



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO
VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS
SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo

Autor:
Calapiña Tituaña Bryan Omar

Tutor:
Molina Álvarez Richard Alcides Ing. MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Bryan Omar Calapiña Tituaña, con cédula de ciudadanía No. 1719037341, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022.”, siendo el Ingeniero MSc. Richard Alcides Molina Álvarez, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Bryan Omar Calapiña Tituaña
Estudiante
CC: 1719037341

Ing. MSc. Richard Alcides Molina Álvarez
Docente Tutor
CC: 1205974627

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CALAPIÑA TITUAÑA BRYAN OMAR**, identificado con cédula de ciudadanía **1719037341** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022.**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. MSc. Richard Alcides Molina Álvarez.

Tema: “**CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.

- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de marzo del 2022.

Bryan Omar Calapiña Tituaña
EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022.”, de Calapiña Tituaña Bryan Omar, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Ing. MSc. Richard Alcides Molina Álvarez

DOCENTE TUTOR

CC: 1205974627

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Calapiña Tituaña Bryan Omar, con el título del Proyecto de Investigación: “CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022.”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. PhD. Carlos Torres Miño CC:
0502329238

Lector 2
Ing. MsC. Guido Yauli Chicaiza
CC: 0501604409

Lector 3
Ing. PhD. Jorge Troya Sarzosa
CC: 0501645568

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud, fuerzas y sabiduría para tomar las mejores decisiones dentro de mi formación académica.

A mi familia por su comprensión, paciencia, apoyo incondicional y sobre todo por la confianza que depositaron en mí.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de formarme no solo como un profesional sino también como persona.

A mi Tutor el Ing. Richard Molina por la paciencia, dedicación y esfuerzo, quien me supo guiarme con sus conocimientos y experiencia a lo largo de la presente investigación, a la Ing. Tannya por su apoyo y las facilidades que me supo brindar para poder desarrollar este trabajo.

A mis amigas Sosa, S. y Shuguli, Y. Por todo, por nunca dejarme solo en este proceso académico, compartiéndome experiencias, consejos y conocimiento.

Y, por último, pero no menos importante. Quiero agradecerme a mí por creer en mí, por hacer todo este trabajo duro, por no tener días libres y por nunca renunciar.

Bryan Omar Calapiña Tituaña.

DEDICATORIA

A mi madre Gladys Tituaña por su amor incondicional, apoyo, consejos y su bendición, ha sido un pilar fundamental dentro de mi vida académica.

A mis hermanos mayores; Mónica, Israel, Stalin y Danny han sido mi inspiración y me siento muy orgullo de ustedes. Me motivaron para nunca rendirme, este logro es para ustedes.

A todos mis amigos que estuvieron acolitándome en esta aventura universitaria.

Omar

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO
VARIEDADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE,
CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**

AUTOR: Calapiña Tituaña Bryan Omar.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022. Esta investigación tuvo como objetivo determinar las características fisiológicas de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) y Kobaca (T8) determinando su potencial fisiológico en cada uno de ellas mediante una serie de pruebas fisiológicas como: humedad de semilla, germinación estándar, tetrazolio, conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, prueba de frío, índice de velocidad de emergencia y materia seca. Para ello se aplicó la metodología descrita por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos con cuatro repeticiones, dando un total de treinta y dos unidades experimentales, los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa RStudio. Al término de la aplicación de las pruebas fisiológicas los resultados de este estudio revelaron que todas las pruebas fisiológicas son capaces de determinar el perfil fisiológico de las ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*), así como también se determinó que T7 (Valentina) presentó un alto desempeño fisiológico, al estudiar el vigor y viabilidad en todas las pruebas aplicadas, seguido de T3 (Diumovachka) y T5 (Fakel), mismos que presentaron un aceptable desempeño correspondiente a calidad fisiológica de semilla, el desempeño de los demás tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) y T8 (Kobaca) se verificó que son inapreciables al aplicar las mismas pruebas fisiológicas, como resultado de este estudio se desarrolló un instructivo práctico de especificaciones técnicas, materiales y variaciones en la metodología utilizada, este instrumento servirá para realizar futuros estudios sobre pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) y se podría considerar útil para trabajar con semillas de igual o similar tamaño, su aplicación se adapta a las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Palabras clave: *Amaranthus spp.*, análisis de semillas, pruebas fisiológicas, vigor, calidad de semillas.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TITLE:"PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SEEDS OF EIGHT AMARANTHUS VARIETIES (*Amaranthus spp.*) IN CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022".

AUTHOR: Calapiña Tituaña Bryan Omar.

ABSTRACT

This research was conducted at the Salache campus, Latacunga canton, Cotopaxi province 2022. The aim of this research was to determine the physiological characteristics of seeds of eight varieties of amaranth (*Amaranthus spp.*); Zelenaya Sosulka (T1), Bulava (T2), Diumovachka (T3), Kizliarets (T4), Fakel (T5), India (T6), Valentina (T7) and Kobaca (T8); by determining their physiological potential in each of them through a series of physiological tests such as: seed moisture, standard germination, tetrazolium, electrical conductivity, accelerated aging, cold test, emergence speed index and dry matter. For this, the methodology described by (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO and AfrizaSeeds, 2019) and (RAS, 2009) was applied; which refer to the standards of the International Seed Testing Association (ISTA). The experimental design was a completely randomized design, with eight treatments, with four replications, giving a total of thirty-two experimental units, the statistical analyses were performed using the RStudio program. At the end of the application of the physiological tests, the results of this study revealed that all the physiological tests were able to determine the physiological profile of the eight varieties of amaranth (*Amaranthus spp.*), as well as it was determined that T7 (Valentina) presented a high physiological performance, when studying the vigor and viability in all the applied tests, followed by T3 (Diumovachka) and T5 (Fakel), which presented an acceptable performance corresponding to physiological seed quality, the performance of the other treatments T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) and T8 (Kobaca); were found to be inappreciable when applying the same physiological tests. As a result of this study, a practical instructive of technical specifications, materials and variations in the methodology used was developed. These instructions will be useful for future studies on physiological testing of amaranth (*Amaranthus spp.*) seeds and could be considered useful for working with seeds of the same or similar size, its application is adapted to the facilities of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi.

Keywords: *Amaranthus spp.*, seed analysis, physiological tests, vigor, seed quality.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFRICOS	xvi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5. PROBLEMÁTICA.....	4
6. OBJETIVOS	5
6.1 Objetivo general.	5
6.2 Objetivos específicos.	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
8.1 Amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>).....	8
8.2 ¿Qué son las normas ISTA?	9
8.3 Calidad de semilla	9

8.4 Vigor de semillas	10
8.5 Germinación de semillas.	10
8.6 Pruebas fisiológicas de semillas.....	10
8.6.1 Prueba de humedad de semilla.	10
8.6.2 Prueba de germinación estándar.	10
8.6.3 Prueba de tetrazolio.....	11
8.6.4 Prueba Conductividad eléctrica.....	11
8.6.5 Prueba de envejecimiento acelerado.....	11
8.6.6 Índice de velocidad de emergencia (IVE).	12
8.6.7 Materia seca.....	12
8.6.8 Prueba de frio.....	12
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	13
10. METODOLOGÍA	14
10.1 Tipo de investigación.	14
10.1.1 Cualitativa y cuantitativa.	14
10.2 Modalidad básica de la investigación.....	14
10.2.1 De laboratorio	14
10.2.2 De campo.....	14
10.3 Bibliografía documental.....	14
10.4 Ubicación del ensayo.	14
10.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	15
10.5.1 Observación directa e indirecta	15
10.6 Instrumentos y equipos.....	16
10.6.1 Equipo.....	16
10.6.2 Registro de datos.....	16
10.7 Análisis estadístico.....	16
10.8 Elaboración de diseño experimental.....	16

10.9 Manejo específico de la investigación.....	17
10.9.1 Transformación de raíz, (Ecuación de Poisson) ($\sqrt{x+0,5}$)	17
10. 10 APLICACIÓN DE PRUEBAS DE ANÁLISIS FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS	18
10.11 PRUEBA DE HUMEDAD DE SEMILLA.....	18
10.12 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR	20
10.13 PRUEBA DE TETRAZOLIO.....	21
10.14 PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	24
10.15 PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	25
10.16 PRUEBA ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE)	27
10.17 PRUEBA MATERIA SECA	29
10.18 PRUEBA DE FRÍO	31
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
11.1 PRUEBA DE HUMEDAD.....	34
11.2 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR.	36
11.3 PRUEBA DE TETRAZOLIO.....	40
11.4 PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.....	44
11.5 PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.....	46
11.7 PRUEBA DE MATERIA SECA DE PLÁNTULAS	52
11.8 PRUEBA DE FRÍO.	55
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
12.1 CONCLUSIONES.....	59
12.2 RECOMENDACIONES	59
13. BIBLIOGRAFÍA.....	60
14. ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del amaranto.	8
Tabla 2. Coordenadas geográficas de la investigación.	15
Tabla 3. Modelo de ADEVA DCA.	16
Tabla 4. Identificación y codificación de las variedades de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>).	17
Tabla 5. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables contenido de humedad.	34
Tabla 6. Prueba tukey al 5% de significancia el contenido de humedad.	34
Tabla 7. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable primer conteo de germinación (PCG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	36
Tabla 8. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable (PCG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$). ...	36
Tabla 9. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable conteo final de germinación (CFG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	37
Tabla 10. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable conteo final de germinación (CFG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	38
Tabla 11. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable terazolio (vigor) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	40
Tabla 12. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable terazolio (vigor) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	40
Tabla 13. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable terazolio (viabilidad).	41
Tabla 14. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable terazolio (viabilidad).	42
Tabla 15. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de conductividad eléctrica.	44
Tabla 16. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de conductividad eléctrica. ..	44
Tabla 17. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	46
Tabla 18. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	46
Tabla 19. Análisis de varianza (ADEVA) para las variable envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EAPCG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	47
Tabla 20. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EACFG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	48
Tabla 21. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	50

Tabla 22. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).....	50
Tabla 23. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de índice de materia seca utilizando la ($\sqrt{x+1}$).....	52
Tabla 24 Prueba tukey al 5% de significancia para la variable materia seca utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	52
Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día utilizando la ($\sqrt{x+1}$).....	55
Tabla 26. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, primer conteo de germinación séptimo día utilizando la ($\sqrt{x+1}$).	55
Tabla 27. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteos de germinación a los catorce y veintiún días utilizando ($\sqrt{x+1}$).	57
Tabla 28. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, primer conteo de germinación a los catorce y veintiún días utilizando la ($\sqrt{x+1}$).....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparación de resultados en la utilización de la ($\sqrt{x}+1$) y sin la aplicación de la misma. (PCG "EJEMPLO").....	33
Gráfico 2. Contenido de humedad.....	35
Gráfico 3. Primer conteo de germinación utilizando la ($\sqrt{x}+1$).	37
Gráfico 4. Conteo final de germinación utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	39
Gráfico 5. Terazolio (vigor) utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	41
Gráfico 6. Terazolio viabilidad.	43
Gráfico 7. Conductividad eléctrica.....	45
Gráfico 8. Envejecimiento acelerado primer utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	47
Gráfico 9. Envejecimiento acelerado conteo final de germinación utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	49
Gráfico 10. Índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	51
Gráfico 11. Materia seca utilizando la ($\sqrt{x}+1$)......	54
Gráfico 12. Frío conteo de germinación a los siete días utilizando ($\sqrt{x}+1$).	56
Gráfico 13. Frío conteo de germinación a los catorce y veintiún días utilizando ($\sqrt{x}+1$).	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.....	8
Ilustración 2.....	15
Ilustración 3.....	19
Ilustración 4.....	21
Ilustración 5.....	21
Ilustración 6.....	23
Ilustración 7.....	25
Ilustración 8.....	27
Ilustración 9.....	29
Ilustración 10.....	30
Ilustración 11.....	32

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE SEMILLAS DE OCHO VARIETADES DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”

Fecha de inicio:

Octubre del 2021.

Fecha de finalización:

Marzo del 2022.

Lugar de ejecución:

Universidad técnica de Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación del análisis fisiológico de semillas.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. MSc. Richard Alcides Molina Álvarez

Lector 1: Ing. PhD. Carlos Torres Miño.

Lector 2: Ing. MsC. Guido Yauli Chicaiza

Lector 3: Ing. PhD. Jorge Troya Sarzosa

Nombre del Investigador: Bryan Omar Calapiña Tituaña

Teléfonos: 0984357738

Correo electrónico: bryan.calapina7341@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura Silvicultura y Pesca.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

La biodiversidad forma parte intangible del patrimonio nacional: en la agricultura, medicina, y en actividades pecuarias, incluso en ritos, costumbres y tradiciones culturales. Esta línea está enfocada en la generación de conocimiento para un mejor aprovechamiento de la biodiversidad local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos ancestrales de los recursos naturales locales. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Caracterización de la biodiversidad

Línea de vinculación

Gestión de recursos naturales, biodiversidad y gestión para el desarrollo humano y social.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación se basa en la caracterización fisiológica de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022. Permitiendo identificar el potencial fisiológico, para ello se aplicó la metodología en base establecida por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas (ISTA).

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La importancia actual que tiene el cultivo de amaranto ha despertado el interés de consumidores tanto locales como extranjeros, gracias a su excelente valor nutricional y considerado por varios autores como un alimento biofortificado, además se ha evidenciado la presencia de alta cocina y derivados con calidad gourmet.

Debido a que la calidad de las semillas es muy importante para obtener un mejor rendimiento a la hora de producción, conociendo el potencial fisiológico de un genotipo de interés agronómico, se podrá determinar las características presentes en las semillas dependiendo de sus diferentes condiciones de almacenamiento y otros factores que lo condicionen.

La presente investigación se enfocó en evaluar fisiológicamente semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) en el campus Salache.

Esta investigación tiene un impacto sobre la agricultura debido a que ayudará a seleccionar semillas con una buena calidad a la hora de la producción.

Este estudio será muy útil para futuras investigaciones, tomando las decisiones más apropiadas para saber el comportamiento fisiológico de las semillas.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

La Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de ingeniería agronómica, estudiantes y personas interesadas que requieran información de la presente investigación.

5. PROBLEMÁTICA

El interés mundial por el amaranto es muy reciente. A partir de los años 80, aparecen las primeras investigaciones, lideradas por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos y prácticamente se produce un redescubrimiento del cultivo, justificado principalmente por su valor nutritivo y potencial agronómico. (MAGAP, 2014)

La variedad sobresaliente e importancia en Ecuador, es la INIAP-Alegría, obtenida por selección de la variedad "Alan García", introducida desde Cuzco, Perú y seleccionada en Santa Catalina en el año agrícola 1987-1988. Amaranto es de grandes proporciones alimenticias y medicinales, por lo que su uso y consumo son variados, como cereal reventado harina, bebidas, ojuelos, productos elaborados harinas, almidones, aceites, colorantes. (Oswaldo et al., 2018)

En el Ecuador confirma que los cultivos que han despegado productivamente son la quinua, el chocho y el amaranto. Como proveedor oficial de semilla certificada de granos andinos, el organismo ha impulsado estos cultivos en Palmira y Guamote (Chimborazo); en Saquisilí, Latacunga y Salcedo (Cotopaxi) y en las comunidades que son parte de la Asociación de Productores de Semillas y Alimentos Nutricionales Andinos Mushuk Yuyay (Aprosanamy), de Cañar. (Valenzuela, 2003)

Por su particular característica este cultivo depende fundamentalmente de la producción de semillas, haciendo indispensable el uso de semillas certificadas que garanticen la calidad para el establecimiento de una producción exitosa, una buena práctica de garantizar la calidad fisiológica de esta semilla, además de los cuidados de cosecha y pos cosecha la implementación de parámetros de calidad

fisiológica de la semilla, utilizando la reglas de análisis de semillas regidas en (ISTA) y (AOSA), que a su vez han sido ampliamente descritas por diversos autores de acuerdo a las realidades de cada país o institución rectora. Propiamente no existe una metodología específica para la semilla de amaranto (*Amaranthus spp.*) por lo que mediante este estudio se promoverá el desarrollo de análisis fisiológico de semillas con modificaciones tomadas a partir de una metodología establecida para los cereales más conocidos en la agricultura, pruebas que a la vez se comprobaran mediante los análisis e interpretación descritos según la metodología de (Krzyzanowski et al., 1999).

Como todas las semillas luego de un periodo de almacenamiento o por factores bióticos o abióticos que injurian la semilla tiende al deterioro y declinamiento de la calidad fisiológica de la misma. Según (Chávez, 2018) el poder germinativo en el amaranto disminuye a partir del quinto año de almacenamiento.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general.

Caracterizar fisiológicamente semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022”

6.2 Objetivos específicos.

1. Evaluar el potencial fisiológico de las semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*), aplicando ocho pruebas de vigor de semillas.
2. Determinar cuál es el genotipo que presenta el mejor desempeño en cuanto a su calidad fisiológica, como respuesta a las pruebas utilizadas.
3. Elaborar un instructivo práctico de especificaciones técnicas y materiales para realizar las pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Objetivos	Actividades (Tareas)	Resultados de la actividad	Medios de verificación
<p>Evaluar el potencial fisiológico de las semillas de ocho variedades de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>), aplicando ocho pruebas de vigor de semillas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las muestras de ocho variedades de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) y elaboración de una tabla que contenga nombre, año y codificación de las muestras para su posterior análisis fisiológico. • Revisión bibliográfica sobre análisis de potencial fisiológico. • Selección de los análisis fisiológicos de semillas correspondientes a realizar. • Aplicación de los análisis germinación conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, porcentaje de humedad de semilla, índice de velocidad de emergencia (IVE), materia seca, prueba de frío y tetrazolio. En las ocho variedades de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>). • Toma de datos correspondientes a cada prueba realizada en base a la metodología. • Tabulación de datos en el programa Microsoft Excel para la recolección de los datos. • Análisis e interpretación de resultados obtenidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas de datos digitales e impresas, análisis estadístico, gráficas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías, tablas de datos, análisis estadístico.

<p>Determinar cuál es el genotipo que presenta el mejor desempeño en cuanto a su calidad fisiológica, como respuesta a las pruebas utilizadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de pruebas fisiológicas de semillas. • Análisis e interpretación de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas de datos digitales e impresas, análisis, gráficas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotografías, tablas de datos, análisis.
<p>Elaborar un instructivo práctico de especificaciones técnicas y materiales para realizar las pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (<i>Amaranthus spp.</i>) en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redacción del instructivo correspondiente a cada análisis fisiológico de semilla. • Selección de conceptos, equipos, etc. De cada análisis fisiológico de semillas en base a la metodología presente en esta investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía digital e impresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía digital e impresa.

Fuente: Calapiña, 2022.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Amaranto (*Amaranthus spp.*)

Tabla 1. Taxonomía del amaranto.

Taxonomía	
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Subfamilia	<i>Amaranthoideae</i>
Tribu	<i>Amarantheae</i>
Genero	<i>Amaranthus L.</i>

Fuente: Calapiña, 2022.

El amaranto que tiene su ciclo vegetativo anual que posee una semilla es pequeña, lisa, brillante de 1-1,5 mm. de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos, dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1000 a 3000 por gramo (Nieto, 1989).

Ilustración 1.

Semilla de amaranto T3 (Diumovachka).



Fuente: Calapiña, 2022

8.2 ¿Qué son las normas ISTA?

Las Normas ISTA (Asociación Internacional de Análisis de Semillas) presentan protocolos estandarizados para determinar la calidad y viabilidad de las semillas, a nivel internacional, principalmente en especies de interés comercial, agrícola y forestal. (Hurtado Trejo et al., 2020).

Las normas ISTA promueven investigaciones a nivel nacional e internacional, principalmente en especies de tipo comercial, que a la vez contribuyen a la seguridad y soberanía alimentaria de la población. Además, ofrecen procesos precisos, de acuerdo al tipo y tamaño de lotes de semillas con los que se trabaja (Hurtado Trejo et al., 2020).

8.3 Calidad de semilla

Calidad de semillas es un concepto: expresa el grado en que un determinado lote de semillas cumple las normas establecidas respecto a ciertos atributos que determinan la calidad de las semillas.(FAO y AfrizaSeeds, 2019)

Un lote de semillas puede definirse como una cantidad determinada de semillas de una variedad, de origen y trayectoria conocidos, que está registrado con un número de referencia único en un sistema de garantía de calidad de las semillas (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Parámetros de los atributos de calidad de las semillas:

1. Genético: se refiere a las características genéticas específicas de la variedad de la semilla (pureza genética).
2. Físico: tiene que ver con la condición de la semilla en el lote de específico de semillas (pureza física, presencia de otras semillas y contenido de humedad).
3. Fisiológico: se refiere al rendimiento de las semillas (germinación, viabilidad y vigor).
4. Sanidad: se refiere a la presencia de enfermedades y plagas en un lote de semillas.

8.4 Vigor de semillas

El vigor de la semilla refleja un conjunto de características que determinan su potencial fisiológico, es decir, la capacidad de presentar un rendimiento adecuado cuando se expone a diferentes condiciones ambientales (Krzyzanowski et al., 1999).

8.5 Germinación de semillas.

La germinación es un proceso que consiste en la absorción de agua, la reactivación del metabolismo y la iniciación del crecimiento del embrión de una semilla (Pérez Pérez, 2007).

La germinación es el nacimiento y desarrollo de la plántula hacia una etapa en la que el aspecto de sus estructuras fundamentales indica si se podrá seguir desarrollando hasta llegar a ser una planta satisfactoria, en condiciones favorables del campo (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.6 Pruebas fisiológicas de semillas.

8.6.1 Prueba de humedad de semilla.

El contenido de humedad de una muestra es la pérdida de peso cuando se seca, Se expresa como un porcentaje del peso de la muestra original.(Cap, 2016)

El agua contenida en las semillas se extrae en forma de vapor mediante la aplicación de calor bajo revisado. Los métodos recomendados se han desarrollado para reducir la oxidación, la descomposición o la pérdida de otras sustancias volátiles, asegurando al mismo tiempo la máxima eliminación de agua posible.(RAS, 2009)

El contenido de humedad es decisivo para conservar la calidad de las semillas almacenadas y mantener su viabilidad. Las semillas con un contenido de humedad correcto se pueden almacenar durante más tiempo y son relativamente resistentes a los daños causados por los insectos (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.6.2 Prueba de germinación estándar.

El objetivo de esta prueba es determinar el potencial de germinación de un lote de semillas, que es vital para comparar la calidad de los diferentes lotes y estimar el valor de siembra (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

El análisis en condiciones de campo no ofrece resultados fiables dado que las condiciones tienden a variar cuando se repite la prueba. En los análisis de laboratorio, por otra parte, las condiciones externas están controladas a fin de obtener la germinación más regular, rápida y completa de la mayor parte de las muestras de una especie en particular. Además, las condiciones están normalizadas, de manera que los resultados del análisis se pueden reproducir dentro de unos límites tan cercanos como sea posible a los límites de variación de un muestreo aleatorio (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.6.3 Prueba de tetrazolio.

En la prueba de tetrazolio topográfico las semillas se empapan en una solución incolora de Tetrazolio o Cloruro de 2,3,5 trifeniltetrazolio que se utiliza como indicador para revelar el proceso de reducción de viabilidad que tiene lugar en el interior de las células vivas. En este proceso, los iones H⁺ liberados durante la respiración de los tejidos vivos son transferidos por un grupo de enzimas, en particular la deshidrogenasa del ácido málico e interactúan con el tetrazolio, que se reduce a un compuesto rojo. Como esta reacción tiene lugar dentro de las células vivas y el compuesto no se difunde, hay una clara separación entre los tejidos vivos y coloreados que respiran, y tejidos muertos y no coloreados (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.6.4 Prueba Conductividad eléctrica.

La prueba de conductividad eléctrica es una forma rápida y práctica de determinar el vigor de la semilla y se puede realizar fácilmente en la mayoría de los laboratorios de análisis de semillas, sin grandes gastos en equipo y capacitación de personal. Esto se hace evaluando la cantidad de lixiviado liberado internamente de la semilla a la solución de remojo, en función del grado de deterioro en el que se encuentra, y así inferir sobre el nivel de vigor de esa semilla o lote o al menos aproximadamente el posible uso y manejo de los mismos (Krzyzanowski et al., 1999).

8.6.5 Prueba de envejecimiento acelerado.

El envejecimiento acelerado es algo similar a con la fotografía de lapso de tiempo que representa la longevidad de la semilla en condiciones "normales" y las respuestas

germinativas de los lotes de semillas tras el envejecimiento acelerado representan la "muestra". Los lotes de semillas que mantienen bien la germinación durante envejecimiento acelerado son buenos almacenadores, mientras que los que tienen una germinación sustancialmente reducida son malos almacenadores (Delouche & Baskin, 1973).

Durante la prueba, las semillas absorben la humedad del medio ambiente; el aumento del contenido de humedad de las semillas, aunado a la alta temperatura, provoca el rápido envejecimiento de las semillas. Los lotes de semillas que muestran una gran capacidad de germinación en la prueba de envejecimiento acelerado tienen un gran vigor y se prevé que conserven una elevada viabilidad durante el almacenamiento (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.6.6 Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquél en que se observó la primera plántula emergida; el final del conteo fue a quince días después del establecimiento del experimento. El IVE se calculó de acuerdo a la propuesta de (Mangure, 1962).

8.6.7 Materia seca.

La materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material vegetal tras separar toda el agua posible a través de un acaloramiento hecho en condiciones de laboratorio debido a su facilidad para mantener una temperatura estable. (Krzyzanowski et al., 1999)

8.6.8 Prueba de frío.

El principio básico de la prueba es la exposición de las semillas a factores adversos como baja temperatura, alta humedad del sustrato y, en el caso de utilizar suelo, cuyo origen es de una zona donde se cultivó la especie, también a patógenos. En estas condiciones, las posibilidades de supervivencia de semillas vigorosas son mayores, ya que la combinación de bajas temperaturas y alta humedad puede reducir la velocidad de germinación, además de favorecer el desarrollo de microorganismos nocivos. (Krzyzanowski et al., 1999)

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

¿El potencial fisiológico de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp*) expresan buenas características de viabilidad con relación a los años de almacenamiento?

10. METODOLOGÍA

10.1 Tipo de investigación.

10.1.1 Cualitativa y cuantitativa.

Esta investigación es cualitativa y cuantitativa por que se determina las cualidades fisiológicas de las semillas mediante pruebas fisiológicas de semilla y cuantitativa debido a que las recolecciones de los datos correspondientes a cada prueba sirven como medio de verificación y análisis.

10.2 Modalidad básica de la investigación.

10.2.1 De laboratorio

Esta investigación aplica para la fase de laboratorio debido a que los análisis realizados para la caracterización fisiológica de las ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) Contenían un ambiente controlado y en análisis específicas se aplicaron reactivos para su posterior análisis.

10.2.2 De campo

Esta investigación es de campo, debido a que algunos análisis fisiológicos de semillas fueron instalados en el campo de igual forma ocurre con el levantamiento de datos correspondiente.

10.3 Bibliografía documental.

Este estudio tiene gran relevancia en el material bibliográfico y documental ya que se encuentra basado en la metodología descrita por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA).

10.4 Ubicación del ensayo.

La investigación se lo realizo en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022.

Ilustración 2.

Ubicación de la investigación



Fuente: (Google Earth).

Tabla 2. Coordenadas geográficas de la investigación.

Coordenada del lugar de estudio	
Coordenada S	0°59'58
Coordenada W	78°37'21
Elevación	2,724 m.s.n.m.

Fuente: Calapiña, 2022.

10.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

10.5.1 Observación directa e indirecta

Mediante la observación directa e indirecta se pudo tener una caracterización fisiológica específica de cada variedad de semillas de amaranto (*Amaranthus spp*) durante la aplicación de los análisis de caracterización fisiológica siendo posible utilizar estas técnicas, permitiéndonos realizar un levantamiento de la información.

10.6 Instrumentos y equipos.

10.6.1 Equipo

Los equipos utilizados en esta investigación fueron: estufa, estereoscopio, cámara de germinación, conductivímetro, balanza analítica, balanza normal.

10.6.2 Registro de datos.

La recolección de datos se la realizó en un libro de campo, posteriormente estos mismos fueron tabulados a formato digital para su posterior análisis.

10.7 Análisis estadístico.

Los datos registrados correspondientes a cada prueba realizada fueron analizados estadísticamente con la ayuda del programa “RStudio”

Se realizó el análisis de: Variancia (ADEVA), la prueba de Tukey al 5% de significancia.

10.8 Elaboración de diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con ocho tratamientos con cuatro repeticiones y se aplicó pruebas de Tukey al 5 % a los datos de análisis correspondientes.

Tabla 3. Modelo de ADEVA DCA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL	31
TRATAMIENTOS	7
REPETICIONES	3
ERROR	21

Fuente: Calapiña, 2022.

Tabla 4. Identificación y codificación de las variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*).

VARIEDAD	CODIFICACIÓN	AÑO
Zelenaya Sosulka	T1	2011
Bulava	T2	2011
Diumovachka	T3	2013
Kizliarets	T4	2011
Fakel	T5	2011
India	T6	2011
Valentina	T7	2019
Kobaca	T8	2019

Fuente: Calapiña, 2022.

10.9 Manejo específico de la investigación

En la presente investigación se utilizó la metodología en base establecida por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) para la realización de los análisis correspondientes.

10.9.1 Transformación de raíz, (Ecuación de Poisson) ($\sqrt{x+0,5}$)

Se hace mención a (Banzatto & Kronka, 2012) por fórmula para la transformación de raíz cuadrada se utiliza generalmente para los datos de recuento. Ejemplos: número de malas hierbas por parcela, número de insectos atrapados en trampas de luz, número de pulgones o ácaros por hoja, etc. Cuando se producen “ceros” o valores bajos (menos de 10 o 15), las transformaciones recomendadas:

Fórmulas

$$\sqrt{x} + 0,5 \text{ o } \sqrt{x} + 1,0$$

Fuente: (Banzatto & Kronka, 2012).

10. 10 APLICACIÓN DE PRUEBAS DE ANÁLISIS FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS

10.11 PRUEBA DE HUMEDAD DE SEMILLA

La prueba de humedad se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en encaves de aluminio y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- Papel aluminio.
- Balanza analítica.
- Estufa eléctrica.

Fórmula

La siguiente fórmula se debe aplicar para obtener el resultado con el que se va a trabajar en el programa RStudio.

- a) Fórmula para sacar el porcentaje de humedad.

$$\text{H\%} = \frac{P_i - P_f}{P_i - t} * 100$$

Fuente: (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Donde:

P_i = Peso inicial sin ingresar al horno (Contenedores + tapa + semillas)

P_f = Peso final después del secado (Contenedores + tapa + semillas)

T = Tara (Peso del contenedor sin semillas)

Procedimiento

Para realizar la prueba fisiológica de humedad de semilla se utilizó la interpretación (RAS, 2009), Método de horno a 105 °C en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Ajustar la temperatura del horno a 105°C con anticipación debido a que el calentamiento del mismo requiere un poco de minutos.
2. A la falta de contenedores pequeños para nuestras semillas se tuvo que realizar los mismos de manera manual usando aluminio (envase + tapa)
3. Pesar el recipiente y su tapa, convenientemente identificados, en una balanza con sensibilidad de 0,001g.
4. Distribuir uniformemente las semillas en los contenedores.
5. Volver a pesar los contenedores, que ahora contienen las muestras de semillas, junto con las respectivas tapas.
6. Colocar los recipientes en la estufa de manera ordenada y con espacio suficiente para evitar accidentes al momento de retirarlos.
7. Empezar a contar el tiempo de secado una vez las muestras hayan sido colocadas en el horno asegurándonos que la temperatura este a 105°C.
8. Mantener las muestras en el horno durante 24 horas.
9. Retirar las muestras del horno después del período de secado.
10. Una vez enfriado, pesar el contenedor con su tapa y contenido.
11. Registrar los datos de manera ordenada para evitar confusiones.

Ilustración 3.

Contenedores pequeños de aluminio con las semillas listas para iniciar el análisis del contenido de humedad.



Fuente: Calapiña, 2022.

10.12 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR

La prueba de germinación estándar se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en cajas petri y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- 32 cajas Petri de plástico. Dimensiones 9 cm de diámetro *1,4 cm de alto.
- Papel de germinación.
- Agua destilada.
- Aspersores pequeños.
- Marcador permanente.
- Cámara de germinación.
- Libro de campo.
- Lápiz.

Procedimiento

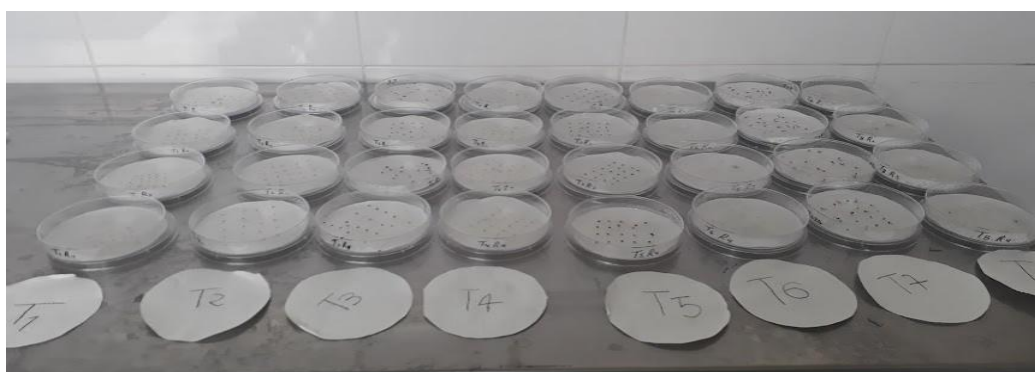
Para realizar la prueba fisiológica de germinación estándar se utilizó la interpretación de (Krzyzanowski et al., 1999) en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Tomar una muestra al azar de 400 semillas de semillas.
2. Se utilizó ocho tratamientos con cuatro repeticiones.
3. El sustrato elegido fue papel de germinación.
4. La siembra se la realizo en cajas petri con un sustrato de papel cortado a la medida.
5. Colocamos las semillas de manera uniforme y suficientemente separadas sembrándolas con la ayuda de un lápiz debido al tamaño de la semilla.
6. Una vez sembradas las muestras se debe etiquetar para evitar confusiones al momento de humedecer el sustrato y el conteo respectivo.
7. Para el humedecimiento del sustrato (papel de germinación) se lo peso al total de papeles a utilizar y a este valor se lo multiplico por tres. (Krzyzanowski et al., 1999). Dando como resultado la cantidad de agua a agregar.
8. El humedecimiento en todo este proceso se lo realizo con agua destilada.

9. Subsiguiente se colocaron las muestras en la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C.
10. Los conteos de germinación de plántulas se realizaron conforme con las normas (RAS, 2009). Recomendando realizarlos al cuarto y catorceavo día.
11. Mantener las semillas húmedas durante todo el período es de vital importancia para garantizar el cumplimiento idóneo de este análisis.

Ilustración 4.

Muestras de semillas sembradas en cajas petri.



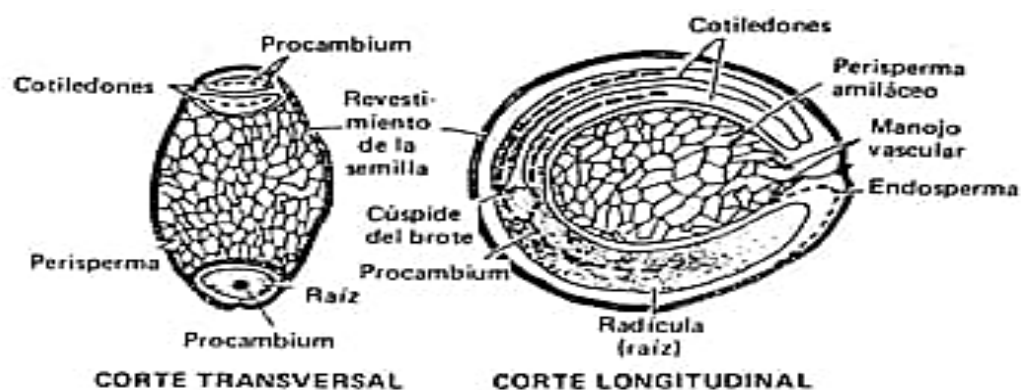
Fuente: Calapiña, 2022

10.13 PRUEBA DE TETRAZOLIO

Para la realización de esta prueba fisiológica de semilla (Tetrazolio) es necesario conocer e identificar la morfología de la semilla de amaranto (*Amaranthus spp.*).

Ilustración 5.

Morfología de la semilla de amaranto (*Amaranthus spp.*)



Fuente: (Irving et al., 1981)

La prueba de tetrazolio se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en recipientes de 2 onzas y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- Tetrazolio “cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio”. (20ml)
- 32 envases de 2 onzas.
- Estufa.
- Probeta
- Baso de precipitación
- Gotero.
- Hojas de papel bon.
- Estereoscopio.

Procedimiento

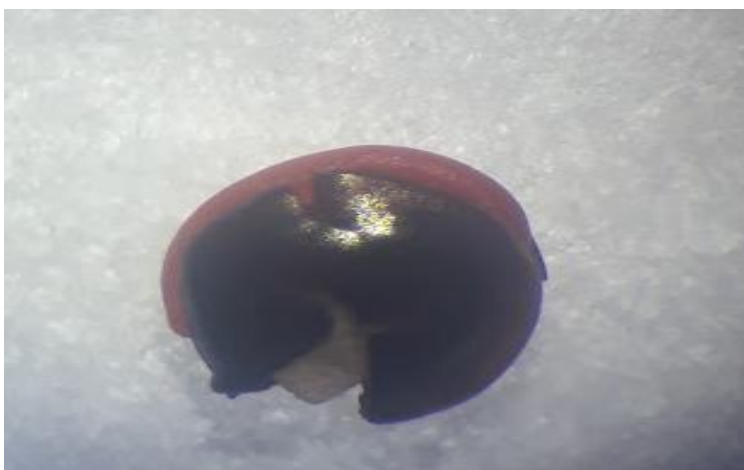
Para realizar la prueba fisiológica de tetrazolio se utilizó la interpretación (Krzyzanowski et al., 1999), en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Prepare una solución de tetrazolio al 5% mezclando con agua destilada.
2. La solución madre se debe almacenar en una probeta de 200 ml envuelta en papel aluminio.
3. Se debe remojar las semillas en agua durante toda la noche para suavizar el embrión y el endospermo y activar el sistema enzimático.
4. Conforme a la metodología mencionada no se pudo realizar los cortes a la semilla de amaranto debido a su pequeño tamaño por lo cual procedimos a aplastarlas.
5. Una vez transcurrido el tiempo de remojo se las colocan las muestras en otro envase y se agrega el tetrazolio a 5%.
6. Se trabajó con 20 ml de solución de tetrazolio al 5%. Se aplicó la cantidad de 0,60 ml a cada contenedor.

7. Subsiguiente colocar los contenedores en la estufa por una hora a una temperatura de 60 °C.
8. Una vez pasado el tiempo en la estufa las muestras se sacaron, organizaron por tratamiento y repeticiones.
9. Se proceder a ver su morfología identificando sus partes mediante el estereoscopio.
10. Identificación de las semillas.
 - Elevado vigor: teñido uniforme y parejo, tejido firme y brillante.
 - Vigor medio: embrión completamente teñido o ejes embrionarios teñidos en las dicotiledóneas. Las extremidades pueden no teñirse, mientras que algunas partes pueden estar más o menos teñidas.
 - Bajo vigor: grandes partes de las estructuras no esenciales sin teñir. Solo una raíz puede estar teñida (monocotiledóneas) o la punta extrema de una radícula sin teñir (dicotiledóneas). El tejido aparece lechoso y demasiado teñido.
11. Los datos se copilaron mediante fotografía y un libro de campo.

Ilustración 6.

Semilla de amaranto T7 (Valentina) vista en el estereoscopio donde se pude identificar su cotiledón pintado de rojo lo que nos indica que tiene un elevado vigor.



Fuente: Calapiña, 2022.

10.14 PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La prueba de conductividad eléctrica se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en contenedores de 2 onzas debido al tamaño de las semillas y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- Recipientes de plástico (copas) de 2 onzas.
- Probeta
- Agua desionizada
- Balanza analítica.
- Equipo para medir la conductividad eléctrica que tenga la unidad de medida (μS microsiemens.)
- Libro de campo.

Procedimiento

Para realizar la prueba fisiológica de conductividad eléctrica se utilizó la interpretación de (Krzyzanowski et al., 1999), en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Se utilizaron 4 repeticiones de 50 semillas de cada variedad.
2. Las semillas fueron pesadas por repeticiones en una balanza analítica.
3. Ubicar las semillas en su respectivo contenedor ya identificado para evitar confusiones.
4. Conforme a las recomendaciones de (Krzyzanowski et al., 1999) se agregó el agua destilada en cada contenedor. En nuestro caso fueron 20ml de agua desionizada.
5. Los contenedores fueron puestos en una caja de vidrio para evitar la contaminación, durante 24 h.
6. Utilizar un solo contenedor con agua desionizada solamente, como control para cada prueba.

7. Al final del período de remojo, remover las semillas y medir la conductividad eléctrica.
8. Medir la conductividad de los contenedores de control.
9. Entre las lecturas, enjuagar la celda de inmersión en agua desionizada.

Ilustración 7.

Contenedores con las semillas listas para realizar la medición de la conductividad eléctrica.



Fuente: Calapiña, 2022.

10.15 PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

La prueba de envejecimiento acelerado se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp*) con cuatro repeticiones en contenedores plásticos pequeños y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad. Subsiguiente a la realización de esta prueba se debe realizar una prueba de germinación estándar igual a la antes mencionada.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- 16 contenedores de plástico pequeños. (vasos plásticos)
- Papel corcho.
- Silicona líquida.
- Malla de metal.

- Tijeras.
- Rollo film.
- Papel de germinación.
- Agua destilada.
- Cámara de envejecimiento.

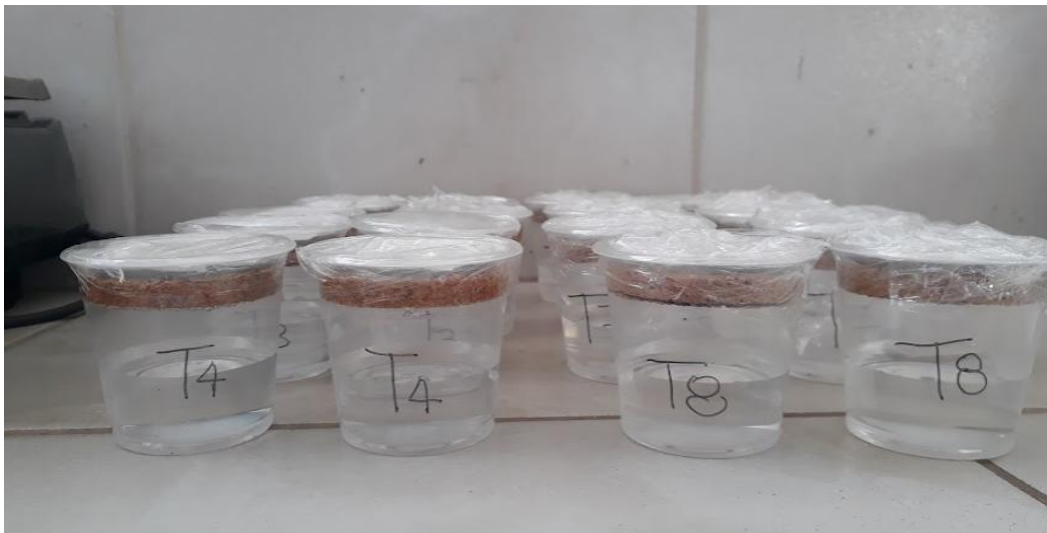
Procedimiento

Para realizar la prueba fisiológica de envejecimiento acelerado se utilizó la interpretación de (Krzyzanowski et al., 1999) en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Se utilizó recipientes plásticos pequeños (vasos pequeños)
2. Se trabajó con 400 semillas por cada tratamiento, estas fueron colocadas en dos partes en diferentes contenedores.
3. Estos contenedores fueron armados con anticipación para la realización de este análisis. Donde se colocó papel corcho de base pegada con silicona para evitar que se mueva. Sobre esta base se puso una malla de alambre.
4. Para que las semillas no se cayeran debido al tamaño de las mismas se puso con colchón una capa de papel de germinación y sobre esta se colocaron las semillas.
5. Conforme a las recomendaciones de (Krzyzanowski et al., 1999) se agregó el agua en cada contenedor. En nuestro caso fueron 30 ml de agua.
6. Cerramos cuidadosamente los recipientes con plástico film evitando dejar espacios abiertos.
7. Subsiguiente estos recipientes los etiquetamos y los pusimos en la cámara de envejecimiento acelerado 45°C durante 72 horas. Es importante que la temperatura sea estable para asegurar la validez de los resultados de varias pruebas repetidas.
8. Transcurrido este tiempo se procedió realizar una prueba de germinación estándar con cuatro repeticiones de 50 semillas cada una.
9. Los conteos de las semillas se efectúan de la mismo forma que en el análisis de germinación estándar.

Ilustración 8.

Contenedores finales previos a su ingreso a la cámara de envejecimiento acelerado.



Fuente: Calapiña, 2022.

10.16 PRUEBA ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE)

Con fundamento en el índice de velocidad de germinación (IVG) se procedió a replicar en campo, según (Mangure, 1962). Después del establecimiento del análisis se llevaron a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquél en que se observó la primera plántula emergida; el final del conteo fue a quince días después del establecimiento del experimento. Para analizar los datos se utilizó la siguiente fórmula propuesta por la misma.

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{N_i} \text{ lo que daría lo mismo que } IVE = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

n = Número de conteos.

i = 1.

G_i = Número de plántulas germinadas por día.

N_i = Número de días después de la siembra

La prueba de índice de velocidad de emergencia se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en una bandeja de metal y una cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- Bandeja metálica aprox. 1,50m * 30 cm * 4 cm.
- Palos de helado.
- Sustrato compuesto de tierra y arena (2:1).
- Palos de helado
- Marcador
- Libro de campo.
- Lápiz.
- Sarán.
- Tijera.
- Agua destilada.

Fórmula

Esta fórmula se debe aplicar para obtener el resultado con el que se va a trabajar en el programa RStudio.

- a) Fórmula para sacar el índice de velocidad de emergencia (IVE)

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{Gi}{Ni}$$

Fuente: (Mangure, 1962)

Procedimiento

Esta prueba es similar al de germinación, siguiendo las especificaciones y recomendaciones contenidas en las (Krzyzanowski et al., 1999). Pero con modificaciones apegadas a nuestra realidad y necesidades. Debido a que se la estableció en campo.

1. Para la elaboración del sustrato se realizó una mezcla homogénea entre tierra y arena (2:1) para ello ambas partes fueron pesadas.

2. Se realizó una mini parcela, llenando la bandeja metálica aprox. (1,50m * 30 cm * 4) cm con el sustrato.
3. La siembra se realizó con 100 semillas por repetición de cada variedad.
4. La identificación de los tratamientos se realizó de manera improvisada utilizando palos de helados.
5. El levantamiento de datos de IVE se realizaron durante 15 días consecutivos.
6. Se contaron las plantas emergidas de un día más las del día anterior.
7. Mantener el sustrato húmedo durante todo el período de prueba.

Ilustración 9.

Mini parcela más el sustrato listo para sembrar las semillas de amaranto.



Fuente: Calapiña, 2022.

10.17 PRUEBA MATERIA SECA

Esta prueba es subsiguiente a la de (IVE) estándar se realizó con el material provisto de la misma.

Equipos y materiales

- Material vegetal provisto de (IVE).
- Bisturí.
- Bolsas de papel.
- Estufa.
- Balanza analítica.
- Libro de campo.

Procedimiento

Para realizar la prueba fisiológica de materia seca se utilizó la interpretación (Krzyzanowski et al., 1999), en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Este análisis es subsiguiente al IVE y una vez concluyo el mismo se tomaron las muestras del material vegetal.
2. Al momento de tomar las muestras se deberán extraer completamente del sustrato.
3. Una vez fuera del sustrato deberán limpiar el resto de tierra y cortar con un bisturí restos de semillas o cualquier otro residuo de tejido vegetal.
4. Las muestras se guardan en recipientes de papel previamente pesados en una balanza analítica.
5. Estas muestras se registran por tratamiento y repetición para evitar confusiones a la hora de registrar los datos.
6. Subsiguiente las muestras se colocan en una estufa regulada a 80°C durante 24 horas.
7. Tras este periodo, las muestras se sacan del horno, una vez enfriadas, se pesan en balanzas con una precisión de 0,001 g o 0,0001 g.

Ilustración 10.

Pequeña muestra se plántulas emergidas T3 (Diumovachka).



Fuente: Calapiña, 2022.

10.18 PRUEBA DE FRÍO

La prueba de frío se realizó con ocho variedades de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) con cuatro repeticiones en cajas petri, sembradas en sustrato de tierra y arena, La cantidad de 100 semillas por repetición de cada variedad.

Equipos y materiales

- Semillas ocho variedades de amaranto.
- 32 cajas petri de plástico. Dimensiones 9 cm de diámetro * 1,4 cm de alto.
- Sustrato de tierra y arena (1:1).
- Agua destilada.
- Probeta.
- Balanza.
- Refrigerador a 10 °C.
- Papel aluminio.

Fórmula

a) Fórmula para sacar el volumen de las cajas petri.

$$Vc = \pi \times r^2 \times h$$

Procedimiento

Para realizar la prueba fisiológica de análisis de frío se utilizó la interpretación (Krzyzanowski et al., 1999), en donde menciona que para el análisis se deben realizar las siguientes actividades:

1. Pesar cantidades iguales de arena y tierra.
2. Mezclar la arena con el suelo tamizado en una proporción de 1:1, para obtener una mezcla homogénea.
3. Coloque la mezcla en las cajas de plástico. La cantidad a agregar según la fórmula (a). debido a (Krzyzanowski et al., 1999) sugiere utilizar embaces con las dimensiones 30 x 20 x 10 en de 4000 g de mezcla de arena/suelo. Y nosotros utilizamos cajas petri.
4. Nosotros utilizamos 100 semillas por cada correspondiente a cada variedad.
5. La siembra se realizó en pequeñas 5 filas * 20 semillas dentro de la caja petri.

- b) Agregar el agua según describe (Krzyzanowski et al., 1999) En 100 gr de mezcla (suelo arena) agregar 50ml de agua dentro de un embudo sobre una probeta y dejar reposar por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo medir la cantidad que se almaceno en la probeta, este valor se le resta al valor inicial de agua agregada, el resultado obtenido será la cantidad de agua a agregar.
6. Colocar en el refrigerador y mantener a 10°C durante 7 días.
7. Retirar las bandejas del refrigerador, poner a germinar a una temperatura ambiente y realizar los respectivos conteos.

Ilustración 11.

Cajas petri con el sustrato listas para sembrar las semillas correspondientes.



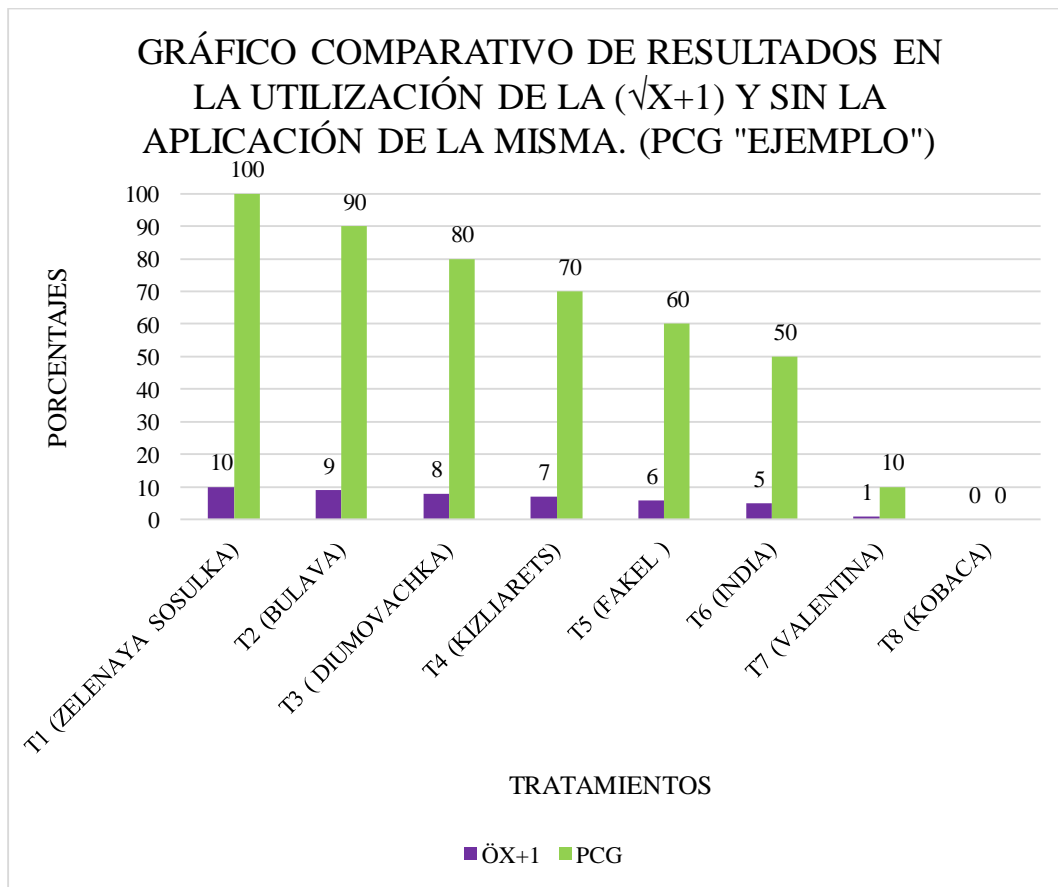
Fuente: Calapiña, 2022.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la realización de los análisis correspondientes a cada prueba de fisiológica de semillas para las ocho variedades de semilla de amaranto (*Amaranthus spp.*) se aplicó en los datos que presentaron un valor de cero la (Ecuación de Poisson) $(\sqrt{x+1})$ mencionada por (Banzatto & Kronka, 2012). Dando como resultado una variación al momento de expresar los resultados, siendo estos disminuidos a una base de diez veces su valor original.

Como se puede expresar en la siguiente gráfica de ejemplo:

Gráfico 1. Comparación de resultados en la utilización de la $(\sqrt{x+1})$ y sin la aplicación de la misma. (PCG "EJEMPLO")



Fuente: Calapiña, 2022.

11.1 PRUEBA DE HUMEDAD.

El análisis de humedad se realizó en el laboratorio y se instaló dentro de contenedores de hecho de aluminio (tara) estos fueron pesados en una balanza analítica y subsiguiente se colocaron la muestra de semillas por repetición de cada variedad siendo estas pesadas de igual forma. Los contenedores fueron colocados en la estufa a 105⁰C durante 24 horas.

Tabla 5. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables contenido de humedad.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	10.4	1.484	1.73	0.148**
RESIDUO	24	20.5	0.856		
TOTAL	31	30.9			
CV=16.3%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 5. Da a conocer el análisis de varianza para la variable de contenido de humedad final, los residuos pueden ser considerados normales, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 16,3% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 6. Prueba tukey al 5% de significancia el contenido de humedad.

TRATAMIENTOS	MEDIAS (100%)	RANGOS
T1	4.91	A
T2	4.80	A
T3	5.38	A
T4	5.63	A
T5	5.85	A
T6	6.12	A
T7	6.57	A
T8	6.05	A

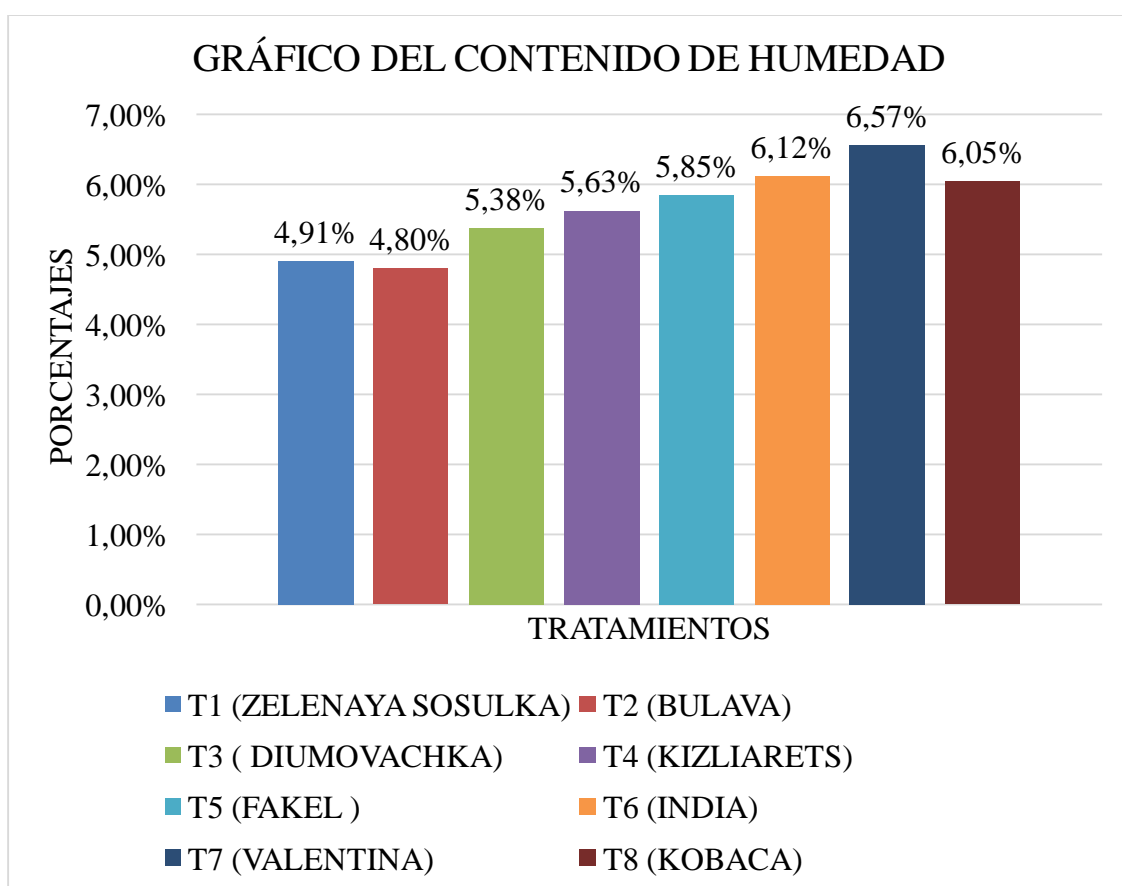
Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 6. Se presenta la prueba de tukey al 5% para las variables el contenido de humedad. Donde las medias no pueden ser consideradas diferentes teniendo un rango A para todos los tratamientos.

DISCUSIÓN

En los resultados de esta investigación se puede apreciar el contenido de humedad de las semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) donde los tratamientos presentan un porcentaje de humedad entre 4,80 a 6,57%, nuestros resultados obtenidos son similares a la investigación de (Gutierrez, 2009) quien evaluó diez tratamiento de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) realizando una prueba de humedad a diferentes temperaturas 20°C, 25°C y 30°C obteniendo un contenido de humedad entre 3 a 7%.

Gráfico 2. Contenido de humedad.



Fuente: Calapiña, 2022.

11.2 PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR.

El análisis de germinación se instaló dentro de cajas petri y las mismas fueron guardadas dentro de la cámara germinadora con una temperatura de 25 °C. los conteos fueron realizados a 4to (PCG) y 14vo (CFG) día respectivamente conforme nos menciona las (RAS, 2009).

Tabla 7. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable primer conteo de germinación (PCG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	7	255,7	36,5	74,5	9,92e-15 **
Residuo	24	11,8	0,5		
Total	31	267,5			
CV=22,7%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 7. Da a conocer el análisis de varianza para las variables en primer conteo de germinación, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 22.7% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 8. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable (PCG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

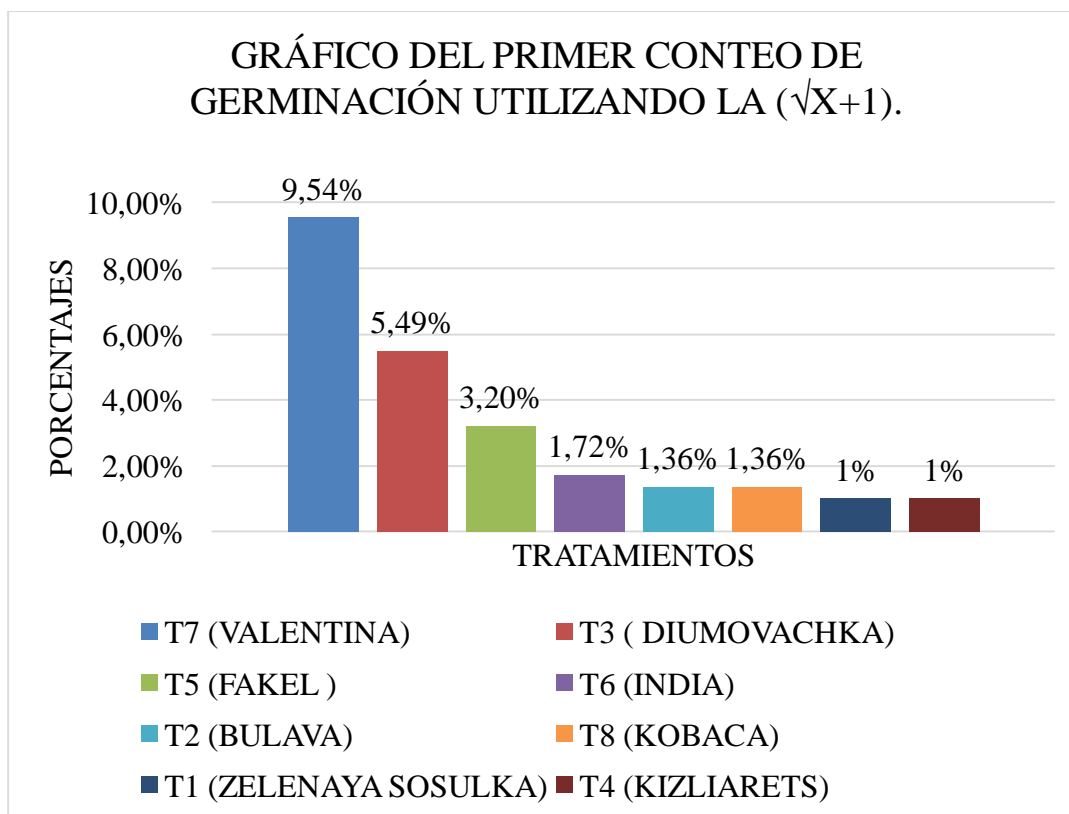
TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	9.54	90.54	A
T3	5.49	50.49	B
T5	3.2	30.20	C
T6	1.72	10.72	CD
T2	1.36	10.36	D
T8	1.36	10.36	D
T1	1	0	D
T4	1	0	D

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 8. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable en primer conteo de germinación. Donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 9,54 de la variable transformada y (90,54%) de expresión real, con un rango A, y los peores

tratamientos son T1 (Zelenaya Sosulka) y T4 (Kizliarets) presentando medias de 1 de la variable transformada y (0%) de expresión real, con un rango D.

Gráfico 3. Primer conteo de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

Tabla 9. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable conteo final de germinación (CFG) utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	349	49.8	41.4	7.08e-12**
RESIDUO	24	29	1.2		
TOTAL	31	378			
CV=20.6%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 9. Da a conocer el análisis de varianza para la variable conteo final de germinación, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando

un coeficiente variación de CV= 20,6% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 10. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable conteo final de germinación (CFG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	9.73	90.73	A
T3	9.47	90.47	A
T5	8.04	80.04	AB
T6	6.6	60.60	B
T8	3.29	30.29	C
T2	2.09	20.09	C
T4	1.72	10.72	C
T1	1.58	10.58	C

Fuente: Calapiña, 2022.

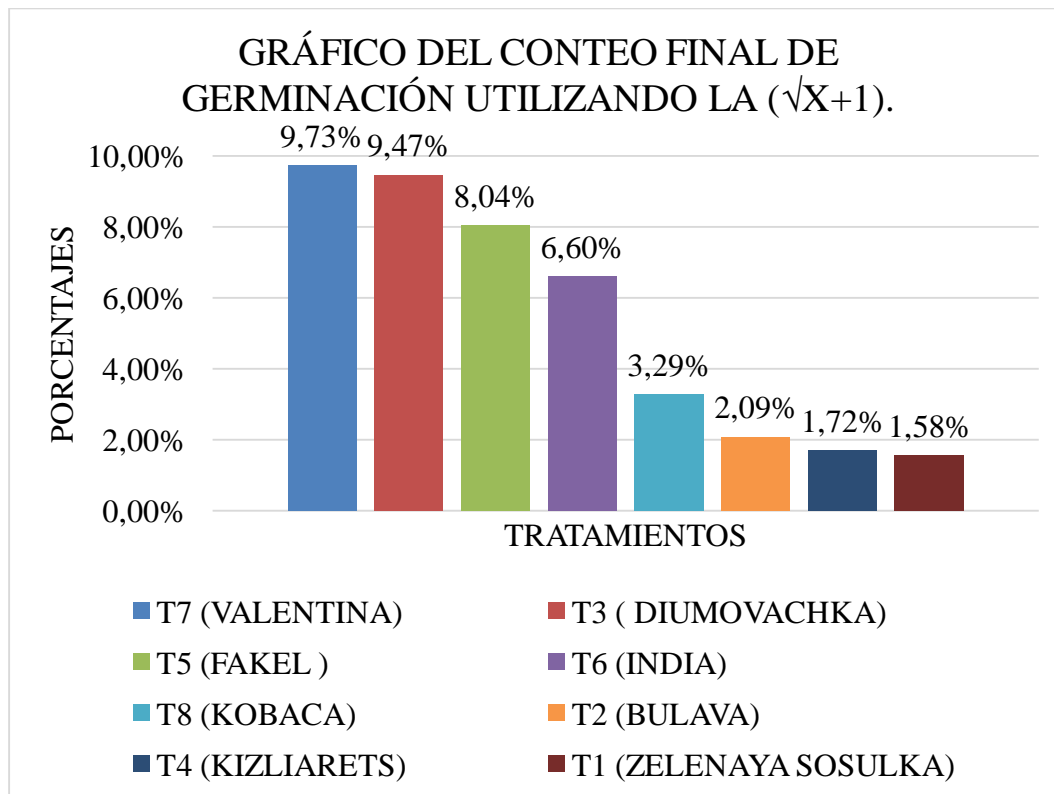
En la tabla 10. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable conteo final de germinación. Donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 9,73 de la variable transformada y (90,73%) de expresión real, con un rango A y los peores tratamientos son T1 (Zelenaya Sosulka) presentando una media de 1,58 de la variable transformada y (10,58%) de expresión real, con un rango de C. Seguida de T4 (Kizliarets) con una media de 1,72 de la variable transformada y (10,72%) de expresión real, con un rango C.

DISCUSIÓN

Como lo afirma (Salinas et al., 2001) quien realizó pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja, utilizando semillas de diferentes cultivares en 1997 y 1998. Presentando la prueba de germinación realizada para el año 1997 a Asgrow 7986 con 97% el mejor desempeño y Don Mario 49 con 80% el menor desempeño. Para el año 1998, Asgrow 6001 mostró la mejor germinación con 99% y Don Mario 4700 RR 80% obtuvo el peor desempeño, resultados diferentes a los obtenidos en la presente investigación se puede apreciar una germinación estándar de las semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) donde el mejor tratamiento fue T7

(Valentina) del año 2019 con 90,73% y T1 (Zelenaya Sosulka) del año 2011 presento el menor de 10,72%. Se cree que los años y condiciones de almacenamiento de las semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) influyeron en resultados.

Gráfico 4. Conteo final de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

11.3 PRUEBA DE TETRAZOLIO.

El análisis de tetrazolio se lo realizo en el laboratorio de la universidad, con una solución de tetrazolio al 5%, de igual forma se utilizaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones.

Tabla 11. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable terazolio (vigor) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	256.8	33.4	31.2	1.48e-10**
RESIDUO	24	25.7	1.1		
TOTAL	31	259.6			
CV=14,6%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 11. Da a conocer el análisis de varianza para la variable terazolio (vigor), los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 14,6% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 12. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable terazolio (vigor) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

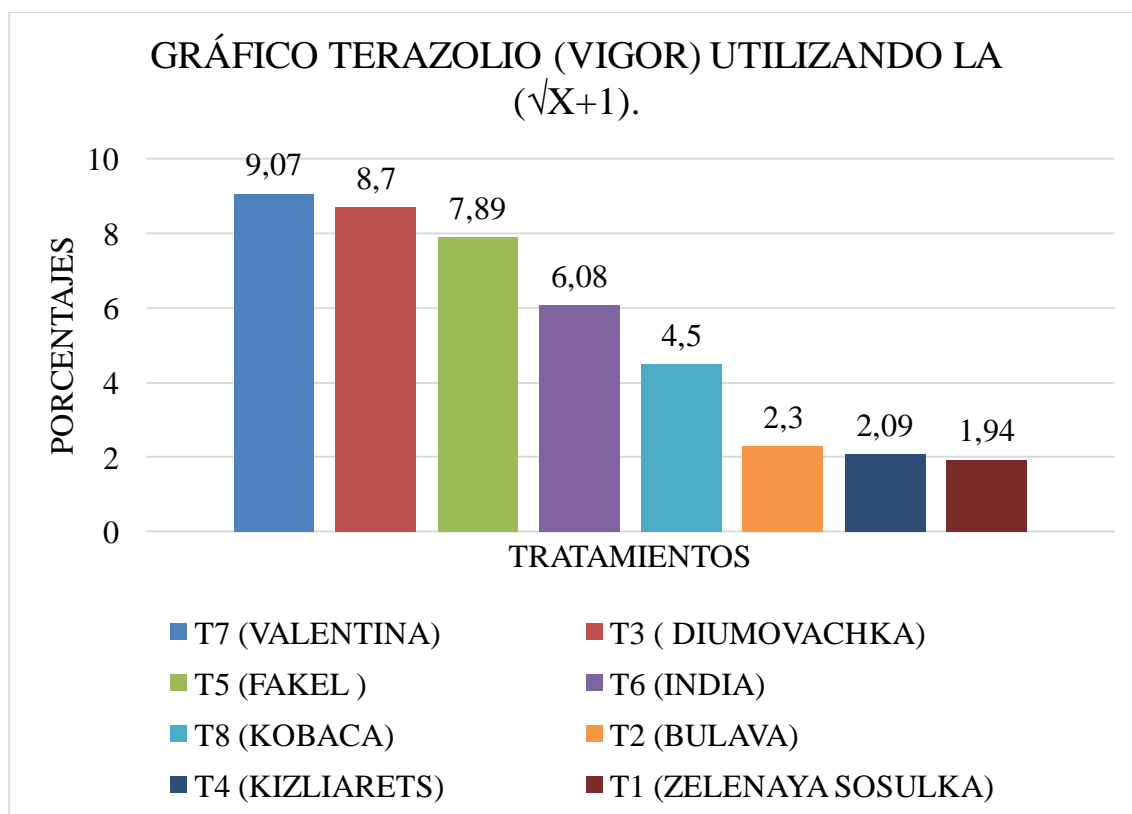
TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	9,07	90,07	A
T3	8,7	80,70	A
T5	7,89	70,89	AB
T6	6,08	60,08	BC
T8	4,5	40,50	C
T2	2,3	20,30	D
T4	2,09	20,09	D
T1	1,94	10,94	D

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 12. Se presenta la prueba de tukey al 5% para las variable tetrazolio (vigor) expresando que el mejor tratamiento es. T7 (Valentina) con una media de 9,07 de la variable transformada y (90,07%) de expresión real, con un rango A. Seguida de T3 (Diumovachka) con una media de 8,7 de la variable transformada y (80,70%) de expresión real, con un rango A. Los peores resultados fueron T1 (Zelenaya Sosulka) con

una media de 1,94 de la variable transformada y (10,94%) de expresión real, con un rango D, seguida T4 (Kizliarets) con una media de 2,09 de la variable transformada y (20,09%) de expresión real, con un rango D.

Gráfico 5. Terazolio (vigor) utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

Tabla 13. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable terazolio (viabilidad).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	33130	4733	236	1,51e-20**
RESIDUO	24	481	20		
TOTAL	31	33612			
CV=7,29%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 13. Da a conocer el análisis de varianza para la variable terazolio (viabilidad) los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente

variación de CV= 7,29% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 14. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable terazolío (viabilidad).

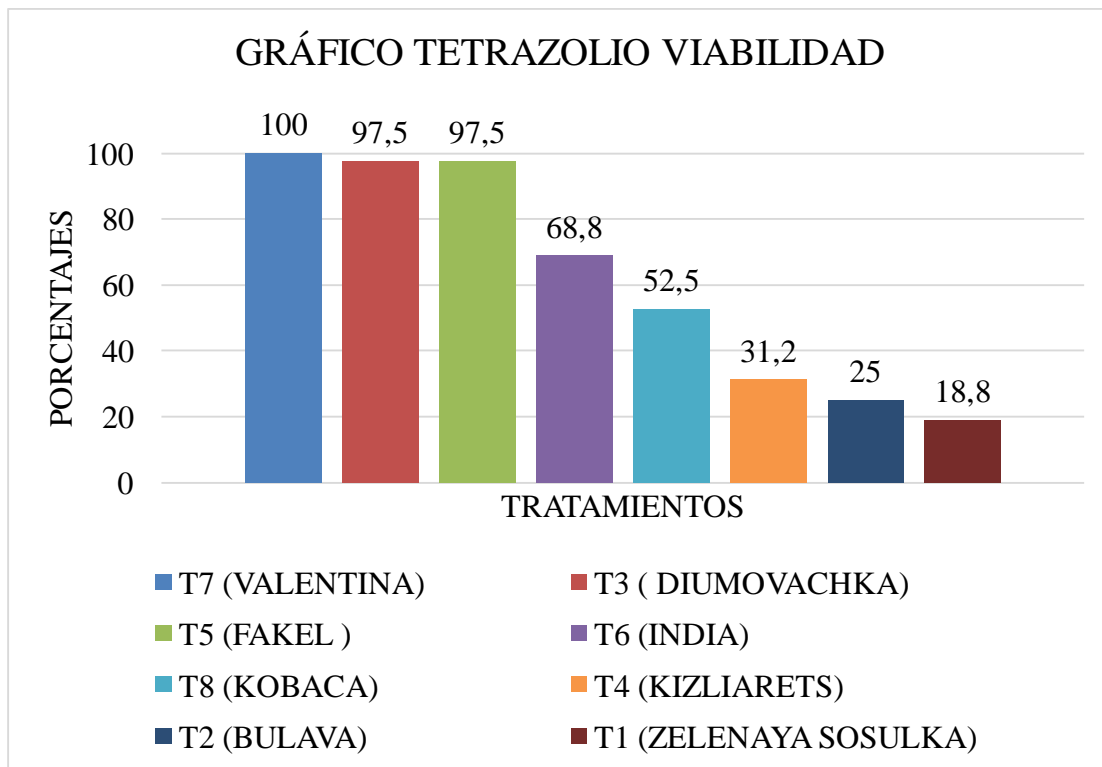
TRATAMIENTOS	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	100	A
T3	97,5	A
T5	97,5	A
T6	68,8	B
T8	52,5	C
T4	31,2	D
T2	25	DE
T1	18,8	E

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 14. Se presenta la prueba de tukey al 5% para las variable terazolío (viabilidad) expresando que el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 100% de expresión real, con un rango de A. Seguida de T3 (India) y T5 (Fakel) con una media de 97,5% de expresión real, con un rango de A para los dos tratamientos. El rango más bajo corresponde a T1 (Zelenaya Sosulka) con una media de 18,8% de expresión real, con un rango de E.

DISCUSIÓN

En los resultados de esta investigación para la variable terazolío (Vigor) las semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) obtuvieron lo siguiente: el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 100% de expresión real, con un rango de A. Seguida de T3 (India) y T5 (Fakel) con una media de 97,5% de expresión real, con un rango de A para los dos tratamientos. Nuestros resultados obtenidos son similares a la afirmación de (Bradbeer, 1988) postula si más del 90% de las semillas sometidas a la prueba de terazolío presentan una intensa tinción, podríamos asegurar, en el caso de cultivos un excelente establecimiento en el campo.

Gráfico 6. Tetrazolio viabilidad.

Fuente: Calapiña, 2022.

11.4 PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

El análisis de conductividad eléctrica se lo realizo con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, las muestras fueron puestas en remojo en agua desionizada por un periodo de 24 horas y subsiguiente al remojo se procedió a realizar la toma de la conductividad eléctrica.

Tabla 15. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de conductividad eléctrica.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	4007814	572545	7.88	5.6e-05**
RESIDUO	24	1744253	72677		
TOTAL	31	5752067			
CV=21.6%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 15. Da a conocer el análisis de varianza para la variable en la conductividad eléctrica, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 21,6% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 16. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de conductividad eléctrica.

TRATAMIENTOS	MEDIAS (μS microsiemens)	RANGOS
T4	1812	D
T1	1624	CD
T2	1470	CD
T8	1411	BCD
T5	1033	ABCD
T6	961	ABC
T3	854	AB
T7	821	A

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 16. Se presenta la prueba de tukey al 5% para las variables en la conductividad eléctrica, presentando el mejor resultado T7 (Valentina) con una media de 821 μS microsiemens con un rango de A, esto hace referencia que el tratamiento posee una baja conductividad eléctrica. Los resultados más elevados están presentes en los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka) con una media de 1624 μS microsiemens con un

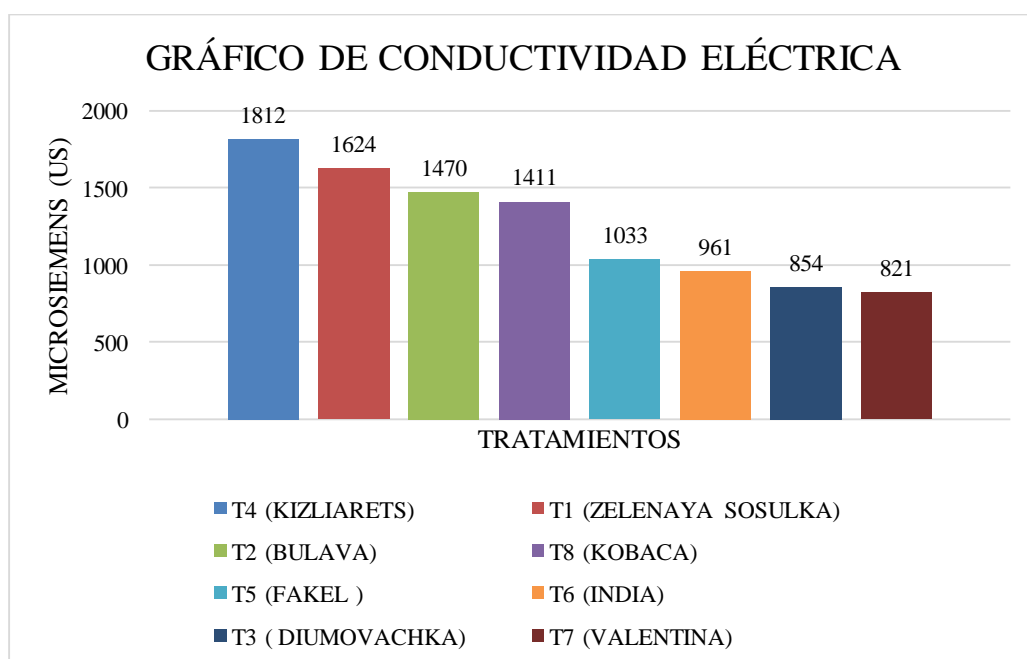
rango de CD, seguida de T4 (Kizliarets) con una media de 1812 μS microsiemens con un rango de D. Esto se ve ratificado con la prueba de germinación estándar realizada anteriormente.

DISCUSIÓN

En los resultados obtenidos en esta investigación para la variable de conductividad eléctrica presento el valor más bajo en el tratamiento T7 (Valentina) con una media de 821 μS microsiemens con un rango de A, y el valor más alto T4 (Kizliarets) con una media de 1812 μS microsiemens con un rango de D, seguida de T1 (Zelenaya Sosulka) con una media de 1624 μS microsiemens con un rango de CD. Donde se puede relacionar con el trabajo similar desarrollado por (Vitoria & Natera, 2007) que evaluó la relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica, obteniendo lotes de semillas con altos valores de altura de planta y peso seco de vástago y de raíces presentaron bajos valores de conductividad eléctrica.

Por tanto, los resultados de esta investigación confirman que la integridad de la membrana celular evaluada con la prueba de la conductividad eléctrica es una causa fundamental de la degradación del vigor de la semilla ya que T4 (Kizliarets), T1 (Zelenaya Sosulka) no superaron la media 11% en la prueba de germinación estándar.

Gráfico 7. Conductividad eléctrica.



Fuente: Calapiña, 2022.

11.5 PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.

El análisis de envejecimiento acelerado se estableció con ocho variedades y cuatro repeticiones, las semillas fueron sometidas a una temperatura de 45 °C por un trascurso de 72 horas, posterior a esto las semillas se sometieron a una prueba de germinación estándar y los conteos respectivos se los realizan de igual forma al 4to día para (EAPCG) y al 14vo día para (EACFG).

Tabla 17. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	226.1	32.3	332	2.71e-22**
RESIDUO	24	2.3	0.1		
TOTAL	31	228.4			
CV=15.6%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 17. Da a conocer el análisis de varianza para la variable de envejecimiento acelerado, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 15,6% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 18. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

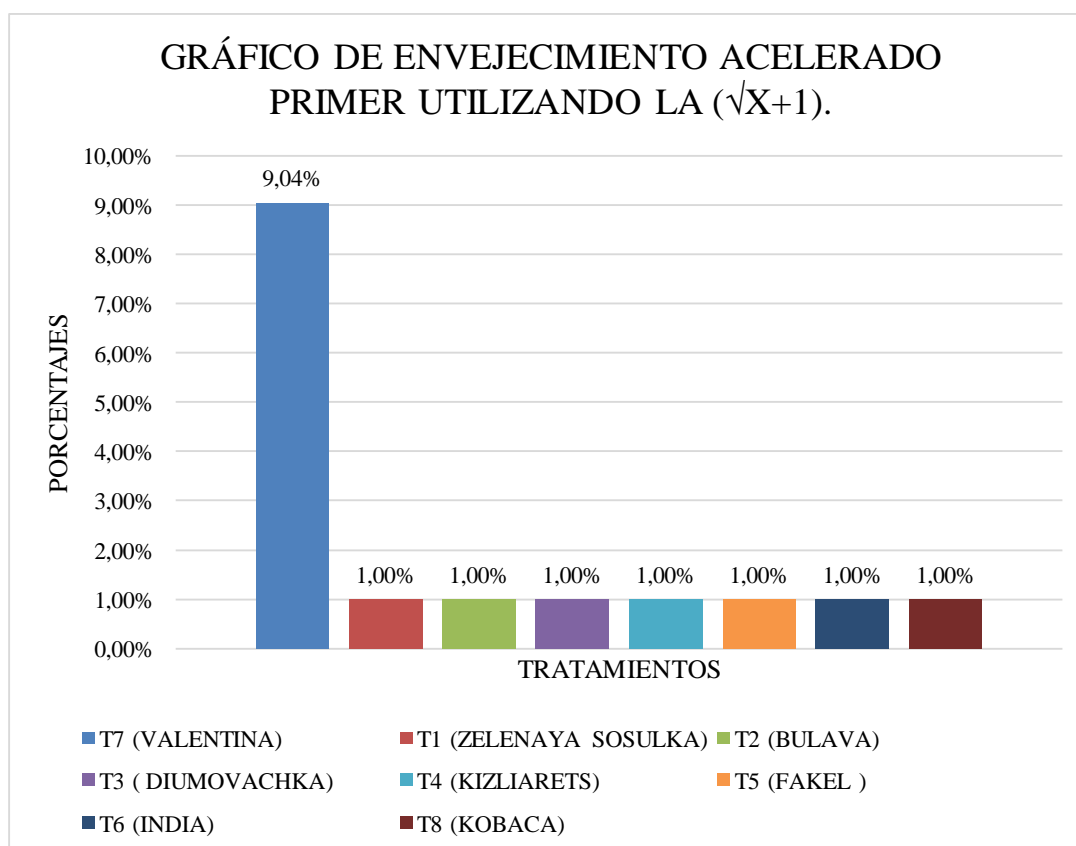
TRATAMIENTOS	MEDIAS $(\sqrt{x+1})$	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	9.04	90.04	A
T1	1	0	B
T2	1	0	B
T3	1	0	B
T4	1	0	B
T5	1	0	B
T6	1	0	B
T8	1	0	B

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 18. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación. Donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 9,04 de la variable transformada y (90,04%) de expresión real, con un

rango A, y el resto de tratamientos presenta una media de 1 de la variable transformada y (0%) de expresión real, con un rango de B, esto se debe a que solo el tratamiento T7 presento germinación en sus respectivas repeticiones.

Gráfico 8. Envejecimiento acelerado primer utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

Tabla 19. Análisis de varianza (ADEVA) para las variable envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EAPCG) utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	303	43.3	22.3	4.73e-09**
RESIDUO	24	47	1.9		
TOTAL	31	350			
CV=38,2%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 19. Da a conocer el análisis de varianza para la variable en envejecimiento acelerado conteo final de germinación, los tratamientos muestran diferencia estadística

significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 38,2% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 20. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EACFG) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	9.86	90.86	A
T5	6.23	60.23	B
T3	5.2	50.20	B
T6	3.92	30.92	BC
T1	1	0	C
T2	1	0	C
T4	1	0	C
T8	1	0	C

Fuente: Calapiña, 2022.

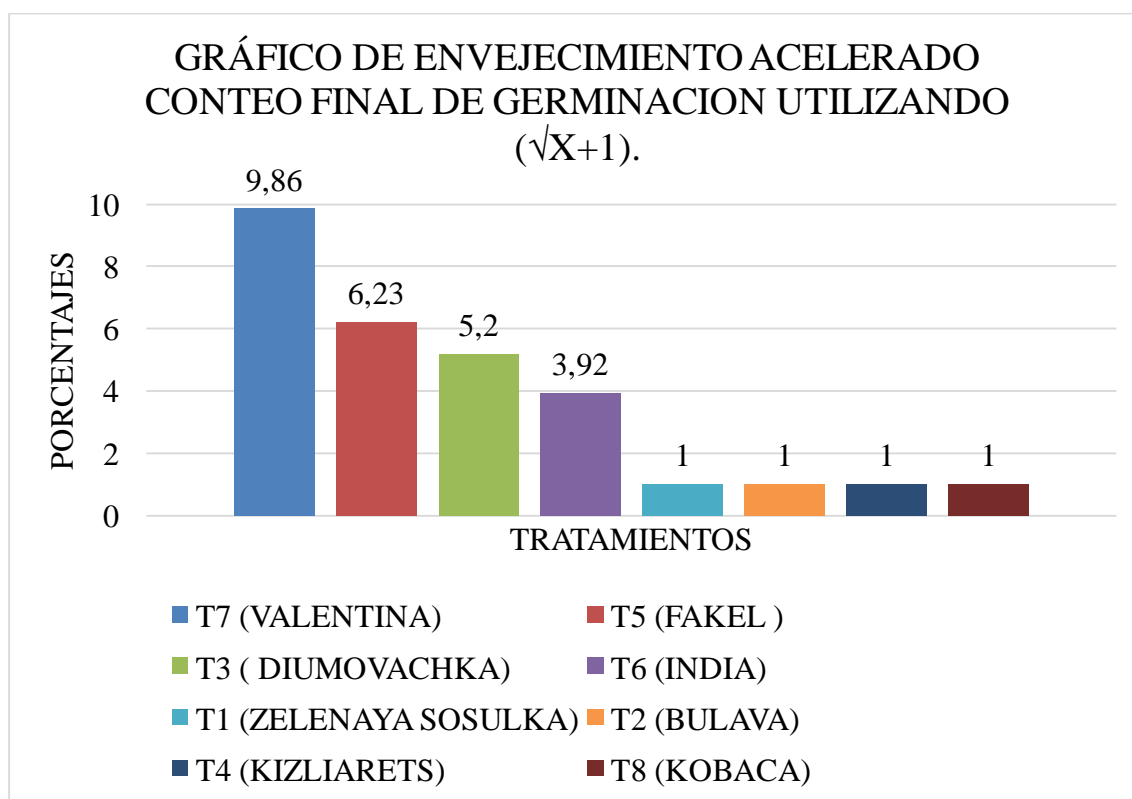
En la tabla 20. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable de envejecimiento acelerado conteo final de germinación, Donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 9,86 de la variable transformada y (90,86%) de expresión real, con un rango A, seguida de T5 (Fakel) con una media de 6,23 de la variable transformada y (60,23%) de expresión real, en rango B, y T3 (Diumovachka) con media 5,2 de la variable transformada y (50,20%) de expresión real, con rango de BC. Los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets) y T8 (Kobaca) presentan medias de 1 de la variable transformada y (0%) de expresión real, con un rango de C, esto se debe a no presentaron germinación.

DISCUSIÓN

En la investigación desarrollada por (González Rodríguez et al., 2018) que evaluaron fisiológicamente realizando una prueba de envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo utilizando tres variedades de maíz (País tuxpeño, X'nuuknal y Sinaloa) obtuvo resultados similares donde País Tuxpeño presentó el mayor porcentaje de germinación 95% y el Sinaloa con el más bajo 53% con respecto a los tiempos de 24 y 48 h de envejecimiento, resultados diferentes a los obtenidos en la presente investigación, Esto hace referencia a

(Aristizábal y Álvarez, 2006) señalan que las semillas con germinación superior a 80% después del envejecimiento acelerado podrían ser clasificados como de alto vigor, siendo favorable para el máximo resultado obtenido que es para T7 (Valentina) con una media (90,86%) de expresión real, con un rango A. Entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60% como de bajo vigor, lo que concuerda con nuestros resultados para los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets) y T8 (Kobaca) con una media de (0%) de expresión real, con un rango de C.

Gráfico 9. Envejecimiento acelerado conteo final de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

11.6 PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).

El índice de velocidad de emergencia se lo realizo en campo con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, la implementación del análisis se la realizo en campo, el conteo se lo realizo durante 15 días consecutivos.

Tabla 21. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	49.6	7.09	281	1.89e-21**
RESIDUO	24	0.6	0.03		
TOTAL	31	50.2			
CV=8,02%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 21. Da a conocer el análisis de varianza para la variable índice de velocidad de emergencia posterior a los 15 días de conteos consecutivos, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 8,02% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 22. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable de índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	4.15	40.15	A
T3	3.69	30.69	B
T5	2.69	20.69	C
T6	1.24	10.24	D
T4	1.06	10.06	D
T1	1	0	D
T2	1	0	D
T8	1	0	D

Fuente: Calapiña, 2022.

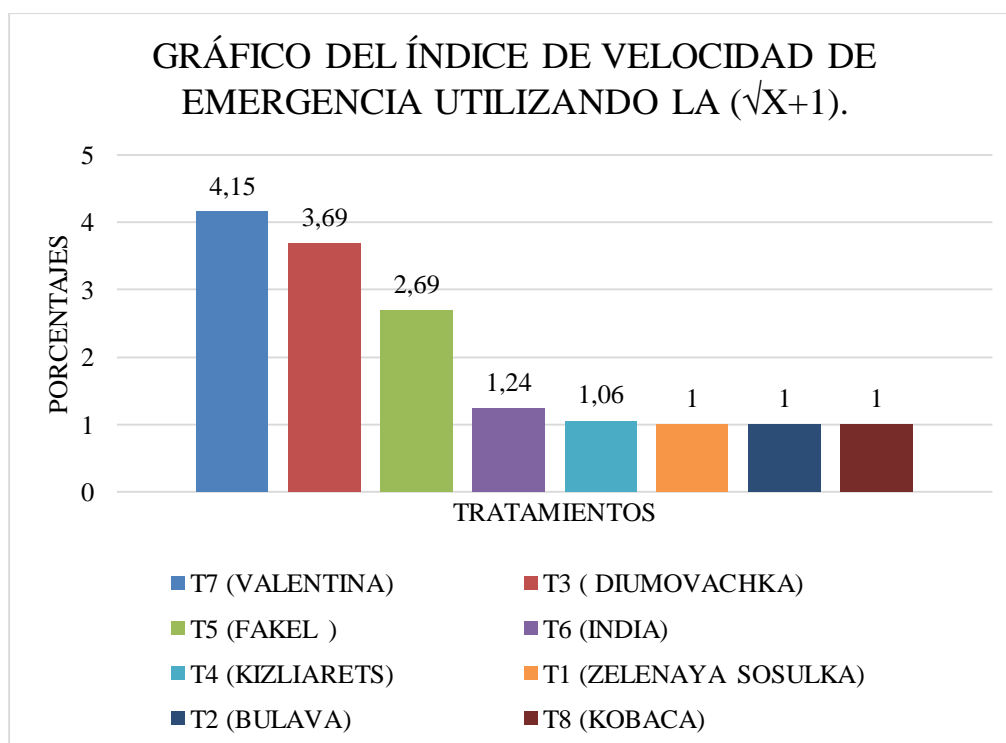
En la tabla 22. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable de índice de velocidad de emergencia. Donde se observa el mejor el tratamiento T7 (Valentina) con una media 4,15 de la variable transformada y (40,15%) de expresión real con un rango A. Los tratamientos con un bajo resultado son T8 (Kobaca), T1 (Zelenaya Sosulka), T2

(Bulava) con una media 1 de la variable transformada y (0%) de expresión real, con un rango de D para los tres tratamientos.

DISCUSIÓN

En el trabajo similar realizado por (Solis et al., 2010) quienes evaluaron el Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz, con diez líneas de maíz trabajando con muestras de con cuatro repeticiones de 25, 50, 75 y 100 semillas obteniendo valores de 3.1, 6.8, 10.3 y 13.7. además, el coeficiente de variación es menor al 10%. Resultados que tienen cierta relación con nuestra investigación en la prueba de índice de velocidad de emergencia debido a que se trabajó con 100 semillas y cuatro repeticiones presentando al mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media 4,15 o (40,15%) de expresión real con un rango A. Los tratamientos con un bajo resultado son T8 (Kobaca), T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava) con una media 1 o (0%) de expresión real, con un rango de D para los tres tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,02%.

Gráfico 10. Índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando la $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

11.7 PRUEBA DE MATERIA SECA DE PLÁNTULAS

Este análisis es subsiguiente al índice de velocidad de emergencia por lo cual se lo debe llevar con mucho cuidado, una vez emergida las plántulas las procedemos a retirar del sustrato con cuidado, luego le cortamos el exceso de raíz o de residuos vegetales, las muestras se colocan en fundas de papel previamente pesadas, rotuladas. Estas muestras son puestas en un horno a 80°C durante 24 horas. Finalmente, transcurrido el tiempo se pesan las muestras y registran datos.

Tabla 23. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de índice de materia seca utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	119	17,01	47,3	1,63e-12**
RESIDUO	24	8	0,36		
TOTAL	31	127.7			
CV=24,02%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 23. Da a conocer el análisis de varianza para la variable materia seca, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 24,02% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 24 Prueba tukey al 5% de significancia para la variable materia seca utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	5,56	50,56	A
T3	4,86	40,86	A
T5	4,39	40,39	A
T6	1	0	B
T4	1	0	B
T1	1	0	B
T2	1	0	B
T8	1	0	B

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 24. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable materia seca donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 5,56 de la variable

transformada y (50,56%) de expresión real que los valores de cero corresponden a los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava) y T8 (Kobaca) debido a que no se presentó germinación en los mismos.

T4 (Kizliarets), T6 (India) presentaron valores demasiado bajos en la prueba de índice de velocidad de emergencia por lo cual quedaron descartados en la evaluación de esta prueba.

Estos datos fueron obtenidos mediante la respectiva toma de tatos y aplicación de fórmulas correspondientes.

$$(P_i - t) = PN$$

$$(P_i - t) - (P_f - t) = HP$$

$$MS = PN - HP$$

Donde:

Pi = Peso inicial

t = Tara

Pf = Peso final.

PN = Pero neto

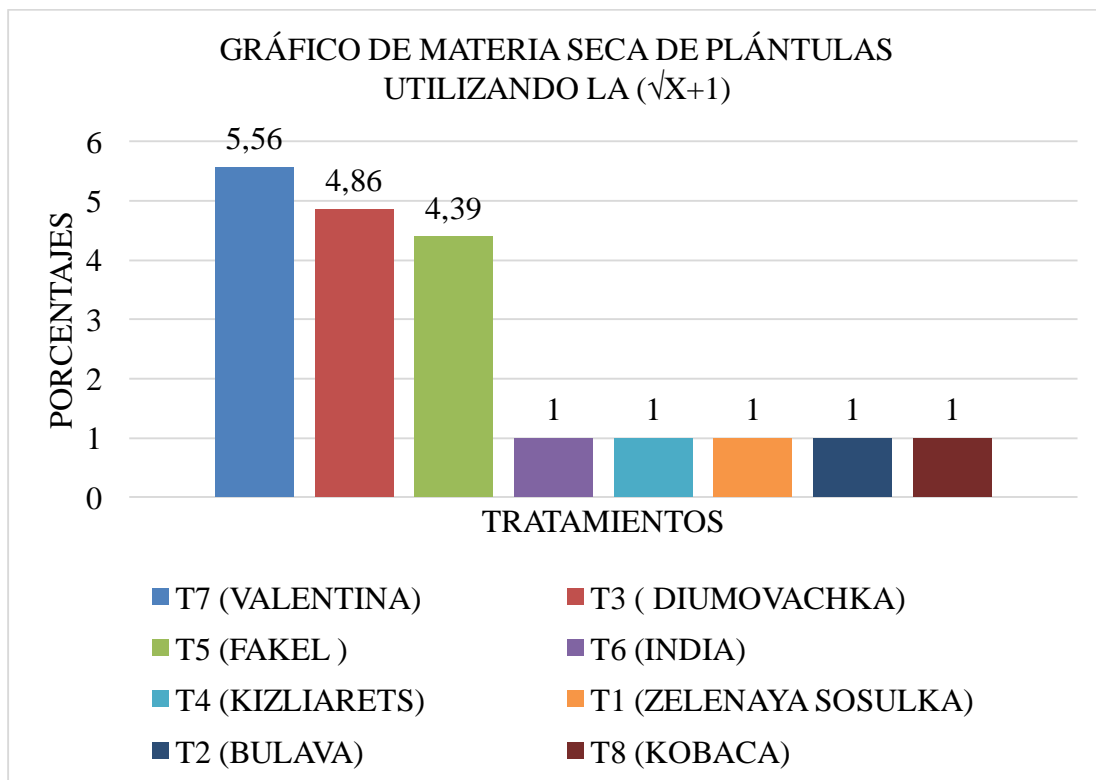
HP = Humedad perdida.

MS = Materia seca.

DISCUSIÓN

El resultado de materia seca está vinculado a la prueba de (IVE) índice de velocidad de emergencia haciendo referencia a (Ramírez, 2011) si una muestra "X" es sometida a un calor moderado ejemplo: 65°C por 48 horas, de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de esa muestra, lo que coincide con la metodología seguida en esta investigación donde el mejor tratamiento fue T7 (Valentina) con una media de 50,56% y que los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) y T8 (Kobaca) no presentaron germinación teniendo un contenido de materia seca negativo.

Gráfico 11. Materia seca utilizando la $(\sqrt{x+1})$



Fuente: Calapiña, 2022.

11.8 PRUEBA DE FRÍO.

El análisis de frío se realizó con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, sembrándolos de forma igual a la prueba de germinación ya antes mencionada. Las muestras fueron colocadas en un refrigerado a 10 °C por un periodo de 7 días. Subsiguiente a este tiempo transcurrido las muestras fueron colocadas para que germinen a una temperatura ambiente.

Los conteos se lo realizaron a los 7 días, 14 días y 21 días.

Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	51,7	7,39	79,2	5e-15**
RESIDUO	24	2,2	0,09		
TOTAL	31	53,9			
CV=17,3%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 25. Da a conocer el análisis de varianza para la variable prueba de frío primer conteo de germinación séptimo día, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 17,3% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

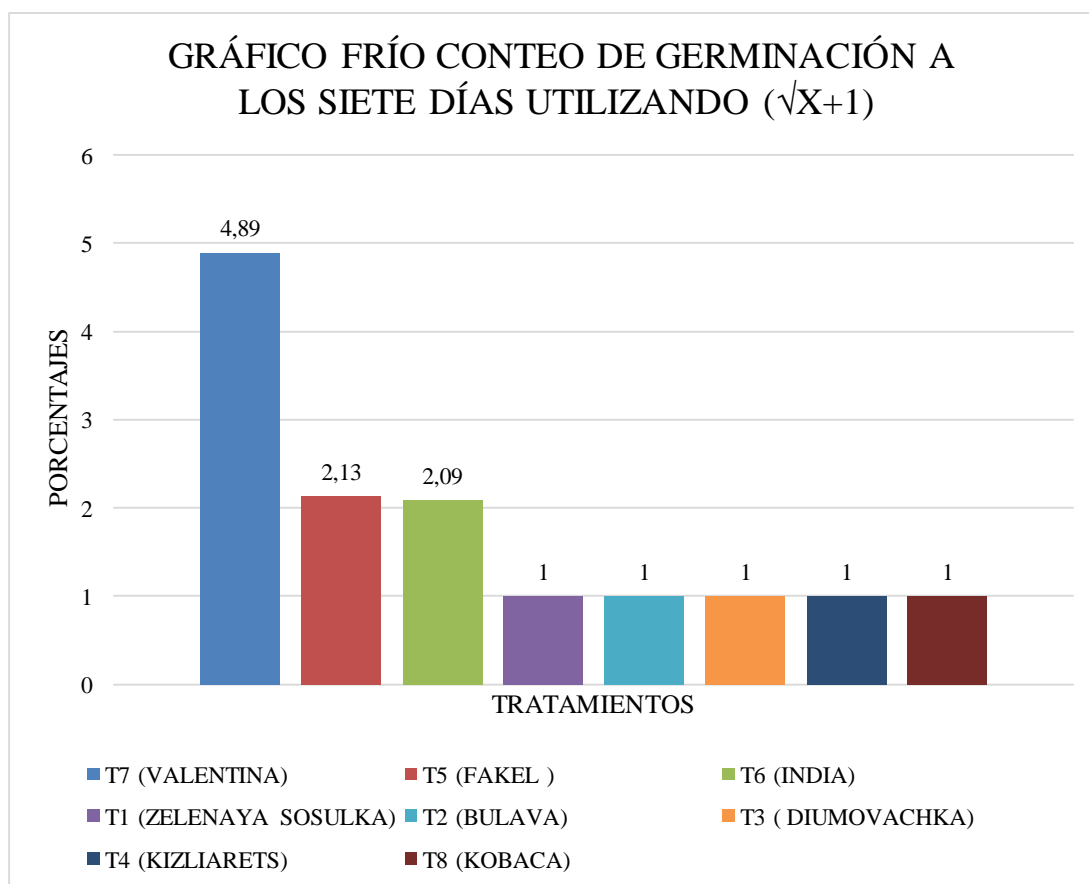
Tabla 26. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, primer conteo de germinación séptimo día utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	4,89	40,89	A
T5	2,13	20,13	B
T6	2,09	20,09	B
T1	1	0	C
T2	1	0	C
T3	1	0	C
T4	1	0	C
T8	1	0	C

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 26. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable prueba de frío primer conteo de germinación séptimo día, donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 4,89 de la variable transformada y (40,89%) de expresión real, con un rango de A. Los valores con una media de cero corresponden a los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T3 (Diumovachka), T4 (Kizliarets) y T8 (Kobaca) debido a que no se presentó germinación en los mismos.

Gráfico 12. Frío conteo de germinación a los siete días utilizando $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

Se pudo evidenciar que los resultados en los levantamientos de datos, gráficas para los días **catorce** y **veintiún**. Son exactamente los mismos, esto se debe a que en la recolección de datos no hubo ninguna variación manteniéndose los valores, por ende, solo se presenta una tabla y gráfica.

Tabla 27. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteos de germinación a los catorce y veintiún días utilizando ($\sqrt{x+1}$).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	7	297,1	42,4	115	7,03e-17
RESIDUO	24	8,9	0,4		
TOTAL	31	306,0			
CV=18,1%					

Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 27. Da a conocer el análisis de varianza para la variable prueba de frío conteo de germinación a los catorce y veintiún días, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV=18,1% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 28. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, primer conteo de germinación a los catorce y veintiún días utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

TRATAMIENTOS	MEDIAS ($\sqrt{x+1}$)	MEDIAS (100%)	RANGOS
T7	8,7	80,7	A
T3	8,17	80,17	A
T5	3,05	30,05	B
T6	2,9	20,9	B
T1	1	0	C
T2	1	0	C
T4	1	0	C
T8	1	0	C

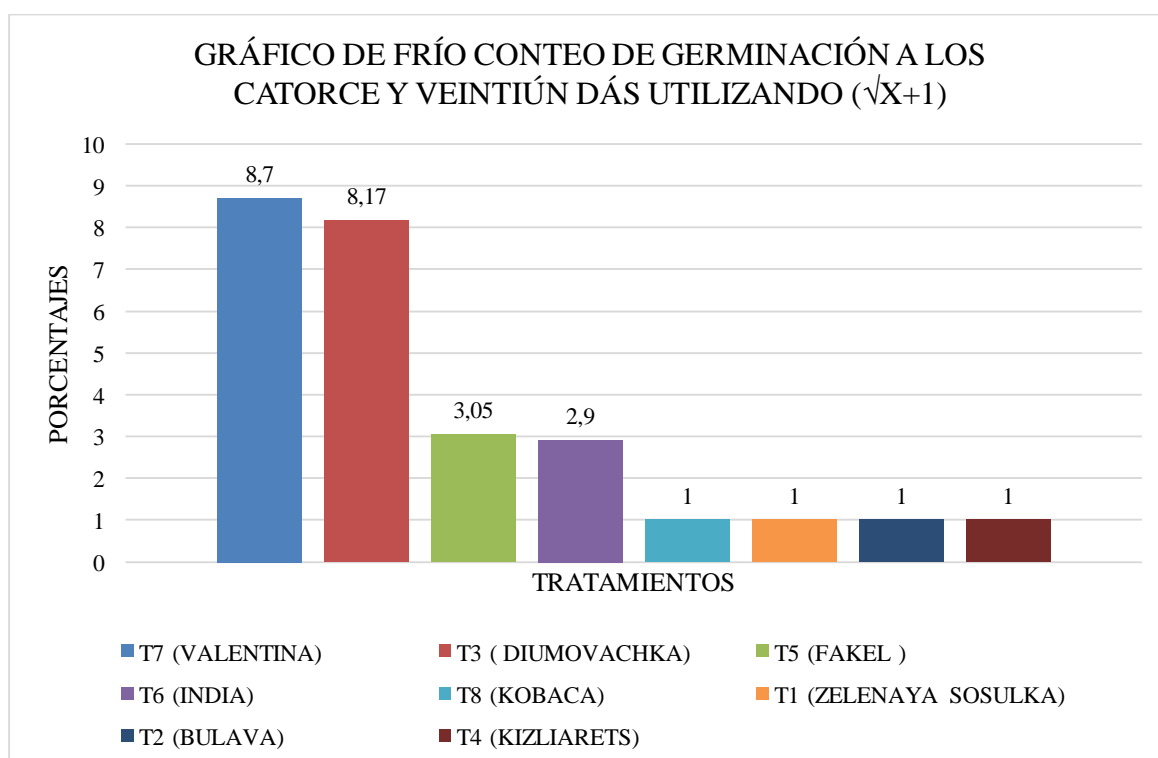
Fuente: Calapiña, 2022.

En la tabla 28. Se presenta la prueba de tukey al 5% para la variable prueba de frío primer conteo de germinación séptimo día, donde el mejor tratamiento es T7 (Valentina) con una media de 8,7 de la variable transformada y (80,70%) de expresión real, con una media de A. Los valores de cero corresponden a los tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T3 (Diumovachka), T4 (Kizliarets) y T8 (Kobaca) debido a que no se presentó germinación en los mismos.

DISCUSIÓN

(Krzyzanowski et al., 1999) considera que la prueba de frío es demasiado sensible al ser aplicada a las semillas de cualquier especie ya que se utiliza para evaluar la calidad fisiológica de la semilla en condiciones adversas (generalmente a partir de 10°C). En cuanto a los resultados los lotes, cuyos valores se acercan a los de la prueba de germinación estándar, son los que tienen mayores posibilidades de germinar en diferentes condiciones de humedad y temperatura. Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a la afirmación de este autor debido a que solo se evidenció el potencial de tres tratamientos T7 (Valentina) con una media 80,7% de expresión real. Seguida de T3 (Diumovachka) con una media 87,17% de expresión real. Seguida de T5 (Fakel) 30,05% de expresión real y T6 (India) con una media de 20,9% de expresión real. Los demás tratamientos no presentaron germinación.

Gráfico 13. Frío conteo de germinación a los catorce y veintiún días utilizando $(\sqrt{x+1})$.



Fuente: Calapiña, 2022.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló las ocho pruebas vigor de semillas, verificando con eficiencia el desempeño fisiológico de las ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*)
- El genotipo T7 (Valentina) presentó un alto desempeño fisiológico, al estudiar el vigor y viabilidad en todas las pruebas aplicadas obteniendo los mejores resultados, seguido de T3 (Diumovachka) y T5 (Fakel), mismos que presentaron una aceptable calidad fisiológica de semilla, el desempeño de los demás tratamientos T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava), T4 (Kizliarets), T6 (India) y T8 (Kobaca) se verificó que son inapreciables al aplicar las mismas pruebas fisiológicas.
- Se desarrolló un instructivo práctico de especificaciones técnicas y materiales para realizar las pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi del Campus Salache.

12.2 RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de la calidad fisiológica de semillas con otras especies de interés para la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que las semillas pierden vigor por diferentes factores internos (contenido de humedad, genotipo y almacenamiento) y externos como (temperatura, daños físicos y mecánicos).
- Adquisición por parte de la carrera de agronomía del reactivo utilizado en esta investigación “Tetrazolio” (cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio) debido a este producto es de importación.
- Desarrollar más instructivos prácticos de especificaciones técnicas y materiales de las investigaciones realizadas en los laboratorios de la Universidad técnica de Cotopaxi, para fortalecer el conocimiento y siendo de gran aporte para futuras investigaciones.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Banzatto, D. A., & Kronka, S. do N. (2012). Experimentação Agrícola. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5).
- Bradbeer, J. w. (1988). *Seed Dormancy and Germination* (Vol. 4, Issue 1).
- Cap, R. I. (2016). Full Issue. *International Rules for Seed Testing*, 2016(1), 1–384. <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.f>
- Chávez, A. F. L. (2018). “*CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE OCHO ESPECIES DE AMARANTO (Amaranthus spp) ORIGINARIOS DE: USA, México, Bélgica, Evaluación del rendimiento de la mezcla forrajera pasto azul (Poa pratensis) y ray grass (Lolium perenne), con la aplicación de dos abonos org.* <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5156/6/PC-000355.pdf>
- Delouche, J. C., & Baskin, C. C. (1973). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1(April), 427–452. <https://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/13316/F-4.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- FAO y AfrizaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas. In *Organizacion Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura y AfricaSeeds*. <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>
- González Rodríguez, F., León Gómez, D., Borges Gómez, L., Pinzón López, L., Magaña Magaña, M., Sangines García, R., & Urrestarazu Gavilán, M. (2018). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1487–1493. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1107>
- Gutierrez, R. L. (2009). *DETERMINACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASE PARA LA CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO CON DIEZ ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DE GRANOS ALTOANDINOS*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5058/T-1362.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hurtado Trejo, L., Urgiles Gomez, N., Eras Guaman, V. H., Muñoz Chamba, J., Encalada Cordova, M., & Quichimbo Saraguro, L. (2020). Aplicabilidad de las

- Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 44–57.
https://drive.google.com/file/d/1Cue9a0_0qsp_ImCXKArrYcYrZIUFrJxv/view
- Irving, D. W., BETSCHART, A. A., & SAUNDERS, R. M. (1981). Morphological Studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, 46(4), 1170–1174.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x>
- Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & Neto, J. D. B. F. (1999). VIGOR DE SEMENTES: CONCEITOS E TESTES. *ABRATES*, 2013–2015.
- MAGAP. (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de amaranto (*Amaranthus* sp.) En el Ecuador Continental. *Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales - DIGDM*. <https://fliphtml5.com/wtae/uizw>
- Mangure, J. D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.
- Nieto, C. (1989). EL CULTIVO DE AMARANTO *Amaranthud spp* UNA ALTERNATIVA AGRONOMICA PARA ECUADOR. *Naciones Unidas*, VII(52), 19.
<http://190.12.16.188/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf%0Ahttp://ambiental.uaslp.mx/URLdeestedocumento:http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC-AU-9911-AgronSiglo.pdf%0Ahttp://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- Oswaldo, J. L., Manuela, G. M., Lucía, B. M., Enrique, D. F., & Artículo, D. (2018). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*) Performance evaluation of three sowing systems and two varieties of amaranth (*Amaranthus quitensis*) and (*Amara*. *Selva Andina Biosphere*.
- Pérez Pérez, J. C. (2007). Germinación de semillas de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Benth) Barneby (Fabaceae). *Universidad Autonoma Del Estado de Hidalgo*, 1–28.
- Ramírez, H. (2011). ¿De qué hablan cuando dicen materia seca? *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–2. www.produccion-animal.com.ar
- RAS. (2009). Brasil. Regras para análise de sementes (RAS). In *Brasil. Regras para análise de sementes (RAS)*. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos->

- agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2), 371–379. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2001000200022>
- Valenzuela, G. (2003). El despertar de los granos andinos. *Agricultura*, 237, 38–41.
- Vitoria, H., & Natera, J. R. M. (2007). Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, XXXIX(2), 91–100.

14. ANEXOS

Anexo 1. Visualización de datos de las pruebas de análisis fisiológico de semillas de ocho variedades de amaranto (*Amaranthus spp.*) en Microsoft Excel.

Anexo 1.1. Datos recolectados de la prueba de humedad aplicando la fórmula $H\% \frac{Pi-Pf}{Pi-t} * 100$ según (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Tratamientos	Repeticiones	tara	Pi	Pf	H
1	1	0,5003	0,5088	0,5080	9,41
1	2	0,4210	0,4338	0,4326	9,4
1	3	0,3872	0,3969	0,3962	7,2
1	4	0,3833	0,4005	0,3985	11,6
2	1	0,3897	0,4047	0,4031	10,7
2	2	0,3646	0,3775	0,3759	12,4
2	3	0,3568	0,3676	0,3661	13,9
2	4	0,3837	0,4009	0,3981	16,3
3	1	0,3606	0,3735	0,3721	10,9
3	2	0,3788	0,3913	0,3900	10,4
3	3	0,3358	0,3456	0,3438	18,37
3	4	0,4466	0,4588	0,4569	15,57
4	1	0,3545	0,3723	0,3710	7,30
4	2	0,3467	0,3647	0,3626	11,67
4	3	0,3826	0,4015	0,3994	11,11
4	4	0,4800	0,4956	0,4932	15,38
5	1	0,4174	0,4274	0,4263	11
5	2	0,5721	0,5844	0,5832	9,76
5	3	0,3575	0,3734	0,3718	10,06
5	4	0,3601	0,3744	0,3724	13,99
6	1	0,3686	0,3806	0,3785	17,5
6	2	0,3415	0,3538	0,3522	13,01
6	3	0,3816	0,3947	0,3927	15,27
6	4	0,3534	0,3650	0,3633	14,66
7	1	0,3611	0,3785	0,3770	8,62
7	2	0,4759	0,4942	0,4925	9,29
7	3	0,3560	0,3740	0,3721	10,56
7	4	0,4767	0,4935	0,4916	11,31
8	1	0,4769	0,4906	0,4888	13,14
8	2	0,4901	0,5066	0,5049	10,30
8	3	0,3504	0,3659	0,3640	12,26
8	4	0,4405	0,4578	0,4557	12,14

Fuente: Autor, 2022.

Anexo 1.2. Datos recolectados de la prueba germinación estándar para el primer conteo de germinación y conteo final de germinación utilizando $(\sqrt{x+1})$.

Tratamientos	Repeticiones	PCG	PCG $(\sqrt{x+1})$	CFG	CFG $(\sqrt{x+1})$
1	1	0	1	0	1
2	1	5	2,45	5	2,45
3	1	15	4	90	9,54
4	1	0	1	0	1
5	1	5	2,45	70	8,43
6	1	5	2,45	55	7,48
7	1	85	9,27	90	9,54
8	1	5	2,45	5	2,45
1	2	0	1	10	3,32
2	2	0	1	5	2,45
3	2	40	6,40	85	9,27
4	2	0	1	5	2,45
5	2	20	4,58	65	8,12
6	2	0	1	60	7,81
7	2	95	9,80	95	9,80
8	2	0	1	10	3,32
1	3	0	1	0	1
2	3	0	1	5	2,45
3	3	35	6	95	9,80
4	3	0	1	0	1
5	3	5	2,45	65	8,12
6	3	5	2,45	25	5,10
7	3	90	9,54	95	9,80
8	3	0	1	0	1
1	4	0	1	0	1
2	4	0	1	0	1
3	4	30	5,57	85	9,27
4	4	0	1	5	2,45
5	4	10	3,32	55	7,48
6	4	0	1	35	6
7	4	90	9,54	95	9,80
8	4	0	1	40	6,40

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.3. Datos recolectados de la prueba de tetrazolio vigor utilizando $(\sqrt{x+1})$ y viabilidad.

Tratamientos	Repeticiones	VIGOR	$V(\sqrt{x+1})$	VIAVILIDAD
1	1	0	1,0000	11,0000
1	2	10	3,3166	18,3166
1	3	0	1,0000	16,0000
1	4	5	2,4495	22,4495
2	1	5	2,4495	17,4495
2	2	0	1,0000	31,0000
2	3	10	3,3166	18,3166
2	4	5	2,4495	22,4495
3	1	75	8,7178	33,7178
3	2	75	8,7178	28,7178
3	3	90	9,5394	19,5394
3	4	60	7,8102	42,8102
4	1	5	2,4495	27,4495
4	2	5	2,4495	22,4495
4	3	0	1,0000	36,0000
4	4	5	2,4495	32,4495
5	1	55	7,4833	47,4833
5	2	65	8,1240	43,1240
5	3	65	8,1240	43,1240
5	4	60	7,8102	42,8102
6	1	45	6,7823	26,7823
6	2	40	6,4031	41,4031
6	3	30	5,5678	45,5678
6	4	30	5,5678	40,5678
7	1	85	9,2736	24,2736
7	2	80	9,0000	29,0000
7	3	85	9,2736	24,2736
7	4	27	5,2915	30,2915
8	1	10	3,3166	43,3166
8	2	15	4,0000	39,0000
8	3	25	5,0990	40,0990
8	4	30	5,5678	25,5678

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.4. Datos recolectados de la prueba de conductividad eléctrica.

Tratamientos	Repeticiones	C.E.I	P_S	C.E.H2O	CE
1	1	21	0,0085	7	1647,06
1	2	24	0,0128	7	1328,13
1	3	31	0,0097	7	2474,23
1	4	25	0,0172	7	1046,51
2	1	28	0,0150	7	1400,00
2	2	28	0,0129	7	1627,91
2	3	24	0,0108	7	1574,07
2	4	29	0,0172	7	1279,07
3	1	17	0,0129	7	775,19
3	2	17	0,0125	7	800,00
3	3	17	0,0098	7	1020,41
3	4	17	0,0122	7	819,67
4	1	36	0,0178	7	1629,21
4	2	40	0,0180	7	1833,33
4	3	41	0,0189	7	1798,94
4	4	38	0,0156	7	1987,18
5	1	19	0,0100	7	1200,00
5	2	22	0,0123	7	1219,51
5	3	22	0,0159	7	943,40
5	4	18	0,0143	7	769,23
6	1	18	0,0120	7	916,67
6	2	19	0,0123	7	975,61
6	3	19	0,0131	7	916,03
6	4	19	0,0116	7	1034,48
7	1	24	0,0174	7	977,01
7	2	26	0,0183	7	1038,25
7	3	17	0,0180	7	555,56
7	4	19	0,0168	7	714,29
8	1	30	0,0137	7	1678,83
8	2	29	0,0165	7	1333,33
8	3	29	0,0155	7	1419,35
8	4	28	0,0173	7	1213,87

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.5. Datos recolectados de la prueba envejecimiento acelerado para el primer conteo de germinación y conteo final de germinación utilizando ($\sqrt{x+1}$).

Tratamientos	Repeticiones	EAPCG	EAPCG ($\sqrt{x+1}$)	EACFG	EACFG ($\sqrt{x+1}$)
1	1	0	1,0000	0	1,0000
2	1	0	1,0000	0	1,0000
3	1	0	1,0000	45	6,7823
4	1	0	1,0000	0	1,0000
5	1	0	1,0000	45	6,7823
6	1	0	1,0000	40	6,4031
7	1	60	7,8102	90	9,5394
8	1	0	1,0000	0	1,0000
1	2	0	1,0000	0	1,0000
2	2	0	1,0000	0	1,0000
3	2	0	1,0000	70	8,4261
4	2	0	1,0000	0	1,0000
5	2	0	1,0000	40	6,4031
6	2	0	1,0000	5	2,4495
7	2	90	9,5394	100	10,0499
8	2	0	1,0000	0	1,0000
1	3	0	1,0000	0	1,0000
2	3	0	1,0000	0	1,0000
3	3	0	1,0000	20	4,5826
4	3	0	1,0000	0	1,0000
5	3	0	1,0000	20	4,5826
6	3	0	1,0000	20	4,5826
7	3	80	9,0000	100	10,0499
8	3	0	1,0000	0	1,0000
1	4	0	1,0000	0	1,0000
2	4	0	1,0000	0	1,0000
3	4	0	1,0000	0	1,0000
4	4	0	1,0000	0	1,0000
5	4	0	1,0000	50	7,1414
6	4	0	1,0000	4	2,2361
7	4	95	9,7980	95	9,7980
8	4	0	1,0000	0	1,0000

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.6. Datos recolectados de la prueba índice de velocidad de emergencia (IVE). Estos datos indican la recolección consecutiva durante 15 días, (Se empieza a registrar en Microsoft Excel, al cuarto día debido a que en los tres primeros días no presentaron germinación ningún tratamiento.)

Tratamientos	Repeticiones	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	30	85	90	90	90	90	90	95	95
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	15	25	35	40	40	40	40	40	45
6	1	0	0	0	0	0	5	10	10	10	10	10	10
7	1	15	10	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	50	85	95	95	95	95	95	95	95
4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	10	25	35	55	55	55	60	60	60
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	25	75	90	85	85	90	90	90	90	90	90	90
8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	30	100	100	100	100	100	100	100	100
4	3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5
5	3	0	0	0	10	15	30	45	45	45	45	45	45
6	3	0	0	0	0	0	5	15	15	15	10	10	10
7	3	15	60	10	75	75	75	75	75	75	75	75	75
8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	25	75	100	100	100	100	100	100	100
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	5	25	40	65	65	70	70	70	70
6	4	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
7	4	30	65	80	80	75	75	70	70	70	70	65	60
8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.6.1. Datos de la prueba índice de velocidad de emergencia (IVE), aplicando la fórmula según (Mangure, 1962) $IVE = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$

T	R	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	IVE
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	4,29	6,88	0,56	0	0	0	0	0,36	0	12,07
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	2,14	1,25	1,11	0,5	0	0	0	0	0,33	5,34
6	1	0	0	0	0	0	0,56	0,5	0	0	0	0	0	1,06
7	1	3,75	-1	14,17	0,71	0	0	0	0	0	0	0	0	17,63
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	7,14	4,38	1,11	0	0	0	0	0	0	12,63
4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	1,43	1,88	1,11	2	0	0	0,38	0	0	6,80
6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2	6,25	10	2,5	-0,71	0	0,56	0	0	0	0	0	0	18,59
8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	0	0	0	4,29	8,75	0	0	0	0	0	0	0	13,04
4	3	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5
5	3	0	0	0	1,43	0,63	1,67	1,5	0	0	0	0	0	5,22
6	3	0	0	0	0	0	0,56	1	0	0	-0,38	0	0	1,17
7	3	3,75	9	-8,33	9,29	0	0	0	0	0	0	0	0	13,70
8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	3,57	6,25	2,78	0	0	0	0	0	0	12,60
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4	0	0	0	0,71	2,5	1,67	2,5	0	0,42	0	0	0	7,80
6	4	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	-0,38	0	0	0,12
7	4	7,5	7	2,5	0	-0,625	0	-0,5	0	0	0	-0,36	-0,33	15,18
8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.6.2. Datos de la prueba índice de velocidad de emergencia (IVE) utilizando $(\sqrt{x+1})$.

Tratamientos	Repeticiones	IVE	IVE $(\sqrt{x+1})$
1	1	0	1,0000
2	1	0	1,0000
3	1	12,07	3,6157
4	1	0	1,0000
5	1	5,34	2,5174
6	1	1,06	1,4337
7	1	17,63	4,3164
8	1	0	1,0000
1	2	0	1,0000
2	2	0	1,0000
3	2	12,63	3,6917
4	2	0	1,0000
5	2	6,80	2,7927
6	2	0	1,0000
7	2	18,59	4,4262
8	2	0	1,0000
1	3	0	1,0000
2	3	0	1,0000
3	3	13,04	3,7464
4	3	0,5	1,2247
5	3	5,22	2,4940
6	3	1,17	1,4734
7	3	13,70	3,8344
8	3	0	1,0000
1	4	0	1,0000
2	4	0	1,0000
3	4	12,60	3,6877
4	4	0	1,0000
5	4	7,80	2,9661
6	4	0,12	1,0561
7	4	15,18	4,0230
8	4	0	1,0000

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.7. Datos recolectados de la prueba materia seca utilizando las fórmulas $(P_i - t) = PN$, $(P_i - t) - (P_f - t) = HP$, $MS = PN - HP$ y $(\sqrt{x+1})$

T	R	tara	P i	P f	PN	HP	MS	MS*1000	MS($\sqrt{x+1}$)	Media
1	1	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
1	2	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
1	3	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
1	4	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
2	1	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
2	2	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
2	3	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
2	4	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
3	1	2,05	2,303	2,096	0,253	0,207	0,046	46	6,8557	31,25
3	2	2,05	2,328	2,066	0,278	0,262	0,016	16	4,1231	
3	3	2,05	2,359	2,091	0,309	0,268	0,041	41	6,4807	
3	4	2,05	2,287	2,072	0,237	0,215	0,022	22	4,7958	
4	1	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	11,25
4	2	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
4	3	2,05	2,166	2,095	0,116	0,071	0,045	45	6,7823	
4	4	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
5	1	2,05	2,197	2,051	0,147	0,146	0,001	1	1,4142	14,5
5	2	2,05	2,264	2,073	0,214	0,191	0,023	23	4,8990	
5	3	2,05	2,231	2,075	0,181	0,156	0,025	25	5,0990	
5	4	2,05	2,247	2,059	0,197	0,188	0,009	9	3,1623	
6	1	2,05	2,173	2,066	0,123	0,107	0,016	16	4,1231	8,5
6	2	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
6	3	2,05	2,165	2,068	0,115	0,097	0,018	18	4,3589	
6	4	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
7	1	2,05	2,330	2,016	0,28	0,314	-0,034	0	1,0000	41,5
7	2	2,05	2,470	2,178	0,42	0,292	0,128	128	11,3578	
7	3	2,05	2,344	2,072	0,294	0,272	0,022	22	4,7958	
7	4	2,05	2,284	2,066	0,234	0,218	0,016	16	4,1231	
8	1	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
8	2	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
8	3	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	
8	4	2,05	0	0	-2,05	0	-2,05	0	1,0000	

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 1.7. Datos recolectados de la prueba frío para los conteos de germinación en los días séptimo, catorceavo y veintiuno.

T	R	7 día	14 día	21 día
T1	1	0	0	0
T2	1	0	0	0
T3	1	0	10	10
T4	1	0	0	0
T5	1	5	10	10
T6	1	0	10	10
T7	1	25	65	65
T8	1	0	0	0
T1	2	0	0	0
T2	2	0	0	0
T3	2	0	85	85
T4	2	0	0	0
T5	2	0	0	0
T6	2	5	0	0
T7	2	15	70	70
T8	2	0	0	0
T1	3	0	0	0
T2	3	0	0	0
T3	3	0	100	100
T4	3	0	0	0
T5	3	5	5	5
T6	3	0	5	5
T7	3	30	50	50
T8	3	0	5	5
T1	4	0	0	0
T2	4	0	0	0
T3	4	0	45	45
T4	4	0	0	0
T5	4	0	45	45
T6	4	5	10	10
T7	4	80	80	80
T8	4	0	0	0

Fuente: Calapiña, 2022.

Anexo 2. Instructivo práctico de especificaciones técnicas y materiales para realizar las pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“INSTRUCTIVO PRÁCTICO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y MATERIALES PARA REALIZAR LAS PRUEBAS FISIOLÓGICAS DE SEMILLAS DE AMARANTO (*Amaranthus spp.*) EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI 2022”

Autor:

Bryan Omar Calapiña Tituaña

Tutor:

Molina Álvarez Richard Alcides Ing. MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

Octubre 2021 - Marzo 2022

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
PRUEBA DE HUMEDAD	7
PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR.....	8
PRUEBA DE TETRAZOLIO.....	9
PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	10
PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.....	10
PRUEBA ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).....	11
PRUEBA DE MATERIA SECA.....	12
PRUEBA DE FRÍO.....	12
BIBLIOGRAFÍA.....	14
ANEXOS.....	15

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se encuentran especificaciones técnicas, equipos y materiales para realizar las pruebas fisiológicas de semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi 2022”.



Este documento sirve como base para la realización de futuras investigaciones en semillas.

Las pruebas realizadas están basadas en la metodología establecida por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) para la realización de los análisis correspondientes.

Se hace mención que las pruebas fisiológicas de semillas que se detallan a continuación fueron realizadas aplicándolas modificaciones a la metodología mencionada debido a que las semillas de amaranto (*Amaranthus spp.*) tiene un tamaño demasiado pequeño 1-1,5 mm (Nieto, 1989).

Tabla 1. Equipos disponibles en las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, utilizados para las pruebas de análisis fisiológico de semillas.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
CÁMARA DE GERMINACIÓN	La cámara de germinación se encuentra en el área de granos andinos y nos sirve para realizar la prueba de germinación estándar y parte de la prueba de envejecimiento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999). Nos ayudara a mantener una temperatura estable para el cumplimiento de estas pruebas.
REFRIGERADOR	El refrigerador nos permite mantener nuestras

	<p>muestras a una temperatura controlada durante un tiempo indeterminado. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de protección vegetal, tercer piso. Nos ayudara para el desarrollo de la prueba de frío (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
<p>CÁMARA DE TEMPERATURA</p>	<p>Esta cámara mantiene a una temperatura controlada durante un lapso de tiempo de acuerdo a nuestra necesidad, se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. La cual utilizaremos para realizar la prueba de envejecimiento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
	<p>Esta cámara mantiene a una temperatura controlada durante un lapso de tiempo de acuerdo a nuestra necesidad, se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. La cual utilizaremos para realizar la prueba de envejecimiento acelerado (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
<p>ESTEREOSCOPIO</p>	<p>El estereoscopio nos ayuda a visualizar los objetos de interés que no son perceptibles al ojo humano. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. Siendo de gran utilidad para la realización de la prueba de “Tetrazolio” debido a que nos ayudara a identificar las diferentes partes de la semilla (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
	<p>El estereoscopio nos ayuda a visualizar los objetos de interés que no son perceptibles al ojo humano. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. Siendo de gran utilidad para la realización de la prueba de “Tetrazolio” debido a que nos ayudara a identificar las diferentes partes de la semilla (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
<p>ESTUFA</p>	<p>La estufa nos permite mantener una temperatura controlada por un tiempo determinado, secando las muestras de interés. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. La cual la utilizaremos en las pruebas de humedad y materia seca (Krzyzanowski et al., 1999), (RAS, 2009).</p>
	<p>La estufa nos permite mantener una temperatura controlada por un tiempo determinado, secando las muestras de interés. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso. La cual la utilizaremos en las pruebas de humedad y materia seca (Krzyzanowski et al., 1999), (RAS, 2009).</p>
<p>BALANZA</p>	<p>La balanza nos sirve para medir la masa de los</p>

	<p>objetos y será de gran ayuda para las medidas (peso) que involucran en la prueba de germinación estándar, índice de velocidad de emergencia y prueba de frío (Krzyzanowski et al., 1999).</p> <p>Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso.</p>
<p>BALANZA ANALÍTICA</p>	<p>La balanza analítica nos sirve para medir la masa de pequeños objetos ya que posee una alta precisión y sensibilidad.</p> <p>Será utilizada para la realización de las pruebas de humedad, conductividad eléctrica y materia seca (Krzyzanowski et al., 1999). Ya que se encuentra involucrada en la medida de insumos y objetos de acuerdo a las pruebas y metodologías descritas.</p> <p>Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de química, segundo piso.</p>
	<p>El conductímetro nos sirve para medir la conductividad eléctrica en “microsiemens”. Se encuentra disponible en los laboratorios de la universidad, laboratorio de agronomía (microbiología), cuarto piso,</p> <p>Nos servirá para realizar la prueba de conductividad eléctrica (Krzyzanowski et al., 1999).</p>
<p>CONDUCTIVÍMETRO</p>	<p>Esta bandeja metálica nos sirve para la realización de la prueba de índice de velocidad de emergencia (Krzyzanowski et al., 1999). Se encuentra disponible en las inmediaciones del área de granos andinos.</p>
	
<p>BANDEJA</p>	

Fuente: Calapiña, 2022.

La cantidad de semillas con las que se realizaran las pruebas fisiológicas dependerá de la disponibilidad de semillas.

A continuación, se detallan los materiales y procedimientos para la realización de las pruebas fisiológicas de semillas para la semilla de amaranto (*Amaranthus spp.*).

PRUEBA DE HUMEDAD

El contenido de humedad es decisivo para conservar la calidad de las semillas almacenadas y mantener su viabilidad (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Para la realización de la prueba de humedad se necesita los siguientes materiales:

- Papel aluminio.
- Balanza analítica.
- Estufa.
- Marcador permanente.

Procedimiento

- 1) Arme los recipientes de papel aluminio con su tapa.

- 2) Identifique los recipientes con números o siglas para evitar confusiones.
- 3) Pese los recipientes con su tapa. (tara)
- 4) Ponga las semillas en su respectivo recipiente y pese. (Pi)
- 5) Coloque los recipientes en la estufa a 105°C durante 24 horas.
- 6) Saque los recipientes una vez transcurrido el tiempo (dejar reposar en el desecador con silica gel)
- 7) Pese nuevamente los recipientes. (Pf)
- 8) Apique la siguiente fórmula.

$$H\% = \frac{Pi - Pf}{Pi - t} * 100$$

Fuente: (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR.

Esta prueba tiene por objetivo determinar el potencial máximo de germinación de una muestra de semillas que sirve como comparación entre diferentes muestras (RAS, 2009).

Para la realización de la prueba de germinación estándar se necesita los siguientes materiales:

- Cajas petri.
- Agua destilada.
- Balanza.
- Lápiz.
- Marcador permanente.
- Papel de germinación.

Procedimiento

- 1) Identifique las cajas petri con números o siglas para evitar confusiones.
- 2) Corte el papel de germinación conforme a las dimensiones de la caja petri.

- 3) Pese el total de papeles de germinación que va a utilizar y al resultado lo multiplica por tres. Este valor final es la cantidad de agua para humedecer los papeles de germinación.
- 4) Coloque el papel de germinación en cada caja petri.
- 5) Siembre las semillas con la debida separación ayudándose de un lápiz.
- 6) Tape las cajas petri.
- 7) Finalmente coloque las muestras en la cámara de germinación a una temperatura de 25°C.
- 8) Contar el número de semillas germinadas al 4to y 14vo día.

Recomendaciones: No se olvide llevar un control y humedecimiento diario para la eficiencia de esta prueba. (Seguir metodología)

PRUEBA DE TETRAZOLIO.

Esta prueba se utiliza para obtener una rápida estimación de viabilidad de las semillas (Krzyzanowski et al., 1999).

En la prueba de tetrazolio se le realizó una modificación a la metodología. Para la realización de la prueba de tetrazolio se necesitan los siguientes materiales:

- Tetrazolio al 5% de concentración.
- Recipientes pequeños de plástico.
- Estufa.
- Estereoscopio.
- Hojas papel bon.
- Rotulador.
- Palos de helado.

Procedimiento

- 1) Aplaste las semillas se amaranto uniformemente con palos de helado.

- 2) Identifique los recipientes con números o siglas para evitar confusiones.
- 3) Agregue 0,60ml de tetrazolio al 5% en cada contenedor.
- 4) Coloque los recipientes en la estufa a 60°C durante 1 hora.
- 5) Coloque e identifique en hojas de papel bon las semillas una vez transcurrido el tiempo mencionado.
- 6) Identifique la estructura del embrión de la semilla mediante el estereoscopio.
 - a) Nivel 1 = Teñido uniforme.
 - b) Nivel 2 = teñido parcialmente.
 - c) Nivel 3 = Sin teñir (muerta)

Recomendaciones: Se debe remojar las semillas en agua durante toda la noche para suavizar su estructura. El tetrazolio se debe mantener en un recipiente oscuro y taparlo con papel aluminio.

PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Esta prueba está basada en suposición de que las membranas celulares de desintegran durante el deterioro de las semillas viéndose estas afectadas en su germinación (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Para la realización de la prueba de conductividad eléctrica se necesita los siguientes materiales:

- Recipientes de plástico pequeños. (vasos)
- Agua desionizada.
- Balanza analítica
- Conductivímetro.
- Marcador permanente.

Procedimiento

- 1) Registre el peso de las semillas a trabajar.
- 2) Identifique los recipientes con números o siglas para evitar confusiones. (Tratamientos)
- 3) Colocar las semillas en su respectivo recipiente y adicional uno sin semillas. (Control)
- 4) Agregar agua desionizada (20 ml) cada contenedor.
- 5) Ubique los contenedores en un lugar seguro y deje reposar por 24 horas.
- 6) Mida la conductividad eléctrica una vez transcurrido el tiempo de reposo.

Recomendaciones: Limpiar el conductivímetro entre cada lectura.

PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.

Esta prueba busca determinar el potencial de almacenamiento en función de su envejecimiento (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Para la realización de la prueba de envejecimiento acelerado se necesita los siguientes materiales:

- Recipientes de plástico pequeños (vasos).
- Papel corcho.
- Mallas de metal fina.
- Silicona líquida.
- Marcador permanente.
- Tijera.

- Papel germinación.
- Agua destilada
- Cámara de temperatura.
- Rollo film.

Procedimiento

- 1) Corte tiras de papel corcho de 0,5 milímetros.
- 2) Pegue las tiras en el contorno interno superior del recipiente de plástico.
- 3) Corte la malla de metal conforme a las dimensiones del recipiente de

- plástico y ubíquela encima de la base de papel corcho.
- 4) Identifique los recipientes con números o siglas para evitar confusiones.
 - 5) Corte el papel de germinación conforme a las dimensiones del recipiente de plástico.
 - 6) Coloque el papel de germinación encima de la malla.
 - 7) Coloque las semillas encima del papel de germinación.
 - 8) Cierre herméticamente el recipiente de plástico con el rollo film.
 - 9) Finalmente ponga los recipientes en la cámara de temperatura a 45°C durante 72 horas.

Subsiguiente finalizada esta prueba se debe realizar una prueba de germinación estándar (Seguir la metodología mencionada).

PRUEBA ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).

Esta prueba se obtiene a través del conteo diario de las plántulas emergidas a partir de la siembra, tomando como plántulas emergidas a las que sobresalgan del sustrato (Mangure, 1962).

Para la realización de la prueba de índice de velocidad de emergencia se necesita los siguientes materiales:

- Sustrato 2:1 (tierra y arena).
- Marcador permanente.
- Bandeja metálica aprox. 1,50m * 0,30cm * 0,4cm.
- Malla sarán

Procedimiento

- 1) Mezcle tierra y arena en una proporción de 2:1.
- 2) Agregar el sustrato en la bandeja.
- 3) Humedecer a capacidad de campo el sustrato.
- 4) Siembre las semillas.

- 5) Identifique cada siembra con números o siglas para evitar confusiones.
- 6) Ubique la bandeja en condiciones de campo.
- 7) Tome datos de las plántulas germinadas durante 15 días consecutivos. (Día 1) Las plantas emergidas en este día son contadas y registradas dividiéndolo para el día de conteo, (Día 2) Las plántulas emergidas en este día son contadas y deben ser restadas con las del día anterior (Día 1) y dividir las para el número de día de conteo.
- 8) Aplique siguiente fórmula.

$$IVE = \sum_{i=1}^n \frac{Gi}{Ni}$$

Fuente: (Mangure, 1962)

Recomendaciones: No se debe olvidar humedecer el sustrato. De igual forma proteger la bandeja de siembra con un sarán para evitar daños por pájaros o roedores.

PRUEBA DE MATERIA SECA.

Esta prueba es subsiguiente a la prueba de (IVE). Para la realización de la prueba de materia seca se necesita los siguientes materiales:

- Bisturí.
- Bolsas de papel.
- Estufa
- Balanza analítica.
- Marcador permanente.

Procedimiento

- 1) Identifique las bolsas de papel con números o siglas para evitar confusiones.
- 2) Pese las bolsas de papel vacías. (tara)
- 3) Recolecte Coge las muestras de la prueba IVE.

- 4) Corte con el bisturí la raíz, y otros restos de semillas o cualquier otro residuo de tejido vegetal.
- 5) Ponga las plántulas en las bolsas de papel y péselas. (Pi)
- 6) Poner las bolsas de papen en la estufa a 80°C durante 24 horas.
- 7) Finalmente, trascurrido el tiempo saque y pese las muestras. (Pf)
- 8) Aplique la siguiente fórmula:

$$(Pi - t) = PN$$

$$(Pi - t) - (Pf - t) = HP$$

$$MS = PN - HP$$

Recomendaciones: El tiempo que debe estar las muestras en la estufa debe ser registrado al principio y final para evitar sesgos en los resultados. Los datos deben ser registrados en miligramos (mg)

PRUEBA DE FRÍO.

Esta prueba se utiliza para evaluar la calidad fisiológica de la semilla en condiciones adversas a su desarrollo normal (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

Para la realización de la prueba de frío se necesita los siguientes materiales:

- Cajas petri.
- Sustrato 1:1 (tierra y arena)
- Agua destilada.
- Refrigerador (cuarto frío)
- Balanza

Procedimiento

- 1) Identifique las cajas petri con números o siglas para evitar confusiones.
- 2) Mezcle el sustrato de tierra y arena en proporción 1:1 (Este debe tener las mismas cantidades previamente pesados.)
- 3) Agregue 60 gramos de sustrato en cada caja petri.
- 4) Siembre las semillas y cúbralas con 20 gr de sustrato.
- 5) Agregare 27 ml de agua destilada en cada caja petri para humedecer el sustrato.
- 6) Coloque las muestras en el refrigerador a 10°C durante 7 días.

Subsiguiente finalizada esta prueba se debe realizar una prueba de emergencia en campo en condiciones controladas 25°C durante

Recomendaciones: Lo conteos se deben realizar al 14vo y 21avo día. En el caso de ser necesario humedecer el sustrato durante el transcurso de esta prueba. (seguir metodología)

BIBLIOGRAFÍA

- Banzatto, D. A., & Kronka, S. do N. (2012). Experimentação Agrícola. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5).
- Bradbeer, J. w. (1988). *Seed Dormancy and Germination* (Vol. 4, Issue 1).
- Cap, R. I. (2016). Full Issue. *International Rules for Seed Testing*, 2016(1), 1–384. <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.f>
- Chávez, A. F. L. (2018). “*CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE OCHO ESPECIES DE AMARANTO (Amaranthus spp) ORIGINARIOS DE: USA, México, Bélgica, Evaluación del rendimiento de la mezcla forrajera pasto azul (Poa pratensis) y ray grass (Lolium perenne), con la aplicación de dos abonos org.* <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5156/6/PC-000355.pdf>
- Delouche, J. C., & Baskin, C. C. (1973). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, 1(April), 427–452. <https://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/13316/F-4.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- FAO y AfrizaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas. In *Organizacion Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura y AfricaSeeds*. <http://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>
- González Rodríguez, F., León Gómez, D., Borges Gómez, L., Pinzón López, L., Magaña Magaña, M., Sangines García, R., & Urrestarazu Gavilán, M. (2018). Envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1487–1493. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1107>
- Gutierrez, R. L. (2009). *DETERMINACIÓN DE UNA METODOLOGÍA BASE PARA LA CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO CON DIEZ ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DE GRANOS ALTOANDINOS*. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5058/T-1362.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hurtado Trejo, L., Urgiles Gomez, N., Eras Guaman, V. H., Muñoz Chamba, J., Encalada Cordova, M., & Quichimbo Saraguro, L. (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 44–57. https://drive.google.com/file/d/1Cue9a0_0qsp_ImCXXKArrYcYrZlUfRJxv/vi
ew
- Irving, D. W., BETSCHAT, A. A., & SAUNDERS, R. M. (1981). Morphological Studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, 46(4), 1170–1174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03017.x>
- Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & Neto, J. D. B. F. (1999). VIGOR DE SEMENTES: CONCEITOS E TESTES. *ABRATES*, 2013–2015.

- MAGAP. (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de amaranto (*Amaranthus* sp.) En el Ecuador Continental. *Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales - DIGDM*. <https://fliphtml5.com/wtae/uizw>
- Mangure, J. D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.
- Nieto, C. (1989). EL CULTIVO DE AMARANTO *Amaranthud spp UNA ALTERNATIVA AGRONOMICA PARA ECUADOR*. *Naciones Unidas, VII(52)*, 19. <http://190.12.16.188/bitstream/41000/2688/1/iniapscpm52.pdf%0Ahttp://ambiental.uaslp.mx/URLdeestedocumento:http://ambiental.uaslp.mx/docs/LMNC-AU-9911-AgronSiglo.pdf%0Ahttp://www.sela.org/media/2262361/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>.
- Oswaldo, J. L., Manuela, G. M., Lucía, B. M., Enrique, D. F., & Artículo, D. (2018). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis*) y (*Amaranthus hypochondriacus*) Performance evaluation of three sowing systems and two varieties of amaranth (*Amaranthus quitensis*) and (*Amara. Selva Andina Biosphere*.
- Pérez Pérez, J. C. (2007). Germinación de semillas de *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Benth) Barneby (Fabaceae). *Universidad Autonoma Del Estado de Hidalgo*, 1–28.
- Ramírez, H. (2011). ¿De qué hablan cuando dicen materia seca? *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–2. www.produccion-animal.com.ar
- RAS. (2009). Brasil. Regras para análise de sementes (RAS). In *Brasil. Regras para análise de sementes (RAS)*. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2), 371–379. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2001000200022>
- Valenzuela, G. (2003). El despertar de los granos andinos. *Agricultura*, 237, 38–41.
- Vitoria, H., & Natera, J. R. M. (2007). Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, XXXIX(2), 91–100.

ANEXOS

Imagen 1. Prueba de humedad.

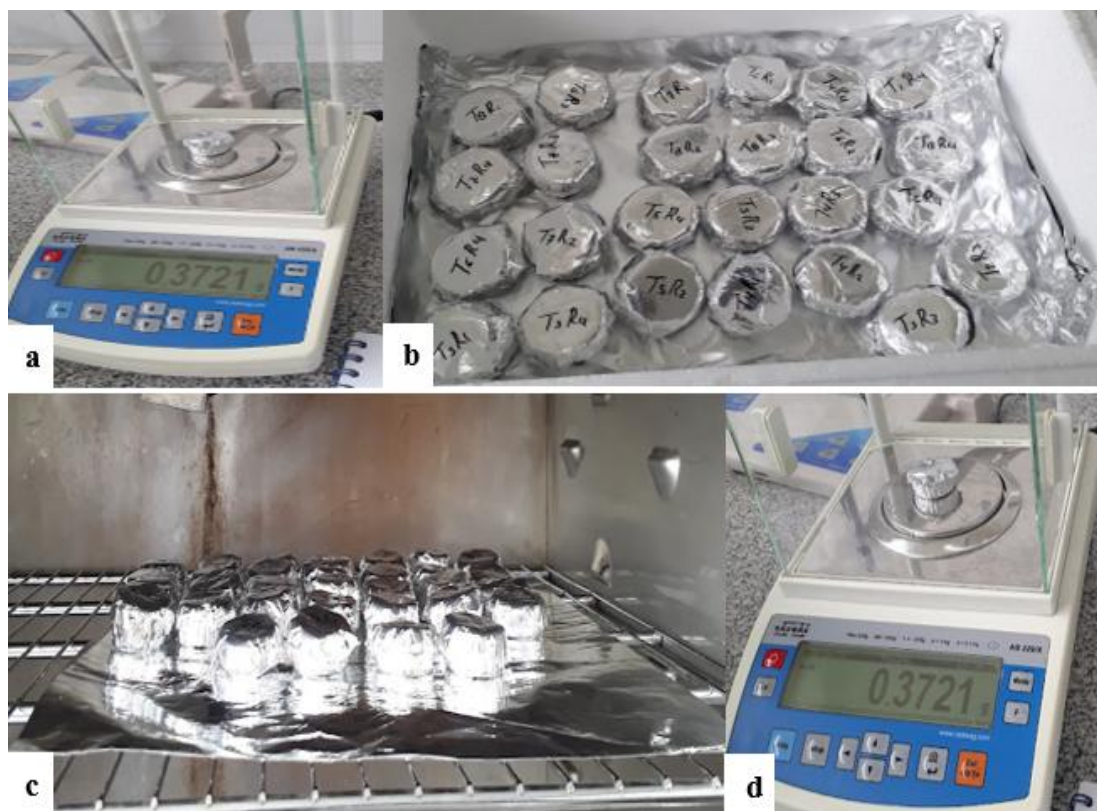


Imagen 2. Prueba de germinación estándar.

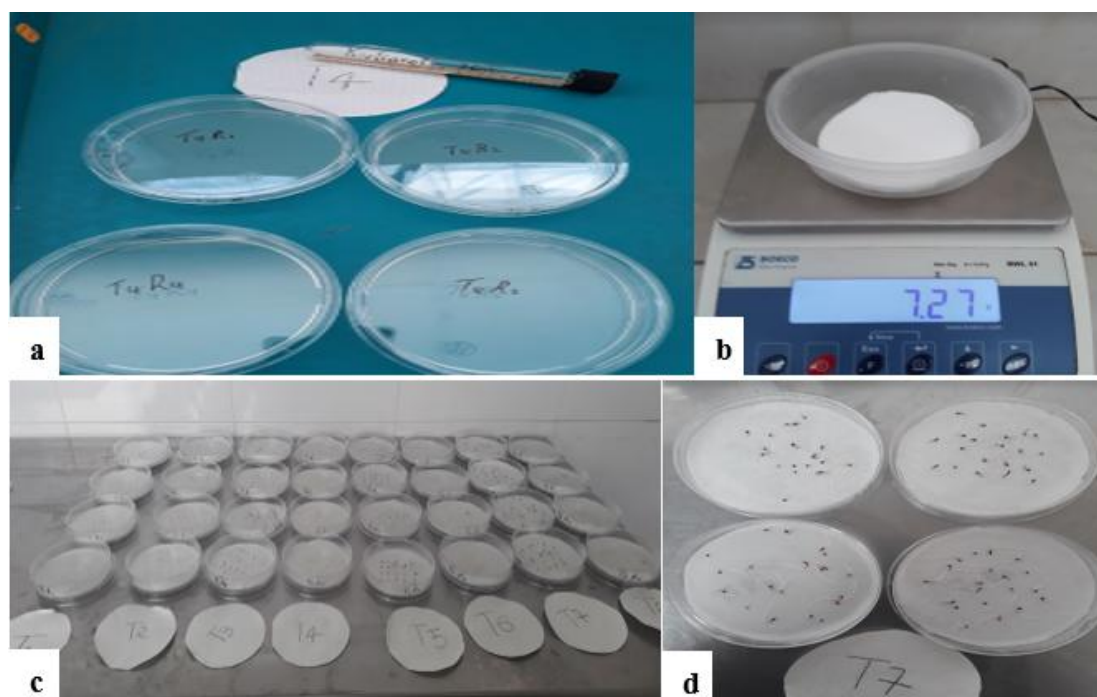


Imagen 3. Prueba de tetrazolio.

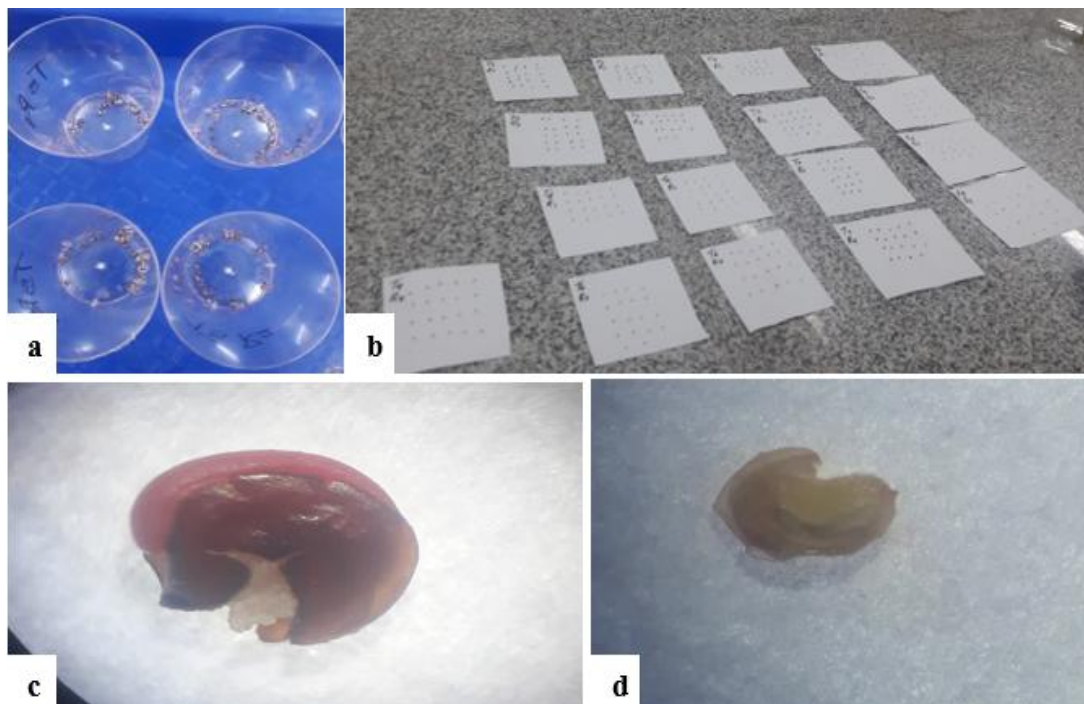


Imagen 4. Prueba de conductividad eléctrica.



Imagen 5. Prueba de envejecimiento acelerado.

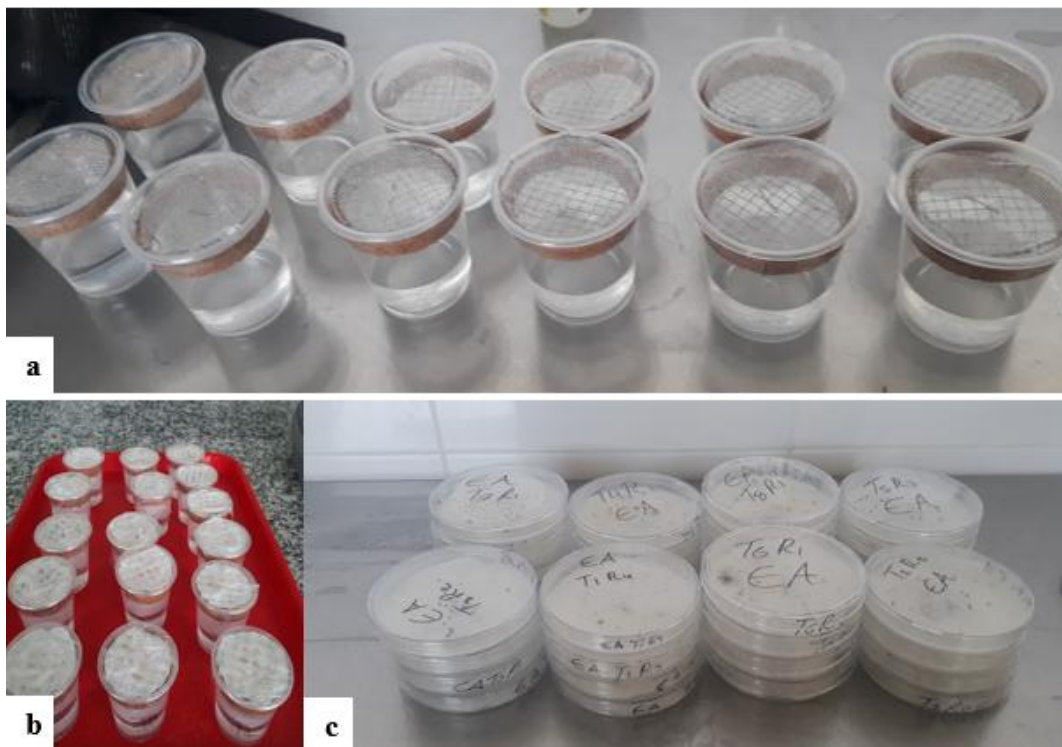


Imagen 6. Prueba de índice de velocidad de emergencia.

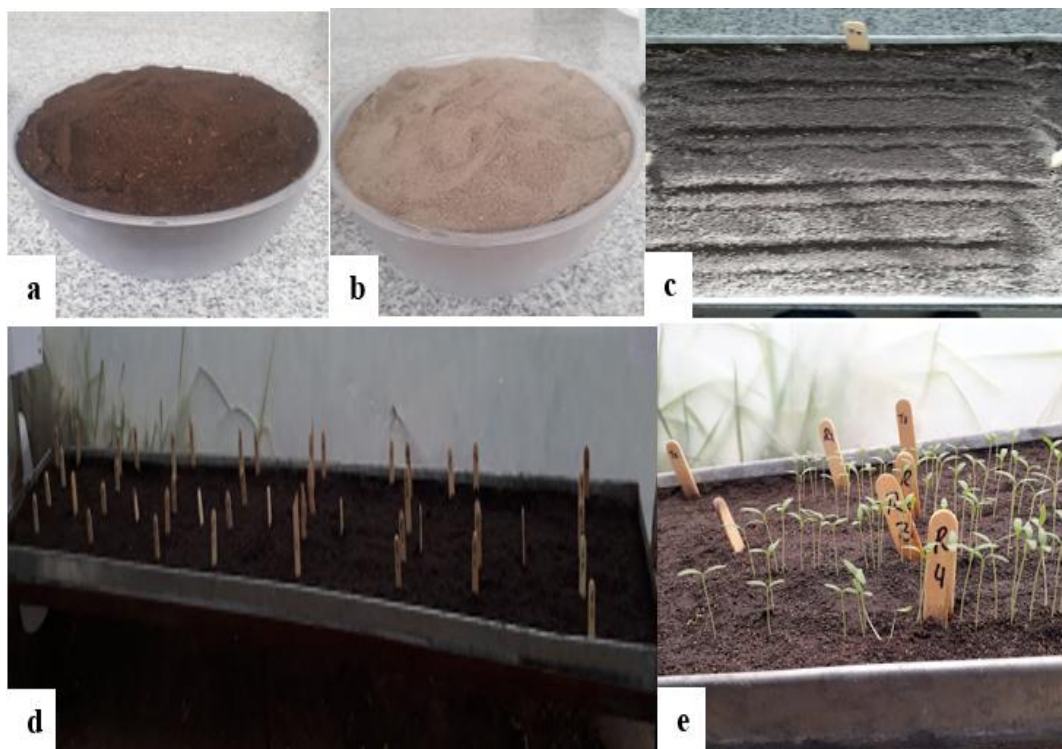


Imagen 7. Prueba de materia seca.

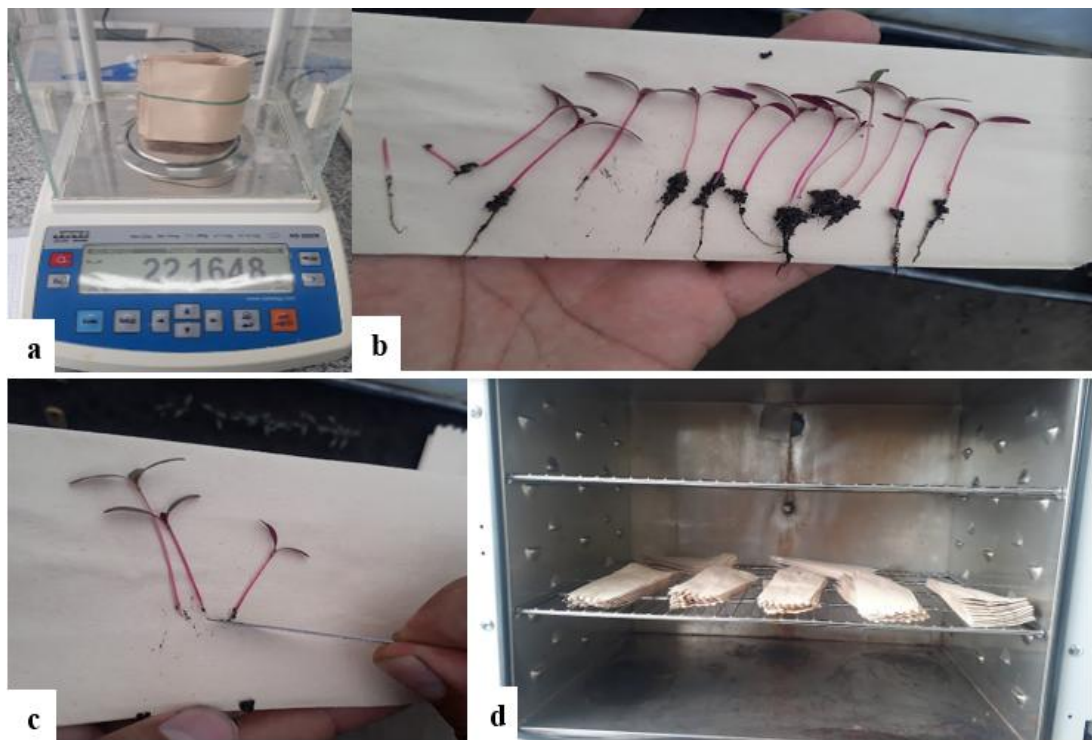


Imagen 8. Prueba de frío.

