

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“VALIDACIÓN DE LA PRUEBA DE GERMINACIÓN EN
SEMILLAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

DUNIXI GINETH VILLACIS DE LA CRUZ

LIMA - PERÚ

2024

VALIDACIÓN DE LA PRUEBA DE GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	12%	2%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	idoc.pub Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
8	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA
“VALIDACIÓN DE LA PRUEBA DE GERMINACIÓN EN
SEMILLAS DE KIWICHA (*Amaranthus caudatus*)”**

**Presentado por:
DUNIXI GINETH VILLACIS DE LA CRUZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

.....
Dr. Erick Espinoza Núñez

PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Cecilia Emperatriz Figueroa Serrudo

ASESORA

.....
Dr. Gastón Enrique Martín Zolla Benites

MIEMBRO

.....
PhD. Elías Hugo Huanuqueño Coca

MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios con mucho amor, humildad y gratitud, por darme como madre a Sara Luisa de la Cruz Rengifo y como padre a Euclides Villacis Navarro, un ejemplo de perseverancia, honestidad, honradez, esfuerzo y valentía. Siendo mi motivación durante toda esta etapa universitaria para jamás darme por vencida y a quienes les debo lo que soy, por sus sabios consejos y sacrificios les estaré eternamente agradecida.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora, la Ing. Cecilia Figueroa por la confianza, la paciencia, apoyo y consejos durante todo este tiempo de investigación para culminar este trabajo de tesis.

A mis padres Sara Luisa De La Cruz Rengifo y Euclides Villacis Navarro por su apoyo moral, sus consejos, motivación, paciencia y comprensión en los momentos difíciles.

A mi abuelo que siempre lo llevo en mi memoria Santiago Lucio de la Cruz y a mi primo hermano Omar Jesús Guivin de la Cruz que desde el cielo siempre me dieron la fortaleza para culminar esta etapa universitaria.

A mi tía Ana Gloria de la Cruz Rengifo y a mi prima hermana Karem Huvín de la Cruz, por sus consejos, motivación y apoyo moral.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes de investigación.....	3
2.2. Marco teórico.....	5
2.2.1. Origen.....	5
2.2.2. Taxonomía.....	5
2.2.3. Descripción morfológica.....	6
2.2.4. Germinación en semillas de kiwicha.....	7
2.2.5. Ecología.....	12
2.2.6. Nutrición.....	13
2.2.7. Fenología del cultivo.....	13
2.2.8. Fertilización.....	15
2.2.9. Siembra.....	15
2.2.10.Cosecha.....	15
2.2.11.Control de plagas y enfermedades.....	16
2.2.12.Sugerencias técnicas para producir semillas de calidad y reducir las mezclas entre variedades.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. Ubicación del Lugar del Experimento.....	19
3.2. Materiales y Equipos.....	19
3.3. Metodología.....	22
3.3.1. Instalación de la parte experimental.....	22
3.3.2. Diseño experimental.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Evaluación de la prueba de germinación de los 6 tratamientos	34

4.1.1. Porcentajes de las plántulas normales.....	36
4.1.2. Porcentaje de las plántulas anormales.....	38
4.1.3. Porcentajes de las semillas duras.....	41
4.1.4. Porcentaje de las semillas frescas.....	42
4.1.5. Porcentaje de las semillas muertas.....	44
4.1.6. Relación de variación entre la viabilidad con el porcentaje de germinación en las semillas de kiwicha.....	47
4.2. Evaluación de la prueba de viabilidad en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio.....	49
4.3. Evaluación de la prueba de vigor en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio.....	50
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	56
VIII. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Operacionalización de variables.....	22
TABLA 2 Tratamiento en estudio.....	33
TABLA 3 ANVA para los tratamientos.....	33
TABLA 4 Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (5dd)	35
TABLA 5 Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (16dd)	35
TABLA 6 Plántulas normales (5dd) por tratamiento.....	36
TABLA 7 Plántulas normales (16dd) por tratamiento.....	37
TABLA 8 Plántulas anormales (5dd) por tratamiento.....	39
TABLA 9 Plántulas anormales (16dd) por tratamiento.....	40
TABLA 10 Porcentaje de semillas duras (16dd) por tratamiento.....	42
TABLA 11 Porcentaje de semillas frescas (16dd) por tratamiento.....	43
TABLA 12 Porcentaje de semillas muertas (5dd) por tratamiento.....	45
TABLA 13 Porcentaje de semillas duras (16dd) por tratamiento.....	46
TABLA 14 Variación entre el porcentaje de germinación y viabilidad.....	47
TABLA 15 Porcentaje de semillas viables y no viables de kiwicha.....	50
TABLA 16 Porcentaje de semillas vigorosas de kiwicha.....	51
TABLA 17 Porcentaje de semillas no vigorosas de kiwicha.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Semillas no vigorosas, otros patrones de tinción <i>Glycine max</i>	5
Figura 2 Absorción de agua y cambios asociados con la germinación.....	8
Figura 3 Principales procesos metabólicos durante la germinación.....	8
Figura 4 Laboratorio nacional de investigación de semillas (LANIS).....	19
Figura 5 Semillas de kiwicha cv. Centenario.....	20
Figura 6 Cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio.....	20
Figura 7 Cámara de Pre enfriamiento de semillas de temperatura de $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	21
Figura 8 Cámara Germinadora de semillas a temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$	21
Figura 9 Cámara Germinadora de semillas a temperatura de $20^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 30^{\circ}\text{C}$	21
Figura 10 Observamos las 4 repeticiones del tratamiento EP20 que se encuentran dentro de bolsas de plástico.....	23
Figura 11 Observamos a la bandeja de plástico con el tratamiento EP20 y EP2030 dentro de la Cámara de Pre enfriamiento de semillas a temperatura $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para romper la dormancia.....	23
Figura 12 Las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario distribuidas en el papel filtro humedecido.....	24
Figura 13 Las cuatro placas Petri del tratamiento SP20 y cuatro placas Petri del tratamiento SP2030.....	25
Figura 14 Las ocho placas Petri fueron llevadas a la cámara de pre enfriamiento de semillas a Temperatura $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ para romper la dormancia.....	25
Figura 15 Ubicando las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario en cada repetición en el tratamiento A20.....	26
Figura 16 Las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario ubicadas en cada repetición en el tratamiento A2030.....	26
Figura 17 Los tratamientos A20 y A2030 en la Cámara de Pre enfriamiento con temperatura $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para romper la dormancia.....	26
Figura 18 Plántula normal intacta.....	27
Figura 19 Plántula normal con defectos leves.....	27

Figura 20 Plántula anormal con hojas primarias dañadas.....	28
Figura 21 Plántula anormal podrida.....	28
Figura 22 Semilla dura.....	29
Figura 23 Semilla fresca.....	29
Figura 24 Semilla muerta.....	29
Figura 25 Semilla viable, teñida de color rojo.....	30
Figura 26 Semilla no viable, no está teñida de color rojo.....	30
Figura 27 Semilla vigorosa de kiwicha cv. Centenario que está teñida totalmente de color rojo. Se encuentran en la categoría A.....	31
Figura 28 Semilla de kiwicha cv. Centenario no vigoroso que está sin teñir el área de la unión del eje del embrión con los cotiledones con tejidos rojos deteriorados.....	31
Figura 29 Semillas no vigorosas, otros patrones de tinción de kiwicha cv. centenario.....	32
Figura 30 Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (5dd)	34
Figura 31 Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (16dd)	34
Figura 32 Comparación del porcentaje de germinación de las plántulas normales a los (5dd) y (16dd)	38
Figura 33 Comparación del porcentaje de germinación de las plántulas anormales a los (5dd) y (16dd)	41
Figura 34 Porcentaje de germinación de las semillas duras (16dd).....	42
Figura 35 Porcentaje de germinación de las semillas frescas a los (16dd).....	44
Figura 36 Comparación del porcentaje de germinación de las semillas muertas a los (5dd) y (16dd)	47
Figura 37 Varición del porcentaje de germinación y viabilidad.....	49
Figura 38 Semillas de kiwicha cv Centenario: (1) viables y (2) no viables.....	50
Figura 39 Semillas vigorosas: (1) Categoría A, (2) Categoría B y (3) Categoría C.....	52
Figura 40 Semillas no vigorosas: (1) Patrón a, (2) Patrón b, (3) Patrón c, (4) Patrón d, (5) Patrón f, (6) Patrón i, (7) Patrón j+f, (8) Patrón l y (9) Patrón d+f.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Ubicación de las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario en el Tratamiento SP2030 (Sobre papel en T ° 20 °C <=> 30 °C)	61
ANEXO 2 Evaluación de la prueba de germinación en semillas de kiwicha cv. Centenario.....	61
ANEXO 3 Evaluación de la prueba de viabilidad y vigor en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio.....	62
ANEXO 4 Análisis de varianza de las plántulas normales (5dd)	62
ANEXO 5 Análisis de varianza de las plántulas normales (16dd)	62
ANEXO 6 Análisis de varianza de las plántulas anormales (5dd)	63
ANEXO 7 Análisis de varianza de las plántulas anormales (16dd)	63
ANEXO 8 Análisis de varianza de las semillas duras (16 dd)	63
ANEXO 9 Análisis de varianza de las semillas frescas (16dd)	63
ANEXO 10 Análisis de varianza de las semillas muertas (5dd)	64
ANEXO 11 Análisis de varianza de las semillas muertas (16dd)	64
ANEXO 12 Análisis de varianza del porcentaje de la germinación.....	64
ANEXO 13 Análisis de varianza del porcentaje de viabilidad.....	64

RESUMEN

Las pruebas de germinación y de viabilidad han sido utilizadas ampliamente en la evaluación de la calidad de las semillas, cabe destacar que la calidad fisiológica hace referencia a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una plántula normal bajo condiciones favorables. Sin embargo, en los últimos años se ha dado énfasis en la medición de otros parámetros, tales como el vigor y las variables asociadas con este parámetro. En este presente trabajo se realizó en el laboratorio nacional de investigación de semillas (LANIS) ubicado en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). El objetivo del estudio es validar la prueba de germinación en semillas de kiwicha (*Amaranthus caudatus cv. Centenario*) para ser considerada por las normas ISTA para lograr esto se realizó una evaluación de la prueba de germinación en seis tratamientos planteados, se usaron tres sustratos: Entre Papel, Sobre Papel y Arena; la temperatura usada en los tratamientos fueron 20 °C y el intervalo de 20 °C \Leftrightarrow 30 °C. El tratamiento que tuvo una mejor respuesta sobre la germinación de la semilla de kiwicha fue el Tratamiento 5 (Arena a una temperatura de 20 °C) con un 63.75 % en plántulas normales; ya que con este se obtuvo un mayor porcentaje en la prueba de germinación. Posteriormente, en la prueba de viabilidad en tetrazolio se obtuvo un 68.5 %, cuyo resultado fue ligeramente mayor a la prueba de germinación, indicando que no existe estrictamente una dormancia. Sin embargo, debido a la presencia de semillas duras no se descarta la posibilidad de que este cultivar presenta una leve dormancia física. En la prueba de vigor realizado en tetrazolio se obtuvo un 72.5 %, indicándose un menor daño en las semillas de kiwicha, de esta manera se espera que la metodología en este trabajo respalde la calidad de la semilla para que sea validada por las normas ISTA.

Palabras claves: Germinación, viabilidad, calidad, normas ISTA

ABSTRACT

Germination and viability tests have been widely used in the evaluation of seed quality. It should be noted that physiological quality refers to intrinsic mechanisms of the seed that determine its germination capacity, emergence and development of those structures essential for producing a normal seedling under favorable conditions. However, in recent years emphasis has been placed on the measurement of other parameters, such as vigor and the variables associated with this parameter. This work was carried out in the national seed research laboratory (LANIS) located at the National Institute of Agrarian Innovation (INIA). The objective of the study is to validate the germination test in kiwicha seeds (*Amaranthus caudatus* cv. *Centenario*) to be considered by the ISTA standards. To achieve this, an evaluation of the germination test was carried out in six proposed treatments, three substrates were used: Between Paper, On Paper and Sand; The temperature used in the treatments was 20 °C and the interval was 20 °C \Leftrightarrow 30 °C. The treatment that had the best response on kiwicha seed germination was Treatment 5 (Sand at a temperature of 20 °C) with 63.75% in normal seedlings; since with this a higher percentage was obtained in the germination test. Subsequently, in the tetrazolium viability test, 68.5% was obtained, the result of which was slightly higher than the germination test, indicating that there is not strictly dormancy. However, due to the presence of hard seeds, the possibility that this cultivar presents slight physical dormancy is not ruled out. In the vigor test carried out in tetrazolium, 72.5% was obtained, indicating less damage to the kiwicha seeds. In this way, it is expected that the methodology in this work supports the quality of the seed so that it can be validated by the ISTA standards.

Keywords: Germination, viability, quality, ISTA standards

I. INTRODUCCIÓN

El *Amaranthus caudatus* o kiwicha tiene su origen en los Andes de América del Sur. Se considera al Perú como centro de domesticación de la kiwicha. Esta especie crece en zonas de Bolivia, Perú, Ecuador y Argentina. La kiwicha tiene diferentes nombres locales en el Perú y Bolivia, por ejemplo “achita”, “quihiucha”, “inca jataco”, “ataku”, “sankurachi”, “millmi”, “coimi” y “sangorache”. Es una especie que se cultiva desde los 1 500 a 3 300 msnm (piso ecológico adecuado); sin embargo, se ha observado buenos resultados a nivel del mar y en áreas tropicales de la cordillera occidental; es una planta susceptible al frío y exceso de humedad, pero a su vez tiene tolerancia a la deficiencia de agua y al calor. Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la kiwicha junto a otros granos andinos como la quinua y la cañihua constituyen la fuente natural de proteína vegetal económica; son altamente nutritivos y se caracterizan por su alto contenido de proteínas de calidad (14 - 22%), ricos en aminoácidos esenciales, como lisina, metionina y treonina; rica en vitaminas A, B2 y E y los minerales calcio, hierro, cobre y zinc. Estas características hacen que la kiwicha sea considerada como cultivo muy importante en lo que a seguridad alimentaria se refiere (Estrada, 2011).

La producción de kiwicha en el Perú, hasta mediados de la década de los 90, estuvo conformada en su mayoría por pequeños productores que trabajaban de manera individual e informal en la sierra peruana. Había desconocimiento del cultivo, ausencia de tecnología de producción, desconocimiento del mercado internacional, la comercialización se realizaba en mercados locales y las producciones eran a pequeñas escalas. Por ello, no se realizaban cosechas importantes, los agricultores cultivaban a la vez otros productos, dándole poca importancia al cultivo de la kiwicha (Ventura, 2011).

La presente investigación se realizó teniendo como objetivo general validar la prueba de germinación en las semillas de kiwicha cv. Centenario normado por ISTA. Los objetivos específicos fueron 1) La evaluación de la germinación de la semilla de kiwicha bajo diversos

tratamientos, 2) La correlación de la viabilidad con la prueba de germinación en las semillas de kiwicha y 3) La evaluación del vigor en tetrazolio de la semilla de kiwicha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Según el estudio de validación para la prueba de germinación de quinua, el objetivo fue desarrollar un procedimiento de germinación para probar que método de germinación en *Chenopodium quinoa* sería el adecuado para que sea incluido en las Reglas ISTA. El experimento fue realizado por siete laboratorios acreditados por ISTA utilizando cuatro lotes de semillas. Se trabajaron cuatro tratamientos, en los dos primeros, las semillas de quinua germinaron entre papel utilizando el régimen de temperatura de 20°C y el régimen de temperatura alterna 20<=>30°C y en los otros dos tratamientos, las semillas de quinua germinaron sobre papel utilizando el régimen de temperatura de 20°C y el régimen de temperatura alterna 20<=>30°C; se suministró luz durante 8 horas en los cuatro tratamientos. El primer y último conteo se realizaron al cuarto y séptimo día, respectivamente. Cada lote de semillas seleccionado se mezcló y dividió en las cantidades de muestra requeridas de acuerdo con los procedimientos de ISTA. Cada muestra enviada a los laboratorios contenía aproximadamente 4800 semillas puras (aproximadamente 13 g), asegurando suficientes semillas para realizar todas las pruebas de germinación con 400 semillas y un reensayo de cualquiera de las muestras. De acuerdo a los resultados obtenidos y con el objetivo de reportar resultados confiables, se eligió 20°C como régimen de temperatura para *Chenopodium quinoa* en las Reglas ISTA. El análisis de varianza realizado para comparar ambos sustratos entre papel y sobre papel, no mostró diferencias significativas entre estos medios en los resultados de germinación, lo que sugiere que ambos podrían recomendarse como medios de cultivo para las semillas de quinua. El método de germinación propuesto para ser incluido en las Reglas ISTA fue Entre Papel o Sobre Papel con el régimen de temperatura de 20°C; 4–7 días (ISTA, 2021).

- Se realizó un análisis topográfico de tetrazolio en semillas de *Glycine max* para indicar las diferencias de vigor entre los lotes de semilla y resultó el mismo cuando se usó la prueba para estimar la viabilidad de las mismas. En el análisis se usó una solución incolora de 2,3,5-trifenil tetrazolio para que reaccionaran con las enzimas

deshidrogenasas. Normalmente, esto da como resultado la producción de un compuesto llamado formazan que es rojo estable y se disemina en las células vivas. De esta manera, permite distinguir las partes vivas de color rojo de las muertas en las semillas. En la evaluación, el color y la intensidad de la tinción permite la identificación de semillas que son vigorosas y no vigorosas. Esta prueba se llevó a cabo en dos repeticiones de 100 semillas de *Glycine max* tomadas al azar, para la preparación y tratamiento de la semilla se embebieron toda la noche durante 16-18 horas entre papel de filtro enrollado a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ colocados dentro de bolsas plásticas selladas para evitar la evaporación; para la tinción de las semillas embebidas, estas se colocaron en una solución de cloruro de 2,3,5-trifenil tetrazolio al 0,1 % en la oscuridad durante 3 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Las semillas estuvieron sumergidas completamente en la solución de la tinción. Pasando estas horas se retiró la solución de tetrazolio y se enjuagaron las semillas con agua destilada. Las semillas se mantuvieron sumergidas en agua durante la evaluación para evitar la deshidratación y la decoloración. Se retiró la cubierta seminal a mano y se expuso el embrión cortado con cuidado por la mitad de los cotiledones y el eje del hipocotilo con una hoja afilada. El objetivo principal del análisis de vigor por tetrazolio es identificar las semillas vigorosas y no vigorosas. Se examinó cada semilla y se clasificaron en diferentes categorías de vigorosas (A, B o C), según el color, la turgencia de los tejidos y la ubicación (extensión y profundidad) de las áreas dañadas en la semilla. Otros patrones de tinción muestran semillas no vigorosas (ISTA, 2022). Las categorías fueron las siguientes:

VIGOROSAS

Categoría A: Semilla completamente turgente y teñida de color rosa normal.

Categoría B: Presencia de área menor de color rojo, de tejidos no teñidos, flácidos o necróticos con extensión limitada y profundidad superficial localizada en cualquier sitio de la semilla (incluyendo el eje del embrión y la zona de unión del eje embrionario con los cotiledones).

Categoría C: Presencia de áreas mayores o múltiples de color rojo, tejidos no teñidos, flácidos o necróticos que se extienden desde 1/3 hasta la totalidad del área del cotiledón en el extremo distal de los cotiledones y una profundidad de 1/2 del cotiledón hasta su totalidad.

NO VIGOROSAS

Otros patrones de tinción: a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l (ISTA, 2022).

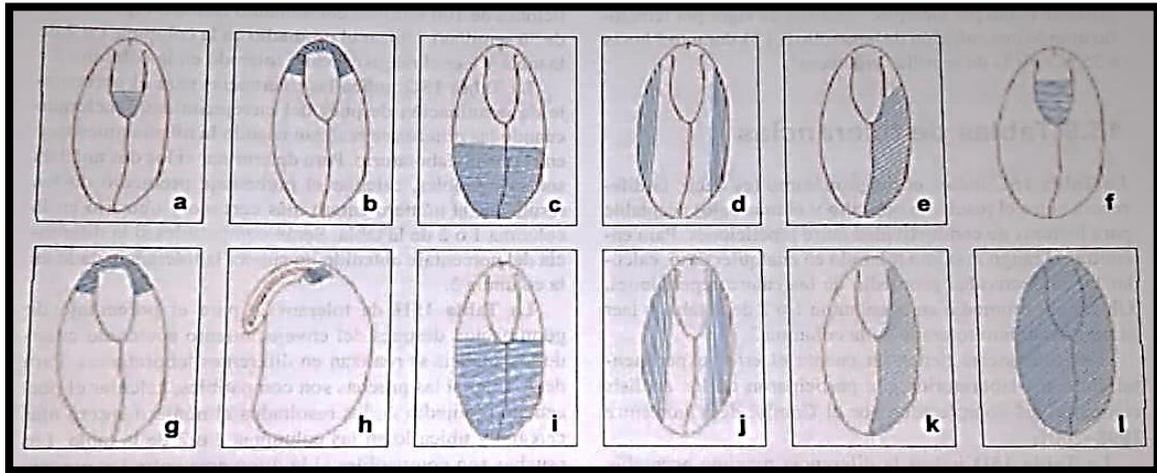


Figura 1: Semillas no vigorosas, otros patrones de tinción *Glycine max*. **a** Hasta $\frac{1}{3}$ de la radícula con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **b** Área de unión del eje del embrión con los cotiledones con tejidos rojos deteriorados. **c** Hasta $\frac{1}{2}$ de los cotiledones con los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **d** Hasta $\frac{1}{4}$, en profundidad, de los cotiledones con tejidos deteriorados o sin teñir. **f** Radícula con más de $\frac{1}{3}$ de los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **g** Área de unión del eje del embrión con los cotiledones sin teñir. **h** Plúmula deteriorada o perdida. **i** Más de $\frac{1}{2}$ de los cotiledones con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **j** Más de $\frac{1}{4}$, en profundidad, de los cotiledones con tejidos deteriorados o sin teñir. **k** Más de, en profundidad, de un cotiledón, con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **l** Semilla entera sin teñir.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Origen

La kiwicha tiene su origen en los Andes de América del Sur. Tapia (1997) considera al Perú como centro de domesticación de la kiwicha. Esta especie crece en zonas de Bolivia, Perú, Ecuador y Argentina. La kiwicha tiene diferentes nombres locales en el Perú y Bolivia, como ejemplo *achita*, *quihuicha*, *inca jataco*, *ataku*, *sankurachi*, *millmi*, *coimi* y *sangorache*.

2.2.2. Taxonomía

El cultivo de kiwicha pertenece al orden Caryophyllales, familia Amaranthaceae, género *Amaranthus* y está compuesta por más de 70 especies (APGIII, 2009).

Clase: *Equisetopsida* C. Agardh

Sub clase: *Magnoliidae* Novák ex Takht.

Sub orden: *Caryophyllanae* Takht.

Orden: *Caryophyllales* Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia: *Amaranthaceae* Juss.

Género: *Amaranthus* L.

Especie: *Amaranthus caudatus*

2.2.3. Descripción morfológica

Es una planta dicotiledónea. Consta de las siguientes partes:

La raíz principal es pivotante o axonomorfa, de hasta 15 cm de largo, gruesa, con abundantes raíces laterales; cuya función es absorber agua y nutrientes. Además, sirve como anclaje para soportar el peso de la panoja y evitar acames.

El tallo central puede ser erecto, cilíndrico, anguloso y de diversos colores. Su espesor se reduce desde la base hasta el ápice y algunos presentan estrías longitudinales cuyo color generalmente coincide con el de la hoja (Chagaray, 2005). En estado de crecimiento es succulento, algo lignificado y hueco cuando llega a madurez fisiológica, pudiendo alcanzar más de 2.50 m (Nieto, 1989; Seminario, 1985). Los tallos de algunos genotipos son pubescentes.

Las hojas son polimórficas y de diferentes colores (Nieto, 1989). Según su forma, puede ser romboidal, aovada, deltoidea (Seminario, 1985), elíptica o lanceolada, lisa o poco pubescente con nervaduras bien pronunciadas (Nieto, 1989). El color de sus hojas varía de verde amarillento a púrpura, con pecíolos pigmentados en algunos casos, dispuestas de manera opuesta o alterna a lo largo del tallo (Nieto, 1989). En algunos morfotipos de kiwicha se observan las nervaduras pigmentadas.

La flor: Las especies del género *Amaranthus*, generalmente presentan plantas monoicas, con flores pequeñas unisexuales, que se encuentran unidas en glomérulos de hasta 250 flores femeninas, con un ovario súpero donde se forma una sola semilla y flores masculinas con 3 a 5 estambres (Nieto, 1989). Raramente existen flores hermafroditas (Sagastegui, 1973). Son predominantemente autógamas; sin embargo, pueden llegar a tener una polinización cruzada menor al 15 % entre cultivares y/o variedades (Olalla y Moscoso, 2017).

La inflorescencia: El tipo, forma, densidad, aptitud y color de la inflorescencia de la kiwicha varía dependiendo de la especie o morfotipo; presenta dos formas de inflorescencia: amarantiforme y glomerulada, pudiendo ser erectas, decumbentes (Tapia y Fries, 2007) y semi erectas. El grado de densidad puede ser laxa, compacta (Sagastegui, 1973) e intermedia. Las inflorescencias son muy vistosas y de diversos colores (Nieto, 1989) como verde, verde amarillento, rosado, rojo púrpura y púrpura grisáceo.

El fruto es un pixidio unilocular (una sola semilla), presentando a la madurez una abertura transversal, dejando caer la parte superior llamada opérculo, para dejar al descubierto la parte inferior del fruto llamada urna, que es donde se aloja la semilla (Nieto, 1989).

La semilla: La kiwicha presenta semillas pequeñas que varían de 1 a 1.5 mm de diámetro y 0.5 mm de espesor (Nieto, 1989; Sumar, 1984). Cada gramo de semilla puede contener entre 1000 y 3000 semillas (Nieto, 1989). La forma de la semilla puede ser circular u ovoide y los colores pueden variar entre blanco, hialino, blanco amarillento, dorado, rosado, rojo, negro, blanco lechoso, amarillo y marrón, dependiendo de la especie o morfo tipos. Está constituida por tres capas: la primera capa o cubierta es la externa, conocida como epispermo; la segunda capa está formada por los cotiledones y es la parte más rica en proteína, y la tercera, que es la capa más interna, conocida como perisperma, contiene principalmente almidones (Irving et al., 1981). La mayor parte de la semilla es ocupada por el embrión (Sumar, 1984).

2.2.4. Germinación de la semilla de kiwicha

En el proceso de germinación ocurren actividades metabólicas de catabolismo, ya desde el remojo las macromoléculas se van degradando hasta sus más pequeños componentes (aminoácidos, azúcares simples y ATP). La etapa inicial de la germinación es la imbibición y finaliza cuando se desarrolla el embrión rompiendo la testa y finalmente brota la radícula.

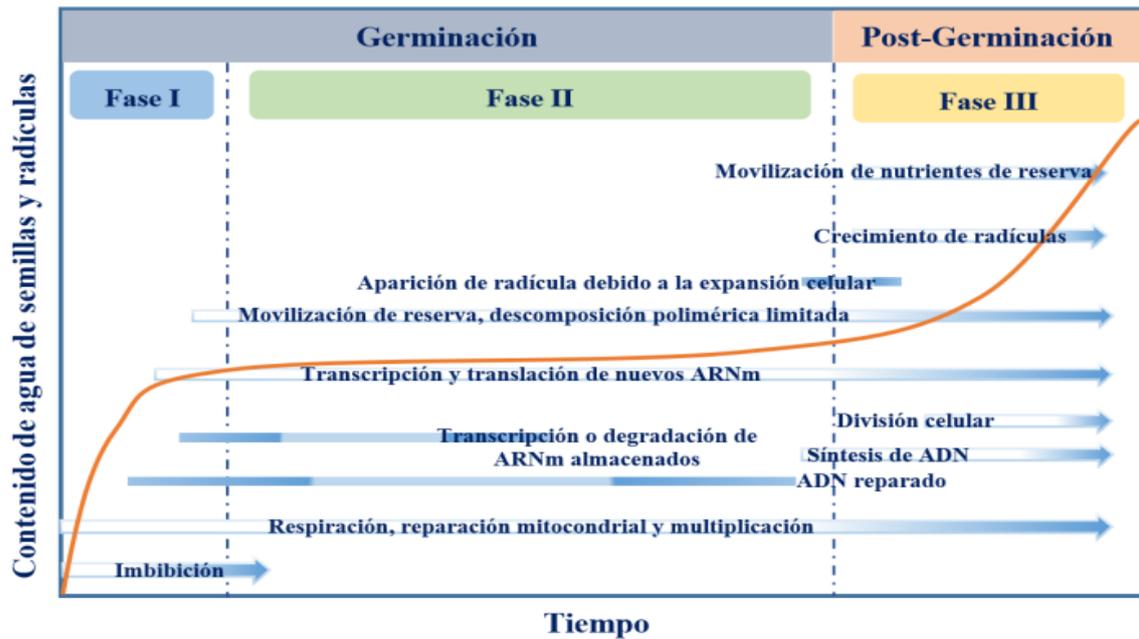


Figura 2: Absorción de agua y cambios asociados con la germinación.

Fuente: Adaptado de Bewley et al. (2013).

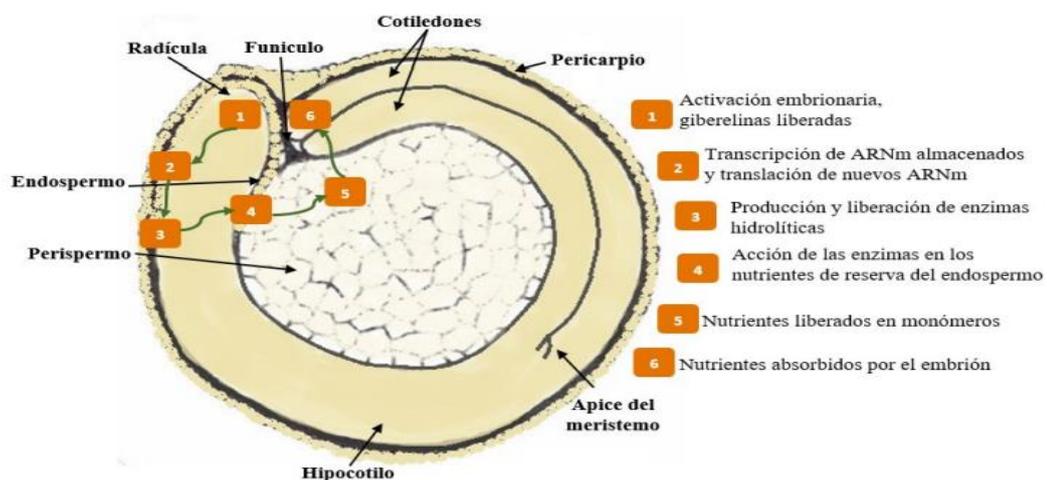


Figura 3: Principales procesos metabólicos durante la germinación.

Fuente: Adaptado de Bewley et al. (2013).

La Fig. 2 muestra el proceso de absorción de agua y en la Fig. 3 se muestran los cambios metabólicos más importantes realizados durante la etapa de germinación propiamente dicha y la post-germinación. Se observa que la absorción de agua, la imbibición es en la Fase I, es principalmente un proceso físico, los cambios fisiológicos suceden solo minutos después de que una célula se hidrate y antes de que todos los tejidos de la semilla sean hidratados.

Durante la fase II, el contenido de agua es constante y las actividades metabólicas aumentan con la transcripción de nuevos genes, la aparición de radicales a través de las estructuras circundantes al final de esta fase marca la finalización de la germinación y en la Fase III hay una mayor absorción de agua a medida que las plántulas jóvenes se establecen, utilizando las principales reservas almacenadas. La curva es un curso de tiempo estilizado para la absorción de agua. El tiempo que se tarda en completar estos eventos varía entre las especies y las condiciones de germinación a las que se somete la semilla (Bewley et al., 2013). Para la aparición de las radículas es importante la circulación del aire, el tamaño de la radícula puede ser hasta 2 o 3 veces del tamaño de la semilla, en algunos casos es mayor, dependiendo del tipo de grano y de la producción de la giberelina que es la fitohormona que prepara la germinación y promueve la hidrólisis de los macronutrientes, favoreciendo la digestibilidad de la misma (Pascual y Ramos, 2000; Bewley et al., 2013; Berna, 1995).

Un proceso importante realizado en la post-germinación es la movilización de las sustancias de reserva, que ocurre dentro de los tejidos para proporcionar nutrientes para las plántulas en crecimiento hasta que se vuelve autótrofo. El almidón, las hemicelulosas, los triacilgliceroles y las proteínas son movilizados por distintos conjuntos de enzimas, muchas de las cuales se transcriben y sintetizan nuevamente (Bewley et al., 2013). El almidón y las proteínas se convierten en azúcares y aminoácidos, dentro de los gránulos de almidón y las vacuolas de almacenamiento de proteínas, respectivamente, antes de que estos catabólicos se trasladen al citosol. Como producto final del catabolismo de reserva es la sacarosa translocada a los tejidos en crecimiento con proteínas que también producen aminoácidos transportables. Se incrementa el contenido de proteínas y sustancias nitrogenadas debido a la disminución de carbohidratos; sin embargo, una parte de las proteínas generadas están presentes en las raicillas que son eliminadas posterior al secado, perdiéndose un poco por la degradación del endospermo (Hough, 1990; Bewley et al., 2013).

2.2.4.1. Estructura esencial de las plántulas

Una plántula, dependiendo de la especie analizada, consta de una combinación específica de alguna de las siguientes estructuras que son esenciales para su futuro desarrollo dando una plántula satisfactoria (ISTA, 2022).

- Sistema radicular (raíz primaria; en ciertos casos raíces seminales)
- Eje brote (hipocotilo, epicotilo, y yema terminal)
- Cotiledones (de uno a varios)
- Coleóptilo (En todas las Poaceas)

2.2.4.2. La regla del 50 %

Esta regla es usada en la evaluación de los cotiledones y de las hojas primarias (ISTA, 2022).

Tejido del cotiledón

- Las plántulas se consideran normales, siempre que la mitad o más del total del tejido de los cotiledones esté funcional.
- Las plántulas son anormales cuando más de la mitad del tejido del cotiledón está ausente, necrótico, podrido o descolorido.

Hojas primarias

- Las plántulas se consideran normales que la mitad o más del tejido de la hoja primaria esté funcional.
- Las plántulas son anormales cuando más de la mitad del tejido de la hoja primaria está ausente, necrótico, podrido o descolorido.
-

La regla del 50 % no se aplica si ambos puntos de unión de los cotiledones con el eje de la plántula o de la yema terminal están necróticos o podridos; dichas plántulas son anormales independientemente de la condición de los cotiledones u hojas primarias. No se aplica tampoco si un punto de unión de un cotiledón está necrótico podrido y el otro cotiledón no está intacto, tales plántulas son consideradas como anormales (ISTA, 2022).

2.2.4.3. Plántulas normales

Las plántulas normales muestran el potencial para desarrollarse con continuidad dando plantas satisfactorias cuando crecen en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Para ser clasificada como normal, una plántula debe cumplir con las siguientes categorías:

Plántulas intactas: son plántulas que presentan todas sus estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, proporcionadas y sanas (ISTA, 2022).

Plántulas con defectos leves: son plántulas que muestran ciertos defectos leves en sus estructuras esenciales, siempre que tengan un desarrollo satisfactorio y balanceado comparable a las plántulas intactas del mismo análisis (ISTA, 2022).

Plántulas con infección secundaria: plántulas que es evidente que habrían sido como una de los dos ejemplos anteriores pero que se han visto afectadas por hongos o bacterias procedentes de fuentes distintas a la semilla que le dio origen (ISTA, 2022).

2.2.4.4. Plántulas anormales

Las plántulas anormales no muestran el potencial de desarrollarse en una planta normal cuando crecen en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Las siguientes plántulas se clasifican como anormales:

Dañadas: Plántulas con cualquiera de las estructuras esenciales ausentes o tan irreparablemente dañadas como para no esperar un desarrollo balanceado (ISTA, 2022).

Deformadas o desbalanceadas: Plántulas con desarrollo débil o con alteraciones fisiológicas o con sus estructuras esenciales deformadas o desproporcionadas (ISTA, 2022).

Podridas: Son plántulas con cualquiera de sus estructuras esenciales enfermas o podridas por una infección primaria, que impide un desarrollo normal (ISTA, 2022).

2.2.4.5. Semillas duras

Son las que permanecen del mismo tamaño y aspecto al finalizar el análisis de germinación en el laboratorio (ISTA, 2016).

2.2.4.6. Semillas frescas

Cuando un 5 % o más de las semillas frescas esté presente, su potencial para germinar debe ser determinado mediante disección, tetrazolio o embrión escindido. Aquellas determinadas para tener el potencial para germinar son reportadas como frescas. Aquellas que se ha decidido no tener el potencial para germinar son reportadas como muertas. Tras esta

determinación, si existe alguna duda en cuanto a si la semilla esté fresca o muerta, la semilla debe ser clasificada como muerta (ISTA, 2016).

2.2.4.7. Semillas muertas

Son semillas blandas o mohosas que son contadas y reportadas como tales en un análisis de germinación. Si se puede observar que una semilla ha producido cualquier parte de una plántula (por ejemplo, la punta de la raíz primaria) aunque deteriorada en el momento de la evaluación, se cuenta como plántula anormal y no como semilla muerta (ISTA, 2016).

2.2.5. Ecología

a) Factores climáticos

Temperatura Para un buen desarrollo de la planta la temperatura óptima se encuentra en el rango de 8 - 20 °C. Cuando se presentan temperaturas menores a 8 °C, el crecimiento del cultivo se ve afectado, si la temperatura es mayor a 20 °C, el cultivo solo tiende a crecer y su rendimiento es bajo (Pérez, 2010).

Altitud El cultivo prospera eficientemente en climas cálidos a templados desde 1 500 - 3 300 msnm. Sin embargo, el área de cultivo se va incrementando en algunas microcuencas donde el efecto de heladas es mínimo, debido a la topografía del terreno (Pérez, 2010).

Precipitación Los requerimientos de precipitación varían de 400 – 800 mm; sin embargo, con 300 mm, se ha obtenido rendimientos satisfactorios. Es exigente en humedad en etapas fenológicas de emergencia, floración y llenado de grano; tolera periodos de sequía luego del establecimiento de la planta (Pérez, 2010).

b) Factores edáficos

Los suelos apropiados para el cultivo son de textura franco arenoso con buen porcentaje de materia orgánica y un pH 6,0 – 7,0. No es recomendable la siembra de kiwicha en suelos pesados o arcillosos por que dificulta el desarrollo de la masa radicular, de existir mucha

humedad podría ocasionar la pudrición de raíces produciendo muerte de las plantas por asfixia (Pérez, 2010).

2.2.6. Nutrición

La kiwicha contiene una gran cantidad de aminoácidos, entre ellos los de mayor porcentaje son glicina, serina, leucina y lisina, contiene 15 % de proteína y ofrece buenas posibilidades para mejorar la alimentación humana siendo recomendable consumirla mezclada con otros granos. La kiwicha por cada 100 g aporta 383,3 calorías, 14,5 g de proteínas, 7,5 g de grasa, 60,4 g de carbohidratos, 368,5 mg de calcio, 475,5 mg de fósforo, semejante al valor nutritivo de la avena desnuda, así como vitamina E y complejo B (Pérez, 2010).

2.2.7. Fenología del cultivo

Los estados fenológicos del cultivo de kiwicha han sido descritos por múltiples autores, destacando entre ellos Mujica y Quillahuamán (1989), quienes lo hicieron de la siguiente manera:

Emergencia (VE)

La fase de germinación y emergencia puede durar entre 8 a 21 días, dependiendo de las condiciones agroclimáticas, principalmente de la humedad y temperatura del suelo. En esta etapa, más del 50 % de las plántulas de una longitud inferior a 2 cm son visibles sobre el suelo, mostrando un par de cotiledones que posteriormente, serán reemplazados por las hojas verdaderas (Rodríguez et al., 2022).

Fase vegetativa

La fase vegetativa inicia con el estado V1 hasta llegar al inicio de desarrollo de panoja (fase R1). Esta fase se determina contando el número de nudos en el tallo principal, del cual salen las hojas que miden al menos 2 cm de largo, correspondiendo el primer nudo al estado V1, el segundo nudo al estado V2, el tercer nudo al estado V3; hasta que la planta empieza a ramificarse en el estado V4 (Rodríguez et al., 2022).

Fase reproductiva

La fase reproductiva empieza con el inicio de panoja (etapa R1) y se extiende hasta la etapa de madurez de cosecha (R7) (Rodríguez et al., 2022).

Inicio de la panoja (R1)

La etapa R1 puede iniciar a los 50 días y puede extenderse hasta los 100 días después de la siembra. Se considera inicio de panoja cuando más del 50 % de los ápices de las inflorescencias son visibles en la parte apical del tallo (Rodríguez et al., 2022).

Panoja (R2)

En este estado la panoja mide como mínimo 2 cm de longitud (Rodríguez et al., 2022).

Término de la panoja (R3)

En etapa R3, la panoja mide al menos 5 cm de largo y en caso la antesis haya iniciado, la planta de kiwicha será clasificada en la etapa R4 (Rodríguez et al., 2022).

Antesis (R4)

En esta fase, al menos una flor debe estar completamente abierta, mostrando los estambres separados y el estigma completamente visible; siendo las flores hermafroditas las primeras en llegar a la etapa de antesis. Durante esta etapa, las plantas de kiwicha son muy susceptibles a estrés por bajas temperaturas y a estrés hídrico. Puede dividirse en sub estados: R 4.2, cuando el 20 % de flores del eje central de la panoja han completado la antesis y R 4.5 cuando las flores de la panoja alcanzan el 50 % de antesis (Rodríguez et al., 2022).

Llenado de granos (R5)

El llenado de grano coincide cuando el 95 % de la antesis se ha completado. Además, se puede notar que los granos de kiwicha están entre estado lechoso y pastoso (Rodríguez et al., 2022).

Madurez fisiológica (R6)

La madurez fisiológica está relacionada con el cambio del color de la panoja y el desprendimiento de las semillas al sacudir las panojas o desde la caída de flores hasta la maduración de la semilla. Otro indicador de madurez fisiológica es el grado de resistencia del grano al ser presionado con las uñas (Rodríguez et al., 2022).

Madurez a la cosecha (R7)

En estado R7, la planta de kiwicha pierde su color verde, tornándose de color café; las hojas empiezan a fenecer y luego caen al suelo (Rodríguez et al., 2022).

2.2.8. Fertilización

Dependerá de la fertilidad del suelo (análisis de suelo): En la zona andina se recomienda el nivel de 80 – 60 – 40 de N, P₂O₅, K₂O por hectárea que equivale a tres sacos y medio de úrea, dos sacos y medio de superfosfato triple de calcio y 67 kg de cloruro de potasio. También, es recomendable agregar 20 t/ha de estiércol bien pasmado o utilizar otros abonos orgánicos para mejorar las condiciones de fertilidad y textura del suelo (Estrada, 2011).

2.2.9. Siembra

La kiwicha se puede sembrar directamente (es común en la zona andina) o por almácigos y trasplante. La siembra debe ser en terreno húmedo, distribuyendo uniformemente la semilla en el fondo del surco y evitando que el viento desvíe la semilla fuera del surco. Se utiliza entre 5 a 12 kg de semilla/ha que varía según la calidad de la semilla y el sistema de siembra. La semilla en los surcos se puede tapar deslizando una rama arbustiva, tipo escoba, por el fondo del surco consiguiendo cubrir entre 0,5 a 1,5 cm. de profundidad. Es importante y recomendable utilizar semilla de calidad y de la variedad que busca el mercado, libre de impurezas con buen poder germinativo y vigor (Estrada, 2011).

2.2.10. Cosecha

Se debe realizar posterior a la madurez fisiológica, aproximadamente después de cinco a siete meses de la siembra, dependiendo de los cultivares y la localidad. La cosecha tiene cinco fases:

- a) **El corte o siega**, a la madurez fisiológica se corta entre 10 a 15 cm por debajo de la panoja preferentemente en horas de la madrugada para evitar que se derrame el grano y se va colocando en gavillas pequeñas para su traslado al lugar de trilla (Estrada, 2011).

- b) **Formación de parvas**, consiste en colocar las panojas en un mismo sentido y formando montículos donde completará su madurez y perderá humedad (Estrada, 2011).
- c) **Trilla o azotado**, se realiza cuando las plantas están totalmente secas y el grano se puede desprender fácilmente. Es mecánica y se realiza a través del azote con palos y/o utilizando tracción animal. Funcionan bien las trilladoras estacionarias de cereales acondicionado la velocidad de trilla y de tamizado con el empleo de zarandas de grano fino (Estrada, 2011).
- d) **Limpieza y venteo**, separar los granos de la broza aprovechando la corriente de aire; luego, se utilizan tamices o zarandas que permiten obtener la semilla limpia. Los usos de trilladoras mecanizadas disminuyen el esfuerzo en esta labor (Estrada, 2011)
- e) **Secado y almacenamiento**, es recomendable almacenar cuando el grano alcanza 12% de humedad; esto se logra extendiendo el grano expuesto al sol durante un día; caso contrario se produce fermentaciones y amarillamiento que disminuye su valor comercial. El almacenamiento debe realizarse en lugares bien ventilados y secos de preferencia en costales de yute o tela (Estrada, 2011).

2.2.11. Control de plagas y enfermedades

a) Control de plagas

Durante el desarrollo del cultivo es indispensable mantener el campo libre de malezas, debido a que estos insectos tienen un amplio rango de plantas hospederas donde inician sus infestaciones. Existen muchos controladores biológicos para *Copitarsia turbata* y cortadores de plantas tiernas. Cuando las infestaciones de gusanos cortadores de plantas tiernas son importantes se recomienda la aplicación de insecticidas, en forma granulada, espolvoreo o preparados como cebos tóxicos. Los granulados y polvos que se aplican al pie de la planta (Estrada, 2011).

b) Control de enfermedades

Causadas por hongos: Para el control de las enfermedades causadas por hongos, se recomienda lo siguiente:

- ✓ Utilizar semilla sana procedente de semilleros garantizados
- ✓ Desinfectar la semilla con fungicidas; habiendo dado buenos resultados el carbendazim (Vitavax), utilizando por vía semi-húmeda a razón de 2.5 gramos de producto por kilogramo de semilla seleccionada.
- ✓ Para prevenir la mayor incidencia del ataque de hongos, evitar el exceso de humedad en el suelo y eliminar plantas enfermas al inicio del ataque.

Causadas por nemátodos

Estas enfermedades mayormente se observan en la Costa. Entre los nemátodos que atacan a la kiwicha tenemos a *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne incognita*, los cuáles producen nódulos en las raíces causando daños significativos a la producción del orden del 10-14% del rendimiento de grano. Se observa nódulos tanto en la raíz principal como raicillas, en ataques severos se observa decaimiento de la planta. Para el control de enfermedades ocasionadas por nemátodos se recomienda rotación de cultivos y evitar siembras en campos infestados (Estrada, 2011).

Causadas por micoplasmas

Produce un alto porcentaje de plantas estériles, debido a que los órganos florales se transforman en brácteas de color verde, con ausencia total de anteras y óvulos, convirtiéndose posteriormente en hojas y aún el utrículo se elonga y forma una cápsula, siendo reabsorbido el grano, se recomienda eliminar plantas atacadas, utilizar semilla sana procedente de semilleros garantizados y efectuar rotación de cultivos, evitando en lo posible siembras de monocultivo (Estrada, 2011).

Causadas por virus

Las enfermedades virosas influyen en la calidad del grano a obtenerse no sólo en tamaño y vigor de la semilla, muchas veces causan producción de granos vanos, de color amarillento y deformes, Como consecuencia se desvaloriza el producto y hay fuertes pérdidas económicas en caso de ataques severos (Estrada, 2011).

2.2.12. Sugerencias técnicas para producir semillas de calidad y reducir las mezclas entre variedades

La tecnología de producción de semilla de kiwicha, difiere de una siembra comercial, en las exigencias de rotación de cultivos “Un semillero de kiwicha no podemos instalarlo en campos donde anteriormente se sembró kiwicha”, en las labores culturales que deben ser más exigentes principalmente el desmezcle varietal o eliminación de plantas atípicas a la variedad instalada para lo cual es necesario conocer las características de la variedad (Estrada, 2011).

Aislamiento para reducir la polinización cruzada: El aislamiento se refiere a las medidas que se implementan para reducir la polinización cruzada. Los principales métodos de aislamiento recomendados son los siguientes:

- ✓ Aislamiento por época o fecha de siembra.
- ✓ Aislamiento o separación por espacio o distancia entre parcelas
- ✓ Aislamiento por ciclo productivo o precocidad.

Purificación varietal

Consiste en retirar las plantas ajenas (atípicas) a la variedad que están en producción. Es necesario conocer bien las características de las variedades que estamos trabajando; las variedades se diferencian entre sí según el color de planta, pigmentación de las hojas, forma y pigmentación de panoja, ciclo productivo, color de grano.

La purificación varietal se inicia en el momento del aporque, una segunda eliminación durante la formación de panoja antes de la floración y de ser necesaria una tercera eliminación de plantas atípicas durante el llenado de grano o cambio de coloración de las panojas (Estrada, 2011).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar del experimento

Se llevó a cabo en el Laboratorio Nacional de Investigación en Semillas – LANIS del INIA ubicado en el distrito de La Molina de Lima Metropolitana.



Figura 4: Laboratorio Nacional de Investigación de Semillas (LANIS).

3.2. Materiales y Equipos

Materiales

- Semillas de kiwicha cv. Centenario.
- Placas petri
- Papel filtro
- Alcohol puro a 96°C
- Plumón indeleble negro
- Pinza
- Tijera
- Papel toalla
- Bandeja de plástico
- Tapa de plástico

- Arena
- Vaso precipitado
- Cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolio
- Cuchilla
- Colador
- Guantes desechables de nitrilo
- Papel kraft
- Vaso plástico
- Agua destilada
- Bolsa de plástico
- Pistola roceadora.

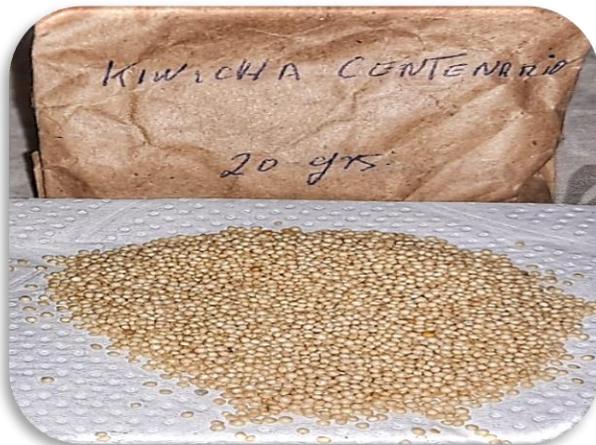


Figura 5: Semillas de kiwicha cv. Centenario.



Figura 6: Cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolio

Equipos



Figura 7: Cámara de Pre enfriamiento de semillas a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 8: Cámara Germinadora de semillas a temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 9: Cámara Germinadora de semillas a temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \leftrightarrow 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Instalación de la parte experimental

Se inició el 21 de agosto del 2023. La población y la muestra fue de 400 semillas distribuidas en 6 tratamientos, por tratamiento 4 repeticiones, haciendo un total de 24 unidades experimentales.

Tabla 1: Operacionalización de variable

Tipo	Variable	Indicador	Método
Independiente	Método de germinación	Entre papel	-
		Sobre papel	-
		Arena	-
	Temperatura	20°C	-
20°C<=>30°C		-	
Dependiente	Semillas de kiwicha	Porcentaje de germinación	Test de germinación
		Período de dormancia	Test de germinación
		Tiempo de germinación	Test de germinación
		Viabilidad	Test de tetrazolio
		Vigor	Test de tetrazolio

El 21 de agosto de 2023 se instalaron los tratamientos EP20, EP2030 y SP2030. En los tratamientos EP20 y EP2030; ya que la prueba de germinación fue Entre Papel (EP), se usaron cuatro papeles toalla por tratamiento. Lo primero que se realizó fue humedecer con agua destilada el papel toalla, luego se distribuyeron con ayuda de una pinza desinfectada las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario, una vez distribuidas se pasó a enrollar el papel toalla. Este mismo procedimiento se realizó en los cuatro papeles toalla, de esta manera completando las 400 semillas. En cada papel toalla se colocó el número de repetición (R1, R2, R3 Y R4) y la temperatura $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ y $20\text{°C}<=>30\text{°C}$ para diferenciar ambos tratamientos. La R1 y R2 se colocaron en una bolsa de plástico, y R3 y R4 se colocaron en otra bolsa de plástico. Estas dos bolsas de plástico con las 4 repeticiones se colocaron en una bandeja de plástico con su respectiva tapa, llevándolo a la cámara de pre enfriamiento de

semillas a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para romper la dormancia, pasando estos dos días llevarlo a la cámara de germinación de semillas a sus respectivas temperaturas según el tratamiento.



Figura 10: Observamos las 4 repeticiones del Tratamiento EP20 que se encuentran dentro de bolsas de plástico.



Figura 11: Observamos la bandeja de plástico con el tratamiento EP20 y EP2030 dentro de la Cámara de Pre enfriamiento de semillas a temperatura $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ para romper la dormancia.

En el caso del SP2030, ya que la prueba de germinación fue Sobre Papel (SP) se usaron cuatro placas Petri desinfectadas y cuatro papeles filtro. El papel se colocó en la placa Petri, después se humedeció con agua destilada para luego distribuir con una pinza desinfectada las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario, este mismo procedimiento se realizó en las cuatro placas Petri de esta manera completando las 400 semillas. Estas placas Petri fueron llevadas a la cámara de pre enfriamiento de semillas a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas

para romper la dormancia, pasando estos dos días para llevarlo a la cámara de germinación de semillas a la temperatura entre $20^{\circ}\text{C} \leq \Rightarrow 30^{\circ}\text{C}$.

Los tratamientos SP20, A20 y A2030 se instalaron el 29 de agosto del 2023. En el caso del tratamiento SP20, ya que la prueba de germinación fue Sobre Papel (SP) se usaron cuatro placas Petri desinfectadas y cuatro papeles filtro. Este papel se colocó en la placa Petri, después se humedeció con agua destilada para luego distribuir con una pinza desinfectada las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario. Este mismo procedimiento se realizó en las cuatro placas Petri, de esta manera se completaron las 400 semillas. Estas cuatro placas Petri fueron llevadas a la cámara de pre enfriamiento de semillas a temperatura de $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para romper la dormancia, para luego llevarlos a la cámara de germinación de semillas a la temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Figura 12: Las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario distribuidas en el papel filtro humedecido.

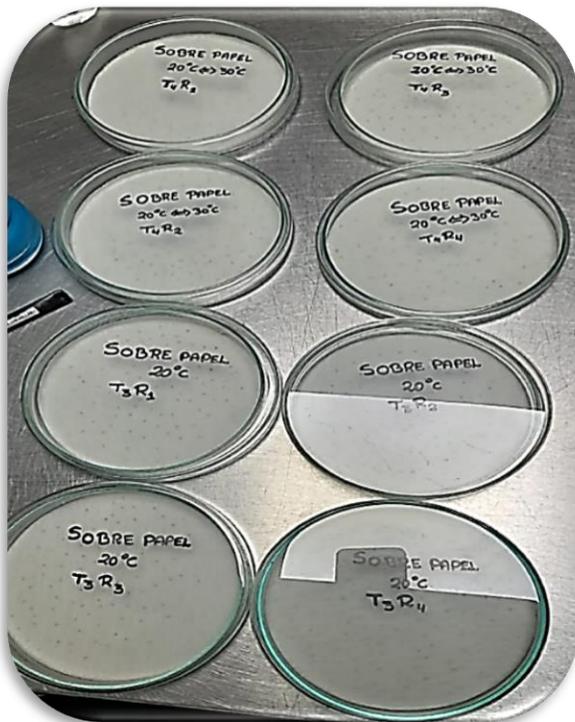


Figura 13: Las cuatro placas petri del tratamiento SP20 y cuatro placas petri del tratamiento SP2030.



Figura 14: Las ocho placas petri fueron llevadas a la cámara de pre enfriamiento de semillas a temperatura $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ para romper la dormancia.

En el caso de los tratamientos A20 y A2030, ya que la prueba de germinación fue en Arena se usaron dos bandejas de plástico con tapa desinfectadas y con una cartulina dúplex se realizó la división en cuatro para poder tener las cuatro repeticiones, luego se humedeció la arena con agua destilada y se colocó una porción de esta arena humedecida en el envase y después se pusieron 10 semillas de kiwicha cv. Centenario por hilera hasta completar 100 semillas para cada repetición, culminando esto se pasó a tapar las semillas con arena humedecida. Como era el tratamiento A20 se rotuló con un plumón indeleble la temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Este mismo procedimiento se realizó en la segunda bandeja con el tratamiento A2030 humedecida. Después se rotuló con un plumón indeleble la temperatura de $20^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow 30^{\circ}\text{C}$. Estas dos bandejas fueron llevadas a la cámara de pre enfriamiento de semillas a temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para romper la dormancia, luego fueron colocadas en la cámara de germinación de semillas a sus respectivas temperaturas.



Figura 15: Ubicando las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario en cada repetición en el Tratamiento A20.



Figura 16: Las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario ubicadas en cada repetición en el tratamiento A2030.



Figura 17: Los tratamientos A20 y A2030 en la Cámara de Pre enfriamiento con temperatura $10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para romper la dormancia.

Después se evaluó la germinación, donde se contabilizó la cantidad de plántulas normales y anormales, semillas duras, frescas y muertas.

Plántula normal

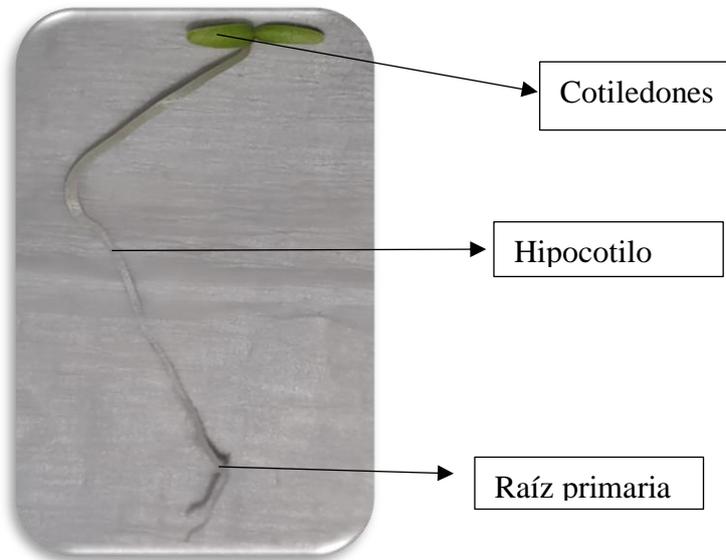


Figura 18: Plántula normal intacta.



Figura 19: Plántula normal con defectos leves.

Plántula anormal

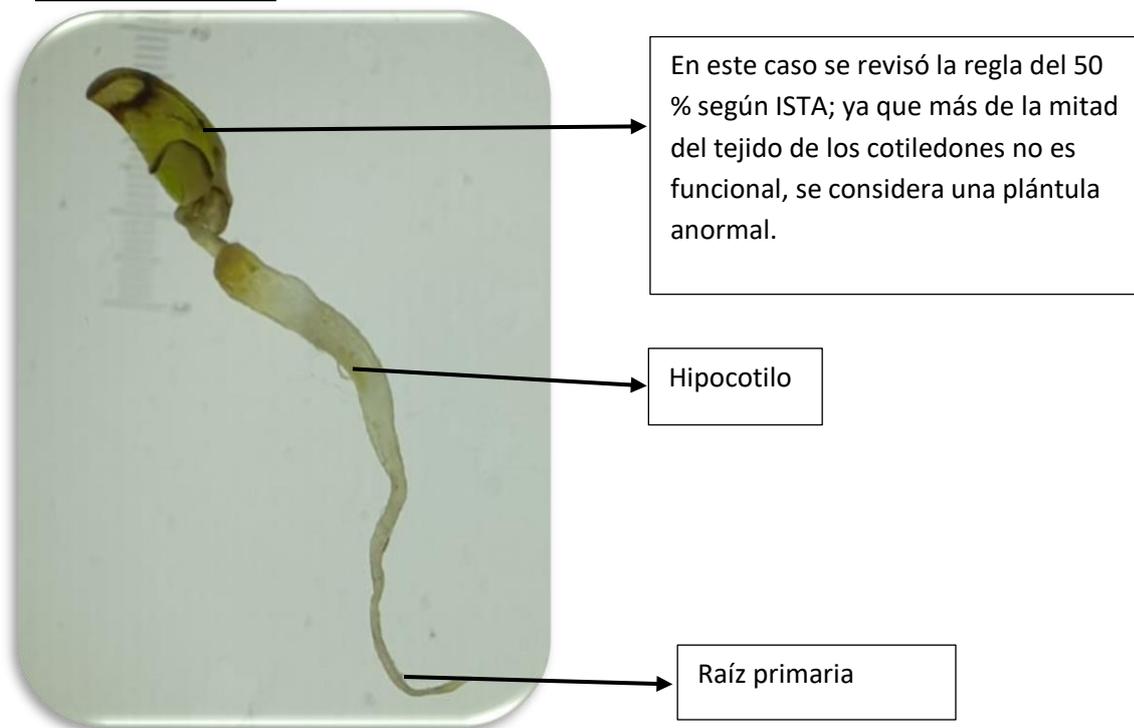


Figura 20: Plántula anormal con hojas primarias dañadas.



Figura 21: Plántula anormal podrida.

Semilla dura



Figura 22: Semilla dura.

Semilla fresca



Figura 23: Semilla fresca.

Semilla muerta

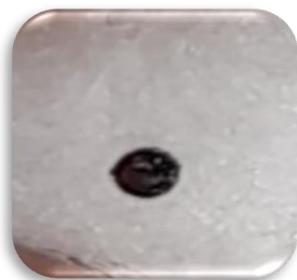


Figura 24: Semilla muerta.

Luego de la prueba de germinación se realizó la prueba de viabilidad con cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio. En las Fig. 25 y 26 se observan las diferencias de las semillas viables y no viables.

Semilla viable

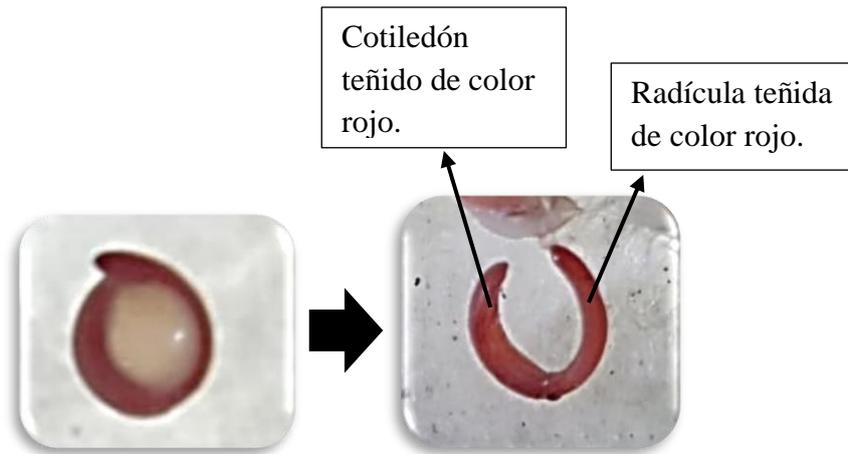


Figura 25: Semilla viable, teñida de color rojo, ya que estas estuvieron sumergidas en una solución de Cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio por 20 h a una temperatura de 30 °C. Este reactivo tiñe de color rojo los tejidos vivos que son los cotiledones, hipocotilo y la radícula, determinando que la semilla está viva.

Semilla no viable

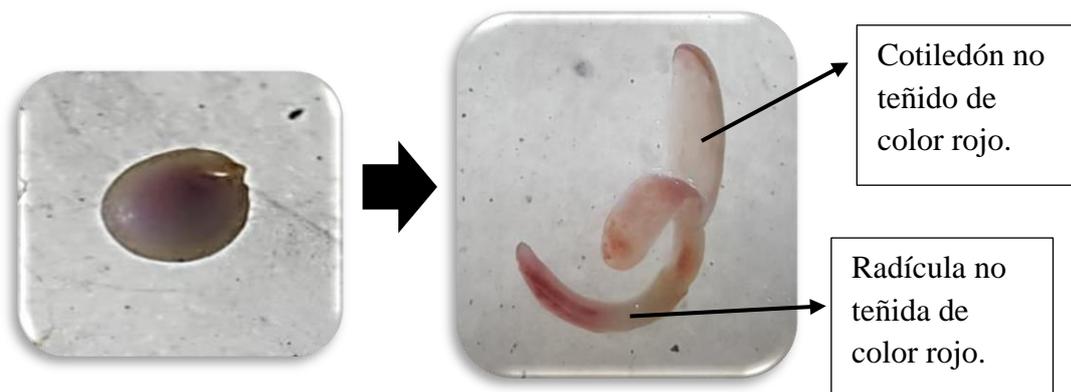


Figura 26: Semilla no viable, no está teñida de color rojo, a pesar de que las semillas estuvieron sumergidas en una solución de Cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio por 20 h a una temperatura de 30 °C. Este reactivo tiñe de color rojo los tejidos vivos que son los cotiledones, hipocotilo y la radícula. En este caso los tejidos vivos al no estar teñidos son considerados como una semilla no viable.

Después de la prueba de viabilidad, se pasó a realizar la prueba de vigor en cloruro 2,3,5 - trifeniltetrazolio. En las Fig. 27 y 28 se observan las diferencias entre las semillas vigorosas y no vigorosas.

Semilla vigorosa

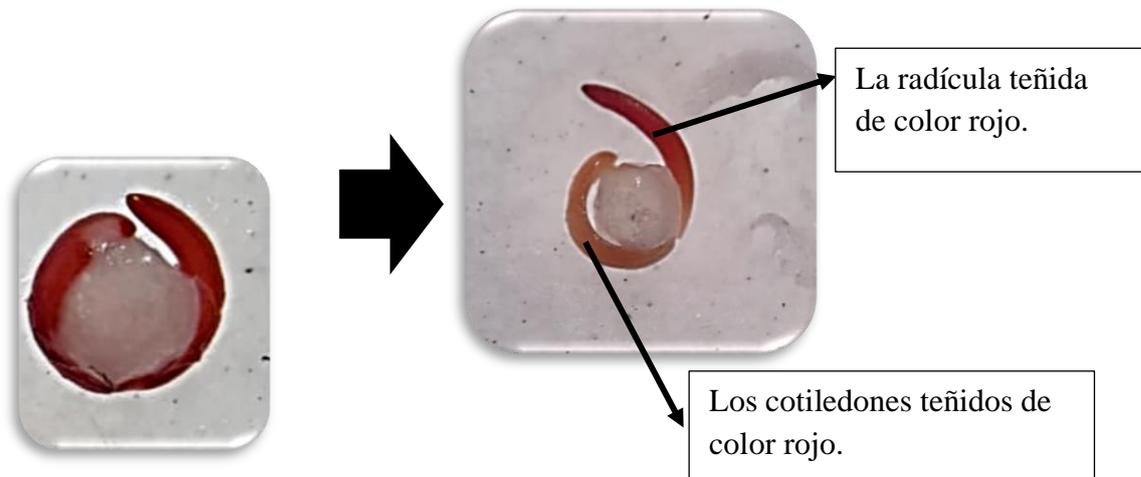
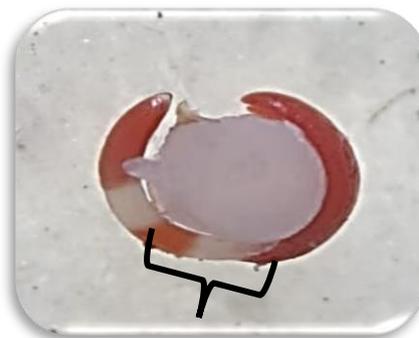


Figura 27: Semilla vigorosa de kiwicha cv. Centenario, teñida totalmente de color rojo. Se encuentran en la categoría A porque la semilla se encuentra totalmente turgente y teñida de un color rojo normal.

Semillas no vigorosas



El área de la unión del eje del embrión con los cotiledones está deteriorada y sin teñir.

Figura 28: Semilla de kiwicha cv. Centenario no vigorosa, sin teñir en el área de la unión del eje del embrión con los cotiledones con tejidos rojos deteriorados. Está dentro de otras categorías, en el patrón B.

Para la evaluación del vigor de las semillas kiwicha cv. Centenario se utilizó el análisis de vigor por tetrazolio en *Glycine max* (ISTA, 2022).

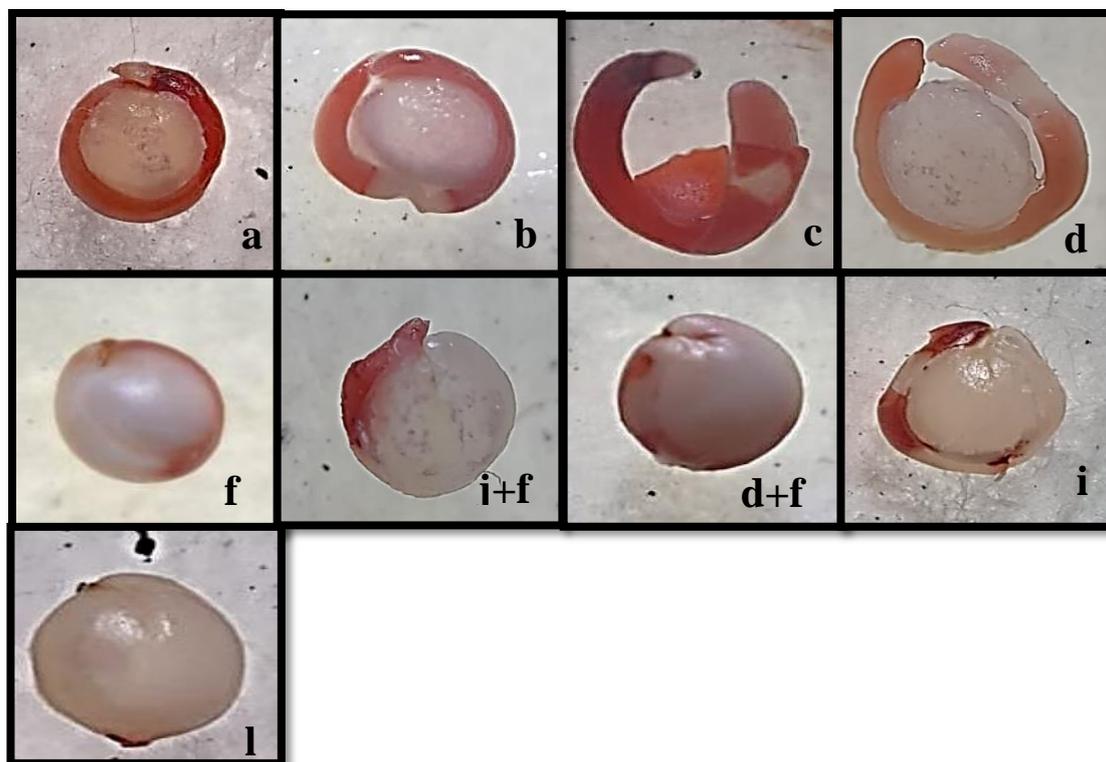


Figura 29: Semillas no vigorosas, otros patrones de tinción en kiwicha cv. Centenario. **a** Hasta $\frac{1}{3}$ de la radícula con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **b** Área de unión del eje del embrión con los cotiledones con tejidos rojos deteriorados. **c** Hasta $\frac{1}{2}$ de los cotiledones con los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **d** Hasta $\frac{1}{4}$, en profundidad, de los cotiledones con tejidos deteriorados o sin teñir. **f** Radícula con más de $\frac{1}{3}$ de los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **i+f** Más de $\frac{1}{2}$ de los cotiledones con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos y radícula con más de $\frac{1}{3}$ de los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **d+f** Hasta $\frac{1}{4}$, en profundidad, de los cotiledones con tejidos deteriorados o sin teñir y radícula con más de $\frac{1}{3}$ de los tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **i** Más de $\frac{1}{2}$ de los cotiledones con tejidos deteriorados, sin teñir o perdidos. **l** Semilla entera sin teñir.

3.3.2 Diseño experimental

El diseño estadístico usado es el Diseño Completamente al Azar con factores, ya que es el diseño experimental más simple de todos los diseños experimentales, además de que es útil cuando las unidades experimentales son muy homogéneas. Dentro de este D.C.A hay varias pruebas de comparación, una de ellas es la prueba de Tukey. Esta prueba es útil para realizar todas las comparaciones de medias por pares de tratamientos.

Se usó el programa R Studio para la prueba Tukey, en esta prueba se usó el agrupamiento separándola por letras dependiendo de la cantidad de tratamientos planteados.

Tabla 2. Tratamientos en estudio

	Factor A	Factor B	Tratamientos	Código
	Prueba de germinación	Temperatura		
Semillas de kiwicha	Entre papel (EP)	20°C	Semillas de kiwicha germinadas EP a 20°C	EP20
		20°C<=>30°C	Semillas de kiwicha germinadas EP entre 20°C<=>30°C	EP2030
	Sobre el papel (SP)	20°C	Semillas de kiwicha germinadas SP a 20°C	SP20
		20°C<=>30°C	Semilla de kiwicha germinadas SP entre 20°C<=>30°C	SP2030
	Arena	20°C	Semillas de kiwicha germinadas en arena a 20°C	A20
		20°C<=>30°C	Semillas de kiwicha germinadas en arena entre 20°C<=>30°C	A2030

Tabla 3. ANVA para los tratamientos

Fuente de Variabilidad	Fórmula	g.l.
Tratamiento	(t-1)	6-1= 5
Germinación (G)	(g-1)	3-1= 2
Temperatura (T°)	(t°-1)	2-1= 1
GxT°	(g-1) (t°-1)	2x1= 2
Error	(t)(r-1)	6x3= 18
Total	(rt-1)	24-1= 23

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la prueba de germinación

Se realizó una evaluación inicial de la germinación a los cinco días como se observa en la Fig. 30, seguida de una evaluación final a los dieciséis días como se observa en la Fig. 31. Este proceso de evaluación se aplicó a los seis tratamientos bajo estudio, en el cual se observaron distintos parámetros como el número de plántulas normales y anormales, así como las semillas duras, frescas y muertas (ISTA,2021).

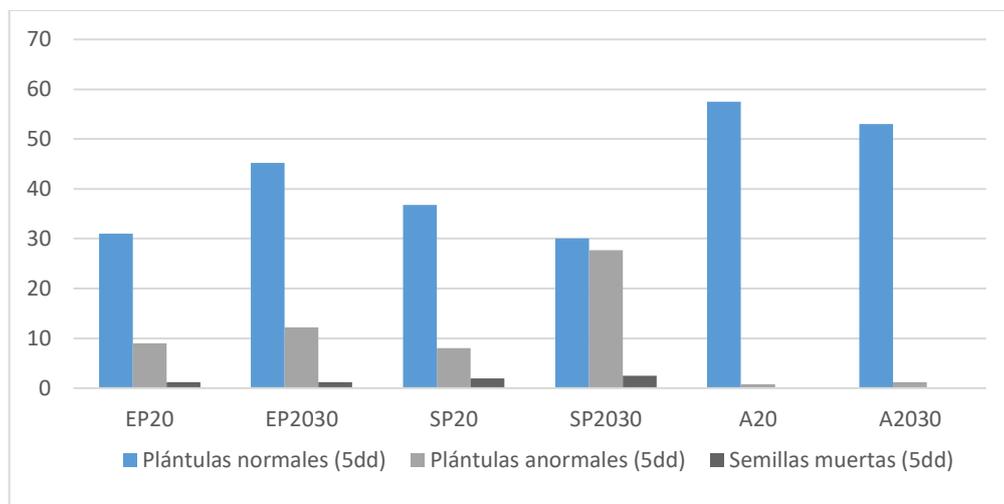


Figura 30: Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (5dd).

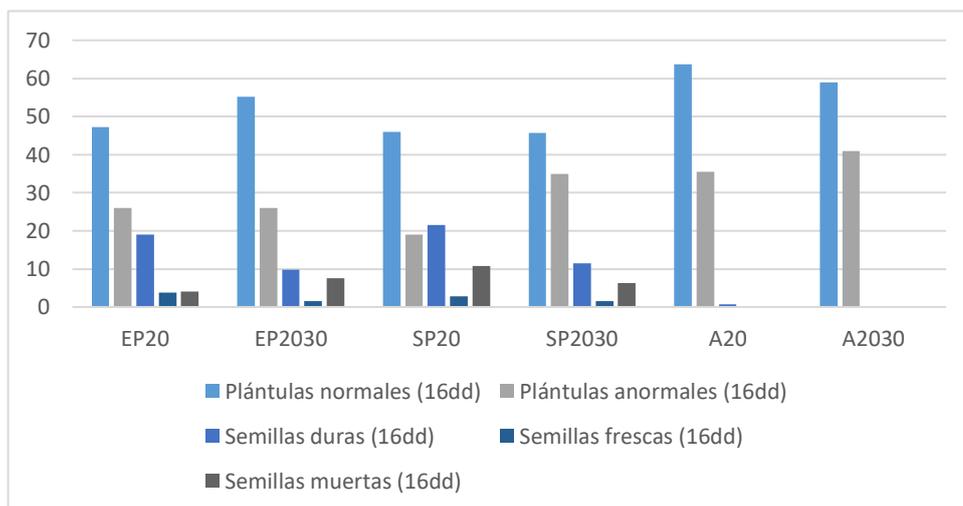


Figura 31: Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (16dd).

Tabla 4: Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (5dd)

Tratamiento	Plántulas normales (5dd)	Plántulas anormales (5dd)	Semillas muertas (5dd)
EP20	31 ± 2.31	9 ± 1.47	1.25 ± 0.25
EP2030	45.25 ± 1.55	12.25 ± 0.63	1.25 ± 0.48
SP20	36.75 ± 2.95	8 ± 1.58	2 ± 0.41
SP2030	30 ± 2.04	27.75 ± 0.75	2.5 ± 1.19
A20	57.5 ± 1.26	0.75 ± 0.75	0 ± 0
A2030	53 ± 1.22	1.25 ± 0.75	0 ± 0

Tabla 5: Porcentaje de plántulas y semillas por tratamiento (16dd)

Tratamiento	Plántulas normales (16dd)	Plántulas anormales (16dd)	Semillas duras (16dd)	Semillas frescas (16dd)	Semillas muertas (16dd)
EP20	47.25 ± 1.25	26 ± 2	19 ± 1.58	3.75 ± 1.38	4 ± 0.58
EP2030	55.25 ± 2.78	26 ± 2.71	9.75 ± 1.25	1.5 ± 0.65	7.5 ± 0.29
SP20	46 ± 2.35	19 ± 2.83	21.5 ± 4.80	2.75 ± 0.48	10.75 ± 0.75
SP2030	45.75 ± 2.32	35 ± 1.41	11.5 ± 1.19	1.5 ± 0.5	6.25 ± 1.25
A20	63.75 ± 0.75	35.5 ± 0.65	0.75 ± 0.48	0 ± 0	0 ± 0
A2030	59 ± 1.087	41 ± 1.08	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0

4.1.1. Porcentaje de las plántulas normales

El análisis de varianza (Anexo 4) en la primera evaluación (5dd) muestra un efecto significativo de los tratamientos en la germinación de las semillas de kiwicha ($p < 0.05$). Esto sugiere que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo en el número de plántulas normales después de 5 días de germinación. Al comparar los tratamientos, se observa que el Tratamiento A20 tiene el mayor número de plántulas normales (57.50), seguido por el Tratamiento A2030 (53.00), el Tratamiento EP2030 (45.25), y así sucesivamente. Los tratamientos se han agrupado con letras (a, ab, bc, cd, d) indicando diferencias significativas entre ellos. Los tratamientos A20 y A2030 podrían considerarse como los más efectivos para promover la germinación de semillas de kiwicha, ya que tienen significativamente más plántulas normales en comparación con otros tratamientos.

Los tratamientos EP20 y SP2030 tienen los valores más bajos y han sido agrupados juntos, indicando que podrían ser menos efectivos o tener un impacto negativo en la germinación.

Tabla 6: Plántulas normales (5dd) por tratamiento

Tratamiento	Plántulas normales (5dd)	Grupos
A20	57.50 ± 1.25	a
A2030	53.00 ± 1.22	ab
EP2030	45.25 ± 1.54	bc
SP20	36.75 ± 2.95	cd
EP20	31.00 ± 2.3	d
SP2030	30.00 ± 2.04	d

Al evaluar las plántulas normales después de 16 días del inicio de la prueba de germinación, los resultados continúan mostrando un efecto significativo de los tratamientos en la germinación de las semillas de kiwicha ($p < 0.05$). Este hallazgo sugiere que las diferencias observadas en tratamientos tienen un impacto a largo plazo en el desarrollo de las plántulas.

Se observa una tendencia similar en la clasificación de tratamientos en comparación con los resultados a 5 días. Los tratamientos A20 y A2030 siguen siendo los más efectivos, seguidos por el Tratamiento EP2030. Sin embargo, es importante destacar que las diferencias entre los tratamientos pueden haberse acentuado o atenuado con el tiempo.

Los tratamientos EP20, SP20 y SP2030 han experimentado cambios en su clasificación relativa en comparación con los resultados a 5 días. Esto sugiere que algunos tratamientos pueden tener un impacto más duradero en la germinación y desarrollo de las plántulas.

La consistencia en los resultados del ANOVA (Anexo 5) respalda la validez de las conclusiones anteriores sobre la influencia significativa del tratamiento en la germinación de semillas de kiwicha.

Los tratamientos que muestran una mejora sostenida en la germinación podrían ser recomendados, mientras que aquellos con resultados menos favorables podrían requerir ajustes en su aplicación.

Tabla 7: Plántulas normales (16dd) por tratamiento

Tratamiento	Plántulas normales (16dd)	Grupos
A20	63.75 ± 075	a
A2030	59.00 ± 1.08	a
EP2030	55.25 ± 2.78	ab
EP20	47.25 ± 1.25	bc
SP20	46.00 ± 2.34	c
SP2030	45.75 ± 2.32	c

Es probable que las condiciones de los sustratos empleados como arena (tratamientos A20 y A2030) hayan beneficiado la absorción de agua y gases, necesarios durante los procesos metabólicos asociados a la germinación (Taiz *et al.*, 2015), en comparación al papel. Además, la mayor porosidad y menor compacidad de la arena versus el papel pudieron facilitar la protrusión radicular. Respecto a las temperaturas a los 16 días después de iniciado la prueba de germinación, se observa en los resultados que en los tratamientos A20 y A2030 (Grupo a) y tratamiento SP20 y SP2030 (Grupo c), la temperatura constante a 20 °C y las alternancias entre 20°C y 30°C no han mostrado diferencias significativas. Solo en los casos de los tratamientos EP2030 y EP20 (entre papel) se muestran diferencias las cuales mostró mejor resultado el tratamiento EP2030 cuya temperatura se dio en los rangos de 20 °C \Leftrightarrow 30 °C. Ello concuerda con los resultados obtenidos en ISTA (2020), donde determinaron que no hay diferencia significativa en el porcentaje de plántulas normales en maíz cuando se realiza la prueba de germinación sobre papel en un rango de 20 °C \Leftrightarrow 30 °C (84.96 %) y a una temperatura constante de 20 °C (84.31 %).

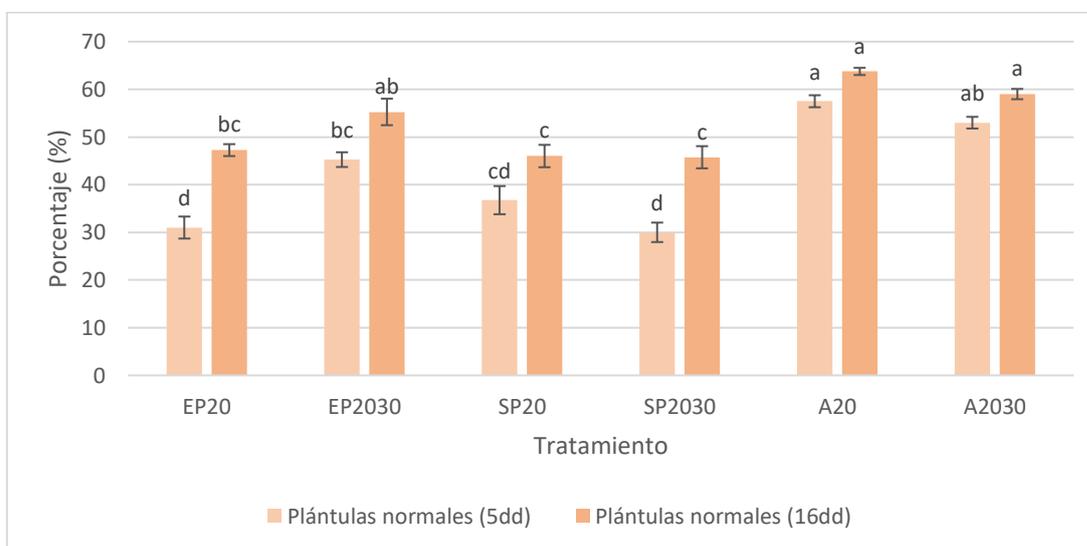


Figura 32: Comparación del porcentaje de germinación de las plántulas normales a los (5dd) y (16dd).

4.1.2. Porcentaje de las plántulas anormales

El análisis de varianza (Anexo 6) muestra un impacto significativo de los tratamientos en la presencia de plántulas anormales después de 5 días de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un efecto significativo en la incidencia de plántulas anormales. El Tratamiento SP2030 tiene el mayor número de plántulas anormales (27.75), seguido por los Tratamientos EP2030, EP20 y SP20. Los tratamientos se han agrupado con

letras (a, b, c) indicando diferencias significativas entre ellos. Los Tratamientos A20 y A2030 muestran la menor incidencia de plántulas anormales, sugiriendo que estos métodos de germinación pueden ser más eficaces para reducir la aparición de anomalías en comparación con otros tratamientos.

Tabla 8: Plántulas anormales (5dd) por tratamiento

Tratamiento	Plántulas anormales (5dd)	Grupos
SP2030	27.75 ± 0.75	a
EP2030	12.25 ± 0.62	b
EP20	9.00 ± 1.47	b
SP20	8.00 ± 1.58	b
A2030	1.25 ± 0.75	c
A20	0.75 ± 0.75	c

El análisis de varianza (Anexo 7) muestra un impacto significativo del tratamiento en la presencia de plántulas anormales después de 16 días de inicio de la prueba de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un efecto significativo en la incidencia de plántulas anormales. Los tratamientos A2030, A20 y SP2030 tienen una mayor incidencia de plántulas anormales y se agrupan juntos (grupo a), mientras que los tratamientos EP20, EP2030 y SP20 tienen una incidencia menor y se agrupan en otro grupo (grupo b). Los tratamientos EP20, EP2030 y SP20 muestran una incidencia menor de plántulas anormales después de 16 días en comparación con los tratamientos SP2030, A20 y A2030. Es interesante observar cómo la clasificación de los tratamientos en términos de la incidencia de plántulas anormales ha cambiado después de 16 días en comparación con los resultados a 5 días. Esto sugiere que el impacto de los tratamientos puede variar con el tiempo.

En resumen, los resultados indican que la elección del tratamiento tiene un impacto significativo en la incidencia de plántulas anormales después de 16 días de germinación, y se identifican tratamientos que muestran una menor incidencia de anomalías. Los

Tratamientos EP20, EP2030 y SP20 muestran menor cantidad de plántulas anormales en este periodo.

Tabla 9: Plántulas anormales (16dd) por tratamiento

Tratamiento	Plántulas anormales (16dd)	Grupos
A2030	41.00 ± 1.08	a
A20	35.50 ± 0.64	a
SP2030	35.00 ± 1.41	a
EP20	26.00 ± 2	b
EP2030	26.00 ± 2.70	b
SP20	19.00 ± 2.82	b

Según los resultados, el tratamiento A2030 (Arena 20 °C <=> 30 °C), tratamiento A20 (Arena 20 °C) y tratamiento SP2030 (Sobre papel 20 °C <=> 30 °C) presentan los mayores porcentajes de plántulas anormales a los 16 dd, sin diferencias estadísticas entre ellos (41%, 35.5 % y 35 % respectivamente). En contraste, el tratamiento SP20 (Sobre papel 20 °C) muestra el menor porcentaje de anomalías con 19 %.

Estos resultados sugieren que la germinación en condiciones de mayor variabilidad térmica (20 °C <=> 30 °C) promueve la aparición de plántulas con anomalías morfológicas, tanto en sustrato de papel como de arena. Por el contrario, una temperatura constante de 20 °C reduce la proporción de anomalías durante la germinación de las semillas de kiwicha.

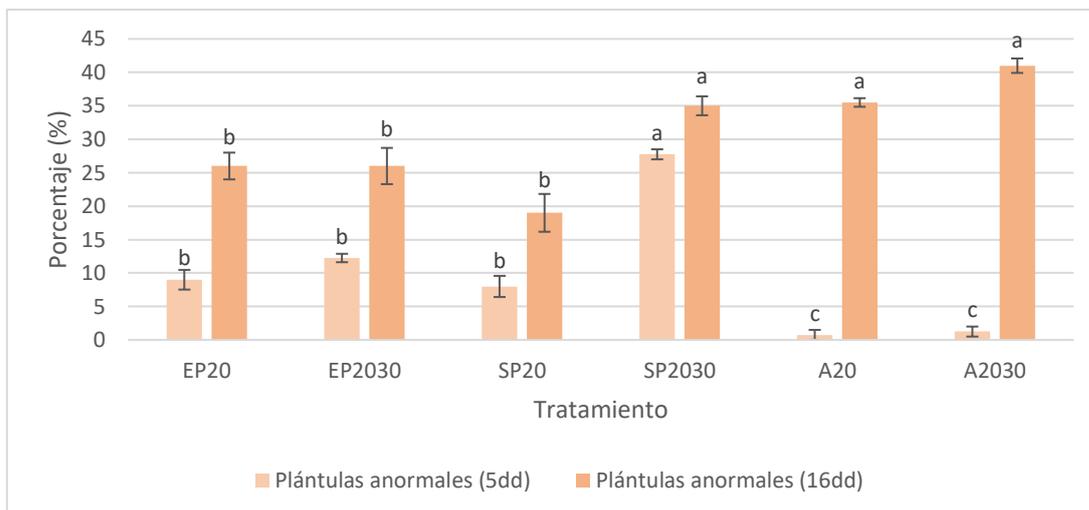


Figura 33: Comparación del porcentaje de germinación de las plántulas anormales a los (5dd) y (16dd).

4.1.3. Porcentaje de semillas duras

El análisis de varianza (Anexo 8) muestra un efecto altamente significativo del tratamiento en el porcentaje de semillas duras después de 16 días de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo en el porcentaje de semillas duras.

El tratamiento 3 tiene el mayor porcentaje de semillas duras (21.50) y se agrupa en el grupo a. Los tratamientos A20, SP2030 y EP2030 tienen porcentajes menores y se agrupan en los grupos ab y bc. Los tratamientos A20 y A2030 tienen los porcentajes más bajos y se agrupan en el grupo c siendo estos los tratamientos que han mostrado ser los más efectivos para reducir el porcentaje de semillas duras después de 16 días. El tratamiento 3 muestra el mayor porcentaje de semillas duras, indicando posiblemente un efecto menos deseado en términos de germinación.

La consistencia en los resultados del ANOVA respalda la validez de las conclusiones sobre la influencia significativa del tratamiento en el porcentaje de semillas duras.

Tabla 10: Porcentaje de semillas duras (16dd) por tratamiento

Tratamiento	Semillas duras (16dd)	Grupos
SP20	21.50 ± 4.80	a
EP20	19.00 ± 1.58	ab
SP2030	11.50 ± 1.19	b
EP2030	9.75 ± 1.25	bc
A20	0.75 ± 0.47	c
A2030	0.00 ± 0	c

A los 16 días, el Tratamiento SP20 tiene el mayor porcentaje de semillas duras, clasificándose en el grupo a. La presencia de semillas duras hace referencia a la falta de hidratación de esta (Cerón, 2009).

En resumen, la comparación revela cambios en la clasificación de los tratamientos y sugiere que la elección del método de germinación puede tener un impacto diferente a lo largo del tiempo en el porcentaje de semillas duras. La estabilidad y efectividad continua de algunos tratamientos resaltan la importancia de una evaluación a largo plazo en estudios de germinación.

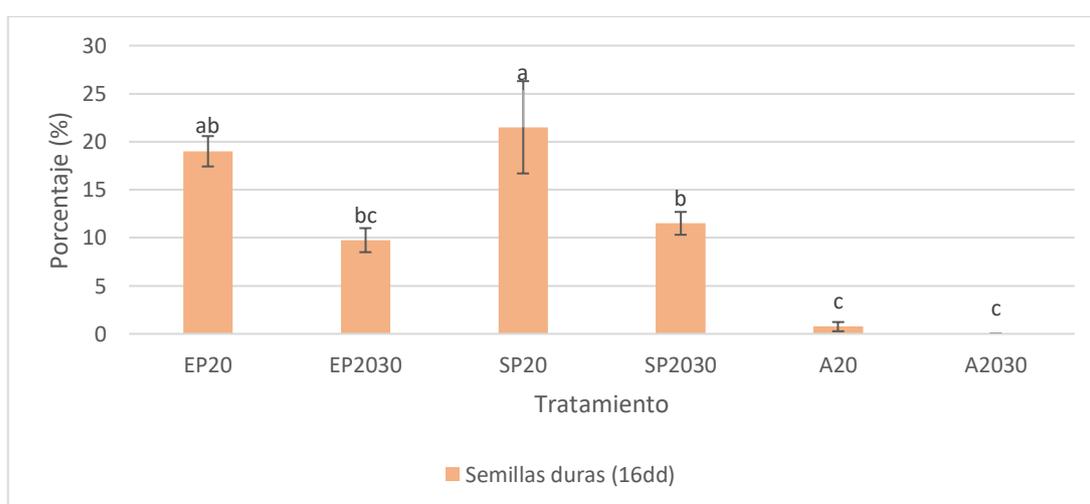


Figura 34: Porcentaje de germinación de las semillas duras a los 16dd.

4.1.4. Porcentaje de semillas frescas

El análisis de varianza (Anexo 9) muestra un efecto significativo del tratamiento en el porcentaje de semillas frescas después de 16 días de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo.

El tratamiento EP20 tiene el mayor porcentaje de semillas frescas y se agrupa en el grupo a. Los tratamientos SP20, EP2030 y SP2030 tienen porcentajes intermedios y se agrupan en el grupo ab. Los tratamientos A20 y A2030 tienen porcentajes más bajos y se agrupan en el grupo b siendo estos los tratamientos que muestran un porcentaje nulo de semillas frescas después de 16 días.

La consistencia en los resultados del ANOVA respalda la validez de las conclusiones anteriores sobre la influencia significativa del tratamiento en el porcentaje de semillas frescas. En resumen, los resultados indican que la elección del tratamiento tiene un impacto significativo en el porcentaje de semillas frescas después de 16 días de iniciado la prueba de germinación. El tratamiento EP20 es el más efectivo en este aspecto.

Tabla 11: Porcentaje de semillas frescas (16dd) por tratamiento

Tratamiento	Semillas frescas (16dd)	Grupos
EP20	3.75 ± 1.37	a
SP20	2.75 ± 0.47	ab
EP2030	1.50 ± 0.64	ab
SP2030	1.50 ± 0.5	ab
A20	0.00 ± 0	b
A2030	0.00 ± 0	b

El análisis de varianza (Anexo 10) muestra un efecto significativo del tratamiento en el porcentaje de semillas frescas después de 16 días de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo.

El tratamiento EP20 tiene el mayor porcentaje de semillas frescas y se agrupa en el grupo a. Los tratamientos SP20, EP2030 y SP2030 tienen porcentajes intermedios y se agrupan en el grupo ab. Los tratamientos A20 y A2030 tienen porcentajes más bajos y se agrupan en el grupo b siendo estos los tratamientos que muestran un porcentaje nulo de semillas frescas después de 16 días.

La consistencia en los resultados del ANOVA respalda la validez de las conclusiones anteriores sobre la influencia significativa del tratamiento en el porcentaje de semillas frescas. En resumen, los resultados indican que la elección del tratamiento tiene un impacto significativo en el porcentaje de semillas frescas después de 16 días de iniciado la prueba de germinación. El Tratamiento EP20 es el más efectivo en este aspecto.

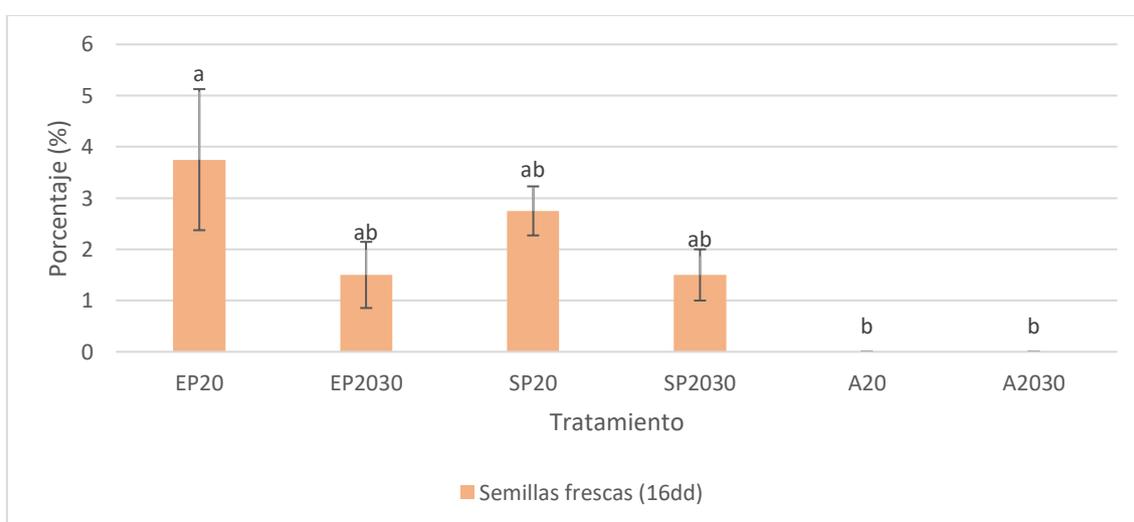


Figura 35: Porcentaje de germinación de las semillas frescas a los (16dd).

4.1.5. Porcentaje de semillas muertas

El análisis de varianza (Anexo 11) muestra un efecto significativo del tratamiento en el porcentaje de semillas muertas después de 5 días de iniciado la prueba de germinación ($p < 0.05$). Esto indica que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo. Sin embargo, la prueba de Tukey agrupó todos los tratamientos en el mismo grupo "a". Este resultado sugiere que, aunque hay una variabilidad general entre los tratamientos, estas diferencias no son lo suficientemente pronunciadas como para ser consideradas significativas entre pares específicos según la prueba de Tukey.

Tabla 12: Porcentaje de semillas muertas (5dd) por tratamiento

Tratamiento	Semillas muertas (5dd)	Grupos
SP2030	2.50 ± 1.19	a
SP20	2.00 ± 0.40	a
EP20	1.25 ± 0.25	a
EP2030	1.25 ± 0.47	a
A20	0.00 ± 0	a
A2030	0.00 ± 0	a

El análisis de varianza (Anexo 12) muestra un valor extremadamente bajo de p ($\Pr(>F) = 2.09e-09$) indica diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de semillas muertas después de 16 días. Esto sugiere que al menos un tratamiento tiene un impacto significativo.

Los tratamientos SP20, EP2030 y SP 2030 presentan porcentajes más altos de semillas muertas y se agrupan en los grupos "a", "b" y "bc", respectivamente, siendo el tratamiento SP20 el que obtuvo el mayor porcentaje de semillas muertas a los 16 días (10.75). Los Tratamientos EP20, A20 y A2030 muestran una menor proporción de semillas muertas y se agrupan en los grupos "c" y "d". Se observa una clara tendencia en la efectividad de los tratamientos, donde los tratamientos A20 y A2030 presentan 0.00% de semillas muertas (Tabla 13).

Estas diferencias subrayan la importancia de evaluar la germinación a lo largo del tiempo para obtener conclusiones más precisas sobre la eficacia de los tratamientos.

Tabla 13: Porcentaje de semillas muertas (16dd) por tratamiento

Tratamiento	Semillas muertas (16dd)	Grupos
SP20	10.75 ± 0.75	a
EP2030	7.50 ± 0.28	b
SP2030	6.25 ± 1.25	bc
EP20	4.00 ± 0.57	c
A20	0.00 ± 0	d
A2030	0.00 ± 0	d

La tendencia general en ambos periodos es similar, los tratamientos A20 y A2030 muestran 0.00% de semillas muertas en ambas evaluaciones, indicando alta eficacia en la germinación. Sin embargo, hay algunos cambios en la efectividad relativa de los tratamientos entre los dos periodos. En el caso de la evaluación de 5 días, los tratamientos SP2030 y SP30 mostraron los porcentajes más altos de semillas muertas, mientras que, en la evaluación de 16 días, solo el tratamiento SP20 tiene el porcentaje más alto.

La comparación revela consistencias en la efectividad de los tratamientos, con los tratamientos A20 y A2030 destacando como los más efectivos en ambas evaluaciones.

Según los resultados obtenidos por Bravo et al. (2011), el número de semillas muertas es mayor cuando se hace uso de papel en comparación al uso de la arena, indican que ello podría deberse a una humedad excesiva ya que el remojo del papel puede ocasionar la acumulación de agua alrededor de las semillas.

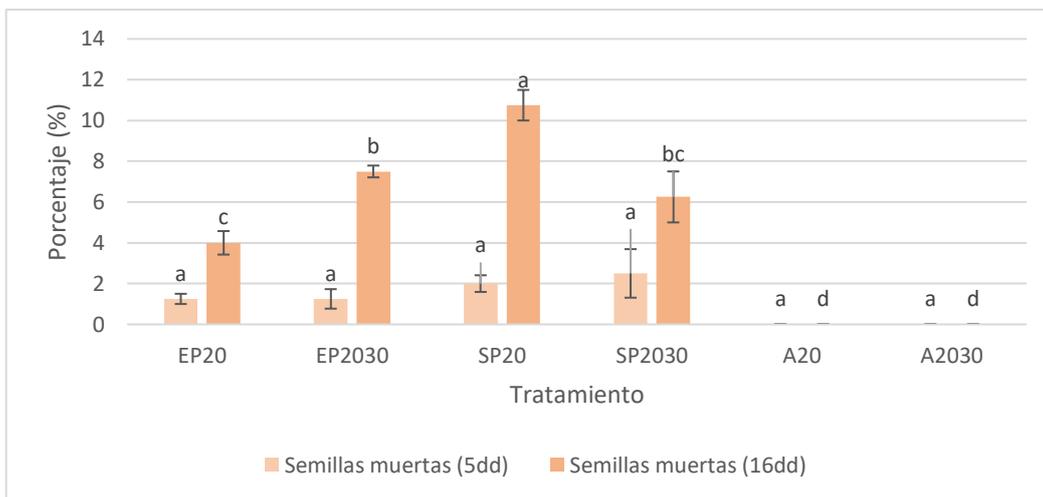


Figura 36: Comparación del porcentaje de germinación de las semillas muertas a los (5dd) y (16dd).

4.1.6. Relación de variación entre la viabilidad con el porcentaje de germinación en las semillas de kiwicha.

Se realizó un análisis de varianza (Anexo 13) de la variación entre el porcentaje de germinación y el porcentaje de viabilidad (Tabla 14) mostrando diferencias estadísticas significativas. Los resultados muestran que el tratamiento A20 (4.75) presenta un menor valor en la germinación con respecto a la viabilidad. Con respecto a los tratamientos A20 y A2030 exhiben una diferencia sustancial entre la germinación y la viabilidad, con una variación positiva alta de 63.75% y 59% respectivamente. Se clasifican en el grupo a, indicando el mayor impacto positivo en la germinación, eso demuestra la alta capacidad germinativa en esos tratamientos.

Tabla 14. Variación entre el porcentaje de germinación y viabilidad

Tratamiento	% Germinación	% Viabilidad	Variación	Grupo
EP20	47.25	68.5	21.25	ab
EP2030	55.25	68.5	13.25	bc
SP20	46	68.5	22.5	a
SP2030	45.75	68.5	22.75	a
A20	63.75	68.5	4.75	c
A2030	59	68.5	9.5	c

Al analizar la variación entre germinación y viabilidad, se observa que los tratamientos SP20 y SP2030, ambos en sobre papel, son los de mayor variación, al determinar el porcentaje de viabilidad en la prueba con cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio, este obtuvo un porcentaje mayor de tinción (viabilidad) en comparación con lo obtenido en el porcentaje de germinación, ello se debe al método utilizado para determinar ambas pruebas, en el caso del porcentaje de germinación, al realizarlo en un ambiente más propicio donde las condiciones del sustrato afecta directamente con la germinación (Salazar et al., 2020), se obtuvo un mayor valor en comparación al método para determinar el porcentaje de viabilidad, este último también es influenciado dependiendo la concentración y el tiempo de aplicación del cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio (Salazar et al., 2020 & Salazar et al., 2018), como lo mencionan Maldonado-Peralta et al. (2016) al analizar diferentes concentraciones del tetrazolio determinaron que la tinción del embrión mejora a medida que aumenta las concentraciones y el tiempo, con respecto a la concentración en semillas de *Malpighia mexicana*, al 1% se obtuvo 74.8% de semillas viables y al 0.1% de concentración se determinó un 64.6% y al aumentar el tiempo de 18 horas a 48 horas el porcentaje de viabilidad mejoró de 56.8% a 69.9% mostrando también diferencias en su intensidad de coloración.

Basándonos en el uso del cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio para evaluar la viabilidad de las semillas de kiwicha, se obtuvo un resultado del 68.5%. Este dato sugiere que una parte notable de las semillas puede estar en un estado de inactividad biológica (dormancia), lo que les impide germinar. La elección de este método puede no haber sido la más adecuada para este propósito, lo que nos lleva a cuestionar su eficacia en este contexto. Para obtener un mayor porcentaje de viabilidad con la prueba realizada esta debe de ser probada en diferentes concentraciones y tiempo para determinar el protocolo ideal y llegar a obtener un porcentaje de viabilidad igual o similar a lo obtenido en los tratamiento A20 y A2030 cuyas condiciones mostraron eficacia para obtener un mayor porcentaje de germinación, ello se debe a que es probable que existan notables diferencias en la composición química entre las especies, lo cual sugiere la necesidad de emplear concentraciones específicas para cada una (González et al., 2019). La autenticidad de la valoración de la viabilidad de las semillas debe ser respaldada mediante la realización de la prueba de germinación teniendo en cuenta que esta última es influenciada por factores internos, externos y medio ambientales (Salazar et al., 2018).

Para obtener un mayor porcentaje de viabilidad con la prueba realizada esta debe de ser probada en diferentes concentraciones y tiempo para determinar el protocolo ideal y llegar a obtener un porcentaje de viabilidad igual o similar a lo obtenido en los tratamiento A20 y A2030 cuyas condiciones mostraron eficacia para obtener un mayor porcentaje de germinación, ello se debe a que es probable que existan notables diferencias en la composición química entre las especies, lo cual sugiere la necesidad de emplear concentraciones específicas para cada una (González et al., 2019). La autenticidad de la valoración de la viabilidad de las semillas debe ser respaldada mediante la realización de la prueba de germinación teniendo en cuenta que esta última es influenciada por factores internos, externos y medio ambientales (Salazar et al., 2018).

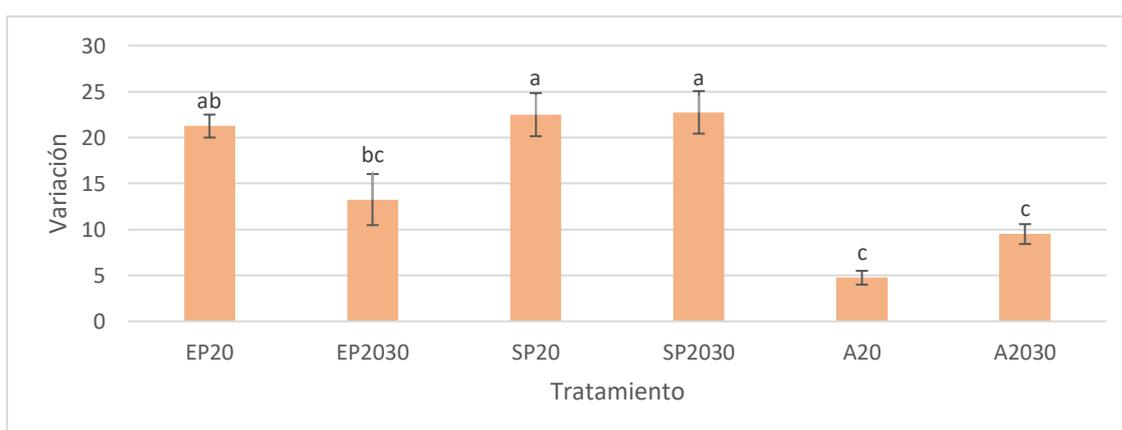


Figura 37: Varición del porcentaje de germinación y viabilidad.

4.2. Evaluación de la prueba de viabilidad en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio

En la prueba de viabilidad en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio se obtuvo un porcentaje del 68.5% lo cual indica que, en promedio, alrededor del 68.5% de las semillas de kiwicha sometidas a la prueba mostraron signos de viabilidad (Tabla 15). La viabilidad se refiere al porcentaje de semillas que presentan tinción en la región del embrión (Salazar et al., 2020).

Tabla 15: Porcentaje de semillas viables y no viables de kiwicha

Repetición	% de semillas	
	Viables	No viables
1	67	33
2	70	30
Media	68.5	31.5
Error estándar	1.5	1.5

Se observa en la Fig. 38 (1) algunas semillas de kiwicha cv Centenario exhiben una coloración roja completa. La coloración roja en los tejidos vivos de la semilla, que incluyen la radícula, el hipocótilo y los cotiledones, indican la viabilidad. En la Fig. 38 (2) se presentan semillas que no exhiben una coloración roja completa. La ausencia de coloración roja en los tejidos vivos de la semilla, incluyendo la radícula, el hipocótilo y los cotiledones, indica que las semillas en este caso no son viables.

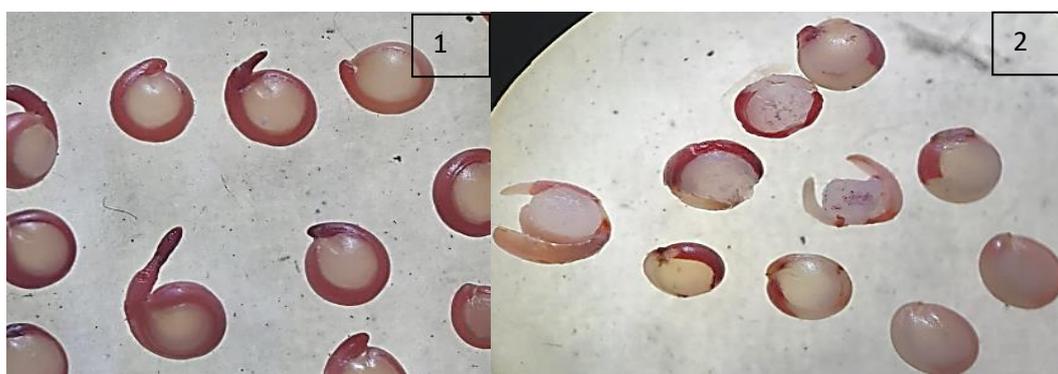


Figura 38: Semillas de kiwicha cv Centenario: (1) viables y (2) no viables.

4.3. Evaluación de la prueba de vigor en cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolio

En esta prueba es para diferenciar las semillas vigorosas y no vigorosas. Las semillas vigorosas se clasifican en 3 categorías (A, B o C) según el color, la turgencia de los tejidos y la ubicación (extensión y profundidad) de las áreas dañadas en la semilla. Otros patrones de tinción muestran semillas no vigorosas (ISTA, 2022).

La evaluación del vigor de las semillas mediante la prueba del tetrazolio es un proceso rápido que se realiza al observar cambios de color rojizo en los tejidos vivos que entran en contacto con la solución de tetrazolio (Salazar et al., 2018).

La prueba de vigor en tetrazolio se ha aplicado a semillas de kiwicha, y los resultados de semillas vigorosas se presentan en tres categorías (A, B y C). La Tabla 18 proporciona información sobre las 2 repeticiones, así como la media y el error estándar para cada categoría. La categoría A muestra la mayor media (72.5), lo que indica que la mayoría de las semillas tienen una coloración vigorosa, el eje embrionario se muestra completamente teñido de color rojo (Romano et al., 2014) esto demuestra la existencia de tejidos con actividad bioquímica y permeabilidad en sus membranas. El porcentaje total de semillas vigorosas en promedio es 77.5, lo cual es mayor que el porcentaje de germinación de los tratamientos 5 y 6 (63.75% y 59%), y mayor que el porcentaje de viabilidad (68.5%). Ello nos da una perspectiva respecto a la efectividad de este indicador para determinar el vigor, es importante combinar otros métodos con la prueba de vigor para determinar el comportamiento de la semilla de kiwicha.

Tabla 16: Porcentaje de semillas vigorosas de kiwicha

Repetición	Categoría A	Categoría B	Categoría C
1	69	7	0
2	76	0	3
Media	72.5	3.5	1.5
Error estándar	3.5	3.5	1.5

La Fig. 39 nos muestra las semillas vigorosas de kiwicha cv Centenario según la clasificación de ISTA (Categoría A, B y C), se observa que en el caso de la categoría A las semillas son totalmente turgentes y teñidas de un color rojizo, en la categoría B las semillas son turgentes pero la tinción se muestra en un área menor, finalmente en la categoría C, las semillas muestran mayores áreas sin tinción además de tejidos flácidos que se extienden desde 1/3 hasta la totalidad del área del cotiledón en el extremo distal de los cotiledones.



Figura 39: Semillas vigorosas: (1) Categoría A, (2) Categoría B y (3) Categoría C.

La Tabla 17 proporciona resultados de la prueba de vigor en tetrazolio para semillas de kiwicha clasificadas como no vigorosas, con valores para diferentes repeticiones, la media y el error estándar en varios patrones. Los patrones e, g y k tienen una media de 0, lo que indica que, en promedio, no se observaron semillas no vigorosas en estos patrones en las repeticiones.

Las medias de mayor valor (d y l) indican que ciertos grupos de semillas no vigorosas tienen una presencia más significativa en las repeticiones. La presencia de semillas no vigorosas puede significar la presencia de tejidos deteriorados (eje embrionario), Romano et al. (2014) mencionan que el eje embrionario es la zona más sensible de la semilla, debido a que es vital para el crecimiento de plántulas normales. Según Salinas et al. (2001), la prueba de tetrazolio se clasifica según el lugar donde se muestra el daño en la semilla y no en el tipo de daño.

Tabla 17: Porcentaje de semillas no vigorosas de kiwicha

Repeticón	a	b	c	d	e	f	G	h	i	j+f	k	l	d+f
1	2	2	0	3	0	10	0	0	2	1	0	4	0
2	3	1	1	4	0	4	0	0	2	0	0	5	1
Media	2.5	1.5	0.5	3.5	0	7	0	0	2	0.5	0	4.5	0.5
Error estándar	0.5	0.5	0.5	0.5	0	3	0	0	0	0.5	0	0.5	0.5

En la Fig. 40 se observan semillas no viables de kiwicha cv Centenario vistas desde un estereoscopio las cuales están clasificadas según el patrón determinado, dependiendo el área de color rojo y la proporción de tejidos deteriorados sin teñir.

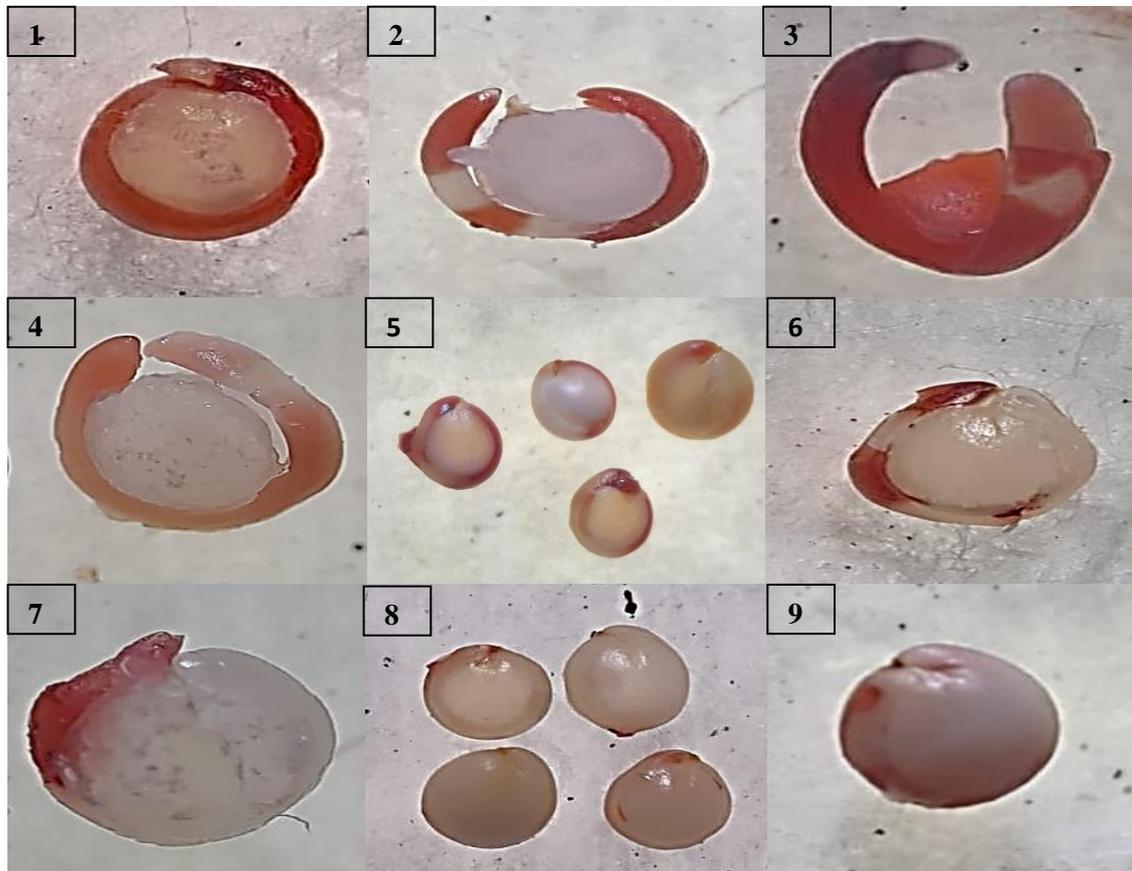


Figura 40: Semillas no vigorosas: (1) Patrón a, (2) Patrón b, (3) Patrón c, (4) Patrón d, (5) Patrón f, (6) Patrón i, (7) Patrón j+f, (8) Patrón l y (9) Patrón d+f.

V. CONCLUSIONES

- La semilla de kiwicha presenta distintas estructuras (cubierta seminal, perispermo y embrión) y tejidos que en conjunto determinan su propagación exitosa como especie.
- Tras analizar los resultados, se observó que se obtuvo el mayor porcentaje de la prueba de germinación en la temperatura 20 °C en arena a los 16 días, no se valida lo estandarizado por ISTA.
- La relación de variación entre la viabilidad y prueba de germinación mostró que el porcentaje de viabilidad es mayor al porcentaje de germinación indicándome que hay una probabilidad que la calidad fisiológica no es buena.
- En la prueba de vigor se obtuvo un porcentaje de 72.5, indicando un menor daño en la semilla de kiwicha.

VI. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar una prueba de germinación se debe tener conocimiento si la semilla necesita de algún otro pretratamiento para romper la dormancia.
- Al momento de realizar las evaluaciones se debe contar con un ambiente adecuado, los instrumentos de laboratorio deben estar desinfectados con alcohol y el lugar de trabajo también; esto es para poder realizar una buena evaluación de los tratamientos.
- En el caso de la prueba vigor, en el INIA se usa la prueba en frío para distintas especies, en este caso se utilizó la prueba de cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio en kiwicha (*Amaranthus caudatus cv. Centenario*) para saber si la semilla era de buena calidad. Como anteriormente se mencionó esta prueba no es muy usada en esta especie; ya que las semillas son muy pequeñas y al momento de realizar esta prueba de cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio se tiene que romper la testa de la semilla para poder apreciar la intensidad de tinción del color rojo y daños en las partes vivas de la semilla.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alves, C.; Candido, A.; Oliveira, N. & Lourenço F. (2014). Teste de germinação em sementes de *Cucumis metuliferus* E. Mey. *Cienc. Rural* 44 (2):228-234.

APG III. 2009. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161: 105-121.

APG IV. 2016. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161: 105-121.

Benech, R.; Ghera, C.; Sanchez, R., & Garcia, A. (1988). The Role of Fluctuating Temperatures in the Germination and Establishment of *Sorghum halepense* (L.) Pers. Regulation of Germination Under Leaf Canopies. *Functional Ecology*, 2(3), 311–318. <https://doi.org/10.2307/2389403>

Berna, E. 1995. Obtención y caracterización de harinas a partir de germinados de cañihua *Chenopodium pallidicaule* y lenteja *Lens culinaris*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Bewley, Derek J.; Bradford, Kent J.; Hilhorst, H.W.M., Nonogaki, H., 2013. *Seeds: Physiology of Deveopment, Germination and Dormancy*, 3rd editio. ed. Springer, Londres.

Borges EEL, Rena AB (1993). Germinação de sementes. In: Aguiar IB, Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB (Eds.). *Sementes florestais tropicais*. Brasília: ABRATES pp. 83-136.

Bravo, S.; Abdala, R.; Abraham, F. & Pece, M. (2011). Treatments to Improve Germination

Cerón, R. (2009). Pruebas de viabilidad y vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) y su correlación con la emergencia en campo. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María.

Chase, M. W. & J. L. Reveal. 2009. A phylogenetic classification of the land to accompany APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161: 122-127.

Estrada, R. (2011). *Kiwicha alimento nuestro para el mundo*. Instituto de Innovación Nacional Agraria-INIA, 42.

González, M.; Zanatta, T.; Meneghello, G.; Noguez, A.; Aquino, Y. & Peña, P. (2019). Protocolo de análisis de viabilidad de semillas de chíá mediante test de tetrazolio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(7), 1481-1489. Epub 04 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1095>

Haston, E., J. E. Richardson, P. F. Stevens, M. W. Chase & D. J. Harris. 2009. The linear angiosperm phylogeny group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III. *Bot. J. Linn. Soc.* 161: 128-131.

Hough, J. 1990. *Biotecnología de la cerveza y de la malta*. Zarazoga, España: Editorial Acribia

International Seed Testing Association (ISTA) (2020). *Method Validation Reports on Rules Proposals for the International Rules for Seed Testing 2020 Edition*. <https://www.seedtest.org/api/rm/33DW385X645U4P2/ista-method-validation-reports-2019.pdf>

Irving, D. (Rodríguez, y otros, 2022) & Saunders, R. (1981). Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *J. Foods Science*, 46(4), 1170-1173. Obtenido de: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017>.

ISTA. (2003). *ISTA Working sheets on Tetrazolium testing. Agricultural, Vegetables & Horticultural species Volumen I*.

ISTA. (2016). Reglas Internacionales para Análisis de Semillas 2016. 1-7,9.

ISTA. (2022). Reglas Internacionales para Análisis de Semillas 2022. 1-19.

Maldonado-Peralta, M.; Santos, G.; García-Nava, J.; Ramírez-Herrera, C.; Hernández-Livera, A.; Valdez-Carrasco, J.; Torres, T. & Cetina-Alcalá, V. (2016). Seed Viability and vigour of two nanche species (*Malpighia mexicana* and *Byrsonima crassifolia*). *Seed Science and Technology*. 44. <https://doi.org/10.15258/sst.2016.44.1.03>.

Mao, P.; Guo, L.; Gao, Y.; Qi, L. & Cao B. (2019). Effects of Seed Size and Sand Burial on Germination and Early Growth of Seedlings for Coastal *Pinus thunbergii* Parl. in the Northern Shandong Peninsula, China. *Forests*. 10(3):281. <https://doi.org/10.3390/f10030281>

Mujica, S. & Quillahuamán, A. (1989). Fenología del cultivo de la kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). Curso taller fenología de cultivos y andinos y uso de la información agro meteorológica Puno, 7-10 agosto. Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA.

Nieto, C. (1989). El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) una alternativa agronómica para Ecuador. (Publicaciones Miscelánea N°52). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. Obtenido de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf>.

Olalla, E. & Moscoso, F. (2017). Proyecto de factibilidad para la industrialización y comercialización de hojuelas de amaranto en el Valle de los Chillos. [Proyecto de investigación, Pontificia Universidad Católica de Ecuador]. Repositorio Institucional de la Universidad Pontificia Católica de Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/12909>.

Ozden, E.; Light, M. & Demir, I. (2021). Alternating temperatures increase germination and emergence in relation to endogenous hormones and enzyme activities in aubergine seeds. *South African Journal of Botany*. 139. 130-139, ISSN 0254-6299. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.02.015>.

Pascual, G. Ramos, C. 2000. Manual de prácticas de tecnología de cereales y leguminosas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

Pérez, A. (mayo del 2010). Cultivo de kiwicha. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) obtenido de:
https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/162/1/Cultivo_kiwicha_2010.pdf.

Pérez, C. (2010). Efecto de sustratos y bioestimulantes en plántulas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Revista de Investigaciones Altoandinas, 12(2), 252-258.

Rodríguez, S., Seminario, J., Linares, A., Llico, S., Pérez, O., & Salomón, M. (noviembre 2022). Manual del manejo agronómico de kiwicha. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Escalante-et-al_2022_Manejo_Kiwicha.pdf

Romano, A.; Argüello, J.; Teves, I.; De Pascuale, N. & Oddone, G. (2014). Evaluación de los efectos del deterioro sobre el potencial fisiológico de semillas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) por prueba de tetrazolio. Idesia (Arica), 32 (3), 25-30.
<https://dx.doi.org/10.4067/SO718-34292014000300004>

Sagastegui, A. (1973). Manual de las malezas de la flora peruana. Talleres tipográficos de la Universidad Nacional de Trujillo.

Salazar, S.; Maldonado, H. & Quintero, J. (2018). Evaluación de la calidad fisiológica de las semillas de *Linum usitatissimum* L. con la prueba de tetrazolio. Avances en Investigación Agropecuaria, 22(3), 46-56.

Salazar, S.; Quintero, J. & Bustos, V. (2020). Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 15(2), 7–15.
<https://doi.org/10.18359/rfcb.3831>

Salinas, A.; Yoldjian, A.; Craviotto, R. & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 36(2), 371–379.

<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200022>

Schmidt, L. (2000). Guide to handling of tropical and subtropical forest seed. Danida Forest Seed Centre.

Seminario, J. (1985). Coyo o kiwicha (*Amaranthus caudatus L.*). Universidad Nacional de Cajamarca.

Souza, F. F. J., de Souza, J. E. A., Souza, N. O. S., Spehar, C. R., & de Jesús, T. F. (2017). Standardizing germination tests for quinoa seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 12(3), 155-160.

Sumar, L. (1984). El pequeño gigante. Programa nacional de la kiwicha. UNICEF-Perú.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*. Sinauer Associates, Incorporated.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development*. Sinauer Associates, Incorporated.

Ventura, A. (2011). Estudio del subsistema de la kiwicha orgánica de la región Apurímac (Perú). *Caso Cooperativo Agroindustrial Machupicchu-CAGMA*. 9-10.

Virtual Ecom meeting in Saskatoon. (2021). *International seed testing association news bulletin*, 27-29.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Ubicación de las 100 semillas de kiwicha cv. Centenario en el Tratamiento SP2030 (Sobre papel en T ° 20 °C <=> 30 °C).



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2: Evaluación de la prueba de germinación en semillas de kiwicha cv. Centenario.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Evaluación de la prueba de viabilidad y vigor en cloruro 2,3,5 trifeniltetrazolio.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Análisis de varianza de las plántulas normales (5dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	2656.0	531.2	33.61	1.6e-08 ***
Residuales	1 8	284.5	15.8		

Anexo 5. Análisis de varianza de las plántulas normales (16dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	1164	232.87	15.94	4.6e-06 ***
Residuales	1 8	263	14.61		

Anexo 6. Análisis de varianza de las plántulas anormales (5dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	1948	389.7	86.59	6e-12 ***
Residuales	1 8	81	4.5		

Anexo 7. Análisis de varianza de las plántulas anormales (16dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	1313	262.57	17.19	2.68e-06 ***
Residuales	1 8	275	15.28		

Anexo 8. Análisis de varianza de las semillas duras (16dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	1600.3	320.1	16.68	3.33e-06 ***
Residuales	1 8	345.5	19.2		

Anexo 9. Análisis de varianza de las semillas frescas (16dd)

	D f	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	44.33	8.867	4.764	0.006 **
Residuales	1 8	33.50	1.861		

Anexo 10. Análisis de varianza de las semillas muertas (5dd)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	20.83	4.167	3.333	0.0264 *
Residuales	18	22.50	1.250		

Anexo 11. Análisis de varianza de las semillas muertas (16dd)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	366.0	73.20	43.2	2.09e-09 ***
Residuales	18	30.5	1.69		

Anexo 12. Análisis de varianza del porcentaje de germinación

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	5	3919	783.9	37.03	7.32e-09 ***
Residuales	18	381	21.2		

Anexo 13. Análisis de varianza del porcentaje de viabilidad

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	3	4901	1633.5	13.51	0.000374 ***
Residuales	12	1451	120.9		