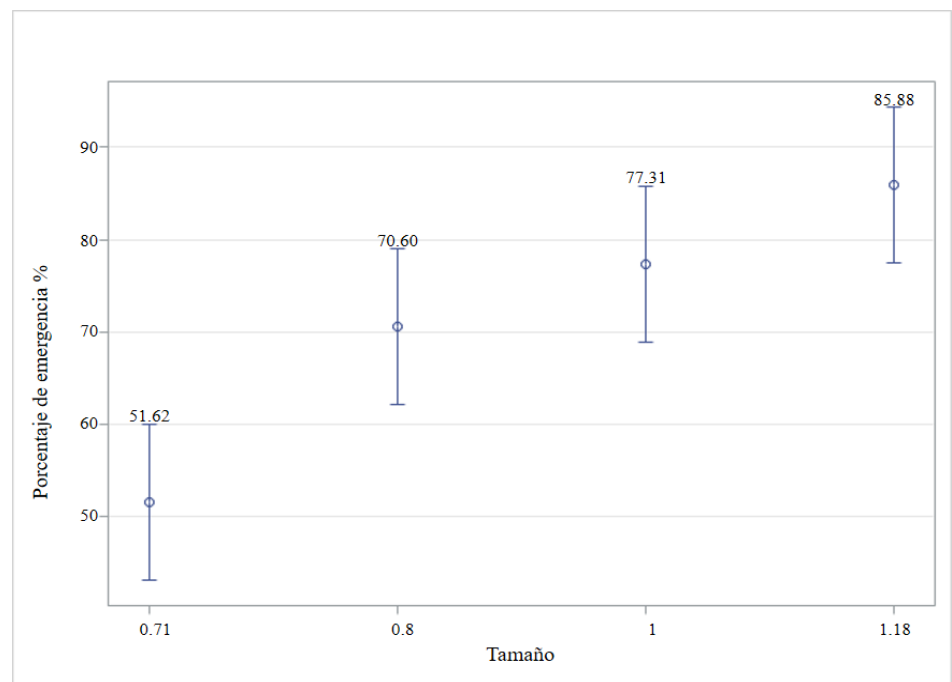


Figura 35

Promedio del porcentaje de emergencia en campo por tamaño de semilla.



b) Duración de germinación en campo

Para la duración de germinación en campo (tabla 27), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño no presento diferencia significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 116.05 horas y coeficiente de variabilidad de 6.64 %.

Tabla 27

Análisis de varianza para la prueba de duración de emergencia en campo.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Duración de emergencia (horas)	ns	ns	ns	6.64	0.4	116.05

Para la duración de germinación en campo según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 28), muestra que el cultivar Pitojiura tuvo menor tiempo de germinación con 110.75 horas, y el mayor tiempo de germinación correspondió al cultivar Chilliwa Rosada con 119.14 horas.

Tabla 28

Comparación de promedios de Tukey para la duración de emergencia en campo según cultivar.

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Duración de emergencia (horas)	116.08± 2.95a	119.14± 1.86a	118.22±2.8 8a	110.75± 1.75a

Para la duración de germinación en campo según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 29), muestra que el tamaño 1.18 tuvo menor tiempo de germinación con 111.21 horas, y el mayor tiempo de germinación correspondió al tamaño 0.71 mm con 120.06 horas.

Tabla 29

Comparación de promedios de Tukey para la duración de emergencia en campo según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Duración de emergencia (horas)	111.21± 2.00a	114.72± 1.81a	118.20± 2.16a	120.06± 3.35a

4.2.2.2. Altura de plántulas

Para la altura de plántulas (tabla 30), el análisis de varianza muestra que para cultivar no presento diferencia significativa ($p \geq 0.05$), pero si resultado altamente significativo para tamaño ($p \leq 0.01$), con promedio general de 24.46 cm y coeficiente de variabilidad de 14.76 %.

Tabla 30

Análisis de varianza para la altura de plántula en centímetros.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Altura de la plántula (cm)	ns	**	ns	14.76	0.6	24.46

Para la altura de plántulas según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 31), muestra que el cultivar Chilliwa Rosada tuvo mayor altura de plántula con 26.58 cm, y la menor altura de plántula correspondió al cultivar K'ello con 23.25 cm.

Tabla 31

Comparación de promedios de Tukey para la altura de plántula según el cultivar

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Altura de la plántula (cm)	24.23± 1.23a	26.58± 1.07a	23.25± 1.52a	23.79± 1.38a

Para la altura de plántula según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 32), muestra que los tamaños 1.18 mm y 1.00 mm lograron mayor altura de plántula con 28.22 y 26.30 cm, respectivamente, y la menor altura de plántula al tamaño 0.71 mm con 20.11 cm.

Tabla 32

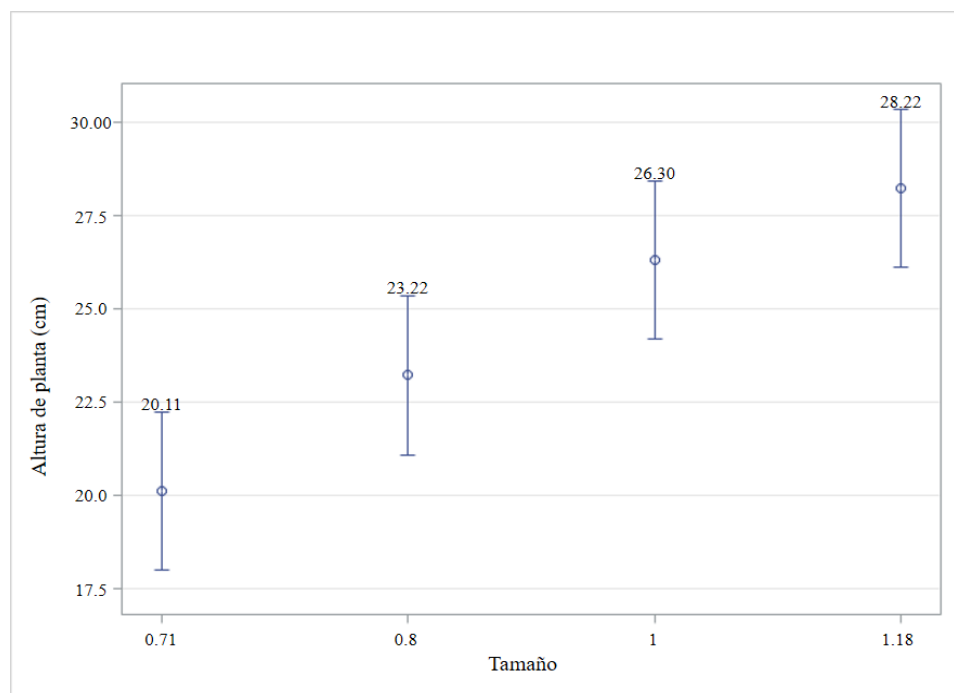
Comparación de promedios de Tukey para la altura de plántula según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Altura de la plántula (cm)	28.22± 1.02a	26.30± 0.92ab	23.22 ± 0.9bc	20.11 ± 1.14c

Se puede confirmar que los resultados según la figura 36, el tamaño 1.18 mm tuvo mayor altura de plántula, con un promedio de 28.22, la altura de planta varía dependiendo al tamaño, los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los de Livisi, (2022) donde indica que la altura promedio final de la planta de cañihua es de 41.7 cm para el testigo.

Figura 36

Promedio de altura de plántula por tamaño de semilla.



4.2.2.3. Peso de biomasa de plántulas de cañihua

Para el peso de biomasa de plántulas de cañihua (tabla 33), el análisis de varianza muestra que para cultivar no presento diferencia significativa ($p \geq 0.05$), pero si resulto significativo para tamaño ($p \leq 0.05$), con promedio general de 24.97 g y coeficiente de variabilidad de 68.95 %.

Tabla 33

Análisis de varianza para peso de biomasa de plántulas de cañihua.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Peso de biomasa (g)	ns	*	ns	68.95	0.3	24.97

Para el peso de biomasa de plántulas según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 34), muestra que el cultivar Pitojiura obtuvo mayor peso de biomasa con 29.39 g, y el menor peso de biomasa correspondió al cultivar K'ello con 21.77 g.

Tabla 34

Comparación de promedios de Tukey para el peso de biomasa de plántulas según cultivar.

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Peso de biomasa (g)	24.79± 6.39a	23.95± 6.18a	21.77± 3.87a	29.39± 3.19a

Para el peso de biomasa de plántulas según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 35), muestra que los tamaños 1.18 mm y 1.00 mm obtuvieron mayor peso de biomasa con 35.09 y 30.88 g, respectivamente, y el menor peso de biomasa correspondió al tamaño 0.71 mm con 14.08 g.

Tabla 35

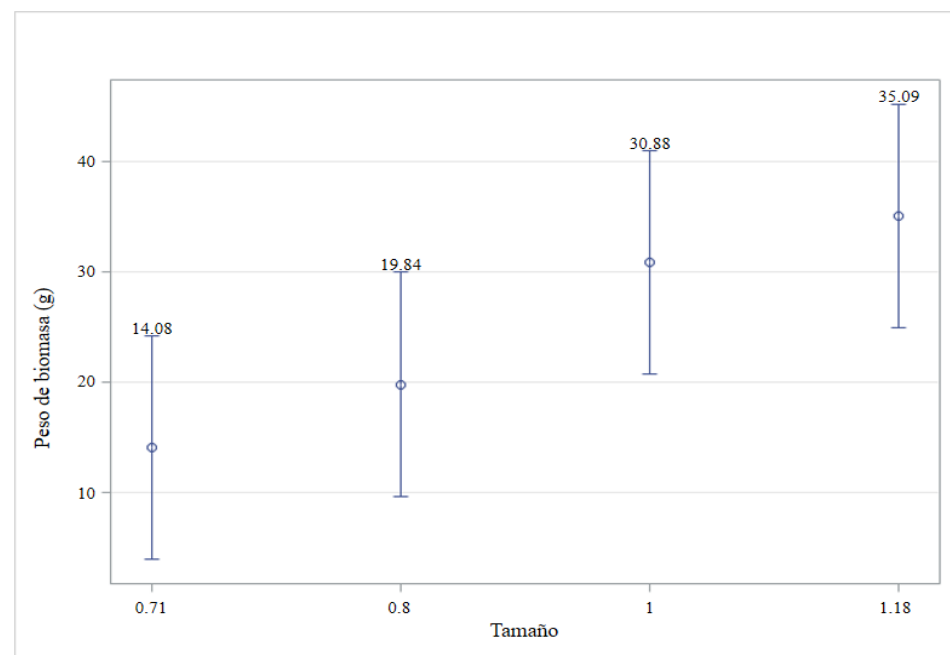
Comparación de promedios de Tukey para el peso de biomasa de plántulas según el tamaño de semillas.

Parámetros	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Peso de biomasa (g)	35.09± 6.22a	30.88± 5.31ab	19.84± 2.88ab	14.08± 2.25b

Se puede confirmar que los resultados según la figura 37, el tamaño 1.18 mm tuvo mayor peso de biomasa, con un promedio de 35.09 g, la ganancia de biomasa varía dependiendo al tamaño de semilla, al respecto Cardinale *et al.* (2007) según su investigación, indica que la biomasa es el desarrollo o la arquitectura de la planta, y la diversidad del cultivar afecta su cantidad y calidad.

Figura 37

Promedio de peso de biomasa por tamaños de semilla.



4.2.2.4. Relación tallo raíz

Para la relación tallo raíz (tabla 36), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño no presento diferencia significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 1.24 mm y coeficiente de variabilidad de 27.92 %, según Hauer & Johnson (2021) en su investigación indica que el desarrollo de la planta está influenciado por la relación del tamaño de tallo entre la profundidad de las raíces.

Tabla 36

Análisis de varianza para la relación tallo raíz.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Relación tallo/raíz (mm)	ns	ns	ns	27.92	0.3	1.24

Para la relación tallo raíz según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 37), muestra que el cultivar Cupi tuvo mayor relación tallo raíz con 1.37 mm, y la menor relación tallo raíz correspondió al cultivar K'ello con 1.08 mm.

Tabla 37

Comparación de promedios de Tukey para la relación tallo raíz según cultivar.

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Relación tallo raíz (mm)	1.37± 0.11a	1.31± 0.11a	1.08± 0.11a	1.20± 0.06a

Para la relación tallo raíz según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 38), muestra que el tamaño 0.80 mm logro mayor relación tallo raíz con 1.36 cm, respectivamente, la menor relación tallo raíz correspondió al tamaño 0.71 mm con 1.14 mm.

Tabla 38

Comparación de promedios de Tukey para la relación tallo raíz según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Relación tallo raíz (mm)	1.21± 0.06a	1.27± 0.09a	1.36± 0.12a	1.14± 0.13a

4.2.2.5. Longitud de raíz

Para la longitud de raíz plántulas de cañihua (tabla 39), el análisis de varianza muestra que para cultivar y tamaño no presento diferencia significativa ($p \geq 0.05$), con promedio general de 59.28 mm y coeficiente de variabilidad de 19.81 %, al respecto Gilbert & Medina (2016) indican que las raíces más profundas mejoran la estabilidad y dan tolerancia a la erosión del suelo.

Tabla 39

Análisis de varianza para la longitud de la raíz en plántulas de cañihua.

Parámetros fisiológicos	Cultivar	Tamaño	Cultivar * Tamaño	C.V. %	R ²	Media general
Longitud de raíz (mm)	ns	ns	ns	19.81	0.3	59.28

Para la longitud de raíz en plántulas según cultivar, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 40), muestra que el cultivar Cupi

tuvo mayor longitud de raíz con 63.03 mm, y la menor longitud de raíz correspondió al cultivar K'ello con 54.43 mm.

Tabla 40

Comparación de promedios de Tukey para la longitud de raíz según cultivar.

Parámetros fisiológico	Cultivar			
	Cupi	Chilliwa Rosada	K'ello	Pitojiura
Longitud de raíz (mm)	63.03± 3.91a	59.92± 3.45a	54.43± 2.88a	59.76± 3.41a

Para la longitud de raíz en plántula según tamaño, la comparación múltiple de promedios de Tukey (tabla 41), muestra que el tamaño 1.18 mm logro mayor longitud de raíz con 66.76 mm y la menor longitud de raíz correspondió a los tamaños 0.80 y 0.71 mm con 54.68 y 55.20 mm, respectivamente.

Tabla 41

Comparación de promedios de Tukey para la longitud de raíz según el tamaño de semillas.

Parámetros fisiológico	Tamaño de semilla (mm)			
	1.18	1.00	0.80	0.71
Longitud de raíz (mm)	66.76± 4.10a	60.50± 2.41a	54.68± 3.06a	55.20± 3.15 a



V. CONCLUSIONES

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

- En relación a los parámetros de calidad física, los cuatro cultivares de cañihua tuvieron una humedad promedio de 12.30 %, el cultivar K'ello presento mayor porcentaje de pureza con 92.1 %, en peso de 1000 semillas el cultivar Chilliwa Rosada tuvo 0.82 g, en peso hectolítrico los cuatro cultivares tuvieron un promedio de 61.85 kg/hl, el cultivar Chilliwa Rosada tuvo menor número de semillas por gramo con 1197 semillas/gramo, para el tamaño de la semilla: los cultivares Chilliwa Rosada y Cupi tuvieron un espesor de 0.7 mm, los cuatro cultivares tuvieron un ancho promedio de 0.95 mm y un largo promedio de 1.07 mm.
- En relación a los parámetros de calidad fisiológica, el cultivar Pitojiura con 98.61% de germinación en 18.15 horas y el tamaño de semilla 1.18 mm con 98.61 % de germinación en 15.37 horas obtuvieron el mayor porcentaje de germinación en menor tiempo en cámara germinadora, para el vigor: el cultivar Pitojiura con 81.94% de emergencia en 110.75 horas y el tamaño de semilla 1.18 mm con 85.88 % de emergencia en 111.21 horas tuvieron mayor porcentaje de emergencia en menor tiempo en campo, el cultivar Chilliwa Rosada con 26.58 cm y el tamaño de semilla 1.18 mm con 28.22 cm presentaron mayor altura de plántula, el cultivar Pitojiura con 29.39 g y el tamaño de semilla 1.18 mm biomasa con 35.09 g obtuvieron mayor peso de biomasa por plántula.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de madurez fisiológica optima en cultivares de cañihua de color.
- Evaluar el calibre de tamices en la preferencia de tamaño para la calidad física de la semilla de cañihua de color.
- Realizar evaluaciones de modelos no lineales para la evaluación de los parámetros fisiológicos en ecotipos de cañihua.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, M. (2019). Efecto del consumo de cultivos andinos quinua, cañihua y tarwi sobre el incremento de peso y nitrógeno retenido en ratas Wistar. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 21(3), 194-204. <https://doi.org/dx.doi.org/10.18271/ria.2019.477>
- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de kañiwa. In *Editorial Altiplano E.I.R.L.* (Amelia Cas, Vol. 1). http://www.nuscommunity.org/uploads/tx_news/Libro_Manejo_y_Mejoramiento_Kañiwa.pdf
- Astete, A. (2002). La estructura genética y sus implicaciones en el mejoramiento de caracteres cuantitativos en la Kañiwa (*Cheopodium pallidicaule Aellen*). In segunda Mesa redonda Internacional Perú-Bolivia: Sobre papas de altura y kañiwa.
- Bardgett, R., Mommer, L., & De Vries, F. (2014). Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(12), 692–699. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.10.006>
- Becerra, J., & Moreyra, J. (2023). Nota técnica de coyuntura económica agraria n.º 011-2023-midagri. In *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI)* (Issue 511), 5-6. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4769910/N.º011%7C Los granos andinos en el Perú.pdf?v=1687898415#:~:text=Con relación al valor FOB,Japón \(13%2C0%25\).&text=Cañihua.](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4769910/N.º011%7C%20Los%20granos%20andinos%20en%20el%20Perú.pdf?v=1687898415#:~:text=Con%20relaci3n%20al%20valor%20FOB,Jap3n%20(13%2C0%25).&text=Cañihua.)
- Cahuana, L. (1975). Comportamiento de cinco formas botnicas de cañihua por tres distanciamientos entre surco. Universidad Nacional de Altiplano. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica Inédita. Puno, Perú.
- Callohuanca, A., & Mamani, E. (2014). Cultivo de la Cañihua *chenopodium pallidicaule Aellen* Alternativa para la seguridad alimentaria y la nutrición. (N. Collanptes & F. Escobar (eds.)), 5-120.



- Canahua, A., Valdivia, R., Mujica, A., & Hallasi, M. (2003). Beneficios nutritivos y formas de consumo de la quinua (*Chenopodium quinoan* Wild) y de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) (1st ed.). IPGRI e IFAD, 7-71. https://casadelcorregidor.pe/biblioteca/_biblio_Canahua.php.
- Cardinale, B. J., Wright, J. P., Cadotte, M. W., Carroll, I. T., Hector, A., Srivastava, D. S., Loreau, M., & Weis, J. J. (2007). Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(46), 18123–18128. <https://doi.org/10.1073/pnas.0709069104>
- Castro, J. (2019). Momento de cosecha y capacidad de germinacion de semillas de tres gramíneas altoandinas (*Festuca dolichophylla*, *Festuca humilior* y *Calamagrostis vicunarum*) [Universidad Nacional Agraria la Molina], 1-55. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3925>
- Cervantes, E., Martín, J., & Saadaoui, E. (2016). Updated Methods for Seed Shape Analysis. *Scientifica*, 2016, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2016/5691825>
- Chahua, J. (2020). Comportamiento agromorfológico de diez accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el centro experimental camacani Puno [Universidad Nacional del Altiplano]. In Universidad Nacional del Altiplano-Puno, 14-101. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chura, J. (2019). Evaluacion de la calidad fisica y fisiologica de las semillas de tres variedades y tres ecotipos de cañihua (*Chenopodium canihua* Cook) en Puno. [Universidad Nacional del Altiplano]. In Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 1-95. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11439/Chura_Huanacuni_Juan_Marcos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Condori, M. (2021). Evaluación de calidad a los granos de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el departamento de Puno. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 1(2), 11–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.51892/rcidas.v1i2.8>



- Dadlani, M., & Yadava, D. K. (Eds.). (2023). *Seed Science and Technology*. Springer Nature Singapore, 17-415. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-5888-5>
- Dobrzaski, B., & Stpniewski, A. (2013). Physical Properties of Seeds in Technological Processes. In *Advances in Agrophysical Research*, 1-410. InTech. <https://doi.org/10.5772/56874>
- Dolly, B. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigación Universitaria*, 2(1), 47–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.17162/riu.v2i1.27>
- Domin, M., Kluza, F., Góral, D., Nazarewicz, S., Kozłowicz, K., Szmigielski, M., & Ślaska, B. (2019). Germination Energy and Capacity of Maize Seeds Following Low-Temperature Short Storage. *Sustainability*, 12(1), 46. <https://doi.org/10.3390/su12010046>
- Durán, L., Castro, D., Sánchez, M., & Bonilla, C. (2015). Calidad fisiológica de semillas de cinco variedades de Albahaca *Ocimum* spp. en condiciones del Valle del Cauca, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 38–43. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.45377>
- Ebone, L., Caverzan, A., Tagliari, A., Chiomento, J., Silveira, D., & Chavarria, G. (2020). Soybean Seed Vigor: Uniformity and Growth as Key Factors to Improve Yield. *Agronomy*, 10(4), 545. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040545>
- Espitia, C., Cruz, E., Pichardo, J., Ramírez, H., & Gómez, V. (2023). Physical and physiological indicators of the quality of soursop seeds (*Annona muricata* L.). *Agro Productividad*, 16(10), 121–127. <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i9.2652>
- Estaña, W., & Muñoz, C. (2012). Variabilidad Genética de Cañihua en las Provincias de Puno (DRA-Puno (Ed.); 1st ed.). *DISKCOPY S.A.C. Puno, Perú*, 1-88. http://quinua.pe/wpcontent/uploads/2015/06/Variabilidad_genetica_ca%C3%B1ihua_puno.pdf
- Estrada, J. (2022). Calidad física y fisiológica en semillas de maíz raza pepitilla de la montaña baj de guerrero [*Colegio de postgraduados*], 8-15. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4914/Estrada_Urbina_J_MC_RGP_Produccion_Semillas_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Estrada, R., Vigo, C., Gonza, V., Manotupa, M., Carreño, H., & Bobadilla, L. (2023). New wheat variety INIA 440 - K'ANCHAREQ: Selection and agronomic and commercial characterization in Cusco, Peru. *Heliyon*, 9(1), e12712. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12712>
- FAO. (1992). Cultivos Marginados otra perspectiva de 1492 (J. Hernandez & J. León (Eds.); 26th ed.). Jardín Botánico de Córdoba, 1-333. <https://www.fao.org/3/t0646s/t0646s.pdf>
- FAO. (2014). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. In *Comisión de Recursos genéticos para la Alimentación y la Agricultura*. 1-167. www.fao.org/publications
- FAO, & AfricaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas. In *Almacenamiento de semillas - Módulo 3*. 1-106. <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>
- Ferreira, A., Zucareli, C., Balbinot, A., Werner, F., & Coelho, A. (2017). Size, physiological quality, and green seed occurrence influenced by seeding rate in soybeans. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(2), 595. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n2p595>
- Gilbert, M., & Medina, V. (2016). Drought Adaptation Mechanisms Should Guide Experimental Design. *Trends in Plant Science*, 21(8), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.03.003>
- Goldammer, T. (2021). Greenhouse Management A Guide to Operations and Technology(1st ed.). Apex Publishers, 1-496. https://www.greenhouse-management.com/greenhouse_management/plant_propagation_seed/seed_quality.htm
- 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 [Univerdiad de Pamplona]. In *Univerdiad de Pamplona* (Vol. 01), 7-53. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1870>
- Gonzales, C. (2019). Comportamiento agronomico de dos variedades y un ecotipo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) con tres densidades de siembra en



- condiciones de la irrigación Majes - Arequipa [Universidad nacional de san agustín de Arequipa]. In Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa Facultad De Agronomía Escuela Profesional De Agronomía (Vol. 129), 1-112. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10242>
- Gonzalez, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M., & Guanipas, N. (2010). Control de calidad para la producción de semillas forrajeras. INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Zulia, 2-7. http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_16/rid16_gonzalez_2-7.pdf
- Gupta, S., Van, J., & Doležal, K. (2022). An understanding of the role of seed physiology for better crop productivity and food security. *Plant Growth Regulation*, 97(2), 171–173. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00827-8>
- Hauer, R., & Johnson, G. (2021). Relationship of structural root depth on the formation of stem encircling roots and stem girdling roots: Implications on tree condition. *Urban Forestry & Urban Greening*, 60, 127031. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127031>
- Huamaní, F., Tapia, M., Portales, R., Doroteo, V., Ruiz, C., & Rojas, R. (2020). Proximate analysis, phenolics, betalains, and antioxidant activities of three ecotypes of kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) from peru. *Pharmacologyonline*, 1, 229–236. https://pharmacologyonline.silae.it/files/archives/2020/vol1/PhOL_2020_1_A024_Huamani.pdf
- Huang, Y., Mei, G., Zhu, K., Ruan, X., Wu, H., & Cao, D. (2024). Shading treatment during late stage of seed development promotes subsequent seed germination and seedlings establishment in sunflower. *Plant Science*, 341, 111996. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2024.111996>
- Ibarra, A., Kruger, R., Pachecoy, M., Herber, L., & Fontana, M. (2021). Arroz : Implicancia del peso especí fi co de granos en la calidad de semillas. *Revista Fave - Ciencias Agrarias*, 20(2), 21–31. <https://doi.org/10.14409/fa.v20i2.10622>
- INE. (2022). Producción por año agrícola, segun cultivos 1984-2022, 1. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas->



economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/

- IPGRI, PROINPA, & IFAD. (2005). Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). In Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia (Vol. 1), 4-54. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/1b4eac69-38c2-4a40-a15c-022e7beff636/content>
- ISTA. (2016). Reglas internacionales para el análisis de las semillas. In *International Rules for Seed Testing* (Issue 1), 3-1, 3-4. <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.f>
- ISTA. (2023). International rules for seed testing. In *International Rules for Seed Testing* (Vol. 52, Issue 1). <https://doi.org/10.15258/istarules.2023.02>
- Javed, T., Afzal, I., Shabbir, R., Ikram, K., Saqlain Zaheer, M., Faheem, M., Haider Ali, H., & Iqbal, J. (2022). Seed coating technology: An innovative and sustainable approach for improving seed quality and crop performance. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, xxxx, 2-10. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.003>
- Kaliniewicz, Z., & Choszcz, D. J. (2021). Analysis of the Physical Properties of Seeds of Selected *Viburnum* Species for the Needs of Seed Sorting Operations. *Processes*, 9(4), 711. <https://doi.org/10.3390/pr9040711>
- Kaliniewicz, Z., Choszcz, D., & Lipiński, A. (2022). Determination of Seed Volume Based on Selected Seed Dimensions. *Applied Sciences*, 12(18), 9198. <https://doi.org/10.3390/app12189198>
- Kumar, A., & Pandey, O. P. (2021). Causal theory on acceleration of seed germination in the vicinity of high voltage direct current transmission line. *Journal of Theoretical Biology*, 531, 110899. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2021.110899>
- La Rosa, R. (2021). “Kañihua” *Chenopodium pallidicaule* Aellen como alternativa para combatir la desnutrición infantil en la costa central del Perú [Universidad Nacional Federico Villarreal], 1-85. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/5438>
- Lab Manual. (2017). Determination of hectolitre weight. *Practical manual for maize an*



coarse grains, 7–8. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/18/9198>

- León, L., Herrera, V., & González, J. (2021). Evaluación y selección de variedades de “quinua” nativa *Chenopodium quinoa* (Amaranthaceae) con potencial para el malteado. *Arnaldoa*, 28(2), 383–396. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.282.28208>
- Ligarda, C., Repo, R., Encina, C., Herrera, I., & Quinde, Z. (2012). Extracción con soluciones neutra y alcalina para el aislamiento de fibra soluble e insoluble a partir de salvado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen.). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 78(1), 53–64. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2012000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Livisi, L. (2022). Efecto de la aplicación de tres abonos orgánicos en el rendimiento de cuatro accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la localidad de Azangaro-Puno-Perú [Universidad Nacional Del Altiplano], 12-95. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lüy, M., Türk, F., Argun, M. Ş., & Polat, T. (2023). Investigation of the effect of hectoliter and thousand grain weight on variety identification in wheat using deep learning method. *Journal of Stored Products Research*, 102, 102116. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2023.102116>
- Maestro, I., Granado, S., Poza, L., Matías, J., Márquez, J. C., Pedroche, J. J., Cruz, V., Bolaños, L., & Reguera, M. (2023). Quinoa plant architecture: A key factor determining plant productivity and seed quality under long-term drought. *Environmental and Experimental Botany*, 211, 105350. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105350>
- Magdaleno, E., Magdaleno, A., Mejía, A., Martínez, T., Jiménez, M., Sánchez, J., & García, J. (2020). Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de maíz nativo. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 17(3), 569–581. <https://doi.org/10.22231/asyd.v17i3.1372>



- Mamani, Reynoso. (2020). Producción de grano de ecotipos locales de cañahua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) con aplicación de biol de estiércol bovino en la estación experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz.*, 7(1), 30–39. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182020000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Mamani, Rosa. (2022). Evaluación de las características morfológicas, fenológicas y rendimiento de 50 accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), en el c.e. illpa- una puno, campaña agrícola 2019-2020 [Universidad Nacional Del Altiplano], 17-168. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mancipe, C., Calderón, M., & Pérez, L. (2018). Evaluación de viabilidad de semillas de 17 especies tropicales altoandinas por la prueba de germinación y la prueba de tetrazolio. *Revista UNAL*, 40(2), 366–382. <https://doi.org/dx.doi.org/10.15446/caldasias.v40n2.68251> Caldasia
- Manley, M., Engelbrecht, M., Williams, P., & Kidd, M. (2009). Assessment of variance in the measurement of hectolitre mass of wheat, using equipment from different grain producing and exporting countries. *Biosystems Engineering*, 103(2), 176–186. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.02.018>
- Marcos, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363–374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Mayta, N. (2019). Prospectiva económica de la producción y comercialización de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) en la región de Puno [Universidad Nacional Agraria la Molina], 40-69. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4065>
- Melese, B., Satheesh, N., Fanta, S., & Bishaw, Z. (2022). Effects of storage bags type and storage duration on seed quality and proximate composition of emmer wheat (*Triticum dicoccum L.*) in Ethiopia. *Heliyon*, 8(12), e12506. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12506>



- MIDAGRI. (2021). Padrón de productores agrarios - Producción agrícola 2021.
<https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-anuales/4-agricola>
- MIDIS. (2022). Granos andinos, 1–5.
<https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/catalogo/2023/28-GRANOS-ANDINOSFF.pdf?v=2.0>
- MINAGRI. (2017). Las semillas en el Perú. <https://www.midagri.gob.pe/portal/463-seminario-semillas/9904-las-semillas-en-el-peru#:~:text=Las semillas en el Perú,continuos a través del tiempo.>
- MINAGRI. (2018a). Manejo Agronómico Prácticas de Conservación de Suelos, Producción, Comercialización y Perspectivas de Granos Andinos (*Acosta, Je*). *MINAGRI*,5-86.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1338558/Manejo%20Agron%C3%B3mico%20de%20Granos%20Andinos.pdf>
- MINAGRI. (2018b). Nota Técnica de Granos Andinos. Ministerio de Agricultura y Riego, *I*(1), 10. <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2018?download=13278:nota-tecnica-de-granos-andinos>
- MINAGRI. (2020). Plan Nacional de Cultivos Campaña Agrícola 2019-2020 (Jenny Miri),17-267.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- MINAGRI, & AgroRural. (2019). Cultivo de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), 78-79. <http://hdl.handle.net/20.500.13036/299>
- Moron, C. (1999). Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En: Memorias de la Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en Base a Cultivos Andinos. FAO-CIP-Universidad Nacional San Agustín y Universidad nacional del altiplano, Puno. Lima [Perú]: 1999. 31-53
- Mujica, A. (1992). Granos y Leguminosas Andinas: Cañihua. En: Hernández, J., Bermejo, J. and León, J. (eds.) Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Producción y protección de plantas. Organización de las Naciones Unidas para la



- Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. Series N° 26. Roma, Italia, 129–146.
- Mujica, A., & Chura, E. (2012). Cultivo de granos andinos y cereales (1st ed.). Universidad Nacional del Altiplano- Puno, Perú, 1-410. <http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=55554>
- Pacheco, J., Torres, D., Querales, P., Valera, R., Álvarez, S., & García, Y. (2021). Factores que afectan la calidad de semillas y el potencial productivo de la cebolla (*Allium cepa* L.). *Acta Agronómica*, 69(4), 314–320. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n4.86060> https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/86060
- Pang, T., Chen, C., Fu, R., Wang, X., & Yu, H. (2023). An end-to-end seed vigor prediction model for imbalanced samples using hyperspectral image. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1322391>
- Pascualides, A., & Ateca, N. (2013). Germination and vigour of *crotalaria juncea* L. (fabaceae) seed morphotypes. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 82, 313–319. <https://doi.org/10.32604/phyton.2013.82.313>
- Pérez, C., Hernández, A., González, F., García, G., Carballo, A., Vásquez, T., & Tovar, M. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica En México*, 32, 341–352. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300010
- PIWA. (1994). Genética y Mejoramiento de Cultivos Altoandinos (J. L. Lescano Rivero (Ed.); (Palao, Jua).1, 459. <https://biblioteca.unasam.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14978>
- Prado, V., Vilela, É., Oliveira, H., Prado, G., Moreira, M., & De Oliveira, F. (2018). *Análisis de imágenes, calidad y maduración de semilla de jiló (Solanum gilo)*. 52, 267–278. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000200267
- Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E., & Hense, P. (2012). Coarse root–shoot allometry of *Pinus radiata* modified by site conditions in the Western Cape province of South Africa. *Southern Forests: A Journal of Forest Science*, 74(4), 237–246.



<https://doi.org/10.2989/20702620.2012.741794>

- Qiu, R., Zhang, M., & He, Y. (2022). Field estimation of maize plant height at jointing stage using an RGB-D camera. *The Crop Journal*, 10(5), 1274–1283. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.07.010>
- Qiu, T., Andrus, R., Aravena, M., Ascoli, D., Bergeron, Y., Berretti, R., Berveiller, D., Bogdziewicz, M., Boivin, T., Bonal, R., Bragg, D. C., Caignard, T., Calama, R., Camarero, J., Chang, C., Cleavitt, N., Courbaud, B., Courbet, F., Curt, T., ... Clark, J. S. (2022). Limits to reproduction and seed size-number trade-offs that shape forest dominance and future recovery. *Nature Communications*, 13(1), 2381. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30037-9>
- Risi, J., & Galwey, N. (1984). The Chenopodium Grains of the Andes: Inca Crops for Modern Agriculture. *Advanced in Applied Biology*, 7(3), 145–216. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1711771>.
- Rodriguez, J., Jacobsen, S., Sørensen, M., & Andreasen, C. (2016). Germination Responses of Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) to Temperature and Sowing Depth: A Crop Growing Under Extreme Conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202(6), 542–553. <https://doi.org/10.1111/jac.12158>
- Rodriguez, Juan, Bonifacio, A., Gómez, L., Mujica, A., & Sørensen, M. (2023). Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). In *Neglected and Underutilized Crops* (Issue December, pp. 45–93). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90537-4.00011-9>
- Rojas, W., Flores, J., & Pinto, M. (2014). Conservación in situ de la agrobiodiversidad: la experiencia de PROINPA en comunidades curcunlacustres al Lago Titicaca. *Memoria 2014 INIAF*, 48–54.
- Rosales, E., Jimenez, J., Sota, A., & Cáceres, A. (2022). Caracterización molecular de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) usando marcadores moleculares issr (inter simple sequence repeats). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 9149–9165. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4063
- Ruiz, J., Magdaleno, J., Sánchez, M., Delgado, V., Gautier, H., & Ayala, O. (2021). Parameters of Physical and Physiological Quality in Seed Produced during High



- Season for Different Periods of Development. *Agro Productividad*, 14(05), 46–50. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i05.1858>
- Senamhi. (2020). Climas del Perú Mapa de Clasificación Climática Nacional. In *Ministerio del Ambiente* (Vol. 53, Issue 9). <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
- Shu, M., Li, Q., Ghafoor, A., Zhu, J., Li, B., & Ma, Y. (2023). Using the plant height and canopy coverage to estimation maize aboveground biomass with UAV digital images. *European Journal of Agronomy*, 151, 126957. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126957>
- Smitchger, J., & Weeden, N. (2018). The Ideotype for Seed Size: A Model Examining the Relationship between Seed Size and Actual Yield in Pea. *International Journal of Agronomy*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/9658707>
- Sowiński, J., Kubińska, Z., Helios, W., & Sudak, V. (2024). The effect of the harvest management on the yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Journal of Cereal Science*, 116, 103854. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103854>
- Sun, B., Rong, R., Cui, H., Guo, Y., Yue, W., Yan, Z., Wang, H., Gao, Z., & Wu, Z. (2024). How can integrated Space–Air–Ground observation contribute in aboveground biomass of shrub plants estimation in shrub-encroached Grasslands? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 130, 103856. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103856>
- Tao, Q., Chen, D., Bai, M., Zhang, Y., Zhang, R., Chen, X., Sun, X., Niu, T., Nie, Y., Zhong, S., & Sun, J. (2023). Hydrotime Model Parameters Estimate Seed Vigor and Predict Seedling Emergence Performance of *Astragalus sinicus* under Various Environmental Conditions. *Plants*, 12(9), 1876. <https://doi.org/10.3390/plants12091876>
- Tapia, M. (1968). Quinoa y Cañiwa: En I Convención de Quenopodiáceas. *Boletín técnico*, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú, 179.
- Tapia, M. (1997). Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. Oficina regional de la FAO para america latina y el Caribe. Chile.



- Tapia, M., Canahua, A., Lino, E., & Quispe, R. (2010). Catalogo kañiwas de la provincia de Melgar (Puno) variabilidad de la kañihua. ONG SETEM - CEPROCCA, 3-21.
- Tapia, M, Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas, B., & Zanabria, E. (1979). La quinua y la kañiwa Cultivos Andinos. In *Ciid, Iica*. 40. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16254>
- Wang, Y., Jiang, W., Cheng, J., Guo, W., Li, Y., & Li, C. (2023). Physiological and Proteomic Analysis of Seed Germination under Salt Stress in Mulberry. *Frontiers in Bioscience-Landmark*, 28(3), 49. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2803049>
- Wen, D., Hou, H., Meng, A., Meng, J., Xie, L., & Zhang, C. (2018). Rapid evaluation of seed vigor by the absolute content of protein in seed within the same crop. *Scientific Reports*, 8(1), 5569. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23909-y>
- Whitehouse, K., Hay, F., & Lusty, C. (2020). Why Seed Physiology Is Important for Genebanking. *Plants*, 9(5), 584. <https://doi.org/10.3390/plants9050584>
- Wolny, E., Betekhtin, A., Rojek, M., Braszewska, A., Lusinska, J., & Hasterok, R. (2018). Germination and the Early Stages of Seedling Development in *Brachypodium distachyon*. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10), 2916. <https://doi.org/10.3390/ijms19102916>
- Wu, Q., Bai, X., Wu, X., Xiang, D., Wan, Y., Luo, Y., Shi, X., Li, Q., Zhao, J., Qin, P., Yang, X., & Zhao, G. (2020). Transcriptome profiling identifies transcription factors and key homologs involved in seed dormancy and germination regulation of *Chenopodium quinoa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 151, 443–456. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.050>
- Zegarra, S., Muñoz, A., & Ramos, F. (2019). Elaboración de un pan libre de gluten a base de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y evaluación de la aceptabilidad sensorial. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(5), 561–570. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182019000500561>
- Zhao, Z., Li, W., Wang, Y., Jin, M., Tang, W., Li, J., Zhang, R., Zhang, Y., Xin, P., Chu, J., Gao, Y., Tang, S., Diao, X., & Zhang, B. (2024). Proteomic investigation reveals molecular mechanisms of plant height regulation in foxtail millet. *Journal of Integrative Agriculture*, 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.06.014>

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados del análisis de pureza en cuatro cultivares de cañihua (g).

Cultivar	Repetición	Peso inicial (g)	Otras semillas	Material inerte	Semilla pura (g)
Cupi	R1	5	0.5	0.13	4.37
	R2	5	0.38	0.08	4.54
	R3	5	0.31	0.1	4.59
	R4	5	0.38	0.11	4.51
Chilliwa Rosada	R1	5	0.56	0.06	4.38
	R2	5	0.58	0.08	4.34
	R3	5	0.41	0.04	4.55
	R4	5	0.71	0.03	4.26
K'ello	R1	5	0.47	0.08	4.45
	R2	5	0.39	0.07	4.54
	R3	5	0.41	0.07	4.52
	R4	5	0.45	0.09	4.46
Pitojiura	R1	5	0.66	0.04	4.3
	R2	5	0.62	0.05	4.33
	R3	5	0.69	0.06	4.25
	R4	5	0.67	0.09	4.24

ANEXO 2. Análisis de variación, normalidad y homogeneidad para las características físicas y fisiológicas en cuatro cultivares de cañihua.

Análisis de varianza para espesor de las semillas.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.01663542	0.00554514	18.85	0.0006	**
Error	8	0.00235383	0.00029423			
Total corregido	11	0.01898925				

Prueba de homogeneidad de varianza para el espesor de las semillas.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar	3	0.4689	0.9257



Análisis de varianza para el porcentaje de pureza.

Fuente variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.31506136	0.10502045	5.51	0.0129	*
Error	12	0.22852865	0.01904405			
Total corregido	15	0.54359001				

Prueba de homogeneidad de varianza para el porcentaje de pureza.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar	3	5.5334	0.1367

Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas.

Fuente variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.05651875	0.01883958	42.46	<.0001	**
Error	12	0.005325	0.00044375			
Total corregido	15	0.06184375				

Prueba de homogeneidad de varianza para el peso de 1000 semillas

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar	3	1.6136	0.6563

Análisis de varianza para el numero de semillas en un gramo.

Fuente variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	444344.75	148114.9167	412.1	<.0001	**
Error	12	4313	359.4167			
Total corregido	15	448657.75				

Prueba de homogeneidad de varianza para el para el numero de semillas por gramo.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar	3	2.5706	0.4627



Análisis de varianza para el peso de 1000 semillas sin perigonio.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.0486	0.0162	31.87	<.0001	**
Error	12	0.0061	0.00050833			
Total corregido	15	0.0547				

Prueba de homogeneidad de la varianza para el para el peso de 1000 semillas sin perigonio.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar	3	3.8939	0.2732

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas transformado para el porcentaje de humedad.

Efecto	Num DF	Den DF	Chi-cuadrado	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Cultivar	3	8	10.5	3.5	0.0148	0.0695

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el ancho de la semilla.

Efecto	Num DF	Den DF	Chi-cuadrado	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Cultivar	3	8	4.85	1.62	0.1834	0.2609

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el largo de la semilla.

Efecto	Num DF	Den DF	Chi-cuadrado	F-Valor	Pr > ChiSq	Pr > F
Cultivar	3	8	5.67	1.89	0.129	0.2099

Análisis de varianza para tiempo de germinación.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.34402537	0.11467512	11.61	<.0001	**
Tamaño	3	4.13700418	1.37900139	139.55	<.0001	**
Cult*tama	9	0.13088566	0.01454285	1.47	0.2007	ns
Error	32	0.31620878	0.00988152			
Total corregido	47	4.92812399				

Análisis de varianza para el porcentaje de germinación.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	1030.38933	343.46311	12.03	<.0001	**
Tamaño	3	2270.19692	756.732308	26.5	<.0001	**
Cult*tama	9	507.551424	56.394603	1.98	0.076	ns
Error	32	913.625398	28.550794			
Total corregido	47	4721.76308				

Análisis de varianza para tiempo de emergencia.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	507.718556	169.239519	2.61	0.0683	ns
Tamaño	3	550.602323	183.534108	2.83	0.0538	ns
Cult*tama	9	483.008152	53.6675725	0.83	0.5952	ns
Error	32	2073.1538	64.786056			
Total corregido	47	3614.48283				

Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	1410.58411	470.194703	4.56	0.0091	**
Tamaño	3	4011.02286	1337.00762	12.96	<.0001	**
Cult*tama	9	468.338701	52.037633	0.5	0.8603	ns
Error	32	3301.39602	103.168626			
Total corregido	47	9191.3417				



Análisis de varianza para altura de plántula.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	77.55375	25.85125	1.98	0.1364	ns
Tamaño	3	454.96495	151.654983	11.63	<.0001	**
Cult*tama	9	34.0937	3.7881889	0.29	0.9724	ns
Error	32	417.293267	13.0404146			
Total corregido	47	983.905667				

Análisis de varianza para relación tallo raíz.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	0.6009	0.2003	1.66	0.1943	ns
Tamaño	3	0.31548333	0.10516111	0.87	0.4649	ns
Cult*tama	9	0.98191667	0.10910185	0.91	0.5315	ns
Error	32	3.8516	0.1203625			
Total corregido	47	5.7499				

Análisis de varianza para longitud de raíz.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	458.11875	152.70625	1.11	0.3604	ns
Tamaño	3	1144.23325	381.411083	2.77	0.0578	ns
Cult*tama	9	657.970767	73.107863	0.53	0.8415	ns
Error	32	4411.7948	137.868587			
Total corregido	47	6672.11757				

Análisis de varianza para el peso de biomasa.

Fuente de variabilidad	Gados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Signif.
Cultivar	3	370.155667	123.385222	0.42	0.7425	ns
Tamaño	3	3386.25327	1128.75109	3.81	0.0193	*
Cult*tama	9	870.619567	96.735507	0.33	0.9599	ns
Error	32	9486.387	296.44959			
Total corregido	47	14113.4155				



Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el tiempo de germinación.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	13	3.8611	0.9926

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas transformado para el porcentaje de germinación.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	22.9188	0.0859

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el tiempo de emergencia.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	18.0234	0.2614

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas transformado para el porcentaje de emergencia.

Fuete	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	11.4271	0.7218

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para la altura de plántula.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	6.8283	0.9622

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para la relación raíz-tallo.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	18.5395	0.2354

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para la longitud de raíz.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	23.7393	0.0697

Test de tipo 3 de efectos fijos supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el peso de biomasa por plántula.

Fuente	DF	Chi-cuadrado	Pr > ChiSq
Cultivar*tamaño	15	15.0042	0.4511

ANEXO 3. Climograma de precipitación, temperatura y humedad relativa.

Figura 38

Humedad relativa promedio 2017-2023

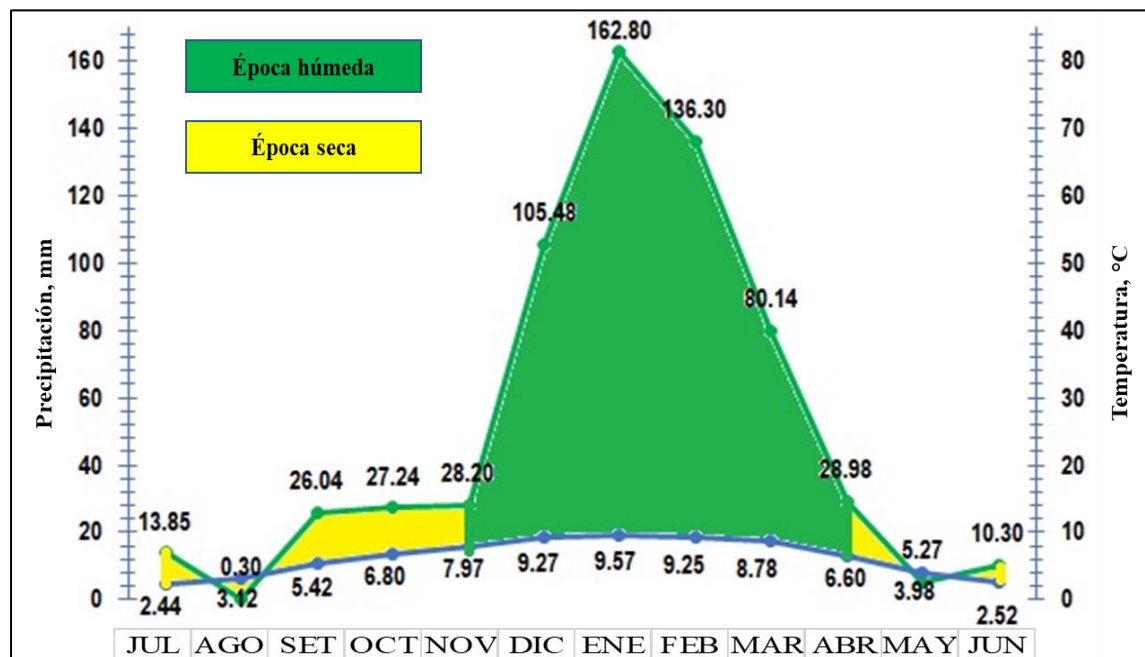
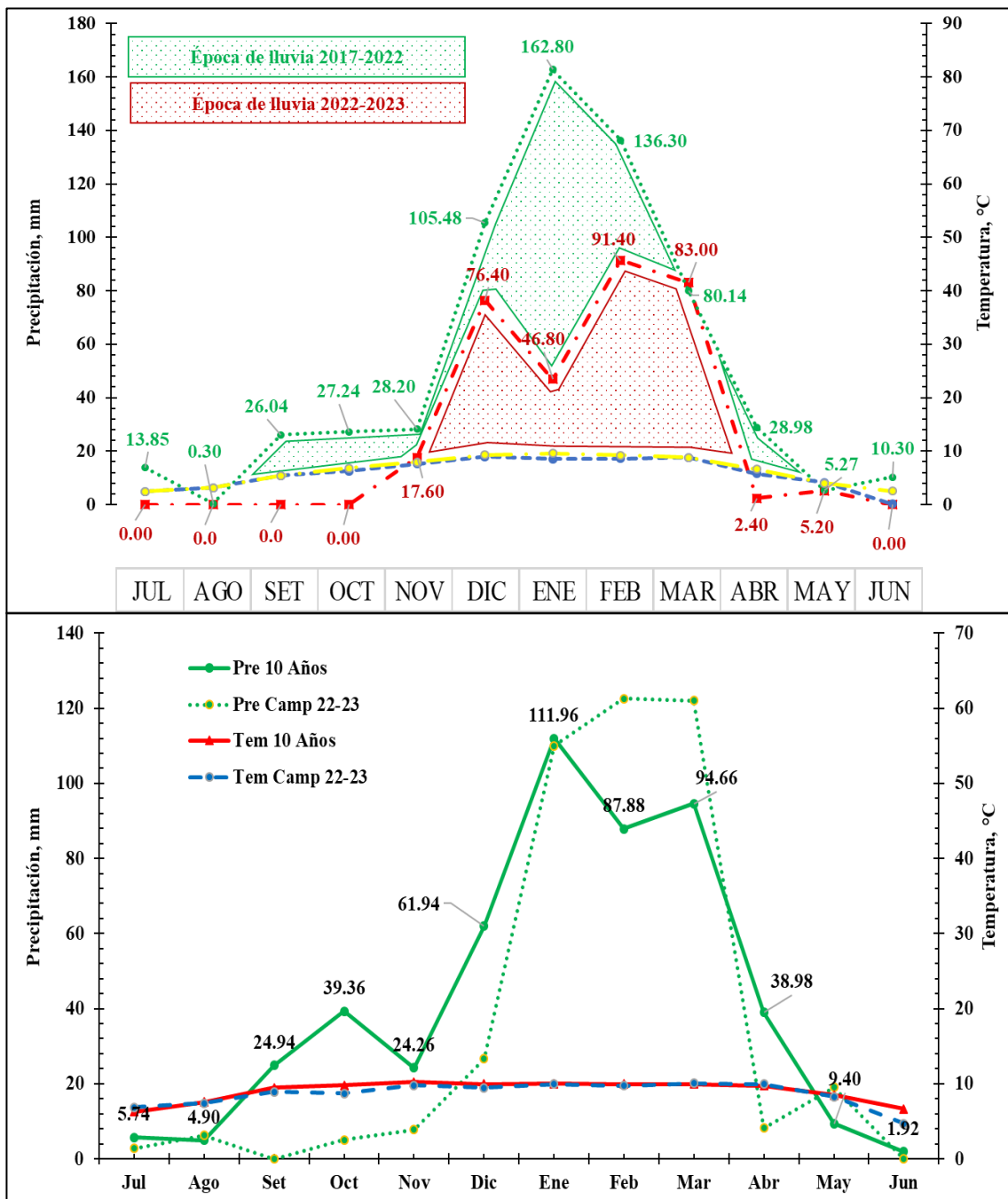


Figura 39

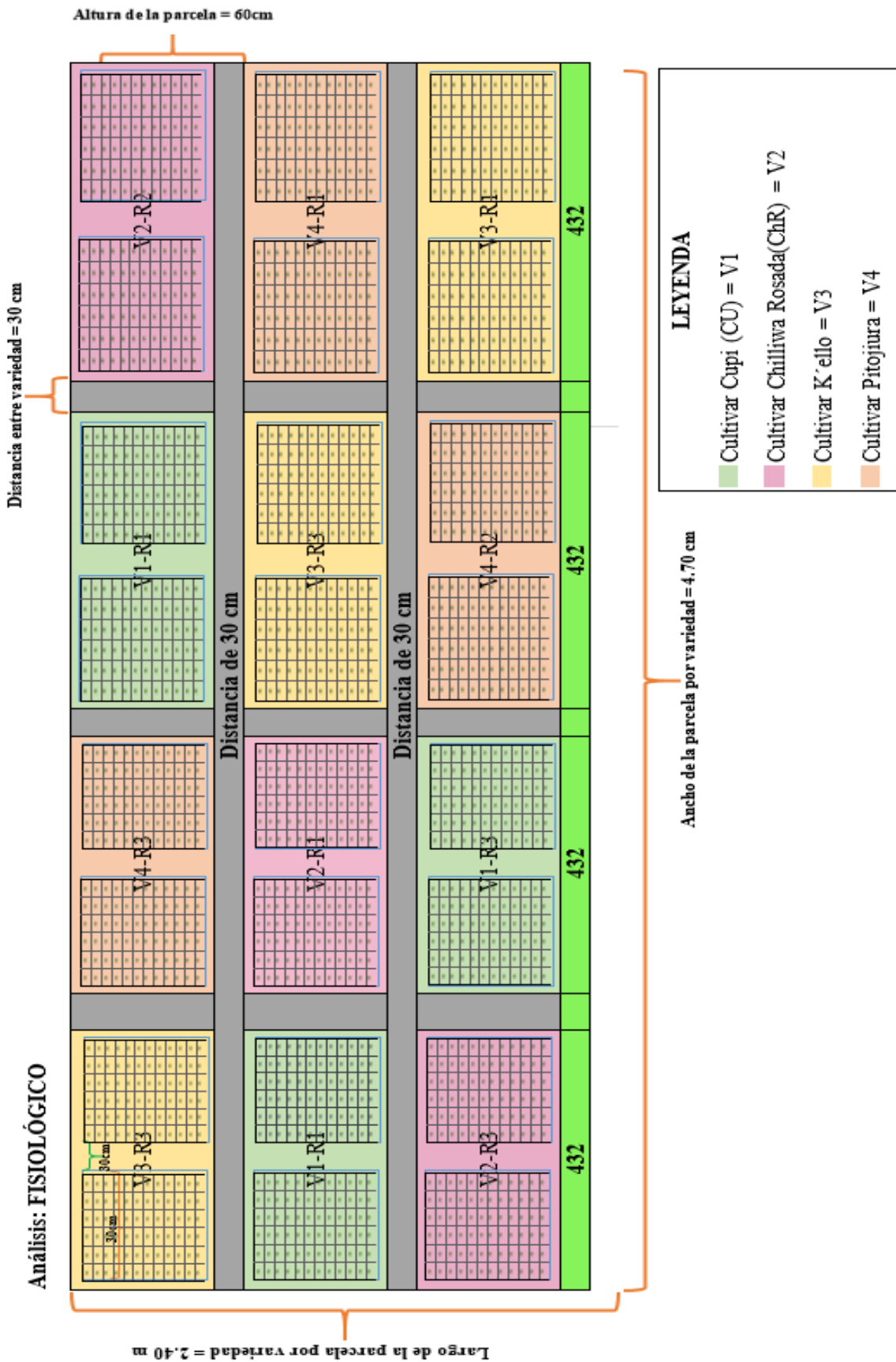
Precipitación y temperatura 2017 al 2023.



ANEXO 4. Dimensión de semillas de cuatro cultivares de cañihua en milímetros.

REPETICION	N° Semilla	CULTIVAR	ESPESOR, mm	ANCHO, mm	LARGO, mm	CULTIVAR	ESPESOR, mm	ANCHO, mm	LARGO, mm	CULTIVAR	ESPESOR, mm	ANCHO, mm	LARGO, mm	CULTIVAR	ESPESOR, mm	ANCHO, mm	LARGO, mm
1	1	CUPI	0.7	0.95	0.92	Ch. ROSADA	0.8	1.01	1.21	K'ELLO	0.71	0.95	1.08	PITOJIURA	0.64	0.86	1.09
1	2	CUPI	0.75	0.92	1.06	Ch. ROSADA	0.76	1	1.01	K'ELLO	0.71	0.96	1.06	PITOJIURA	0.53	0.82	1.07
1	3	CUPI	0.76	0.97	1.07	Ch. ROSADA	0.62	0.83	0.94	K'ELLO	0.68	0.98	1.12	PITOJIURA	0.74	0.97	1.2
1	4	CUPI	0.69	0.93	1.06	Ch. ROSADA	0.75	0.94	1.03	K'ELLO	0.74	1.04	1.17	PITOJIURA	0.59	0.96	1.06
1	5	CUPI	0.74	0.93	0.97	Ch. ROSADA	0.6	0.8	0.84	K'ELLO	0.53	0.76	0.87	PITOJIURA	0.66	0.8	0.97
1	6	CUPI	0.59	0.84	0.89	Ch. ROSADA	0.87	0.99	1.02	K'ELLO	0.67	0.96	1.05	PITOJIURA	0.73	0.99	1.11
1	7	CUPI	0.72	0.83	0.93	Ch. ROSADA	0.87	1.09	1.18	K'ELLO	0.65	1.03	1.12	PITOJIURA	0.65	0.85	1.03
1	8	CUPI	0.71	0.87	1.08	Ch. ROSADA	0.85	1.05	1.1	K'ELLO	0.76	1.04	1.13	PITOJIURA	0.5	0.91	1.05
1	9	CUPI	0.7	0.85	1.02	Ch. ROSADA	0.68	0.89	1.03	K'ELLO	0.76	0.98	1.12	PITOJIURA	0.76	0.96	1.17
1	10	CUPI	0.88	0.9	1.02	Ch. ROSADA	0.7	0.95	1.09	K'ELLO	0.68	1.02	1.18	PITOJIURA	0.81	1.02	1.24
1	11	CUPI	0.51	0.66	0.82	Ch. ROSADA	0.75	0.97	1	K'ELLO	0.76	0.95	1.04	PITOJIURA	0.71	0.95	1.16
1	12	CUPI	0.57	0.75	0.88	Ch. ROSADA	0.76	1.04	1.18	K'ELLO	0.76	1.02	1.06	PITOJIURA	0.56	0.87	1.08
1	13	CUPI	0.68	0.98	1.02	Ch. ROSADA	0.74	1.04	1.12	K'ELLO	0.6	0.99	1.1	PITOJIURA	0.51	0.84	1.03
1	14	CUPI	0.79	0.98	1	Ch. ROSADA	0.74	1.03	0.98	K'ELLO	0.76	0.98	1.08	PITOJIURA	0.78	0.97	1.18
1	15	CUPI	0.79	0.97	1.03	Ch. ROSADA	0.59	0.75	0.92	K'ELLO	0.48	0.8	0.87	PITOJIURA	0.73	1.01	1.14
1	16	CUPI	0.64	0.77	0.99	Ch. ROSADA	0.82	0.9	1.02	K'ELLO	0.67	0.97	1.09	PITOJIURA	0.77	1.02	1.21
1	17	CUPI	0.65	0.84	1.1	Ch. ROSADA	0.74	0.99	1.19	K'ELLO	0.76	0.99	1.1	PITOJIURA	0.63	0.93	1.1
1	18	CUPI	0.68	0.91	0.95	Ch. ROSADA	0.77	0.99	1.18	K'ELLO	0.66	1.01	1.12	PITOJIURA	0.77	1.03	1.22
1	19	CUPI	0.75	0.98	1.06	Ch. ROSADA	0.74	0.94	0.95	K'ELLO	0.74	0.99	1.08	PITOJIURA	0.56	0.84	0.98
1	20	CUPI	0.62	0.89	1	Ch. ROSADA	0.65	0.88	0.98	K'ELLO	0.73	1.04	1.11	PITOJIURA	0.65	0.92	1.14
2	1	CUPI	0.7	0.96	1.02	Ch. ROSADA	0.79	0.87	0.92	K'ELLO	0.7	1.05	1.1	PITOJIURA	0.54	0.86	0.99
2	2	CUPI	0.66	0.97	1.16	Ch. ROSADA	0.8	0.9	0.98	K'ELLO	0.65	0.93	1.08	PITOJIURA	0.77	0.98	1.22
2	3	CUPI	0.78	1.02	1.21	Ch. ROSADA	0.88	0.98	1.03	K'ELLO	0.64	0.92	1.01	PITOJIURA	0.56	0.92	1.09
2	4	CUPI	0.78	1.07	1.19	Ch. ROSADA	0.79	0.94	1.04	K'ELLO	0.7	0.96	1	PITOJIURA	0.8	1.08	1.26
2	5	CUPI	0.84	1.08	1.22	Ch. ROSADA	0.77	0.98	1	K'ELLO	0.63	0.88	1.05	PITOJIURA	0.46	0.85	1.01
2	6	CUPI	0.47	0.88	0.99	Ch. ROSADA	0.82	1	1.07	K'ELLO	0.67	0.92	1.08	PITOJIURA	0.76	0.94	1.18
2	7	CUPI	0.62	0.98	1.02	Ch. ROSADA	0.76	1	1.04	K'ELLO	0.65	1	1.07	PITOJIURA	0.69	0.96	1.13
2	8	CUPI	0.78	1.07	1.23	Ch. ROSADA	0.83	0.98	1.09	K'ELLO	0.61	0.96	0.95	PITOJIURA	0.74	0.97	1.17
2	9	CUPI	0.79	1.06	1.24	Ch. ROSADA	0.7	0.96	1.05	K'ELLO	0.79	1.01	1.12	PITOJIURA	0.76	0.98	1.18
2	10	CUPI	0.71	0.89	1.08	Ch. ROSADA	0.71	0.91	0.96	K'ELLO	0.6	0.92	0.99	PITOJIURA	0.61	0.86	1.06
2	11	CUPI	0.52	0.95	0.96	Ch. ROSADA	0.48	0.7	0.73	K'ELLO	0.82	1.08	1.2	PITOJIURA	0.72	1.01	1.14
2	12	CUPI	0.75	0.97	1.17	Ch. ROSADA	0.81	0.94	0.97	K'ELLO	0.74	1.04	1.14	PITOJIURA	0.73	1.02	1.19
2	13	CUPI	0.77	1.08	1.2	Ch. ROSADA	0.81	1.06	1.15	K'ELLO	0.76	0.97	1.14	PITOJIURA	0.76	0.98	1.14
2	14	CUPI	0.76	1.04	1.18	Ch. ROSADA	0.75	0.93	1.09	K'ELLO	0.55	0.84	1.09	PITOJIURA	0.63	0.91	1.05
2	15	CUPI	0.75	0.98	1.19	Ch. ROSADA	0.84	0.99	1.05	K'ELLO	0.67	1.04	1.17	PITOJIURA	0.58	0.92	1.02
2	16	CUPI	0.71	0.99	1.14	Ch. ROSADA	0.75	0.95	0.98	K'ELLO	0.7	0.92	1.06	PITOJIURA	0.71	1.01	1.18
2	17	CUPI	0.74	1.07	1.2	Ch. ROSADA	0.68	0.94	1	K'ELLO	0.76	0.97	1.09	PITOJIURA	0.72	0.94	1.2
2	18	CUPI	0.68	0.96	1.14	Ch. ROSADA	0.79	1.03	1.09	K'ELLO	0.72	1.07	1.08	PITOJIURA	0.68	0.87	1.04
2	19	CUPI	0.68	0.92	1.08	Ch. ROSADA	0.79	0.98	1.01	K'ELLO	0.58	0.89	1.03	PITOJIURA	0.67	0.83	1.1
2	20	CUPI	0.63	1.02	1.11	Ch. ROSADA	0.91	0.88	1.07	K'ELLO	0.62	0.9	1.05	PITOJIURA	0.58	0.87	1.09
3	1	CUPI	0.68	0.9	1.15	Ch. ROSADA	0.76	0.83	0.89	K'ELLO	0.66	0.96	1.07	PITOJIURA	0.67	1.01	1.2
3	2	CUPI	0.81	1.07	1.14	Ch. ROSADA	0.81	0.96	1	K'ELLO	0.74	0.97	1.12	PITOJIURA	0.66	0.99	1.12
3	3	CUPI	0.75	0.98	1.18	Ch. ROSADA	0.76	0.92	0.96	K'ELLO	0.62	0.92	1.03	PITOJIURA	0.78	1.04	1.22
3	4	CUPI	0.83	1.06	1.16	Ch. ROSADA	0.71	0.92	1.06	K'ELLO	0.66	0.97	1.03	PITOJIURA	0.79	0.98	1.18
3	5	CUPI	0.67	0.98	1.06	Ch. ROSADA	0.75	0.9	1.06	K'ELLO	0.66	0.97	1.08	PITOJIURA	0.76	0.97	1.03
3	6	CUPI	0.78	0.97	1.12	Ch. ROSADA	0.77	0.97	1.02	K'ELLO	0.69	0.96	1.06	PITOJIURA	0.6	0.87	1.05
3	7	CUPI	0.75	1.08	1.12	Ch. ROSADA	0.76	0.85	1	K'ELLO	0.71	0.98	1.1	PITOJIURA	0.54	0.83	1.01
3	8	CUPI	0.77	1.12	1.23	Ch. ROSADA	0.74	1.01	1.05	K'ELLO	0.6	0.93	0.99	PITOJIURA	0.69	0.98	1.2
3	9	CUPI	0.71	0.97	0.98	Ch. ROSADA	0.8	0.85	1.04	K'ELLO	0.72	0.96	1.08	PITOJIURA	0.6	0.9	1.15
3	10	CUPI	0.77	0.99	1.17	Ch. ROSADA	0.69	0.85	1.11	K'ELLO	0.71	1.09	1.06	PITOJIURA	0.65	0.96	1.12
3	11	CUPI	0.82	1.02	1.18	Ch. ROSADA	0.7	0.89	0.95	K'ELLO	0.61	0.9	1.01	PITOJIURA	0.53	0.8	0.96
3	12	CUPI	0.66	1.01	1.06	Ch. ROSADA	0.68	0.86	1.02	K'ELLO	0.66	0.98	1.11	PITOJIURA	0.7	0.95	1.18
3	13	CUPI	0.76	0.73	1.06	Ch. ROSADA	0.79	0.95	1.15	K'ELLO	0.59	0.94	1.11	PITOJIURA	0.75	1.05	1.17
3	14	CUPI	0.56	0.85	0.97	Ch. ROSADA	0.84	0.93	0.97	K'ELLO	0.65	1.04	1.06	PITOJIURA	0.71	1.03	1.17
3	15	CUPI	0.62	0.73	0.93	Ch. ROSADA	0.79	1.01	0.97	K'ELLO	0.7	1	1.15	PITOJIURA	0.7	0.97	1.23
3	16	CUPI	0.7	0.92	1	Ch. ROSADA	0.78	0.95	1.11	K'ELLO	0.68	1.02	1.07	PITOJIURA	0.49	0.77	1.07
3	17	CUPI	0.76	0.84	0.99	Ch. ROSADA	0.85	0.99	1.06	K'ELLO	0.62	0.82	0.94	PITOJIURA	0.6	0.9	1.16
3	18	CUPI	0.79	0.95	1.03	Ch. ROSADA	0.79	1.06	1.08	K'ELLO	0.65	1	1.07	PITOJIURA	0.37	0.82	0.94
3	19	CUPI	0.85	0.98	1.08	Ch. ROSADA	0.79	0.95	1.08	K'ELLO	0.76	1.04	1.14	PITOJIURA	0.65	1.02	1.14
3	20	CUPI	0.73	0.88	0.93	Ch. ROSADA	0.64	0.96	1.05	K'ELLO	0.55	0.93	0.99	PITOJIURA	0.67	0.93	1.16

ANEXO 5. Diseño de distribución de las semillas de cañihua en campo.

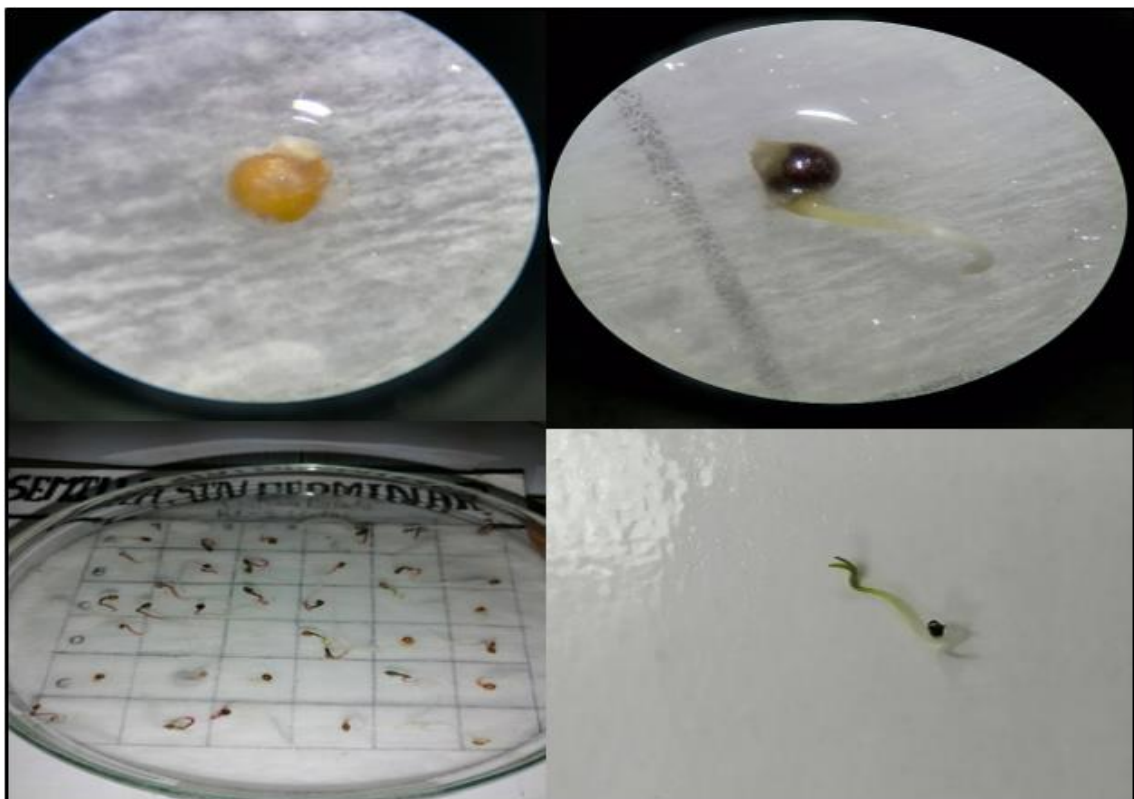


ANEXO 6. Muestra fotografica.

Muestreo de analisis fisiologico en cámara germinadora y primera evaluacion despues de las 12 horas.



Prueba de germinacion de semillas de cañihua en camara germinadora.



Delimitación del área experimental, preparación de suelo, ubicación de cultivares y repeticiones para el sembrado de cañihua.



Plántula de cañihua cultivar a los 15 días posteriores a la siembra.



Prueba de analisis fisiologico por tamaño de semilla del cultivo de cañihua.



Determinación del tamaño de plántula, tamaño de hoja, tamaño de raíz de cañihua, peso inicial y peso seco.



Conteo de hojas por cultivar.



Evaluación de crecimiento.



Muestras secas del contenido de biomasa en plantulas de cañihua.





ANEXO 7. Analisis de suelos para el cultivo de cañihua.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

PROCEDENCIA : Invernadero de semillas. UNA-PUNO.
SOLICITANTE : Madeleiny Jackelin Cahuide Churata.
MOTIVO : Análisis de fertilidad de suelo.
MUESTREO : 03/01/2023. (Por la interesada).
ANÁLISIS : 03/01/2023.
LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁼ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01		64	18	18	Franco arenoso	0.00	4.20	0.21

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
						me/100 g suelo						
01	7.08	0.56	2.80	12.80	190	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

FArA = Franco arcillo arenoso
Ar = Arcilloso
FArA = Franco arcillo arenoso
CIC= Capacidad Intercambio Cationico
N = Nitrógeno total
K⁺ = Potasio cambiabile
A= Arena
Ca²⁺= Calcio cambiabile
Na⁺= Sodio cambiabile
CO₃⁼ = Carbonatos
me = miliequivalente.


FAr = Franco arcilloso
M.O.=Materia orgánica
P = Fósforo disponible
K = Potasio disponible
C.E. = Conductividad eléctrica
SB = Saturación de bases
Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
mS/cm = milisiemens por centímetro
C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
Al³⁺ = Aluminio cambiabile
NC= no corresponde


D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
ANALISTA
ANÁLISIS DE LAB. CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
PLANTAS, SEGURIDAD DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES



D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS




ANEXO 8. Declaración jurada de autenticidad de tesis.



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MADELEINY JACKELIN CAHUIDE CHURATA,
identificado con DNI 70142892 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:

" DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES
DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule Aellen) EN 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 25 de SEPTIEMBRE del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 9. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional.



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 MADELEINY JACKELIN CAHUIDE CHURATA
identificado con DNI 70142892 en mi condición de egresado de:

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

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

" DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE CUATRO CULTIVARES DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule Adell) EN 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 25 de SEPTIEMBRE del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella