



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE
SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN CONDICIONES DE CAMPO Y
LABORATORIO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma

Autoras:

Chicaiza Gómez Dominica Alejandra

Quevedo Andino Hilda Beatriz

Tutor:

Gavilánez Buñay Tatiana Carolina

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO-2022

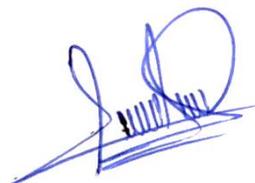
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Chicaiza Gómez Dominica Alejandra C.C. 1727261388 y Quevedo Andino Hilda Beatriz con C.C. 1721524088, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO”, siendo la Ing. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina MSc. tutor del presente trabajo; y eximamos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles acciones de posibles reclamos o acciones legales.

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



Chicaiza Gómez Dominica Alejandra
C.I: 1727261388



Quevedo Andino Hilda Beatriz
C.I: 1721524088

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO” de Chicaiza Gómez Dominica Alejandra y Quevedo Andino Hilda Beatriz, de la carrera Ingeniería Agronómica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, 09 de marzo del 2022



Ing. Gaviláñez Buñay Tatiana Carolina MSc.
C.I: 1600398190
TUTORA

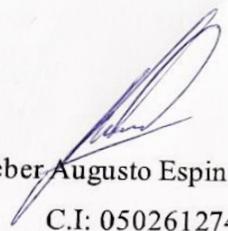
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban 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 de Recursos Naturales, por cuanto las postulantes: Chicaiza Gómez Dominica Alejandra y Quevedo Andino Hilda Beatriz, con el título de Proyecto de Investigación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays*) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

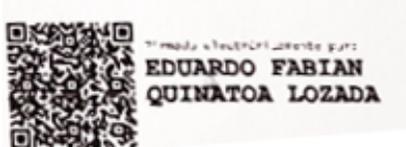
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 28 de marzo del 2022

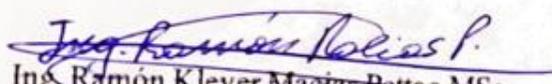
Para constancia firman:



Ing. Kleber Augusto Espinosa Cunuhay MSc.
C.I: 0502612740
PRESIDENTE



Ing. Eduardo Fabián Quinatoa Lozada MSc.
C.I: 1804011839
LECTOR 1 MIEMBRO



Ing. Ramón Klever Macías Pettao MSc.
C.I: 0910743285
LECTOR 2 SECRETARIO

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a Dios por ser quien nos ha dirigido por el sendero correcto permitiéndonos sonreír ante todos nuestros logros, por darnos salud y sabiduría para culminar nuestra carrera.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión “La Maná” nuestro eterno agradecimiento por brindarnos la oportunidad de formarnos como profesionales dentro de sus aulas; a nuestros docentes por compartir sus conocimientos.

Especialmente a nuestra tutora la Ing. Tatiana Gavilánez, por su constante apoyo, orientación en el desarrollo de esta investigación y por la confianza que depositó en nosotras.

Hilda & Alejandra

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para poder culminar mi carrera profesional.

A mi madre Inés Gómez que sin ella no hubiese logrado alcanzar una meta más en mi vida profesional, gracias mamita por tus bendiciones y sacrificio para hacer de mí una persona de bien.

A mi hermano Steven y mi sobrina Emily que día a día con su amor y cariño me impulsan a seguir adelante, además de saber que todos mis logros serán los suyos.

A mis abuelitos Luis y Carmelina por darme su amor incondicional. Para mi familia principalmente a mi ñaña Carla y María que a pesar de los buenos y malos momentos estuvieron a mi lado brindándome su apoyo.

De manera muy especial al Ing. Juan Salazar y esposa por brindarme su apoyo en esta época de mi vida.

A mi mejor amiga Hilda Quevedo por estar a mi lado cuando la necesito.

Dominica

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada en memoria de mi hermano Mario Quevedo, Aunque hoy no pueda abrazarlo físicamente, lo abrazo con el alma, quien tuvo fe en mi siempre y aunque ya no esta en este plano, su amor seguirá conmigo todos los dias de mi vida.

A dios por darme la vida y estar siempre conmigo guiándome en mi camino. A mis padres Vicente Quevedo e Hilda Andino quienes son mi motor y mi mayor inspiración, que a travez de su amor, paciencia, buenos valores, ayudan a trazar mi camino.

A mi esposo Richard y mi hijo Junior Molina por el apoyo incondicional en mi vida, que con su amor y respaldo, me ayudan a alcanzar mis objetivos.

A mis hermanas Marina y Silvia Quevedo por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso.

A mi mejor amiga y compañera fiel de la Universidad y de tesis Alejandra Chicaiza por que juntas lo propusimos y ahora lo logramos.

Hilda

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO”

Autoras:

Chicaiza Gómez Dominica Alejandra

Quevedo Andino Hilda Beatriz

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, en el Ecuador se destaca como una de las principales materias primas para la agroindustria, tiene amplia diversidad genética, se adapta a las más diversas condiciones climáticas y es utilizado desde la fuente de alimentación más básica, directa e indirecta por hombre hasta las tecnologías industriales más exigentes como; cosmética, alimenticia y hasta biocombustibles. Su producción depende completamente de la producción de semillas a nivel mundial, hecho que ha demandado grandes inversiones en el sector, apuntando al desarrollo de nuevos cultivares y obtención de semillas de alta calidad, que beneficien y generen ingresos en todas las etapas posteriores. Si bien existen metodologías desarrolladas a lo largo del tiempo y utilizadas de manera rutinaria para evaluar la calidad de las semillas, cada vez se requiere adaptaciones y ajustes de acuerdo a la realidad y objetivos de los estudios implementados. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad fisiológica de las semillas de cinco genotipos de maíz amarillo duro tropical, SOMMA 6215, 2B-604, INIAPH-554, INIAPH-551 y NB-7443, mediante pruebas de vigor convencionales; físicas, fisiológicas, bioquímicas y de resistencia, fueron estudiadas 400 semillas por cada prueba, en cuatro repeticiones, tomadas al azar de la muestra de trabajo. Con el uso de las pruebas de vigor convencionales, fue posible detectar de manera eficiente los niveles de calidad de los genotipos de semillas de maíz estudiados. Este hecho nos permite concluir que las pruebas de vigor utilizadas, todas revelaron eficientemente varios niveles de calidad fisiológica de semillas, destacándose los genotipos NB-7443, INIAPH – 554 y INIAPH – 551 en orden jerárquico descendiente y los genotipos 2B 604 y SOMMA 6215, demostraron bajo desempeño con un despreciable vigor y viabilidad.

Palabras clave: semillas, maíz, calidad fisiológica, vigor.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays L.*) is one of the most important cereals in the world, in Ecuador it stands out as one of the main raw materials for agribusiness, it has wide genetic diversity, it adapts to the most diverse climatic conditions and it is used from the basic source of food, direct and indirect by human to the most demanding industrial technologies such as: cosmetics, food, and even biofuels. Its production depends completely on the production of worldwide seeds, a fact that has required large investments in the sector, aiming at the development of new cultivars and obtaining high quality seeds which benefit and generate income in all subsequent stages. Although there are developed methodologies along time and used routinely to assess seed quality, adaptations and adjustments are required each time according to the reality and objectives of the implemented studies. The objective of this research work was to evaluate the physiological quality of seeds of five tropical hard yellow maize genotypes, SOMMA 6215, 2B-604, INIAP H-554, INIAP H-551 and NB-7443, through conventional vigor tests: physical, physiological, biochemical, and resistance. 400 seeds were studied for each test, taken randomly from the work sample in four repetitions. With the use of conventional vigor tests, it was possible to detect efficiently the quality levels of the studied maize seed genotypes. This fact allows to conclude that all the used vigor tests, revealed efficiently various levels of physiological quality of seeds, highlighting the genotypes NB-7443, INIAP H – 554, and INIAP H - 551 in descending hierarchical order and the genotypes 2B 604 and SOMMA 6215, showed poor performance with negligible vigor and viability.

Keywords: seeds, maize, physiological quality, vigor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
4.1. Beneficiarios directos.....	3
4.2. Beneficiarios indirectos.....	4
5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos.....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	7
8.1. Calidad fisiológica de las semillas.....	7
8.2. Factores que repercuten en la producción de semillas de buena calidad.....	8
8.2.1. Factores genéticos.....	8
8.2.2. Condiciones de siembra.....	8
8.2.3. Uso de productos químicos.....	9
8.2.4. Momento y métodos de la cosecha.....	9

8.2.5. Secado y procesamiento.....	9
8.2.6. Almacenamiento de las semillas.....	9
8.3. Función de la calidad de la semilla en la producción agrícola.....	9
8.4. Medición de los atributos de calidad de las semillas.....	10
8.4.1. Vigor de las semillas.....	10
8.5. Pruebas fisiológicas.....	11
8.5.1. Porcentajes de humedad de las semillas.....	11
8.5.2. Materia seca de semillas.....	12
8.5.3. Germinación estándar.....	12
8.5.4. Índice de velocidad de emergencia (emergencia en campo).....	13
8.5.5. Conductividad eléctrica.....	14
8.5.6. Prueba de tetrazolio.....	15
8.5.7. Prueba de envejecimiento acelerado.....	16
8.5.8. Altura de planta.....	17
8.5.9. Materia seca.....	17
8.6. Investigaciones realizadas en tecnología de semillas.....	18
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	21
10. DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
10.1. Ubicación y duración del ensayo.....	21
10.2. Tipo de investigación.....	21
10.2.1. Técnicas.....	22
10.3. Condiciones meteorológicas.....	22
10.4. Materiales y equipos.....	22
10.4.1. Genotipo de maíz SOMMA 6215.....	22
10.4.2. Genotipo de maíz NB-7443.....	23
10.4.3. Genotipo de maíz 2B-604.....	23
10.4.4. Genotipo de maíz INIAP H-554.....	24
10.4.5. Genotipo de maíz INIAP H-551.....	24
10.5. Otros materiales y equipos.....	25
10.6. Diseño experimental.....	25
10.6.1. Modelo Matemático del DCA.....	26
10.7. Tratamientos.....	26
10.8. Análisis de varianza.....	26
10.9. Manejo metodológico.....	27

10.9.1.Preparación de camas para el ensayo en campo.....	27
10.9.2.Obtención de las muestras de semilla para el estudio.....	27
10.9.3.Caracterización de los lotes de semillas de maíz amarillo duro tropical.....	27
10.10. Variables a evaluar.....	28
10.10.1. Humedad de la semilla.....	28
10.10.2. Materia seca de semillas.....	28
10.10.3. Germinación estándar.....	29
10.10.4. Índice de velocidad emergente (IVE).....	30
10.10.5. Conductividad eléctrica (CE).....	31
10.10.6. Prueba de Tetrazolio (TZ).....	31
10.10.7. Prueba de Envejecimiento acelerado (EA).....	33
10.10.8. Altura de plántula (AP).....	34
10.10.9. Peso de materia seca de la plántula (MS).....	34
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
11.1. Análisis del porcentaje de humedad (% HS).....	35
11.2. Análisis de materia seca de semillas (MSS).....	37
11.3. Prueba de germinación estándar.....	37
11.3.1.Primer conteo de germinación (PCG).....	37
11.3.2. Conteo final de Germinación (CFG).....	38
11.4. Prueba de Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).....	39
11.5. Prueba de conductividad eléctrica.....	41
11.6. Prueba de Tetrazolio (TZ).....	42
11.6.1.Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor).....	43
11.6.2.Tetrazolio Categoría 2 – C2 (Viabilidad).....	43
11.7. Pruebas de Resistencia: evaluar el comportamiento de semillas expuestas a estrés.....	45
11.7.1.Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas en H ₂ O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).....	45
11.7.2.Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl al 50%, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).	47
11.7.3.Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante Altura de plántula (AP).	50
11.7.4.Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl 50 % mediante Altura de planta (AP).....	51
11.7.5. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante materia seca de la plántula (MSP).....	53

11.7.6. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl AL 50% , mediante materia seca de la plántula (MSP)	55
11.8. Prueba de altura de plántulas (AP)	57
11.9. Prueba de materia seca de plántulas (MSP)	58
12. IMPACTOS.....	60
13. PRESUPUESTO.....	61
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
14.1. Conclusiones	62
14.2. Recomendaciones	63
15. BIBLIOGRAFÍA.....	64
16. ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados.	6
Tabla 2. Condiciones agrometeorológicas del sitio del ensayo.....	22
Tabla 3. Características técnicas del genotipo de maíz SOMMA 6215.	23
Tabla 4. Características técnicas del genotipo NB-7443.	23
Tabla 5. Características técnicas del genotipo de maíz 2B-604.	24
Tabla 6. Características técnicas del genotipo INIAP H-554.....	24
Tabla 7. Características técnicas del genotipo INIAP-551.	25
Tabla 8. Materiales y equipos.....	25
Tabla 9. Tratamientos en estudio.....	26
Tabla 10. Esquema de análisis de varianza (ADEVA).....	26
Tabla 11. Caracterización de los lotes de semilla.....	27
Tabla 12. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de humedad de la semilla (%H).....	36
Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de humedad de semillas (%HS).....	36
Tabla 14. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable materia seca de semillas (MSS).	37
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable Primer conteo de germinación (PCG).....	38
Tabla 16. Análisis de varianza para la variable conteo final de germinación (CFG).	38
Tabla 17. Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG al 5% de significancia.	38
Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE).	40
Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia.	40
Tabla 20. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S).	41

Tabla 21. Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica ($CE_{\mu S}$) al 5% de significancia.	41
Tabla 22. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 (C1) Vigor.	43
Tabla 23. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 (C2) Viabilidad.	43
Tabla 24. Prueba de Tukey para la variable Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia.	43
Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas en H ₂ O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).	45
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).	46
Tabla 27. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl al 50%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE) y observaciones corregidas (SQRT (Y + 0.5)).	48
Tabla 28. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl al 50%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE) y observaciones corregidas (SQRT (Y + 0.5)).	48
Tabla 29. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante Altura de plántula (AP).	50
Tabla 30. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante altura media de la plántula (AP).	50
Tabla 31. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl 50 % mediante Altura de planta (AP).	52
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl al 50%, mediante altura media de la plántula (AP).	52
Tabla 33. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante materia seca de la plántula (MSP).	53

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la variable envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante materia seca de la plántula (MSP).	54
Tabla 35. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl AL 50%, mediante materia seca de la plántula (MSP).	55
Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la variable envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl al 50%, mediante materia seca de la plántula (MSP).	56
Tabla 37. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable altura de plántulas (AP) a los 5, 10 y 15 días.	57
Tabla 38. Prueba de Tukey para la variable para la variable altura de plántulas (AP) a los 5, 10, 15 días al 5% de significancia.	57
Tabla 39. Análisis de varianza para variable materia seca de las plántulas (MSP).	59
Tabla 40. Prueba de Tukey para la variable materia seca de las plántulas (MSP) al 5% de significancia.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de humedad de la semilla (%H).....	37
Figura 2. Variables PCG y CFG al 5% de significancia.	39
Figura 3. Índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia.....	41
Figura 4. Conductividad Eléctrica (CE μ S) al 5% de significancia.....	42
Figura 5. Prueba de Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia.	44
Figura 6. (EA) 24, 48 y 72 horas con H ₂ O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).47	
Figura 7. (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl al 50%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).	49
Figura 8. EA (24, 48 y 72 horas) con H ₂ O, mediante altura media de la plántula (AP).	51
Figura 9. EA (24, 48 y 72 horas) con NaCl al 50%, mediante altura media de la plántula (AP)..	53
Figura 10. EA (24, 48 y 72 horas) con H ₂ O, mediante materia seca de la plántula (MSP).....	55
Figura 11. EA (24, 48 y 72 horas) con NaCl al 50%, mediante materia seca de la plántula (MSP).	56
Figura 12. Altura de Plántulas a los 5, 10, 15 días, al 5% de significancia.	58
Figura 13. Materia seca de las plántulas (MSP) al 5% de significancia.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesión no exclusiva de derechos de autor.....	70
Anexo 2. Certificado Urkund.	73
Anexo 3. Aval del traductor.	74
Anexo 4. Hoja de vida de la docente tutora.	75
Anexo 5. Hoja de vida de las estudiantes investigadoras.....	76
Anexo 6. Evidencias fotográficas.	78
Anexo 7. Ficha para ser utilizada en la prueba de tetrazolio para semillas de maíz.....	80
Anexo 8. Diseño del proyecto en campo.....	81

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: Determinación de la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de maíz (*Zea mays*) en condiciones de campo y laboratorio.

Fecha de inicio: Octubre del 2021

Fecha de finalización: Febrero del 2022

Lugar de ejecución: Pruebas de laboratorio:
Laboratorio Germoplasma de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Ensayos de campo:

Recinto El Progreso, cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi.

Unidad Académica que auspicia Facultad De Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado: Al sector agrícola

Equipo de Trabajo: Chicaiza Gómez Dominica Alejandra

Quevedo Andino Hilda Beatriz

Ing. Mg. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina

Área de Conocimiento: Agricultura

Línea de investigación: Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación de la Carrera: Producción agrícola sostenible

Línea de vinculación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Una buena semilla es la base de toda producción de un cultivo, dependiendo de su calidad fisiológica la calidad en la semilla se ha definido como el conjunto de características deseables, que comprende distintos atributos, referidos a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse. Al evaluar la calidad de las semillas se consideran la mayor parte de atributos deseables. La evaluación de este componente es a través de procesos como: pruebas y porcentajes de germinación, pruebas de envejecimiento acelerado, pruebas de conductividad eléctrica, pruebas de tetrazolio y demás ensayos para lograr determinar la calidad de semillas de determinado lote (Doria, 2020).

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Germoplasma de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se evaluaron parámetros como: porcentaje de germinación, prueba de conductividad eléctrica, así como pruebas de vigor y vialidad de los genotipos de semilla, normalizados por el ISTA (Asociación Internacional de Ensayos de Semillas), ente regulador de la calidad fisiológica de las semillas. El diseño experimental consta de un Diseño Completamente al Azar, constituido por los diferentes genotipos de semillas de maíz duro tropical, con cuatro repeticiones tanto a nivel de campo como de laboratorio. A nivel de laboratorio se evaluaron variables como: prueba de tetrazolio, conductividad eléctrica, porcentaje de materia seca de semillas, envejecimiento acelerado con agua, envejecimiento acelerado con cloruro de sodio, pruebas de germinación estándar, prueba de humedad de semillas, porcentaje de materia seca. En condiciones de campo se evaluaron variables netamente aplicables en la agricultura como el índice de velocidad de emergencia y altura de plantas. Para contrastar los datos experimentales se utilizó la prueba estadística de Tukey con una probabilidad de 5%.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla a sembrar para procurar el éxito. La semilla es el material de partida para la producción. Es condición indispensable que tenga una buena respuesta bajo las condiciones de siembra y que produzca una plántula vigorosa para alcanzar el máximo rendimiento. La semilla mejorada es tecnología con un valor estratégico ya que permite obtener mayor eficiencia productiva de los recursos: tierra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas, agua, mano de obra, etc. Es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una

semilla de calidad, dado que un cultivo puede resultar de una calidad inferior a la semilla sembrada, pero nunca superior a ella (Krzyzanowski *et al.*, 2009).

Según la última Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, realizada por el INEC (2020), el maíz es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional, tanto por su elevada incidencia social, ya que casi las tres cuartas partes de la producción total proviene de unidades familiares campesinas, la mayoría de ellas de economías de subsistencia, como también por constituir la principal materia prima para la elaboración de alimentos concentrados (balanceados) destinados a la industria animal. Si bien a través de prácticas post cosecha, como el secado, acondicionamiento y limpieza de las semillas, es posible mejorar la calidad física de la semilla cosechada, siempre es necesario evaluar la relación costo beneficio.

Por lo tanto, se puede afirmar que, las semillas cuyas con menores índices de calidad fisiológica, pierden su valor mermando los niveles de producción de determinado cultivo, que tiene una posición clave para incidir en la producción. Las evidencias empíricas han demostrado que las semillas de buena calidad permiten obtener buenos resultados, mientras que lo contrario conduce a resultados insatisfactorios o fracasos. En este punto es necesario recalcar sobre la importancia de los análisis fisiológicos de la semilla, debido a que para obtener una buena producción es imprescindible contar con semillas de buena calidad, con pruebas que garanticen su calidad y rentabilidad, de tal manera que la prolongación de la calidad de las semillas tiene gran utilidad para incrementar la productividad de los cultivos de forma sostenible y sustentable (Doria, 2020).

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios del presente proyecto son los 300 estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica, quienes a través de las pruebas de laboratorio efectuadas podrán conocer el manejo de las semillas certificadas, al mismo tiempo se sientan precedentes para investigaciones futuras en la tecnología de semillas.

4.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos comprenden los docentes responsables del proyecto, así como los docentes del área de agronomía, aproximadamente 400 estudiantes de carreras afines de otras instituciones, empresas productoras y comercializadoras de semillas, se benefician también los agricultores que se dedican a la producción de maíz.

5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de maíz (*Zea Mays* L.) es uno de los mayores a nivel mundial y En América Latina y el Caribe, se generan más de 220 millones de toneladas de maíz, siendo exportado y consumido por todo el mundo. La creciente demanda de esta importante materia prima en los últimos años ha generado grandes inversiones en el sector, con el objetivo de desarrollar nuevos y mejores genotipos. Una característica crucial es que el maíz es completamente dependiente de las semillas para su desarrollo en la agricultura y la producción de semillas de alta calidad, ha generado un interés constante por parte de las empresas productoras, Universidades y Centros de Investigación, para atender los principales requerimientos en esta materia (FAO, 2017).

El Ecuador promulga mediante la Ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura sustentable (LOASFAS), en el Artículo 1. Manifiesta, La presente Ley tiene por objeto entre otras puntualidades, asegurar la producción, acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable; a fin de garantizar la autosuficiencia de alimentos sanos, diversos, nutritivos (LOASFAS, 2020).

Garantiza el uso, producción, fomento, conservación e intercambio libre de la semilla campesina que comprende las semillas nativa y tradicional; y la producción, certificación, comercialización, importación, exportación y acceso a la semilla certificada, mediante la investigación y el fomento de la agricultura sustentable (LOASFAS, 2020).

Para el año 2020, la superficie cosechada de maíz en Ecuador fue de 355,913 hectáreas, abarcando una producción de 1,358,626 toneladas métricas. La provincia de Los Ríos abarcó el 47% de la producción nacional, seguido de Manabí con el 21% y Guayas con el 18% (CFN, 2020).

El maíz es un cultivo de suma importancia en el Ecuador debido al significativo rol que cumple en seguridad alimentaria de la población. El maíz amarillo duro, destinado en un 80% a la producción de alimento balanceado, se produce mayoritariamente en la región litoral y es el primer cultivo transitorio en importancia en relación con la superficie sembrada (300.000 ha) con un rendimiento de 3,6 t/ha. Su producción y rendimiento ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada y a las tecnologías de manejo que las compañías privadas, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el INIAP han transferido a los productores (Mosquera, 2019).

En el cantón La Maná, el estudio de la calidad fisiológica de semillas se desconoce hasta la actualidad, las semillas que se comercializan en los diferentes centros agropecuarios, el usuario asume, que las semillas compradas por sí mismas cumplirán su rol en la producción de la especie escogida, sin embargo, es una práctica empírica, que se podría evidenciar con estudios para determinar el potencial fisiológico de las semillas.

Este cantón por estar situado en la parte de subtropical de la provincia de Cotopaxi, goza de un clima apropiado para el cultivo de Maíz amarillo duro tropical, sin embargo, las áreas extensas de este cantón en su mayoría han sido cultivados con banano, forestales, pastos, cacao y otras especies perennes, característica que ha limitado a la expansión de este cultivo, observándose en pequeñas y de manera transitoria el cultivo de maíz. A pocos kilómetros se encuentra la provincia de Los Ríos, donde se destaca la producción de Maíz amarillo duro tropical y es la principal provincia productora de maíz en el Ecuador (CFN, 2020).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

- Determinar la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de campo y laboratorio.

6.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad fisiológica inicial de cinco genotipos de semillas de maíz, mediante pruebas físicas, fisiológicas y bioquímicas.

- Identificar el desempeño de los cinco genotipos de maíz mediante el método de envejecimiento acelerado con diferentes variaciones de estrés.
- Determinar el genotipo de maíz amarillo duro tropical que presente el mejor potencial fisiológico en relación a vigor y viabilidad.

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

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Medios de verificación
Evaluar la calidad fisiológica inicial de cinco genotipos de semillas de maíz, mediante pruebas físicas, fisiológicas y bioquímicas.	<p>*Someter a las semillas a pruebas de laboratorio.</p> <p>*Aplicación de las metodologías de acuerdo a las normas del ISTA y otras metodologías, en los procesos de evaluación de semillas.</p> <p>*Evaluación de distintas mediciones: % humedad, germinación estándar, prueba de tetrazolio y conductividad eléctrica.</p>	<p>*Pruebas de laboratorio</p> <p>*Datos de % de humedad, germinación estándar, prueba de tetrazolio y conductividad eléctrica.</p>	<p>*Pruebas de laboratorio.</p> <p>*Medios de cultivo de semillas.</p> <p>*Fotografías</p> <p>*Análisis estadísticos de los resultados obtenidos.</p>
Identificar el desempeño de los cinco genotipos de maíz mediante el método de envejecimiento acelerado con diferentes variaciones de estrés.	<p>*Someter a situaciones de estrés a las semillas mediante pruebas de envejecimiento con agua (H₂O) y Cloruro de sodio (NaCl).</p> <p>*Sembrar el maíz en camas de cultivo.</p> <p>*Evaluación de distintas mediciones: Índice de velocidad de emergencia (IVE), altura de planta y materia seca.</p>	<p>*Ensayos de campo establecidos</p> <p>*Parcelas definidas</p> <p>*Datos de Índice de velocidad de emergencia (IVE), altura de planta y materia seca.</p>	<p>*Fotografías</p> <p>*Pruebas de campo y laboratorio.</p> <p>*Análisis estadísticos de los resultados obtenidos.</p>
Determinar el genotipo de maíz amarillo duro tropical que presente el mejor potencial fisiológico en relación a vigor y viabilidad.	<p>*Comparar los resultados obtenidos de los diferentes ensayos aplicados a los cinco genotipos.</p>	<p>*Determinación del genotipo que presente mejores características fisiológicas</p>	<p>*Análisis estadístico.</p> <p>*Búsqueda bibliográfica.</p>

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Calidad fisiológica de las semillas

En la agricultura la importancia de contar con material vegetativo de calidad está relacionada con la productividad de determinado cultivo, debido a esto las semillas que mantienen un análisis tanto fisiológico como una certificación que garantice su procedencia y genotipo son las de mayor demanda por los agricultores. Una semilla de calidad es una semilla altamente viable, es decir es una semilla susceptible de desarrollar una plántula normal aún bajo condiciones ambientales no ideales, tal como puede ocurrir a campo. La calidad de la semilla a sembrar es esencial para conseguir un buen establecimiento de las plantas y es el primer paso para lograr un cultivo óptimo. Se considera que los atributos de calidad más importantes son: Viabilidad, germinación, vigor y sanidad (FAO, 2019).

Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla. Es por esta razón que el deterioro controlado a un contenido de humedad constante, refleja el método de almacenamiento de muchas especies en sacos de papel aluminio más que en almacenamiento abierto, reflejando su potencial de almacenamiento, lo que también ocurre con el envejecimiento acelerado. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de ella actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Gámez *et al.*, 2015).

Las semillas de calidad son importantes tanto en el sector formal como en el informal. El sector formal abarca actividades específicas para ofrecer nuevas variedades y mantener su pureza; y para certificar y distribuir semillas a los agricultores a través de canales reconocidos de semillas. Las semillas de calidad se producen bajo supervisión, que puede variar de acuerdo a la clase o categoría de las semillas. El sector informal - también conocido como sistema de semillas tradicional o campesino - no está reglamentado por el sector público. Las semillas se intercambian y truecan entre agricultores o se venden en el mercado local. En el sistema informal se distingue por cinco

características principales: se basa en la tradición, está semiestructurado, tiene funciones específicas en cada comunidad, utiliza una amplia variedad de mecanismos de intercambio y generalmente trata pequeñas cantidades de semillas que tengan una gran demanda entre los agricultores. Este sistema tradicional ha conservado las variedades locales y autóctonas durante cientos de años (Farras, 2017).

Es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad para dar una planta normal y vigorosa (Raya *et al.*, 2012).

Las actividades de investigación y desarrollo de variedades o híbridos son capaces de incorporar características de resistencia y tolerancia a enfermedades. Estas actividades se deberán complementar en la etapa de producción de semilla utilizando semilla original sana, sanidad de los genotipos de producción, rotación de cultivos, aislamiento, tratamiento de la semilla, acondicionamiento y almacenamiento adecuados (Salinas *et al.*, 2014).

8.2. Factores que repercuten en la producción de semillas de buena calidad

8.2.1. Factores genéticos.

La estructura genética determina las características, como el tamaño de la semilla y su densidad, que pueden influir en la calidad de las semillas. Prácticas de producción Las buenas prácticas de producción son esenciales (Raya *et al.*, 2012).

8.2.2. Condiciones de siembra.

La producción de semillas de alta calidad puede fallar en condiciones adversas que ejerzan demasiadas presiones (Raya *et al.*, 2012).

8.2.3. Uso de productos químicos.

Los daños fisiológicos en las plantas debidos a la aplicación de productos químicos no recomendados pueden producir un cultivo no apto para la inspección sobre el terreno. Además, las sustancias químicas pueden quedarse en la semilla con efectos negativos en su germinación (Raya *et al.*, 2012).

8.2.4. Momento y métodos de la cosecha.

Una cosecha demasiado prematura o demasiado demorada puede reducir la calidad de las semillas. Es fundamental cosechar las semillas en cuanto el contenido de humedad alcance un nivel inocuo para el almacenamiento (a menos que haya servicio de secado disponible) (Raya *et al.*, 2012).

8.2.5. Secado y procesamiento.

No limpiar las semillas puede reducir la calidad. La limpieza elimina o reduce los contaminantes no deseados (p.ej., semillas enfermas o inmaduras, semillas de malezas, materia inerte, semillas rotas o partidas, o semillas de otros cultivos). Secar a temperaturas demasiado elevadas –por lo general cuando se intenta secar rápidamente las semillas– puede afectar negativamente a la germinación de las semillas (Raya *et al.*, 2012).

8.2.6. Almacenamiento de las semillas.

Unas condiciones inadecuadas pueden incrementar la tasa de deterioro. Un almacenamiento prolongado en condiciones que no sean óptimas (en cuanto a temperatura y humedad) da lugar a cambios fisiológicos, bioquímicos y citológicos en las semillas, que se traducen en un deterioro de la calidad (Raya *et al.*, 2012).

8.3. Función de la calidad de la semilla en la producción agrícola

La calidad de las semillas es fundamental en la producción agrícola. Para tener buenas cosechas (y por tanto una buena rentabilidad) es indispensable contar con semillas de alta calidad, y reducir así al mínimo la posibilidad de que no se dé la cosecha. Por el contrario, las semillas de origen desconocido pueden dar lugar a un establecimiento deficiente del cultivo, un desempeño

insatisfactorio en el campo y bajo rendimiento. Además, si la semilla está contaminada con notas especies indeseables o infectada con patógenos, los agricultores pueden tener que recurrir al uso de herbicidas o plaguicidas adicionales. El objetivo de la evaluación de la calidad de las semillas es permitir una predicción razonable del rendimiento en el campo a fin de determinar su valor para la siembra. En la siembra, la información sobre el vigor de la semilla es útil para tomar decisiones de gestión, especialmente en condiciones negativas (Gracia *et al.*, 2015).

8.4. Medición de los atributos de calidad de las semillas

Las normas o requisitos mínimos de calidad de las semillas generalmente son establecidos por la ley nacional de acuerdo a las normas y reglamentos en materia de semillas. Las normas mínimas sobre semillas (véase el capítulo 4) pueden ser independientes del sistema de certificación. Los métodos normalizados de análisis de semillas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) se utilizan por lo general para medir los atributos de calidad de las semillas. El análisis de semillas se basa en genotipos, es decir, cantidades precisas de las semillas. Los genotipos de semillas deben ser uniformes y haberse cosechado en un determinado terreno, de modo que los resultados de los análisis puedan relacionarse con campos específicos. El tamaño del lote de semillas depende del tamaño de la semilla. En general, cuanto más grande sea la semilla, más grande será el lote de semillas. Ciertos genotipos de semillas que presentan porcentajes de germinación elevados y similares pueden presentar comportamientos diferenciados cuando son sembrados en condiciones idénticas sin estrés en el campo. En este caso es necesario evaluar el vigor de la calidad de los distintos genotipos de semillas y así conocer los parámetros necesarios tanto de adaptabilidad y de aclimatación de cierto genotipo de semillas (Hurtado *et al.*, 2017).

8.4.1. Vigor de las semillas

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas. Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor. Los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las semillas según la FAO (2019), incluyen:

- Tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas;
- Comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas
- Comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

La calidad de las semillas disminuye con el transcurso del tiempo y la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales durante el almacenamiento y el tiempo en que estas permanecen almacenadas. El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas. El vigor de las semillas se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote de semillas de una especie que cumplen los requisitos para ser sembradas, garantizando una pureza efectiva de estas (Terenti, 2016).

8.5. Pruebas fisiológicas

8.5.1. Porcentajes de humedad de las semillas

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas. A su vez, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. (6). Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, aun cuando presentan condiciones favorables para ello, lo cual se debe a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se encontrará en estado latente durante un tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que en un momento dado pierda su capacidad de germinar (Perez & Marin, 2016).

Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla. Es por esta razón que el deterioro controlado a un contenido de humedad constante, refleja el método de almacenamiento de muchas especies en sacos de papel aluminio más que en almacenamiento abierto, reflejando su potencial de

almacenamiento, lo que también ocurre con el envejecimiento acelerado. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de ella actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Gámez *et al.*, 2015).

8.5.2. Materia seca de semillas

La materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. El procedimiento consiste en pesar la materia fresca (en su estado natural), y someterla a un secado por calentamiento en un horno de laboratorio, llegando a una temperatura de entre 103 y 105 °C (en el caso de las semillas) mientras que el tiempo que dura el calentamiento dependerá de cada sustancia. Una vez pasado el tiempo de calentamiento se pesa el residuo, que será la materia seca (Ceron, 2011).

8.5.3. Germinación estándar

La prueba de germinación tiene como finalidad determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del por ciento de semillas que tienen la capacidad de generar plántulas normales, bajo condiciones óptimas de luz, agua, aire y temperatura. La prueba de germinación se desarrolla en condiciones de laboratorio, en condiciones controladas de humedad, temperatura y luz, para determinar el porcentaje de plántulas normales que determinan la capacidad germinativa. El proceso de germinación está constituido por tres fases: i) imbibición de agua ii) activación del metabolismo, síntesis de proteínas y carbohidratos y degradación de reservas; iii) desarrollo del embrión y ruptura de la testa a través de la cual se observa la emergencia de radícula y posteriormente la plúmula o tallo (Salinas *et al.*, 2014).

La prueba de germinación estándar en cajas Petri permite determinar la viabilidad de ciertos genotipos de semillas, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar y es un elemento vital en la agricultura moderna, la semilla certificada contribuye a alcanzar una producción más alta. La germinación, la pureza y la sanidad son los tres criterios de la calidad de semilla que están bien establecidos y los cuales son determinados por

pruebas de rutinas en estaciones de pruebas de semilla. Las pruebas han sido hechas para mejorar la calidad de la semilla en el comercio y los métodos de producción de semillas han sido mejorados para reunir los estándares impuestos por ellos (Doria, 2020).

En el proceso de germinación estándar utilizando algodón como medio de cultivo la absorción de agua por semillas embebidas bajo condiciones comunes de laboratorio, por ejemplo, agua aplicada sobre una o más capas de algodón humedecidas en cápsulas de Petri. Aquí una proporción favorable de la superficie de la semilla está en contacto con el medio acuoso (el cual es a menudo agua destilada). La germinación óptima sobre el algodón y la solución acuosa requiere una cantidad adecuada de agua, poca humedad crea impedancias externas e internas y demasiada humedad puede restringir la difusión del oxígeno dentro de la semilla. La absorción de agua puede no ocurrir eventualmente sobre la totalidad de la superficie de una semilla intacta (ONU, 2019).

Muchas semillas colocadas en agua destilada en cajas Petri bajo condiciones óptimas para la germinación muestran un patrón trifásico de absorción de agua. La absorción inicial de agua en la Fase I (llamada imbibición) es una consecuencia de las fuerzas mátricas de las paredes y contenidos celulares de la semilla, esta absorción ocurre sin considerar si la semilla posee o no latencia y/o es o no viable. La fase II es el periodo de retraso de absorción de agua, cuando el potencial mátrico es alto, como es el potencial osmótico o de soluto. Semillas muertas y latentes mantienen este nivel de típica hidratación de la fase II, pero al contrario de semillas germinando ellas no entran a la fase III, la cual está asociado con la protrusión de la radícula (Ceron, 2011).

En cuanto al medio de cultivo, según Moreno & Flores (2016), entre las características del algodón utilizado como sustrato no debe ser tóxico para las plántulas en desarrollo. Además, debe absorber y suministrar humedad suficiente para que las semillas germinen. Al mismo tiempo debe ser lo suficientemente fuerte para que no se deshaga mientras se manipula, de esta manera se mantendrá la calidad fisiológica de las semillas en buen estado, además de evitar la penetración de las raíces de las plántulas en desarrollo, sin importar el periodo de tiempo.

8.5.4. Índice de velocidad de emergencia (emergencia en campo)

Las pruebas de germinación se hacen normalmente bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, motivo por el cual muchas veces los resultados de estas pruebas no corresponden a los

resultados obtenidos en campo; de esta forma, se ha optado por implementar paralelamente a la germinación, pruebas de vigor (emergencia) para emitir veredictos integrales sobre la calidad fisiológica de un lote de semillas (Doria, 2020).

El ISTA (2012), define el concepto de vigor, como la capacidad de la semilla para producir, en forma rápida y uniforme, plántulas normales en condiciones específicas; donde la capacidad depende del estado bioquímico, amplitud de reservas nutritivas y constitución genética de las semillas. Es posible notar que dentro de los factores que están involucrados en el origen y causas del vigor de la semilla. Se han propuesto diversas pruebas para evaluar el vigor y por razones de operatividad, eficacia y costo, una prueba de vigor debe ser barata, sencilla, cuantitativa, reproducible y correlacionada con la emergencia en campo de la semilla. Las pruebas de vigor se dividen en dos tipos, de manera directas, las cuales se simulan las condiciones donde pasan las semillas en el campo, con la ventaja que se evalúan todos los factores que afectan el vigor; y de formas indirectas, que miden atributos fisiológicos de la semilla y son medidos en el laboratorio y relacionado con el establecimiento en campo

La prueba de velocidad de emergencia propuesta por Maguire (1962), citado por Martínez *et al.* (2020), en donde se cuenta el número de días que emergieron para establecer un índice, el cual permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético, ya que se ha demostrado que plántulas con mejor vigor poseen características aceptables de área foliar, peso seco y longitud de raíz.

8.5.5. Conductividad eléctrica

Dentro del proceso de evaluación de la calidad fisiológica de las semillas las pruebas con relación a la calidad fisiológica de semillas en nuestro país son escasas y ello es esencial en el control de calidad para predecir el comportamiento inicial en campo. La utilización de semillas de alta calidad fisiológica es un factor importante en el establecimiento de cualquier cultivo; por esta razón varias pruebas de valoración del vigor de las semillas son relevantes tanto para los agricultores como para las empresas que poseen laboratorios de semillas, con el fin de tener un mejor control de calidad de sus productos; dado que el vigor es un factor muy importante, sobre todo por el incremento de los costos de las mismas. (Nidera, 2021).

La importancia de la Prueba de conductividad eléctrica de semillas, es una herramienta muy útil, ya que se trata de un ensayo rápido donde se obtienen resultados de vigor y germinación en 24 h o menos, puede ser realizada en la mayoría de los laboratorios de análisis de semillas con la necesidad de disponer de un equipo de Conductividad eléctrica y sin demasiado requerimiento de entrenamiento de personal Vieira *et al.* (2019). Por otro lado, se trata de una prueba objetiva, ya que la evaluación se realiza por la medición de los electrolitos liberados desde la semilla al medio de imbibición y no por la evaluación de plántulas como en el caso de las otras pruebas y se elimina de esta manera la subjetividad por parte del analista.

De hecho, la prueba de conductividad eléctrica se ha incorporado a las Reglas Internacionales de Análisis de Semilla. En el caso del cultivo de maíz, donde el vigor y la viabilidad son aspectos decisivos para la elección de determinado genotipo, por lo que esa prueba fue incluida dentro de los procesos de evaluación de calidad de semillas desde el año 2003. La conductividad eléctrica determina el valor medio de una masa de semillas, en este caso, unas pocas semillas seriamente dañadas aumentan el valor de la conductividad de manera significativa, sin que esto signifique el verdadero valor de conductividad del lote (ISTA, 2012).

La estandarización de la prueba de conductividad eléctrica de semillas y la obtención de valores máximos y mínimos de conductividad eléctrica para utilizarlos como valores de referencia constituyen un aporte a la evaluación de la calidad de semillas de maíz con rapidez, eficiencia y efectividad. Debido a esto la conductividad eléctrica es considerada una buena prueba de vigor para detectar indirectamente las alteraciones en las membranas citoplasmáticas, en estadios tempranos del deterioro de las semillas los cereales en específico (AgroBesser, 2021).

8.5.6. Prueba de tetrazolio

En las pruebas de calidad fisiológica de las semillas es necesario disponer de ciertas metodologías que permitirán alcanzar un importante grado de confiabilidad en la toma de decisiones para tener una buena probabilidad en el vigor de las semillas. Evaluar la calidad de un lote tiene como objetivo poder estimar su comportamiento una vez sembrado en el campo; debemos recordar que, en este ambiente real de germinación, no podemos controlar con precisión la gran mayoría de los factores - temperatura, luz, humedad, sales, nitratos, exudados de otras plantas, residuos de herbicidas- que afectan la emergencia y el establecimiento inicial de las plántulas (Ruiz, 2018).

La prueba de viabilidad consiste, básicamente, en hidratar la semilla para generar su actividad fisiológica (respiración). La función del tetrazolio permitirá que las células vivas se tiñan de un tono rojizo, lo cual indicará la capacidad potencial de germinación. De manera que, las células muertas no serán teñidas, por ello la prueba de viabilidad nos revela una serie de aspectos esenciales para conocer no solamente la calidad del lote, sino que también puede servir de guía para identificar otros factores que pueden estar afectando a las semillas; entre ellos la dormición, que suele ser la causa de una menor germinación, pero que no debe confundirse con mala calidad (Valdivia *et al.*, 2018).

8.5.7. Prueba de envejecimiento acelerado

El ensayo de envejecimiento acelerado es uno de los métodos más sensibles, eficientes y utilizados para evaluar el vigor de semillas en varias especies cultivadas, esto permite identificar el comportamiento de las semillas sometidas a estrés provocado por alta temperatura y humedad relativa durante un periodo determinado, haciendo que las semillas de mayor vigor conserven su capacidad de originar plántulas normales, mientras que semillas con menor vigor tienen una reducción acentuada de su viabilidad. Mediante esta prueba se permite observar diferencias del potencial fisiológico entre genotipos de semillas), ya que genotipos con menor vigor presentan una disminución de viabilidad más acentuada que genotipos con mayor vigor. Sin embargo, la absorción de agua de las semillas puede interferir en la interpretación de los resultados del ensayo, por tal razón, están siendo estudiadas alternativas para la realización de este ensayo, por ejemplo, la sustitución de agua por soluciones salinas, con el objetivo de controlar el proceso de deterioro de las semillas sin reducir la sensibilidad del análisis (Suarez *et al.*, 2018).

El envejecimiento acelerado deteriora la semilla y es igual al que ocurre naturalmente, es la prueba de vigor más aplicada a semillas comerciales por su exposición a temperaturas y humedad altas merman su capacidad germinativa, el crecimiento inicial de plántulas, la tolerancia a condiciones adversas y no ocurre uniformemente en semillas, aún en un mismo lote. El propósito del presente estudio fue evaluar el efecto de envejecimiento acelerado sobre la viabilidad, desarrollo y crecimiento de plántulas de tres materiales de maíz para producir germinados como forraje alternativo (Moreno E, 1984).

El uso de soluciones saturadas e insaturadas de NaCl reduce la absorción de agua por las semillas de maíz durante el test de envejecimiento acelerado, dando como resultado una tasa de deterioro menos pronunciada y resultados menos drásticos y más uniformes. El tratamiento de 48 horas con soluciones insaturadas y saturadas de NaCl es una opción para usar, ya que promueve una mejor clasificación de los genotipos de semillas de cebolla en diferentes niveles de vigor. Las pruebas de EA, basadas en el aumento del deterioro de las simientes cuando se exponen a condiciones de alta temperatura y humedad relativa por períodos de tiempo que varían según la especie, son de las más utilizadas a nivel internacional y es necesario estandarizarlas para cada especie. Una de sus deficiencias radica en que, en función de la especie y para una misma temperatura, el aumento del período de exposición proporciona ganancias en los porcentajes del contenido de agua de las simientes. Para contrarrestar este factor, se sugiere el uso de soluciones saturadas de sales (NaCl), durante la realización de la prueba, con el objetivo de reducir la humedad relativa en el interior de los compartimientos individuales, con lo que se retarda la absorción de agua por la semilla. Esta modificación se denomina “test de envejecimiento acelerado con uso de soluciones saturadas de sal” (SSAA por sus siglas en inglés) y fue propuesto por (Jianhua y McDonald, 2017).

8.5.8. Altura de planta

El maíz posee buen desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta los 5 metros de altura en altitudes superiores a los 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los mejores rendimientos se obtienen en el rango comprendido entre 0 a 900 msnm, y la planta alcanza una altura de 2 a 2.65 metros, por lo que estos germoplasmas son considerados como tropicales. Como cultivo comercial, crece entre las latitudes 55° N y 40° S (Maguire, 1962).

8.5.9. Materia seca

El porcentaje de materia seca se refiere a la cantidad de alimento menos el agua contenida en dicho alimento, en otras palabras, si una muestra de material vegetal se somete a un calor moderado (típicamente 65°C por 48 horas) de tal modo que toda el agua se evapore, lo que queda es la porción de materia seca de ese alimento. El peso de la materia seca permite determinar la masa vegetal y sus propiedades nutricionales de la especie que estamos evaluando. Puntualmente en el caso del maíz el peso de materia seca se obtiene mediante el secado en estufa del material vegetativo fresco, la materia seca se considera como una prueba de la calidad fisiológica de las semillas según las

metodologías que se apliquen, aunque en ciertos casos el peso seco de la planta solo indica la cantidad de humedad que esta pierda tras el secado por determinado tiempo establecido (FAO, 2019).

La materia seca se determina debido a que en ella se concentran todos los nutrientes utilizados en nutrición animal (proteína, grasas, minerales, fibra, entre otros). De esta forma, a excepción de la energía, el contenido de nutrientes que contiene un forraje se expresa en relación porcentual en base materia seca (Farras, 2017).

8.6. Investigaciones realizadas en tecnología de semillas

En investigaciones efectuadas por Erazo (2014), con el objetivo de evaluar la calidad fisiológica y viabilidad de semillas de maíz, frejol y sorgo se planteó un experimento para determinar los efectos ambientales de temperatura y humedad relativa en condiciones de almacenamiento. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, los tres tipos de semilla se evaluaron por separado, tomando en cuenta las variables: porcentaje de germinación, vigor, pureza física daños por patógenos en cada uno de los experimentos. Los resultados de la investigación muestran condiciones de humedad de 7.83% en el tratamiento con semillas de maíz, almacenadas en condiciones controladas, mientras el menor porcentaje de humedad se registró con las semillas almacenadas en bolsas de papel con una humedad de 5.61%, en cuanto a la viabilidad las semillas de maíz demostraron efectos superiores a las demás semillas, por lo que se recomienda almacenar en condiciones ambientales que no afecten la calidad de las semillas.

En el laboratorio de semillas de la Universidad Técnica Amazónica Cerón (2011), evaluó tres genotipos de semillas correspondientes a: semilla fresca, semilla no fresca y semilla certificada; fueron sometidos a pruebas de viabilidad (prueba de germinación estándar), de vigor (ensayo por tetrazolio y prueba de frío) y una prueba de campo, con el objetivo de evaluar la calidad fisiológica y determinar la prueba de viabilidad y/o vigor que mejor se correlacione con la emergencia y el establecimiento en campo. Los resultados muestran que las diferencias de calidad fisiológica entre las semillas estudiadas fueron mínimas, presentando mayor viabilidad y vigor el lote de semilla certificada, seguido de los genotipos de semillas fresca y no fresca, aunque entre estos dos últimos no se pudo determinar diferencias estadísticas. Por ello, para obtener mejores resultados, se sugiere que en futuros ensayos de la calidad fisiológica de semilla de maíz; además de la prueba de

germinación estándar se realice una prueba de vigor que puede ser la prueba de frío que correlaciona bien con la emergencia en campo o el ensayo topográfico por tetrazolio, dependiendo de la disponibilidad de materiales en laboratorio y de las capacidades del analista.

Para detectar y cuantificar los daños causados por el envejecimiento natural sobre algunos eventos iniciales de la germinación seminal y del crecimiento inicial de las plántulas, Gutiérrez *et al.* (2017), realizaron ensayos de viabilidad. El análisis de componentes físicos y fisiológicos de semillas de maíz almacenadas en condiciones de laboratorio y al aire libre, para ello se emplearon dos cruza simples de maíz (INIAP H-554 y H-551) y de sus líneas progenitoras. Las variables evaluadas corresponden a: escala de pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y pruebas de tetrazolio. Se detectaron correlaciones significativas para la suma de pH, con valores oscilantes en las semillas de maíz de 5.1 para el valor inferior y 5.7 en semillas almacenadas en medios controlados, mientras que la prueba de conductividad eléctrica se registran valores de 0.58 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), En cuanto a la prueba de tetrazolio se logró mantener el 96% de viabilidad con semillas del híbrido INIAP H551, mientras el mismo híbrido presento un 96.22% de germinación.

Con el objetivo de comprobar la viabilidad y germinación de semillas de *Hechtiaperotensis*, Elizalde *et al.* (2017), establecieron un ensayo con pruebas de tetrazolio adaptándose a las recomendaciones de descritas en las reglas internacionales de análisis de semillas (ISTA). Cada tratamiento se conformó de 25 semillas. Todas las semillas se prean condicionaron durante una noche (16 h) a 20 ± 1 °C. Luego, para propiciar la penetración de la solución de tetrazolio en los tejidos seminales, se realizó un corte horizontal arriba del embrión, con un bisturí con filo recto. Al realizar el corte, se cuidó de no dañar el embrión. Las semillas acondicionadas se colocaron en recipientes plásticos con tapa y se cubrieron con suficiente volumen de cada una de las soluciones de tetrazolio. Las muestras se mantuvieron en oscuridad, a 30 ± 1 °C, por 16 h. Las semillas se enjuagaron con agua destilada y los embriones se extrajeron raspando delicadamente la parte opuesta al corte horizontal que se realizó antes y empujando el embrión cuidadosamente con la punta de un bisturí; así, se obtuvieron los embriones completos. Los embriones se evaluaron y clasificaron en una de las clases de acuerdo con la “International Seed Testing Association” (2010), donde se evidencio un 96% de vigor en semillas tratadas 12 horas, mientras que en la viabilidad se obtuvo un 94% en el mismo tratamiento.

Para efectuar la prueba de tetrazolio González *et al.* (2019) sugieren utilizar la metodología aplicable en semillas de diferentes híbridos de maíz, el primer paso es hidratar las semillas, para ello deben embeberse para iniciar la actividad de las enzimas deshidrogenasas; además así se ablandan los tejidos, y es más fácil cortarlos. Se realiza un corte o pinchazo en la semilla, esto permite el contacto del tetrazolio con los tejidos del embrión. En algunas especies, el corte no es necesario, y el tetrazolio es adicionado a la semilla intacta. Luego las semillas se sumergen en la solución de tetrazolio al 0,5 o 1% por un cierto período de tiempo, que puede oscilar de 2 a 18 horas, depende las especies de semillas. Durante este tiempo, los tejidos vivos se tiñen, mientras que las semillas que no presentan las características fisiológicas no presentan coloración alguna. Finalmente, en base al patrón de colores e intensidad, para ellos la persona que realiza el análisis debe tener conocimiento de las características fisiológicas de la semilla que está evaluando.

De acuerdo a la metodología utilizada por García *et al.* (2020), en un ensayo de germinación se deben tratar las semillas con NPs o NTC, para desarrollar una curva de imbibición, que determinara el número máximo de horas que se deban tratar las semillas. Una vez determinado el número de horas, las semillas se siembran en cajas Petri, aplicando de 20-30 ml de agua pura destilada, esta cantidad va a variar dependiendo del tamaño de la semilla, las cajas Petri se mantienen por el periodo que se consideró el más apropiado a una temperatura ambiente de 20-25 °C. Este método es uno de los más adecuados para evaluar la germinación de semillas. Las semillas se germinan en las cajas Petri previamente humedecido con agua destilada, posteriormente las semillas se organizan en hilera a diferentes espacios dependiendo del tamaño de la semilla. Se respetan entre 5 - 6 cm entre las hileras, dejando un espacio de 2-3 cm en los costados. Lo ideal es que la distribución de las semillas sea homogénea a lo largo de la caja Petri.

Sin embargo estimó el índice de velocidad de emergencia (IVE), en los híbridos de maíz H-30, H-36E, H-38E y sus respectivas líneas y cruza simples progenitoras; propuso una escala donde un índice superior a tres caracterizaba un vigor de intermedio a alto; sugirió que el uso de esta escala para la clasificación del vigor pueden ser útil dentro de un esquema de hibridación para seleccionar líneas con alto y medio vigor, debido que presentaron correlación positiva con variables como porcentaje de germinación y emergencia, así como peso seco de plántula. Al momento, no existen valores estandarizados que permitan comparar entre diferentes tamaños de muestra para definir si la semilla tiene alto o bajo vigor, motivo por lo cual se desarrolló el presente trabajo, cuyo objetivo

fue proponer valores de índices de velocidad de emergencia y germinación que se asocien al vigor adecuado de semillas en líneas de maíz (*Zea mays* L.) en cuatro tamaños de muestra (Solis, 2020).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

Ho: Ningún genotipo de semillas de maíz (*Zea mays*) presenta calidad fisiológica aceptable a nivel de campo y laboratorio.

Ha: Al menos un genotipo de semillas de maíz (*Zea mays*) presenta calidad fisiológica aceptable a nivel de campo y laboratorio.

10. DISEÑO METODOLÓGICO

10.1. Ubicación y duración del ensayo

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de germoplasma de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con ubicación geográfica de 0°54'20.1" S; 79°09'42.7" W, donde se evaluaron los diferentes parámetros para garantizar la calidad fisiológica de las semillas de maíz. Se sometieron las semillas a pruebas de campo, estas pruebas se realizaron en el recinto El Progreso, perteneciente al cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, en este sector se plantaron las semillas de maíz para el desarrollo de los ensayos respectivos. La investigación experimental tuvo una duración de 90 días en la fase de campo y laboratorio, donde se registraron y analizaron las variables en estudio.

10.2. Tipo de investigación

Investigación descriptiva

Tipo descriptiva porque nos permitió determinar el genotipo que presente mejores características fisiológicas en cuanto a la calidad de semillas.

Investigación experimental

El proyecto fue de tipo experimental, permitió conocer mediante los ensayos de campo y pruebas de laboratorio cual fue el genotipo con mejores resultados en cuanto a la calidad fisiológica de las semillas.

10.2.1. Técnicas

Observación: Esta técnica se aplicó para identificar los diferentes resultados en cuanto a los genotipos de maíz, mediante la evaluación de los genotipos sometidos a pruebas de campo y laboratorio.

Registro de datos. Se registraron los datos experimentales a partir de la observación directa, para así conocer el desarrollo de las semillas de los genotipos de maíz y determinar su comportamiento con la evaluación de su calidad fisiológica.

10.3. Condiciones meteorológicas

Según datos tomados de la página web del INAMHI, el lugar del ensayo en campo cuenta con las siguientes condiciones meteorológicas:

Tabla 2. Condiciones agrometeorológicas del sitio del ensayo.

Parámetros	Promedios
Altitud (m s.n.m.)	280
Temperatura (°C)	18-21
Humedad Relativa (%)	79-83
Heliofanía, horas/luz/año (%)	12.6
Nubosidad (%)	86
Vientos (km/h)	17
Precipitación (mm/año)	854
Topografía	Regular
Textura	Franco arenoso

Fuente: (Portal Web Inamhi, 2021)

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

10.4. Materiales y equipos

10.4.1. Genotipo de maíz SOMMA 6215

Es un híbrido, de maíz triple, fácilmente adaptable a las condiciones climatológicas adversas, con granos de color anaranjado intenso, de altura baja presenta mazorcas cilíndricas, resistente a enfermedades fúngicas, sin embargo, se ven afectadas por enfermedades causadas por bacterias (Herrera, 2017).

Tabla 3. Características técnicas del genotipo de maíz SOMMA 6215.

Clase	Híbrido triple
Días a la cosecha	125 días
Inserción de la mazorca	0.90 m
Altura de planta	1.45 – 1.60 m
Plagas y enfermedades	Toleración buena
Relación tuza/grano	92 % Grano - 8 % tuza.
Potencial de rendimiento	9.5 - 10 Ton/ha.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

Fuente: (Herrera, 2017).

10.4.2. Genotipo de maíz NB-7443

Es un híbrido doble, de excelente calidad de grano, se adapta fácilmente a zonas secas del litoral ecuatoriano, con mazorcas uniformes y excelente cierre de punta. Es resistente al acame tanto de raíz como de tallo, de bajos requerimientos nutricionales, sobre todo de microelementos es uno de los genotipos más cultivados en las zonas maiceras del país (Zamora & Recalde, 2017).

Tabla 4. Características técnicas del genotipo NB-7443.

Clase	Híbrido doble
Altura de planta	2.45 m
Emisión de mazorcas	54-56 días
Inserción de mazorca	1.10 m
Forma de mazorca	Cónica
Plagas y enfermedades	Altamente tolerable
Relación tuza/grano	80 % Grano - 20 % tuza.
Potencial de rendimiento	11.00 – 11.80 Ton/ha.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

Fuente: (Zamora & Recalde, 2017).

10.4.3. Genotipo de maíz 2B-604

El híbrido 2B-604 según Barragán et al. (2018), se caracteriza por ser resistente a las condiciones climatológicas adversas, soporta muy bien las sequías y climas cálidos, además de su buena productividad y tolerancia a las enfermedades de la mazorca.

Tabla 5. Características técnicas del genotipo de maíz 2B-604.

Emisión de mazorcas	90 -100 días
Días a Cosecha:	120 -130 días
Altura de planta	2.40 m.
Altura a la mazorca	98 cm.
Plagas y enfermedades	Buena resistencia
Relación tuza/grano	87 % Grano - 13 % tuza.
Potencial de rendimiento	9.40 – 10.00 Ton/ha.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

Fuente: Barragán *et al.*, (2018)

10.4.4. Genótipo de maíz INIAP H-554

El genotipo de maíz INIAP H-554 es un híbrido simple, desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), de consistencia dura, adaptable fácilmente a zonas secas y tropicales, la principal característica de este híbrido es su producción en cualquier época del año (Caicedo & Villavicencio, 2020).

Tabla 6. Características técnicas del genotipo INIAPH-554.

Clase	Hibrido simple
Días a Cosecha:	120 -130 días
Altura de planta	2.75 – 3.00 m.
Inserción a la mazorca	1.22 – 1.37 m
Plagas y enfermedades	Toleración muy buena
Relación tuza/grano	88 % Grano - 12 % tuza.
Potencial de rendimiento	1.48 – 11.50 Ton/ha.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

Fuente: (Caicedo & Villavicencio, 2020).

10.4.5. Genótipo de maíz INIAP H-551

Es un híbrido de cruce triple desarrollado por el INIAP, la característica de este híbrido es su resistencia al acame a enfermedades foliares, presenta una mazorca ligeramente cónica, con granos amarillos cristalinos, en cuanto a las enfermedades, es resistente a enfermedades radiculares e infecciones por hongos (INIAP, 2020).

Tabla 7. Características técnicas del genotipo INIAP-551.

Clase	Hibrido triple
Emisión de mazorcas	52 días
Días a Cosecha:	120 días
Altura de planta	2.20 m.
Altura a la mazorca	95 cm.
Plagas y enfermedades	Toleración muy buena
Potencial de rendimiento	9.00 Ton/ha.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022)

Fuente: (INIAP, 2020).

10.5. Otros materiales y equipos

Tabla 8. Materiales y equipos.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Bandejas de germinación	Unidad	5
Cajas Petri	Unidad	10
Papel filtro	Unidad	5
Bisturí	Unidad	5
Conductímetro	Unidad	1
Balanza de humedad	Unidad	1
Germinador	Unidad	1
Estufa	Unidad	1
Equipo de envejecimiento	Unidad	20
Agua destilada	Galón	1
Cloruro de sodio	Libra	1
Tubos de ensayo	Unidad	10
Pipetas	Unidad	5
Piolas	Rollo	2
Libreta de campo	Unidad	2

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2021).

10.6. Diseño experimental

Se empleó un diseño Completamente al Azar (DCA), con cinco tratamientos (genotipos de semillas de maíz amarillo duro tropical), cuatro repeticiones tanto en las pruebas de laboratorio como para las pruebas de campo.

10.6.1. Modelo Matemático del DCA

Todo diseño experimental tiene un modelo matemático y, para realizar el análisis de varianza de un experimento en un diseño dado, debemos considerar su modelo matemático y aceptar algunas hipótesis básicas necesarias para la validez del análisis de varianza ((Banzatto & Kronka, 2006).

$$x_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = valor observado en la parcela que recibió el tratamiento i en la repetición j ;

m = media poblacional;

t_i = efecto del tratamiento i que apliqué a la parcela;

e_{ij} = efecto de factores no controlados en la parcela.

10.7. Tratamientos

Los tratamientos en estudio se detallan a continuación:

Tabla 9. Tratamientos en estudio.

Tratamiento	Descripción	Rep.	U. E.
T 1	Genotipo SOMMA 6215	4	4
T 2	Genotipo NB-7443	4	4
T 3	Genotipo 2B-604	4	4
T 4	Genotipo INIAP H-554	4	4
T 5	Genotipo INIAP H-551	4	4
Total			20

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2021).

10.8. Análisis de varianza

Tabla 10. Esquema de análisis de varianza (ADEVA).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	
Repeticiones	(r-1)	3
Tratamientos	(t-1)	4
Error experimental	(r-1) (t-1)	12
Total	(r.t-1)	19

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2021).

10.9. Manejo metodológico

10.9.1. Preparación de camas para el ensayo en campo

Con la finalidad de establecer las pruebas de campo, se seleccionó un sitio donde presentó características idóneas de; topografía, ubicación y logística para precautelar y garantizar la evolución de los experimentos desarrollados. Considerando las recomendaciones de la metodología utilizada, se estableció una cama o almacigo distribuido en el campo con una dimensión de 150 cm de ancho por 400 cm de largo, sobre una estructura de madera rectangular como borde, con la finalidad de sostener el sustrato. El sustrato por su parte se estableció con la mezcla de suelo agrícola del lugar (Franco - Arcilloso) y arena de río, en proporción de 2 partes de arena y 1 parte de suelo, con el propósito de brindar una textura favorable para todas las semillas, se sembraron a una distancia de 4 cm por semilla.

10.9.2. Obtención de las muestras de semilla para el estudio

Las semillas de cinco materiales de maíz amarillo duro fueron obtenidas por la dirección del programa de mejoramiento genético de maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, Mocache, Los Ríos Ecuador.

10.9.3. Caracterización de los lotes de semillas de maíz amarillo duro tropical

Recibida las muestras se identificadas para las distintas pruebas fisiológicas planificadas para este estudio que se caracterizó como sigue en la tabla 11.

Tabla 11. Caracterización de los lotes de semilla.

Tratamientos	Nombre comercial	Cantidad	Análisis planificados
T 1	SOMMA 6215	2 kg	1. % de humedad
T 2	NB-7443	2 kg	2. Humedad de semillas
T 3	2B-604	2 kg	3. Germinación estándar
T 4	INIAP H-554	2 kg	4. Prueba de Tetrazolio
T 5	INIAP H-551	2 kg	5. Conductividad eléctrica
			6. Envejecimiento acelerado (H ₂ O y NaCl) con 24, 48 y 72 horas.
			7. Índice de velocidad de emergencia
			8. Altura de Planta
			9. Materia Seca

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

10.10. Variables a evaluar

Pruebas físicas

10.10.1. Humedad de la semilla

La prueba de humedad de las semillas se determinó mediante la metodología planteada por Hurtado *et al.* (2020), a partir de la aplicabilidad en el análisis de la calidad de las semillas, en su efecto se empleó el analizador de humedad marca Boeco, jvhmodelo BPS 5 1 plus; el cual está dedicado para pruebas que requieren una estimación rápida y múltiple del contenido de humedad de materiales vegetativos. Se tomaron 50 semillas de cada genotipo, las cuales se colocaron en el equipo y los resultados fueron obtenidos en porcentajes de humedad (%).

10.10.2. Materia seca de semillas

Una vez determinado el porcentaje de humedad, se consideró como fundamento el contenido de materia seca propuesto por Krzyzanowski *et al.* (1999), se procedió a calcular el peso mermado por la pérdida de agua de la semilla una vez obtenido este valor, se restó del peso inicial, para obtener el peso de la materia seca, de manera aritmética se calcula con las siguientes formulas.

$$H = (Pi - T) - (Pf - T)$$

$$MS = (Pi - T) - (H)$$

$$MSm = \frac{MS}{n}$$

Donde:

H= Matéria húmeda

MS= Matéria Seca

MSm= Matéria seca media

Pi= Peso Inicial

Pf= Peso Final

T= Tara

n= Numero de semillas envueltas en el análisis

Pruebas fisiológicas

10.10.3. Germinación estándar

Para evaluar la calidad inicial del lote de semillas en estudio, se realizó la Prueba de Germinación, tomando como fundamento la metodología de Krzyzanowski et al. 1999, Esta prueba consistió en sembrar cuatro repeticiones de 20 semillas por lote, utilizando cajas Petri con sustrato de algodón y un volumen de 30 ml de agua destilada, acomodando las semillas en la caja Petri para luego ser ubicadas dentro de la incubadora marca Biobase, del laboratorio de germoplasma de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, a una temperatura constante de 25 °C.

En la prueba de germinación estándar, normalmente, se realizan dos recuentos, el primero y el final, donde en el primero se eliminan las plántulas normales, es decir, las que germinaron más rápido. Para el caso del maíz según las reglas del ISTA (2016), el primer conteo de germinación se realizó al cuarto día y el conteo final al séptimo día después de instalado el experimento.

Estudios realizados muestran la posibilidad de modificar las metodologías de análisis descritas por organismos internacionales o metodologías estandarizadas, como lo demuestra un trabajo realizado para determinar la prueba de germinación estándar, donde utilizó utilería de cajas Petri descrito por (García *et al.* 2020).

10.10.3.1. Primer conteo germinación (PCG)

Con base en la metodología de Krzyzanowski et al. (1999), con adecuación en el proceso del experimento, se utilizó para cada tratamiento, cuatro repeticiones de 20 semillas en cajas Petri y sustrato de algodón, humedecido con agua destilada. Luego de permanecer en una incubadora a una temperatura constante de 25 °C ± 2 °C. La evaluación se realizó al cuarto día después de instalado el experimento, este análisis sirve para evaluar el vigor de los lotes de semillas ISTA (2016). Por lo tanto, la prueba del primer conteo se basa en el principio de que las muestras con el mayor porcentaje de plántulas normales, en el primer conteo, establecido por las Reglas para el Análisis de Semillas Brasil (2009), son las más vigorosas.

10.10.3.2. Cuento final Germinación (CFG)

Una vez realizado el primer conteo (PCG), donde todas las plántulas normales que estaban bien desarrolladas y morfológicamente perfectas, sin grietas ni lesiones, fueron seleccionadas y contadas como normales fuertes (vigorosas). Las plántulas que no cumplen con los criterios establecidos para estas características, permanecieron en la prueba hasta el conteo final (CFG), que para el caso del maíz se realizó siete días después de instalado el experimento. (Krzyzanowski et al., 1999).

10.10.4. Índice de velocidad emergente (IVE)

Con fundamento en la metodología descrita por Krzyzanowski et al. (1999), para estudiar el índice de velocidad de germinación (IVG) donde manifiesta que; los lotes de semillas con porcentajes de germinación similares suelen mostrar diferencias en su velocidad de germinación, lo que indica que existen diferencias de vigor entre ellas. Este método se basa en el principio de que los lotes que presentan mayor velocidad de germinación de semillas son los más vigorosos, es decir, que existe una relación directa entre la velocidad y el vigor de las semillas. El autor además menciona que para el estudio de esta prueba se utiliza la fórmula aritmética propuesta por (Mangure, 1962).

$$IVG = \frac{G1}{N} + \frac{G2}{N} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Donde:

IVG= Índice de velocidad de germinación

G1, G2...Gn= Numero de plantas normales contadas en el primer conteo, en el segundo conteo y en el último conteo.

N1, N2...Nn= Número de días de la siembra al primer, al segundo y al último conteo.

Tomando en consideración la particular similitud del concepto de emergencia con germinación y con su particularidad en el desempeño de plántulas, donde la una en el campo y la otra en laboratorio demuestran su potencial fisiológico.

Estudios similares han sido desarrollados utilizando esta adaptación de la metodología de Mangure, (1962) como lo demuestra Vieira et al., (2015) donde realiza un estudio del Vigor de semillas de maíz, mediante pruebas basadas en rendimiento de plántulas.

Pruebas bioquímicas

10.10.5. Conductividad eléctrica (CE).

Para la prueba de conductividad eléctrica se realizó tomando en consideración el método utilizado por Krzyzanowski *et al.* (1999), para ello se tomaron las semillas utilizando cuatro repeticiones de 20 semillas por lotes colocadas en agua des-ionizada por 24 horas, adicionalmente se optó por mantener en proceso de inmersión, con base en la misma metodología, con la varianza, en la duración de tiempo en 48 y 72 horas, donde se midió la conductividad eléctrica en solución, utilizando un conductímetro digital de marca Combo by Hanna. Los valores fueron expresados en micro Siemens por centímetros ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

10.10.6. Prueba de Tetrazolio (TZ)

Con el lanzamiento de variedades e híbridos de maíz por parte de organismos oficiales de investigación, se incrementó el número de productores de estas semillas, así como la búsqueda de pruebas eficientes y claras que ayuden en el control de calidad interno. Por ello, existe un interés creciente en el uso de la prueba de tetrazolio, principalmente porque es rápida y estima la viabilidad y vigor de las semillas en menos de 24 horas, parámetros esenciales para orientar al productor en la toma de decisiones y contribuir a una mejor eficiencia en la actividad Krzyzanowski *et al.* (1999). Con fundamento en la metodología citada, la Prueba de Tetrazolio se realizó sobre cuatro repeticiones de 50 semillas, las cuales se las dejó en 100 ml de agua destilada durante 16 horas, de 25 a 30 °C, luego fueron divididas en la mitad con la ayuda de un bisturí quirúrgico. Las semillas cortadas en la mitad fueron sumergidas en 20 ml de sal de tetrazolio, (2,3,5 trifenil cloruro de tetrazolio); al 0,075% de disolución, se procedió a poner en vasos plásticos y colocados en la incubadora de marca Biobase a 64 °C durante 1 hora. Para la interpretación de los resultados se siguió la metodología propuesta basándose en el principio mencionado que; para evaluar la viabilidad y el vigor, el embrión debe examinarse cuidadosamente y, según el nivel de daño y deterioro, las semillas se clasifican en tres clases. Pag 8.4 – 5 numeral 3.1 En la clase 1 se incluyen

las semillas vigorosas, en la clase 2 las semillas viables de bajo vigor y en la clase 3 las semillas no viables.

10.10.6.1. Semillas clase 1 (Viables y vigorosas)

En la clase 1 se incluyen las semillas perfectas, presentando el embrión un color rosa brillante, superficial, uniforme y sin lesiones o zonas de color más intenso o descolorido, que indiquen manchas deterioradas o tejidos muertos. También se incluyen semillas de coloración más intensa o con pequeñas áreas blancas en los extremos del escutelo, siempre que no lleguen a su región central (Krzyzanowski *et al.*, 1999).

10.10.6.2. Semillas clase 2 (Viables y no vigorosas)

Presentan al embrión una tinción roja intensa y profunda, indicando mayor permeabilidad tisular por deterioro. También se incluyen semillas que tienen daños que llegan hasta la radícula, pero con la región de las raíces seminales intacta, por lo tanto, coloreada. Y, sin embargo, aquellos que tienen daños en áreas más grandes del escutelo, siempre que no lleguen a la región central, lo que indica la capacidad de producir una plántula normal (Krzyzanowski *et al.*, 1999).

10.10.6.3. Semillas clase 3 (No Viables)

Las semillas de esta clase son las que presentan el embrión coloreado, pero debido al daño crítico en áreas decoloradas en la plántula y/o el coleóptilo y/o las raíces más la región de la raíz seminal y/o la porción central del escutelo se consideran incapaces de producir plántulas normales. También se incluyen semillas con todo el escutelo y parte o todo el eje central decolorado, o incluso con el embrión totalmente blanco, por lo tanto, muerto (Krzyzanowski *et al.*, 1999).

10.10.6.4. Método de colecta de datos

Según la metodología descrita por Krzyzanowski *et al.* (1999), describe el modelo de ficha Anexo 4. para ser utilizada en la prueba de tetrazolio para semillas de maíz, ficha adoptada para esta metodología y desarrollada por IAPAR (2022). Una vez colectada y tabulada la información, mediante computo directo, se procedió el análisis estadístico e interpretación de resultados, mismos que se abordan en el siguiente capítulo.

Pruebas de resistencia

10.10.7. Prueba de Envejecimiento acelerado (EA)

Para este estudio, se consideró la metodología de Krzyzanowski *et al.* (1999), donde resalta que, el vigor de la semilla es el reflejo de un conjunto de características que determinan su potencial fisiológico, es decir, la capacidad de presentar un rendimiento adecuado cuando se exponen a diferentes condiciones ambientales. Debido a su importancia, se han desarrollado varios métodos que apuntan a la evaluación segura de este parámetro de calidad fisiológica de la semilla. Las semillas de cada lote se distribuyeron sobre una malla dentro de un recipiente, genérico al recomendado por esta metodología, las semillas se distribuyen en una sola capa, de modo que cubriera completa y uniformemente la malla. En el fondo del recipiente se adicionó 40 ml de agua destilada. Los recipientes fueron tapados y mantenidas en incubadora marca Biobase, regulado a $42\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24, 48 y 72 horas, utilizando agua destilada (H_2O) y cloruro de sodio (NaCl) al 50%, considerando el trabajo realizado por Barragán *et al.*, (2018), donde sugiere emplear en cada recipiente 40 g de NaCl a todos genotipos en estudio y posteriormente se realizó la prueba de Índice de Velocidad de Emergencia (IVE).

10.10.7.1. Prueba de envejecimiento acelerado con H_2O y NaCl por 24 horas

Una vez trazada la metodología para estudiar el Índice de velocidad de emergencia (IVE), descrita en el numeral 10.7.5, se procedió a realizar unas modificaciones en la metodología de envejecimiento acelerado propuesta por Krzyzanowski *et al.* (1999), para estudiar las respuestas de los lotes a las diferentes condiciones de estrés sometidas a las muestras de semillas destinadas para este estudio, tomando como fundamento esta prueba, se aplicó variación en el tiempo con 24 horas a $42\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, utilizando agua destiladas y bajo las mismas condiciones, agua con Cloruro de Sodio al 50% de concentración.

10.10.7.2. Prueba de envejecimiento acelerado con H_2O y NaCl por 48 horas

Con base en la metodología descrita por Krzyzanowski *et al.* (1999), para estudiar las respuestas de los genotipos a las diferentes condiciones de estrés, se estudió el IVE con envejecimiento

acelerado con un tiempo de 48 horas bajo las mismas condiciones de estrés, descritas en el numeral anterior (10.10.7.1.).

10.10.7.3. Prueba de envejecimiento acelerado con H₂O y NaCl por 72 horas

Con base en la metodología descrita por Krzyzanowski *et al.* (1999), para estudiar las respuestas de los lotes a las diferentes condiciones de estrés, se estudió el IVE con envejecimiento acelerado con un tiempo de 72 horas bajo las mismas condiciones de estrés, descritas en el numeral anterior (10.10.7.1.).

10.10.8. Altura de plántula (AP)

Utilizando como base la metodología descrita por Krzyzanowski *et al.* (1999), donde explica que, Las diferencias de vigor entre plántulas son, en la mayoría de los casos, bastante visibles, sin embargo, se necesitan valores numéricos para separar las vigorosas de las que no lo son. Para ello se realiza la determinación de la longitud promedio de las plántulas normales o de sus partes, considerando que las muestras que presentan los valores promedio más altos son las más vigorosas. Con esta consideración y utilizando la prueba de índice de velocidad de emergencia (IVE), se determinó tomar los datos para el estudio en intervalos de tiempo en; 5, 10 y 15 días después de establecido el experimento, utilizando una regla graduada en centímetros (cm).

10.10.9. Peso de materia seca de la plántula (MS)

Para este análisis se utilizó como fundamento la metodología propuesta por Krzyzanowski *et al.* (1999), donde manifiesta que, mediante esta prueba, las muestras que presentan pesos promedio de materia seca más altos de las plántulas normales se consideran más vigorosas. Las semillas vigorosas proporcionan mayor transferencia de materia seca desde sus tejidos de reserva al eje embrionario, en la fase de germinación, originando plántulas con mayor peso, debido a la mayor acumulación de material. Este análisis se realizó aprovechando la prueba de Índice de velocidad de emergencia (IVE), procedimiento ya descrito en el numeral 10.7.5. El análisis de materia seca se realizó al día 15 posterior a la implementación del experimento, utilizando las variaciones de estrés del envejecimiento acelerado en tiempos de 24, 48 y 72 horas y en condiciones de agua destilada (H₂O) y cloruro de sodio (NaCl) al 50%.

Para la determinación del peso medio de la materia se utilizó las mismas formulas descritas para la obtención del peso medio de la materia seca de las semillas:

$$H = (P_i - T) - (P_f - T)$$

$$MS = (P_i - T) - (H)$$

$$MSm = \frac{MS}{n}$$

Donde:

H= Matéria húmeda

MS=Matéria Seca

MSm= Matéria seca media

Pi= Peso Inicial

Pf= Peso Final

T= Tara

n= Numero de plantas envueltas en el análisis

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Pruebas físicas

11.1. Análisis del porcentaje de humedad (%HS)

Se obtuvo el porcentaje humedad de los lotes en estudio, procediendo al análisis de varianza se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 12. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de humedad de la semilla (%H).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	4,967	1,242	10,169	0,000
Error	15	1,832	0,122		
Total	19		6,798		
CV%	5.45				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Observando el ADEVA para esta variable nótese que existe diferencia significativa entre tratamientos, y se procede a la prueba de medias en la tabla 14.

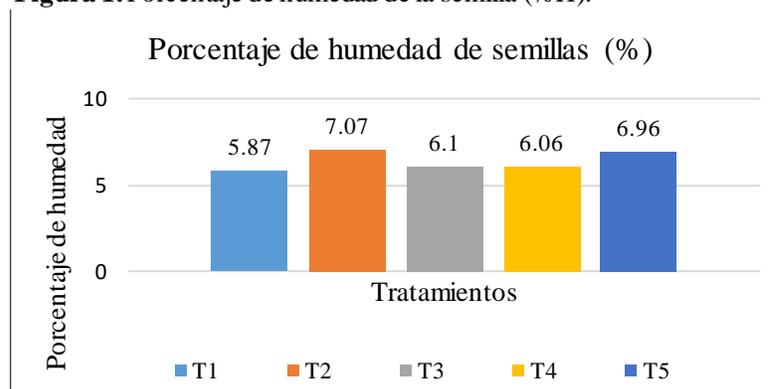
Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de humedad de semillas (%HS).

Tratamientos	Medias (%H)	Rangos
T1	5,87	b
T2	7,07	a
T3	6,10	b
T4	6,06	b
T5	6,96	a

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el estudio de medias podemos observar que, el T2 (7,07%) presenta un porcentaje de humedad superior a los demás tratamientos, seguido de T5 (6,96), compartiendo el primer rango, los demás tratamientos T1 (5,87%), T3 (6,10%) y T4 (6,06%), demuestran un bajo contenido de agua en la semilla. Este análisis se fundamenta, en que un porcentaje muy elevado, superior al 13% perjudica la calidad de las semillas, por el contrario, una baja humedad en la semilla durante largos periodos también es negativo para la calidad fisiológica de las semillas. Trabajos similares han mostrado su importancia en el estudio de esta variable López *et al.* (1999), también se menciona que el vigor de las semillas está relacionado con su madurez fisiológica, que en el caso del maíz alcanza cuando su humedad bordea el 35% Tadeo-Robledo *et al.* (2010), fase en la cual se cosecha y posteriormente dependerá de un buen manejo de beneficiado para no perder la calidad de la semilla.

Figura 1. Porcentaje de humedad de la semilla (%H).

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.2. Análisis de materia seca de semillas (MSS)

Tabla 14. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable materia seca de semillas (MSS).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	128,127	32,032	1,032	0,423
Error	15	465,351	31,023		
Total	19	593,478			
CV%	1,17				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el análisis de varianza (ADEVA) para la variable materia seca de semillas, se observa que la probabilidad del factor calculado es superior al 5% (0,05), demostrando que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados.

Pruebas Fisiológicas

11.3. Prueba de germinación estándar

Al conducir este análisis se lo realizó en dos etapas, que para el caso de maíz se realizó el primer conteo de germinación (PCG) a los 4 días y el conteo final a los 7 días posteriores a la instalación del ensayo.

11.3.1. Primer conteo de germinación (PCG)

Los resultados obtenidos mediante el análisis del primer conteo de germinación y realizando el análisis de varianza ADEVA obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable Primer conteo de germinación (PCG).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	4232,50	1058,13	14,68	0,00
Error	15	1081,25	72,08		
Total	19	5313,75			
CV%	14,58				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

11.3.2 Conteo final de Germinación (CFG)

Los datos obtenidos mediante la prueba del conteo final de germinación (CFG) y realizando el análisis de varianza ADEVA obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 16. Análisis de varianza para la variable conteo final de germinación (CFG).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	1882,5	470,625	15,264	0,00
Error	15	462,5	30,833		
Total	19	2345			
CV%	6,49				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Observando el valor de probabilidad de Factor calculado ($P_b > F_c$) para las dos variables estudiadas; PCG y CFG, se determina que existe diferencia estadística significancia entre tratamientos, por lo que se procede a la comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5% (0,05) de significancia.

Tabla 17. Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG a 15% de significancia.

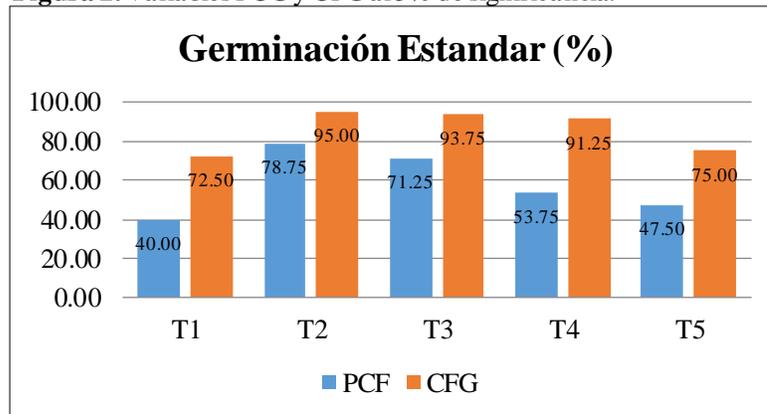
Tratamientos	Medias PCG %	Medias CFG %
T1	40,00 c	72,50 b
T2	78,75 a	95,00 a
T3	71,25 ab	93,75 a
T4	53,75 bc	91,25 a
T5	47,50 c	75,00 b

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Observando los resultados para las variables PCG al cuarto día, el T2 y T3 (78,75% y 71,5%), expresan un desempeño superior en cuanto al vigor, los demás tratamientos son inferiores. Ya para la variable CFG al séptimo día, una vez más el T2, T3 ratifican su desempeño, también el T4 (95,00%, 93,75% y 91,25%) respectivamente, demuestran una notable viabilidad, mientras que T5 y T1 se encuentran por debajo de parámetros mínimos aceptables (< 80%). El estudio del vigor de las semillas por medio de esta prueba ha sido ampliamente estudiado como lo expresa DIAS *et al.* (2015), Las muestras de semillas con la misma germinación pero diferentes niveles de vigor a menudo producirán la misma emergencia en condiciones de campo, pero las parcelas de alto vigor tendrán una ventaja cuando las condiciones no sean las ideales, Castan *et al.* (2018) también destaca la importancia de la prueba de germinación, para determinar el vigor de las semillas, al estudiar el primer conteo de germinación (PCG). La germinación de la semilla se define como la serie de procesos metabólicos y morfo genéticos, que transforman el embrión en una plántula que se puede convertir en una planta adulta Rosental *et al.* (2014). Citado por Guillen-De La Cruz *et al.* (2018), y complementa expresando que: El vigor es la sumatoria de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y la respuesta durante la germinación y emergencia de la plántula Navarro *et al.* (2015). Citado por (Guillen-De La Cruz *et al.*, 2018).

Figura 2. Variables PCG y CFG a 5% de significancia.



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.4. Prueba de Índice de Velocidad de Emergencia (IVE)

Esta variable fue estudiada en cantero, con el propósito de estudiar el desempeño de plántulas en condiciones de campo.

Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	101,387	25,347	37,800	0,000
Error	15	10,058	0,671		
Total	19	111,445			
CV%	3.63				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el análisis de varianza (ADEVA), refleja que existen diferencias estadísticas significativas, por lo tanto, se estudia a continuación mediante la prueba de medias por Tukey al 5%.

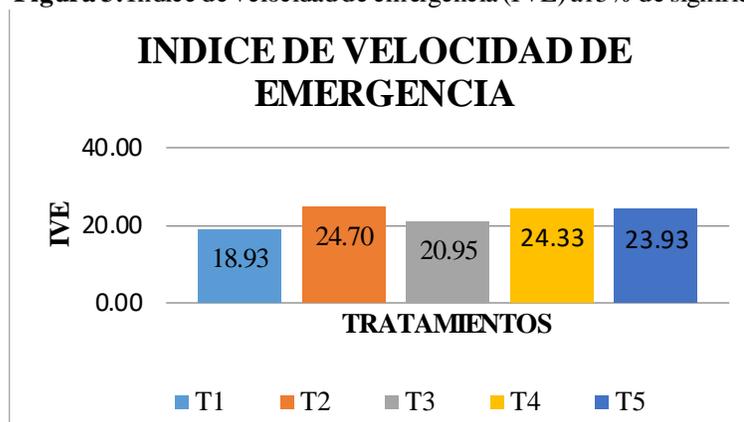
Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia.

Tratamientos	Medias	Rangos
T1	18,93	c
T2	24,70	a
T3	20,95	b
T4	24,33	a
T5	23,93	a

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el estudio de medias con la prueba de Tukey, se observa que T2, T4 y T5 con IVE (24,70, 24,33 y 23,93), presentan mejor desempeño, compartiendo un mismo rango, mientras que T3 con 20,95, ocupa un solo rango y T1 con 18,93 ocupa el último rango. Para esta prueba se considera que las plántulas con índices más altos poseen mejor calidad fisiológica y siempre que hablamos de alta calidad fisiológica estamos hablando de vigor. Esta prueba se fundamenta en el trabajo desarrollado por Mangure (1962), citado por Krzyzanowski *et al.* (1999), donde se interpreta que los tratamientos con mayor IVE son más vigorosos, este resultado corrobora el desempeño de los tratamientos ya referidos con la prueba de germinación estándar, y como recomienda Guillen-De La Cruz *et al.* (2018), que las pruebas de germinación y vigor se recomiendan implementarlas de forma paralela, para emitir veredictos integrales de la calidad fisiológica, debido a que estas dos pruebas infieren y ayudan a definir la calidad física y fisiológica de la semilla (Pérez *et al.*, 2006).

Figura 3. Índice de velocidad de emergencia (IVE) a 15% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Pruebas bioquímicas

11.5. Prueba de conductividad eléctrica

La prueba de conductividad eléctrica busca determinar el nivel de daño de las membranas que tienen las semillas.

Tabla 20. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	3631,79	907,95	22,21	0,000
Error	15	613,12	40,87		
Total	19	4244,91			
CV%	10,89				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 21. Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S) al 5% de significancia.

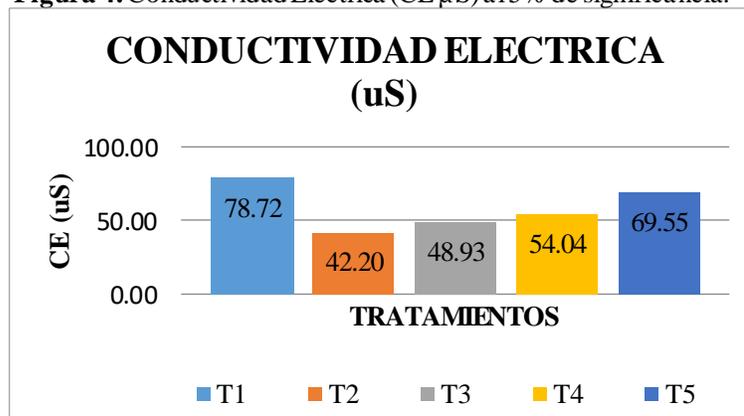
Tratamientos	Medias	Rango
T1	78,72	b
T2	42,20	a
T3	69,55	b
T4	48,93	a
T5	54,04	a

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al analizar los resultados se observó que los mejores tratamientos (T2, T4 y T5), ocupan el primer rango, mientras que T1 y T3 con mayor conductividad eléctrica, demuestran una condición fisiológica inferior. Puesto que esta prueba estudia el nivel del daño en las membranas, afectando su capacidad para regenerar, cuando las semillas se colocan en pre-imbibición, dejando liberar nutrientes y sustancias de reserva que son detectados por el análisis, estudios desarrollados como DIAS *et al.* (2015), corroboran la utilización de esta prueba para estudiar la calidad fisiológica de las semillas, así mismo Viloría & Méndez (2011), manifiesta que la prueba de conductividad eléctrica permite estimar la integridad de la membrana celular. La pérdida de la integridad de las membranas y la subsiguiente pérdida de solutos citoplasmáticos con propiedades electrolíticas son indicativas del rápido deterioro de las semillas. Por lo tanto, la evaluación de la conductividad eléctrica del exudado de las semillas debería ser una medida de su deterioro y, en consecuencia, de la calidad de las semillas para propósitos de siembra Tajbakhsh (2000). Citado por Viloría & Méndez (2011). Otro estudio realizado por Pereira(1) *et al.* (2020), concluye que las metodologías basadas en la fuga de electrolitos (CE) de las plántulas de maíz, especialmente el índice de daño de membrana, fueron más precisas que las pruebas biométricas para identificar el nivel de vigor de los lotes de semillas de maíz utilizados.

Figura 4. Conductividad Eléctrica (CE μ S) a 15% de significancia.



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.6. Prueba de Tetrazolio (TZ)

Esta prueba fue desarrollada con metodología descrita en el numeral 10.6 (manejo metodológico), para su estudio e interpretación se utilizó principalmente dos categorías, categoría 1 (C1) que expresa vigor y categoría 2 (C2), que objetivamente se interpreta como viabilidad, existe una

categoría 3 (C3), que identifica semillas discriminadas por inviabilidad (muertas). Esta tercera categoría (C3) no será estudiada en este experimento.

11.6.1. Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor)

Tabla 22. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 (C1) Vigor

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	3369,00	842,25	16,43	0,00
Error	15	768,75	51,25		
Total	19	4137,75			
CV%	10.65				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

11.6.2. Tetrazolio Categoría 2 – C2 (Viabilidad)

Tabla 23. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 2 (C2) Viabilidad.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	939,80	234,95	7,62	0,0015
Error	15	462,75	30,85		
Total	19	1402,55			
CV%	6.25				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 24. Prueba de Tukey para la variable Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia.

Tratamientos	Medias TZ-C1 (Vigor) %	Medias TZ – C2 (Viabilidad) %
T1	49,25 b	78,25 c
T2	84,50 a	98,50 a
T3	72,00 a	90,00 abc
T4	75,00 a	92,50 ab
T5	55,50 b	85,00 bc

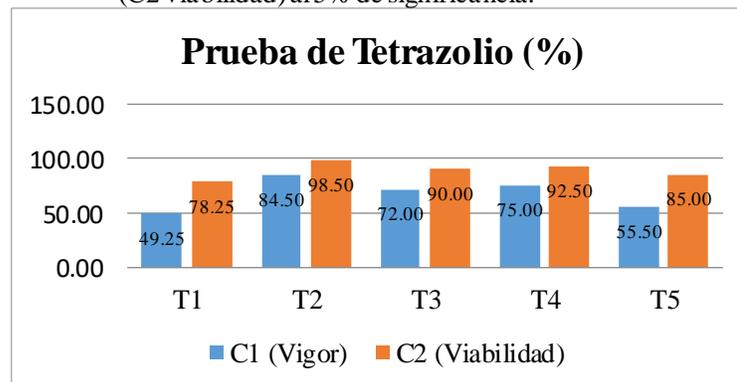
Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

La prueba de tetrazolio se categorizo en tres niveles, siendo la categoría 1 a las semillas que presenten buenas condiciones del embrión, la categoría 2 para las semillas con condiciones intermedias del estado del embrión, mientras que la categoría 3 corresponde a semillas no viables. En este sentido el mejor tratamiento con categoría 1 fue el T2, seguido de T4 y T3, ya para la variable C2 que expresa viabilidad, aparece T5 ocupando un tercer rango con porcentaje aceptable, aunque su vigor es bajo. Trabajos similares como el relatado por Erazo (2014), reitera que la calidad de la semilla es un estándar de excelencia o atributo que puede determinar el funcionamiento de ésta al momento de la siembra o almacenamiento. Los componentes de calidad de la semilla se pueden agregar en categorías, donde se menciona la descripción, higiene y potencial de funcionamiento; en este último, se toma en cuenta el vigor de las semillas, Krzyzanowski *et al.* (1999), lo describe ampliamente en estudios comparativos utilizando diferentes genotipos de maíz para determinar la calidad fisiológica de las semillas mediante esta prueba. Otro estudio realizado por Aparecida *et al.*, (2012), concluye que; la prueba de tetrazolio es eficiente para estimar la viabilidad de semillas de maíz, con hidratación de semillas por 4h a 35 o 40°C (semillas con 19.5 y 21.3% de agua, respectivamente) y tinción por 1, 2 o 3 horas a 40°C.

Esta prueba tiene una amplia utilidad para estudiar la calidad de las semillas, como lo demuestran Barros *et al.* (2005), estudiando semillas de calabacín (*Cucurbita pepo*) y concluye que; la prueba de tetrazolio se puede utilizar para evaluar la viabilidad y el vigor de las semillas de calabacín. Las semillas deben sumergirse en agua a 40°C durante 30 minutos para eliminar el tegumento y durante otros 30 minutos para eliminar la membrana interna. Para una tinción óptima, los embriones deben sumergirse en una solución de tetrazolio al 0,05 % o al 0,075 % durante 60 minutos a 40 °C.

Figura 5. Prueba de Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia.



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Pruebas de estrés

11.7. Pruebas de Resistencia: evaluar el comportamiento de semillas expuestas a estrés

Las pruebas de resistencia tienen como finalidad, evaluar la calidad fisiológica de las semillas, en una variedad de condiciones de estrés, para este estudio se fundamentó en el método de envejecimiento acelerado descrito por Krzyzanowski *et al.* (1999) y se realizó variaciones en el tiempo de envejecimiento (24, 48 y 72 horas) a temperatura constante de $43^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Como el envejecimiento acelerado, no puede ser interpretado por sí solo, se utilizó pruebas ya descritas como: Índice de velocidad de emergencia (IVE), Altura de plántulas (AP), materia seca de plántulas (MSP).

11.7.1. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas en H₂O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Bajo el fundamento del método de envejecimiento acelerado (EA) se procedió a establecer el experimento de Índice de velocidad de emergencia (IVE) para analizar el potencial fisiológico de los tratamientos en estudio, utilizando tres niveles de estrés, considerando tres periodos de envejecimiento (24, 48 y 72 horas) a temperatura constante de $43^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Tabla 25. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas en H₂O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).

EA de 24 horas con H₂O, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	83,041	15,468	98,509
CM	20,760	1,031	
Fc	20,132		
Pr>Fc	0,000		
CV%	4,48		
EA de 48 horas con H₂O, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	23,74512	11,6272	35,37232
CM	5,93628	0,775147	
Fc	7,658		
Pr>Fc	0,0014		
CV%	4,84		

EA de 72 horas con H2O, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	34,2704	15,9815	50,2519
CM	8,5676	1,065433	
Fc	8,041		
Pr>Fc	0,0011		
CV%	6,03		

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza (ADEVA) que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H2O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Tratamientos	EA (H2O), 24h con IVE	EA (H2O), 48h con IVE	EA (H2O), 72h con IVE
T1	19,36 c	16,67 c	15,20 c
T2	24,87 a	19,64 a	18,88 a
T3	21,48 bc	17,27 bc	16,09 bc
T4	24,46 a	19,01 ab	17,78 ab
T5	23,25 ab	18,30 abc	17,67 ab

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

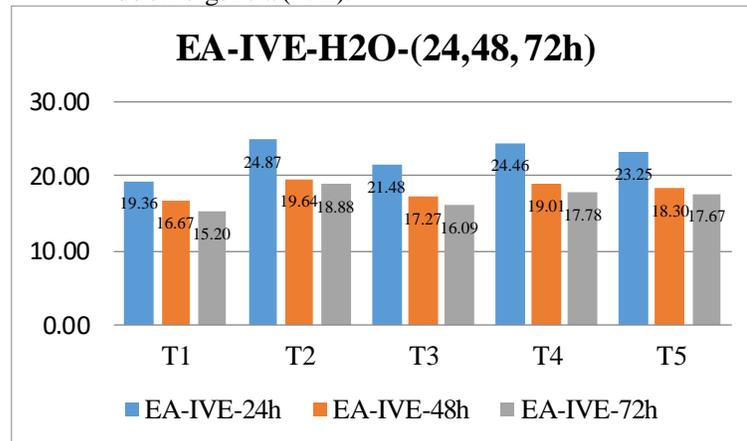
Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Observando el desempeño de los tratamientos sometidos al análisis de índice de velocidad de emergencia (IVE), T2 se destaca con el primer nivel de superioridad, aunque en el primer periodo de estrés comparten con T4 el mismo rango, mientras que T5 comparte el rango, pero tiende a la inferioridad compartiendo con T3, finalmente y T1 presenta un bajo IVE, ocupando el último rango, aunque lo comparte con T3. Para los siguientes periodos de estrés (48 y 72), la tendencia de los tratamientos se mantiene y también se logra apreciar que el potencial fisiológico disminuye para todos los tratamientos. Este análisis se fundamenta en el estudio del potencial que expresa una semilla de alta calidad fisiológica para generar una nueva plántula aun en condiciones desfavorables, por lo tanto, los tratamientos con un índice mayor expresan un alto vigor. Trabajos similares sobre el envejecimiento acelerado con diferentes tiempos, y aplicando pruebas fisiológicas, germinación (G), Primer conteo de germinación (PCG), Emergencia de plántulas e Índice de velocidad de Emergencia (IVE), Amaro *et al.* (2014), utilizando semillas de *Crambe*

abyssinica, determinaron que; la prueba de envejecimiento acelerado, en la condición de 41 °C, durante 72 h, proporciona una mayor diferenciación del vigor entre los lotes de semillas.

Es importante mencionar que la prueba de envejecimiento acelerado por sí sola no arroja ningún resultado, como lo corroboran en un estudio realizado por (Bittencourt *et al.* 2012), utilizando semillas de maíz y determinan que; el uso de una prueba de vigor alternativa, cualquiera ya descrita, asociada a la prueba de envejecimiento acelerado en semillas de maíz, permite obtener información similar a la que proporciona la prueba de germinación recomendada para el mismo fin.

Figura 6. (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.7.2. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl al 50%, mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Con base en el método de envejecimiento acelerado (EA) se procedió a establecer el experimento de Índice de velocidad de emergencia (IVE) para analizar el potencial fisiológico de los tratamientos en estudio, utilizando tres niveles de estrés, considerando tres periodos de envejecimiento (24, 48 y 72 horas) y sumando un factor de estrés, cloruro de sodio (NaCl al 50%) y temperatura constante de 43° C \pm 2° C. Al realizar el análisis se expresó la ausencia de emergencia en el T1 y T3, por lo que se procedió a utilizar la corrección matemática de la raíz cuadrada de la variable + 0,5, utilizando la expresión aritmética $\text{SQRT}(Y + 0.5)$, método citado por Banzatto & Kronka (2006), y disponible en el software de estadística SISVAR.EXE (FERREIRA, 2020).

Tabla 27. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl a 150%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE) y observaciones corregidas.

EA de 24 horas con NaCl, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	53,954	0,102	54,056
CM	13,488	0,007	
Fc	1985,338		
Pr>Fc	0,000		
CV%	3,03		
EA de 24 horas con NaCl, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	51,526	0,121	51,647
CM	12,881	0,008	
Fc	1592,718		
Pr>Fc	0,000		
CV%	3,37		
EA de 72 horas con NaCl, mediante IVE			
FV	TRAT	Error	Total
GL	4	15	19
SC	46,797	0,087	46,884
CM	11,699	0,006	
Fc	2017,121		
Pr>Fc	0,000		
CV%	2,95		

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza (ADEVA), que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 28. Prueba de Tukey a 15% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl a 150%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Tratamientos	EA (NaCl), 24h con IVE	EA (NaCl), 48h con IVE	EA (NaCl), 72h con IVE
T1	0,71 b	0,71 b	0,71 b
T2	4,13 a	4,04 a	3,95 a
T3	0,71 b	0,71 b	0,71 b
T4	4,09 a	4,01 a	3,86 a
T5	3,96 a	3,90 a	3,67 a

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

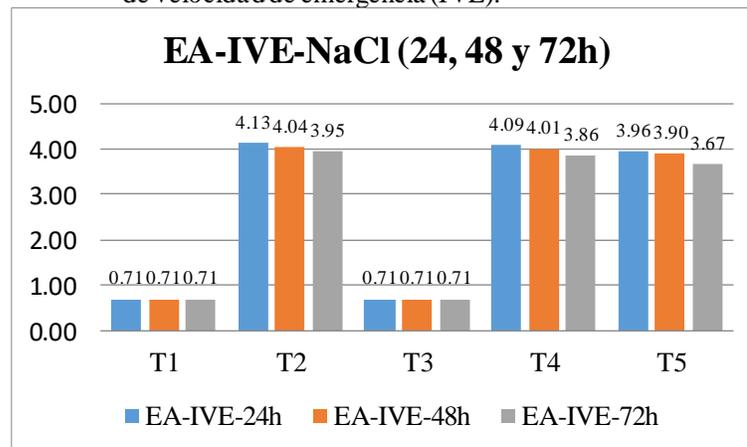
Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al desarrollar el estudio del envejecimiento acelerado (EA), utilizando NaCl al 50% y variaciones en el tiempo en 24, 48 y 72 horas y comprobado mediante la prueba de Índice de velocidad de emergencia (IVE), notamos que los T2, T4 y T5 presenta un apreciable desempeño, en los tres niveles de estrés, mientras que el T3 y T1, al ser sometidos a los tres niveles de estrés, utilizando Cloruro de sodio al 50%, estos tratamientos no sobrevivieron, lo que demuestra que posiblemente estos dos tratamientos carecen de potencial fisiológico.

Trabajos similares como el encontrado por Gasparetto & Claudemi (2015), estudiando 6 lotes de semillas de maíz, utilizando alta temperatura, concluye que; La germinación a una temperatura de 34°C fue más adecuada para evaluar el potencial fisiológico de los lotes de semillas de maíz, con una alta y significativa correlación con las pruebas de laboratorio y de emergencia y el índice de velocidad de emergencia de las plántulas en campo.

Un estudio similar conducido por Rachman (2018), utilizando semillas de 6 genotipos superiores de maíz, implementan entre otras la prueba de envejecimiento acelerado con la finalidad de identificar genotipos resistentes en cuanto a la calidad fisiológica de semillas, observaron que de la misma manera, un genotipo sobresalió en los caracteres de vigor inicial de plántula. Estos resultados sugieren que estos materiales sean usados en programas de mejoramiento de calidad de semilla.

Figura 7. (EA) 24, 48 y 72 horas con (NaCl al 50%), mediante Índice de velocidad de emergencia (IVE).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.7.3. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante Altura de plántula (AP).

Con base en la metodología de Envejecimiento acelerado (EA), y aprovechando el experimento de índice de velocidad de emergencia (IVE), se procedió a estudiar la variable altura de planta a los 15 días después de establecido el experimento.

Tabla 29. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante Altura de plántula (AP).

EA de 24 horas con H₂O, mediante AP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	16,402	4,101	208,186	0,000
Error	15	0,295	0,020		
Total	19	16,698			
CV%	1,21				
EA de 48 horas con H₂O, mediante AP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	16,884	4,221	211,151	0,000
Error	15	0,300	0,020		
Total	19	17,184			
CV%	1,23				
EA de 72 horas con H₂O, mediante AP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	16,238	4,059	493,351	0,000
Error	15	0,123	0,008		
Total	19	16,361			
CV%	0,8				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza (ADEVA), que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 30. Prueba de Tukey a 15% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante altura media de la plántula (AP).

Tratamientos	EA (H ₂ O), 24h-AP (cm)	EA (H ₂ O), 48h-AP (cm)	EA (H ₂ O), 72h AP (cm)
T1	10,11 d	10,02 d	9,91 e
T2	12,75 a	12,73 a	12,53 a
T3	11,06 c	11,03 c	10,90 d
T4	12,05 b	12,00 b	11,89 b
T5	11,86 b	11,73 b	11,66 c

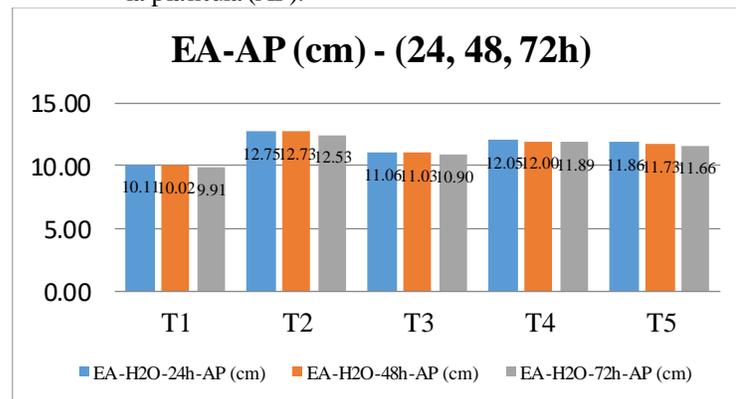
Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al observar el desempeño de plántulas al ser sometido a los diferentes periodos de estrés podemos identificar que el T2, se destaca como el mejor tratamiento en cuanto a su potencial fisiológico, para los 2 periodos de estrés iniciales todos los demás tratamientos mantienen la tendencia formando 4 rangos, ya para el tercer periodo de estrés, el T1 ocupando el ultimo rango, decrece su condición fisiológica y con ellos evidencia un deterioro también en T5 y T3.

La importancia de esta prueba (AP), para caracterizar la calidad de semillas, el autor Navarro & Pérez (2009), describe, que la detección del deterioro de las semillas a través de las pruebas de vigor puede ser entendida como un componente importante en la evaluación de elementos de la calidad, y contribuye a la solución de problemas de la industria semillera, y asevera que el principal desafío de las investigaciones sobre pruebas de vigor es la identificación de indicadores relacionados con el deterioro, que preceden a la pérdida de la capacidad germinativa.

Figura 8. EA (24, 48 y 72 horas) con H₂O, mediante altura media de la plántula (AP).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.7.4. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl 50 % mediante Altura de planta (AP)

Con base en la metodología de Envejecimiento acelerado (EA) con variación en la solución líquida, utilizando coluro de sodio al 50% (NaCl), y aprovechando el experimento de índice de velocidad de emergencia (IVE), se procedió a estudiar la variable altura de planta a los 15 días después de establecido el experimento.

Tabla 31. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl 50 % mediante Altura de planta (AP).

EA de 24 horas con NaCl al 50%, mediante AP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	33,562	8,391	78661,594	0,000
Error	15	0,002	0,000		
Total	19	33,564			
CV%	0,45				
EA de 48 horas con NaCl al 50%, mediante AP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	33,124	8,281	11663,391	0,000
Error	15	0,011	0,001		
Total	19	33,135			
CV%	1,17				
EA de 72 horas con NaCl al 50%, mediante AP					
TRAT	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	32,470	8,117	24111,290	0,000
Error	15	0,005	0,000		
Total	19	32,475			
CV%	0,81				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% de significancia para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl al 50%, mediante a altura media de la plántula (AP).

Tratamientos	EA (NaCl), 24h-AP (cm)	EA (NaCl), 48h-AP (cm)	EA (NaCl), 72h-AP (cm)
T1	0,71 d	0,71 d	0,71 d
T2	3,46 a	3,43 a	3,41 a
T3	0,71 d	0,71 d	0,71 d
T4	3,37 b	3,36 b	3,32 b
T5	3,23 c	3,22 c	3,19 c

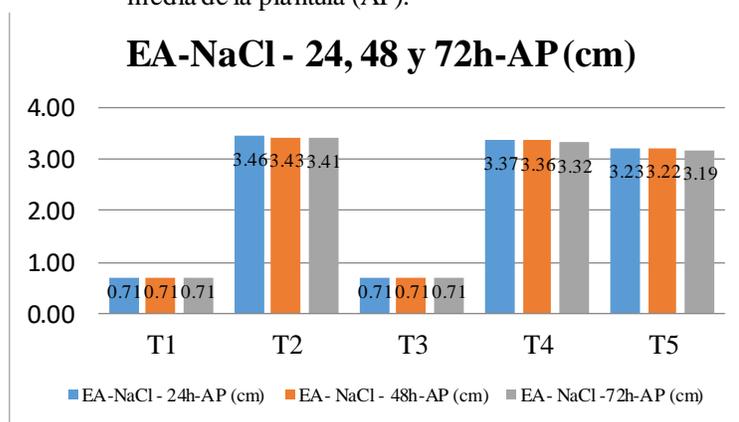
Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el estudio de medias con la corrección de datos de valores de 0, mediante la fórmula = SQUART(X+0,5) descrita por Banzatto & Kronka (2006), método también desarrollado en el software estadístico SISVAR Ferreira (2020). Al realizar la comparación para las tres condiciones de estrés, el desempeño de las plántulas mantiene la tendencia y ocupan el mismo rango,

destacándose el T2 (3,46 cm; 3,43 cm; 4,41cm), seguido de T4 (3,37 cm; 3,36 cm; 3,32 cm), ocupando un segundo rango y T5 (3,23 cm; 3,22 cm; 3,19 cm) ocupando el tercer rango, para el T3 y T1 significa que no crecieron, ratificando los relatos sobre vigor de semillas como los descritos por Iván et al. (2018), en un trabajo similar, utilizando semillas de triticale, menciona que las plantas vigorosas emergen y crecen aun cuando sean sometidas a condiciones de estrés, complementa al finalizar el estudio que; los ensayos de envejecimiento acelerado con solución de NaCl saturada o no durante 48 horas son los más indicados para evaluar el vigor de semillas de triticale.

Figura 9. EA (24, 48 y 72 horas) con NaCl a 150%, mediante altura media de la plántula (AP).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.7.5. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante materia seca de la plántula (MSP).

Con base en la metodología de Envejecimiento acelerado (EA), y aprovechando el experimento de índice de velocidad de emergencia (IVE), se procedió a estudiar la variable materia seca de las plántulas a los 15 días después de establecido el experimento.

Tabla 33. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante materia seca de la plántula (MSP).

EA de 24 horas con H₂O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	34567,483	8641,871	12,751	0,000
Error	15	10166,050	677,737		
Total	19	44733,533			
CV%	19,05				
EA de 48 horas con H₂O, mediante MSP					

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	25235,167	6308,792	28,869	0,000
Error	15	3277,922	218,528		
Total	19	28513,089			
CV%	17,72				
EA de 72 horas con H2O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	21160,161	5290,0403	10,911	0,000
Error	15	7272,5279	484,83519		
Total	19	28432,689			
CV%	19,58				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza, que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la variable envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con H₂O, mediante materia seca de la plántula (MSP).

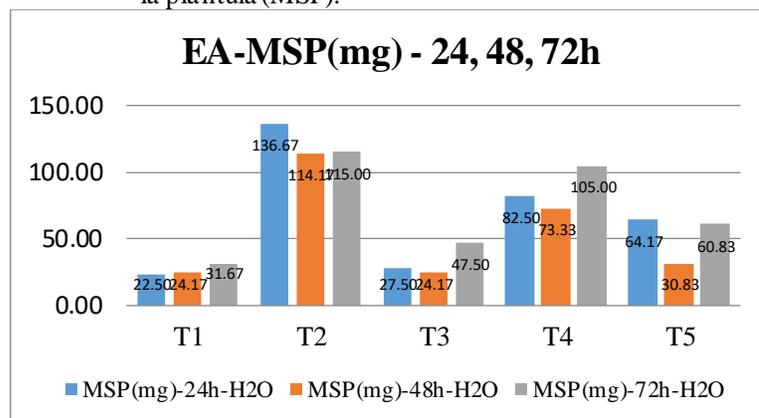
Tratamientos	MSP (mg) 24h-H ₂ O	MSP (mg) 48h-H ₂ O	MSP (mg) 72h-H ₂ O
T1	22,5 c	24,17 c	31,67 c
T2	136,67 a	114,17 a	115 a
T3	27,5 bc	24,17 c	47,5 c
T4	82,5 ab	73,33 b	105 ab
T5	64,17 bc	30,83 c	60,83 bc

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar la prueba de medias por el método de Tukey, observamos que el T2 (136,67 mg; 114,17 mg; 115 mg) en los tres tiempos de envejecimiento acelerado su desempeño es superior, le sigue T4 (82,5 mg; 73,33 mg; 105 mg); mientras que T5 (64,17 mg; 30,83 mg; 60,83 mg), ocupa un tercer rango, pero es aceptable el acumulo de materia seca, para T1 y T3, los valores de acumulo de materia seca es despreciable, ya que el acumulo de materia seca demuestra el vigor de la semilla Krzyzanowski *et al.* (1999), estudios basados en esta variable como el descrito por Dias *et al.* (2015), también destaca la importancia de la prueba de materia seca para clasificar las semillas en función de su vigor.

Figura 10. EA (24, 48 y 72 horas) con H₂O, mediante materia seca de la plántula (MSP).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.7.6. Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl AL 50%, mediante materia seca de la plántula (MSP).

Tabla 35. Análisis de varianza (ADEVA) para las variables Prueba de envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl AL 50%, mediante materia seca de la plántula (MSP).

EA de 24 horas con H₂O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	217,278	54,320	36,353	0,000
Error	15	22,413	1,494		
Total	19	239,692			
CV%= 18,16					
EA de 48 horas con H₂O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	303,150	75,787	122,831	0,000
Error	15	9,255	0,617		
Total	19	19,000	312,405		
CV%= 15,91					
EA de 72 horas con H₂O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	362,508	90,627	84,184	0,000
Error	15	16,148	1,077		
Total	19	19,000	378,656		
CV%= 18,92					

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza, que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% de significancia para la variable envejecimiento acelerado (EA) 24, 48 y 72 horas con NaCl a 150%, mediante materia seca de la plántula (MSP).

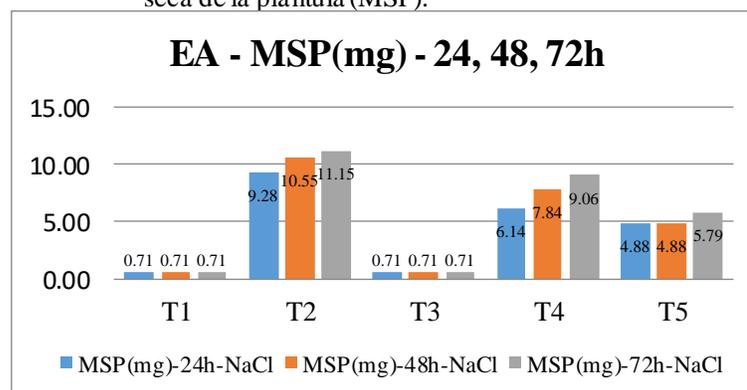
Tratamientos	MSP (mg) 24h-NaCl	MSP (mg) 48h-NaCl	MSP (mg) 72h-NaCl
T1	0,71 c	0,71 d	0,71 c
T2	9,28 a	10,55 a	11,15 a
T3	0,71 c	0,71 d	0,71 c
T4	6,14 b	7,84 b	9,06 a
T5	4,88 b	4,88 c	5,79 b

Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar la prueba de medias por el método de Tukey, observamos que el T2 (9,28 mg; 10,55 mg; 11,15 mg) en los tres tiempos de envejecimiento acelerado su desempeño es superior, le sigue T4 (6,14 mg; 7,84 mg; 9,06 mg); mientras que T5 (4,88 mg; 4,88 mg; 5,79 mg), ocupa un tercer rango, pero es aceptable el acumulo de materia seca, para T1 y T3, los valores de acumulo de materia seca son despreciables, puesto que estos no germinaron, el criterio de este análisis manifiesta que el acumulo de materia seca demuestra el vigor de la semilla, así lo menciona, Dias *et al.* (2015), y concluye que; los tratamientos compuestos por 48 horas de envejecimiento de la semilla seguidos de la medición de la longitud de la raíz de las plántulas mediante el análisis de imágenes brindan datos confiables, en comparación con las pruebas de vigor tradicionales y podrían considerarse un enfoque eficiente y que ahorra tiempo para la evaluación del vigor de la semilla de maíz. Además, al asociar dos conceptos diferentes del análisis de la calidad de la semilla, el envejecimiento acelerado y la longitud de la raíz de la plántula, la prueba puede proporcionar datos más consistentes en relación con el vigor de la semilla.

Figura 11. EA (24, 48 y 72 horas) con NaCl a 150%, mediante materia seca de la plántula (MSP).



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.8. Prueba de altura de plántulas (AP)

Esta variable fue estudiada aprovechando también el experimento del Índice de velocidad de emergencia (IVE), para la cual se estableció estudiar a las plántulas en tres fases después de la siembra, a los 5, 10 y 15 días, tomando la medida en centímetros, de 20 plántulas por tratamientos.

Tabla 37. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable altura de plántulas (AP) a los 5, 10 y 15 días.

EA de 24 horas con H2O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	7,907	1,977	46,949	0,000
Error	15	0,632	0,042		
Total	19	8,539			
CV%= 5,19					
EA de 48 horas con H2O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	22,949	5,512	281,961	0,000
Error	15	0,293	0,020		
Total	19	22,343			
CV%= 1,78					
EA de 72 horas con H2O, mediante MSP					
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	16,085	4,021	499,539	0,000
Error	15	0,121	0,008		
Total	19	16,206			
CV%= 0,11					

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa en los tres análisis de varianza que, al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 38. Prueba de Tukey para la variable para la variable altura de plántulas (AP) a los 5, 10, 15 días a 5% de significancia.

Tratamientos	Medias (AP) (cm) 5d	Medias (AP) (cm) 10d	Medias (AP) (cm) 15d
T1	3,23 d	6,65 d	10,15 d
T2	4,99 a	9,25 a	12,77 a
T3	3,47 cd	6,98 c	11,10 c
T4	4,31 b	8,96 a	12,07 b
T5	3,80 c	7,51 b	11,88 b

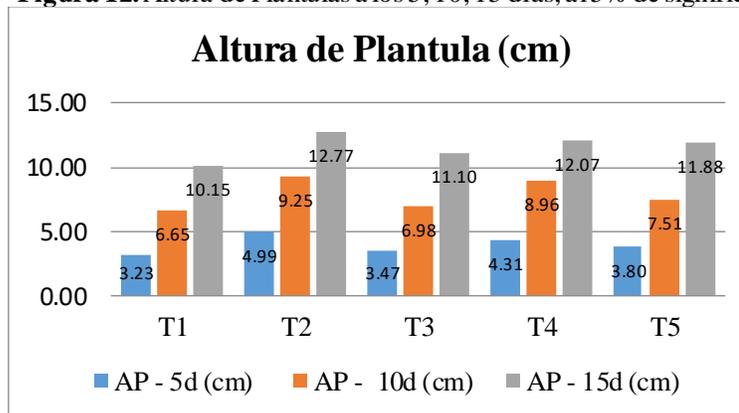
Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Al realizar el análisis de las tres variables, se puede observar que el desempeño en la altura media de la plántula, los tratamientos en todas las fases mantienen la tendencia, sobresaliendo el T2, seguido del T4, en la fase de 10 días comparte el mismo rango con T2, el T5 en la fase de 5 días ocupa un tercer rango inferior, a los 10 y 15 días ocupa el segundo rango inferior, T3 y T1, en las tres fases ocupan los últimos niveles inferiores. El estudio de esta variable se fundamenta en que el desempeño de la altura media de la plántula corresponde a lotes de semillas más vigorosas.

Como ya se ha descrito en varios puntos de este trabajo, la evaluación del vigor utilizando varios métodos es fundamental para determinar con certeza la calidad de la semilla, así lo corrobora Gomes *et al.* (2020) estudiando semillas de maíz con la utilización de dos agentes estresantes, con dosis crecientes de molibdeno y potasio, hubo un aumento en el número de plántulas que germinaban en la arena y en el número de plántulas anormales y una reducción en la longitud y la masa seca de las plántulas. La calidad fisiológica de las semillas de maíz no fue influenciada significativamente por la aplicación de molibdeno y potasio en el primer conteo y los resultados de germinación en las pruebas de frío con germinación.

Figura 12. Altura de Plántulas a los 5, 10, 15 días, a 15% de significancia.



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

11.9. Prueba de materia seca de plántulas (MSP)

Esta prueba se realizó a continuación de la prueba de índice de velocidad de emergencia (IVE), ya que su fundamento se basa en el desempeño de las plántulas mientras permanecen en dependencia de las reservas transferidas desde las semillas.

Tabla 39. Análisis de varianza para variable materia seca de las plántulas (MSP).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	87342,500	21835,625	21,286	0,000
Error	15	15387,500	1025,833		
Total	19	102730,000			
CV%	21,21				

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

Tabla 40. Prueba de Tukey para la variable materia seca de las plántulas (MSP) al 5% de significancia.

Tratamientos	Medias (mg)	Rangos
T1	81,25	c
T2	265	a
T3	175	a
T4	140	bc
T5	93,75	c

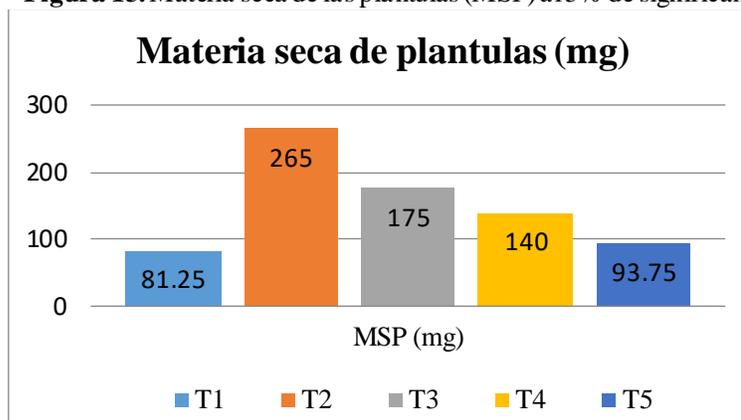
Medias con una letra común en la columna no difieren estadísticamente entre sí, a un nivel de 5% de significancia.

Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

Mediante el este estudio se logró identificar tres características fisiológicas, donde se destacan el T2 y T3 con (265 mg y 175 mg) de materia seca, T4 con (140 mg) ocupa una segunda categoría, pero comparte su condición con T1 y T5 con (93,75 mg y 81,25 mg) que expresan inferioridad en el acúmulo de materia seca. En este estudio se debe comprender que el peso medio de las plántulas acumulado en mg, por la transferencia de las semillas hacia el eje embrionario corresponden las semillas más vigorosas. El acumulo de materia seca de las plántulas es un indicador clave para evaluar la condición fisiológica de las semillas, Krzyzanowski *et al.* (1999) menciona que esta respuesta de vigor obedece a la capacidad de una semilla de vigor transfiera sustancias de reserva al eje embrionario y dar origen a una planta normal y vigorosa.

Un trabajo relacionado con el estudio de la calidad fisiológica de las semillas, manifiesta y tiene mucha concordancia con los resultados obtenidos en este análisis, Navarro & Pérez (2009), concluye además; que los resultados permitieron tener un conocimiento más objetivo y preciso del vigor, debido a que se logró un equilibrio aceptable entre los elementos biológicos y matemáticos utilizados.

Figura 13. Materia seca de las plántulas (MSP) a 15% de significancia.



Elaborado por: Chicaiza & Quevedo (2022).

12. IMPACTOS

- **Técnicos**

Los impactos técnicos del presente proyecto se verán reflejados en el conocimiento real de la calidad fisiológica de las semillas, técnicamente es importante determinar y verificar las condiciones de almacenamiento de estas, para mantener una producción sostenible y sustentable. En la agricultura actual el presente proyecto tiene su impacto especialmente en el conocimiento del vigor y viabilidad de determinado genotipo de semillas y su adaptabilidad al sitio del cultivo.

- **Sociales**

A nivel social el proyecto tuvo impactos positivos, mediante la socialización del tema de calidad de las semillas se pretende llegar a los agricultores, incentivando a cultivar semillas certificadas para ver los excelentes resultados en comparación con los métodos convencionales de producción de maíz.

- **Ambientales**

En cuanto a los impactos ambientales es importante mencionar que no se genera contaminación ni alteración del ecosistema al usar semillas certificadas, incluso el uso de material de siembra de calidad reduce la pungencia de enfermedades por lo que los controles fitosanitarios se reducen, evitando el uso indiscriminado de pesticidas.

- **Económicos**

El proyecto de investigación genera un impacto económico positivo, pensando en el corto, mediano y largo plazo, donde el estudio de la calidad fisiológica de las semillas de maíz, podrá ayudar a establecer parámetros de calidad para su comercialización, establecer densidades de siembra óptimas, control de calidad en sistemas de producción artesanal, así como buscar un respaldo para los productores que muchas veces no pueden reclamar las pérdidas económicas ocasionadas por la compra de una semilla de baja calidad o procedente de cadenas de piratería de semillas.

13. PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	Cant.	Valor	Valor
		Unit. (\$)	Total. (\$)
Equipos (Alquilados por día)			
DBO (Incubadora)	1	180,00	180,00
Estufa a 105°C	1	160,00	160,00
Balanza de laboratorio	1	50,00	50,00
Conductímetro	1	5,00	5,00
Balanza de humedad	1	50,00	50,00
Cajas Petri	20,00	2,70	54,00
Subtotal 1			499,00
Consumibles			
Papel aluminio (U)	5,00	1,50	7,50
Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (Tetrazolio)	1,00	150,00	150,00
Algodón	5,00	1,00	5,00
Agua destilada	2,00	9,00	18,00
Cloruro de sodio	2,00	2,00	4,00
Marcador de tinta permanente	3,00	1,00	3,00
Bandejas de plástico para plántulas.	10,00	1,00	10,00
Sustrato (volqueta)	1,00	40,00	40,00
Cinta transparente de doble cara	2,00	1,50	3,00
Malla	1,00	60,00	60,00
Caja de grapas	1,00	1,00	1,00
Impresiones (Emplasticados)	60,00	1,50	90,00
Regla	3,00	1,00	3,00
Bolsas de papel	3,00	1,50	4,50
Subtotal 2			399,00
TOTAL (Equipos alquilados por día +consumibles)			\$ 898,00

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

- Al realizar el análisis inicial de los cinco genotipos de semilla de maíz amarillo duro tropical, utilizando las pruebas de vigor físicas, fisiológicas, bioquímicas, se consigue identificar con eficiencia los diferentes niveles de calidad fisiológica de las semillas. Con la prueba física para % de humedad, se observa que el T2 (7.07%) presenta mayor porcentaje, pero no difiere de los demás tratamientos, encontrándose todos dentro de los niveles aceptables, así mismo la variable MSS no difiere estadísticamente entre genotipo, al aplicar las pruebas fisiológicas en el % de germinación PCG el T2 (78.75%) hace referencia al vigor, en CFG T2 (95.00%) de viabilidad, también en las pruebas de IVE el T2 (24.70) en cuanto a pruebas bioquímicas, se atribuye una semilla alto vigor y viabilidad al T2 (84.50 % y 98.50%) , por su destacado desempeño en todas las pruebas realizadas, en segundo nivel se encuentra el T4 (75.00% y 92.50%) que también se destaca en las pruebas estudiadas, aunque con menores expresiones de vigor y viabilidad, en tercer nivel se presenta el T5 que mantiene expresiones de viabilidad, aun que, con bajos desempeños de vigor, ya para los tratamientos T1 y T3, se consideran de baja calidad fisiológica por su deficiente expresiones de vigor.
- Utilizando las pruebas de vigor de semillas, mediante la prueba de resistencia, con el método de envejecimiento acelerado, permitió distinguir con contundencia los genotipos que presentaron calidad fisiológica, al expresar su rendimiento en vigor y viabilidad, al analizar las pruebas fisiológicas de comprobación, se destacó el T2, seguido del T4 en segundo nivel y T5 en tercer nivel, T1 y T3, no expresaron un desempeño apreciable de vigor y viabilidad, además, no superaron la prueba de estrés cuando fueron sometidos al EA con cloruro de sodio al (NaCl al 50%).
- El genotipo T2 (NB-7443), con excelente desempeño en las pruebas físicas, fisiológicas, bioquímicas y de resistencia, seguido de T4 (INIAP H-554), al analizar en relación a las mismas pruebas, tiene un desempeño medio; el T5 (INIAP H-551) en tercer nivel ocupa una pequeña expresión de vigor; para los Genotipos T1 (SOMMA 6215) y T3 (2B-604), se observó un bajo desempeño bajo las mismas situaciones, y cuando fueron sometidas a

las pruebas de resistencia con NaCl al 50%, en condiciones del 100% de humedad relativa en 24, 48 y 72 horas, no sobrevivieron.

14.2. Recomendaciones

- Realizar pruebas de vigor de semillas adicionales, descritas en metodologías oficiales, para tener certeza de los desempeños de los genotipos de semillas utilizadas en determinado estudio.
- Seguir los procesos de la metodología utilizada para no ocasionar interferencia en el análisis e interpretación de los resultados de las pruebas desarrolladas.
- Estudiar otros genotipos con periodos de cosechas y condiciones de almacenamiento para establecer normas de calidad de semillas.
- Utilizar otras especies para el estudio de la calidad fisiológica de semillas mediante las diferentes pruebas de vigor.
- Incluir contenido académico sobre la ciencia y tecnología de semillas en los procesos de formación, para superar brechas de conocimiento en los profesionales de la carrera de agronomía.

15. BIBLIOGRAFÍA

- ADVANTA. (2021). Advanta Semillas. Folleto Técnico, Guayaquil.
- AgroBesser. (2021). Híbrido de maíz ATL-400. Obtenido de Maíz 4*4: <https://agrobesser.com/semillas/maiz-4x4-saco-atl-400-60000ks-semilla-de-maiz-hibrido-para-grano-y-forraje-27303-safp-514.html>
- Barragan , L., Rosero, C., Campi, D., & Cachignia, H. (2018). Respuesta morfológica de cuatro híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.) por fertilización edáfica. *Revista Agricultural Science*, 17-22. doi:<https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.223>
- Caicedo, M., & Villavicencio, P. (2020). Híbrido simple INIAPH-554. *Boletín Científico, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5609>
- Ceron, R. (2011). Pruebas de viabilidad y vigor en semillas de maíz (*Zea mays* L.) y su correlación con la emergencia en campo. Tesis de Grado, Universidad Técnica Amazonica, Facultad de Agronomía.
- Doria, J. (2020). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Revista Cultivos Tropicales*, 9-13.
- ECUAQUIMICA. (2021). Características técnicas de DEKALB 7088. Folleto Técnico.
- Elizalde, V., Peña, J., Ibarra, C., Leyva, O., & Trejo , C. (2017). Viabilidad y germinación de semillas de *Hechtia perotensis* (Bromeliaceae). *Revista de Biología Tropical*, 153-165.
- Erazo, A. (2014). Deterioro de calidad física y viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor*) durante su almacenamiento. Tesis de Grado, Universidad El Zamorano, Carrera de Agroindustrias, Tegucigalpa.
- FAO. (2019). Materiales para capacitación en semillas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 12-18.
- Farras, T. (2017). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Ciencia Agrícola*, 8-12.
- Fontana, M., Perez, L., & Luna, G. (2016). Pruebas de envejecimiento acelerado para determinar vigor de semillas de *Prosopis alba* de tres procedencias geográficas. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 25-16.

- Gamez, A., Avila, M., & Ruiz, A. (2015). Calidad fisiológica de semilla y desarrollo de plántulas de maíz a temperaturas bajas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5-7.
- Garcia, J., Ruiz, N., & Vera, I. (2015). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas. *Agrotecnia*, 4-11.
- Garcia, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I., & Mendez, B. (2020). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. *Agro Nanotecnología*, 17-22.
- Gonzalez, M., Zanatta, T., & Meneghello, G. (2019). Protocolo de análisis de viabilidad de semillas de chíá mediante test de tetrazolio. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7-12.
- Gutierrez, G., Virgen, J., & Arellano, J. (2017). Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 5-6.
- Herrera, J. (2017). Caracterización de híbridos de maíz comerciales. *Ficha Técnica*, Syngenta.
- Hurtado, L., Eras, V., Muñoz, J., & Encalada, M. (2017). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *ISTA Standards*, 3-8.
- Hurtado, L., Urgiles, N., Eras, V., Muñoz, J., Encalada, M., & Quichimbo, L. (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 44-57.
- INEC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2020. Obtenido de Ecuador en cifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- INIAP. (2020). Híbridos de siembra de maíz. *Ficha Técnica*, Guayaquil.
- Krzyzanowski, F., Roberval, D., & Franca, J. (2009). Vigor de sementes: conceitos e testes. *Ficha catalográfica*, Associação Brasileira de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, Londrina:.
- Maguire, J. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. *Crop SCI*, 69-71.
- Martinez, J., Peña, M., & Romero, A. (2020). Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9-11.

- Moreno , E., & Flores, K. (2016). Calidad de semilla de once variedades criollas , acriolladas y mejoradas de cuatro semillas mejoradas de maíz (*Zea mays* L.). *Desarrollo Integral Sostenible*, 6-8.
- Moreno, E. (1984). *Análisis físico y biológico de semillas agrícolas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- NIDERA. (2021). *Manual tecnico de hibrido NIDERA N582*. Ficha Técnica, Guayaquil.
- Perez, R., & Marin , H. (2016). Prueba de envejecimiento acelerado para evaluar calidad de semillas de diferentes materiales genéticos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Raya, J., Aguirre, C., & Covarrubias, J. (2012). Calidad física y fisiológica de semilla en función de la densidad de población en dos híbridos de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3-9.
- Ruiz, M. (2018). El analisis de tetrazolio en el control de calidad de las semillas. *EEA INTA Anguil*, 11-18.
- Salazar, A., Quintero, J., & Bustos, V. (2020). Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 19-22.
- Salinas , A., Yoldjan, A., & Craviotto, R. (2014). Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Revista Agropecuaria de Brasilia*, 9-13.
- Solis, J. (2020). Índice De Velocidad De Emergencia en Líneas De Maíz. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 51-55.
- Soto, J., & Valiengo, S. (2011). Prueba de la conductividad eléctrica en la evaluación fisiológica de la calidad de semillas en *Zeyheria tuberculosa*. *Revista Bosque (Valdivia)*, 6-17. doi:0717-9200
- Terenti, O. (2016). Calidad de semilla, qué implica y cómo evaluarla. *Producción Animal*, 7-12.
- Valdivia, C., Figueroa, C., & Flores, M. (2018). Prueba de tetrazolio en semillas de espárrago (*Asparagus officinalis* L.). *Revista Anales Científicos*, 386-392.
- Vera, J., Cepeda, W., Cardenas, D., Espejo, F., & Inga, G. (2020). Efecto de 3 formas de fertilización en cultivo de Maíz variedad DAS 3383, La Troncal-Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*, 8-13.

- Amaro, H. T. R., David, A. M. S. de S., Silva Neta, I. C., Assis, M. de O., Araújo, E. F., & Araújo, R. F. (2014). Teste de envelhecimento acelerado em sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar FMS Brilhante. *Revista Ceres*, 61(2), 202–208. <https://doi.org/10.1590/s0034-737x2014000200007>
- Aparecida, N., Batista, S., Aparecida, N., Batista, S., Baptista, P., & Sobrinho, S. D. P. (2012). *Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica*. 550–554.
- Banzatto, D. A., & Kronka, S. do N. (2006). Experimentação Agrícola. In *Foreign Affairs* (Vol. 91, Issue 5).
- Barros, D. I., Dias, D. C. F. dos S., Bhering, M. C., Dias, L. A. dos S., & Araújo, E. F. (2005). Uso do teste de tetrazólio para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de abobrinha. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(2), 165–171. <https://doi.org/10.1590/s0101-31222005000200024>
- Bittencourt, S. R. M. de, Grzybowski, C. R. de S., Panobianco, M., & Vieira, R. D. (2012). Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. *Ciência Rural*, 42(8), 1360–1365. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782012000800005>
- Brasil. (2009). *Regras Para Análise de Sementes* (MAPA (ed.); 1a ed.). 2009.
- Castan, D. O. C., Gomes-Junior, F. G., Marcos-Filho, J., Castan, D. O. C., Gomes-Junior, F. G., & Marcos-Filho, J. (2018). Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. *Scientia Agricola*, 75(2), 167–172. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>
- Cesar Augusto Gasparetto Sbrussi, & Claudemir Zucareli. (2015). Germinação sob altas temperaturas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho. *Ciência Rural*, 45(10), 1736–1741. <http://www.scielo.br/pdf/cr/v45n10/0103-8478-cr-cr20130906.pdf>
- Dias, M. A. N., Mondo, V. H. V., Cicero, S. M., Gonçalves, N. R., & Da Silva, C. A. T. (2015). Associação de testes de vigor para avaliação precisa e eficiente da qualidade de sementes de milho. *Revista Caatinga*, 28(3), 93–99. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n311rc>
- Dias, m. a. n., mondo, v. h. v., cicero, s. m., gonçalves, n. r., silva, c. a. t. da, dias, m. a. n., mondo, v. h. v., cicero, s. m., gonçalves, n. r., & silva, c. a. t. da. (2015). vigor tests

- association as an alternative for precise and efficient assessment of maize seed quality. *Revista Caatinga*, 28(3), 93–99. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n311rc>
- Ferreira, d. f. (2020). sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *revista brasileira de biometria*. <https://doi.org/https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.
 - Gomes, G. P., de Queiroz, R. A., & Assari Takahashi, L. S. (2020). Physiological potential of corn seeds treated with different dosages of molybdenum and potassium. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(1), 411–418. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n1p411>
 - Guillen-De La Cruz, P., Velázquez-Morales, R., De La Cruz-Lázaro, E., Márquez Quiroz, C., & Osorio-Osorio, R. (2018). Seed germination and vigor of landrace maize populations with different proportion of vitreous endosperm. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 34(2), 108–117.
 - ISTA. (2016). International Rules for Seed Testing. In *International Rules for Seed Testing* (Vol. 2016, Issue 1). <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.f>
 - Iván, C., Castellanos, S., Lemes, E. S., Almeida, S., Meneghello, G. E., & Madru-, L. (2018). Methodologies for the Accelerated Aging Test in Triticale Seeds. *Agrociencia Uruguay*, 22(2), 1–6. <https://doi.org/10.31285/agro.22.2.1>
 - Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & França Neto, J. de Barros. (1999). vigor de sementes: conceitos e testes. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24.
 - López, E. A., Agudelo, M. O., Cifuentes, D., & Carmen, H. (1999). *Maiz En El Rendimiento Y Calidad A Traves De La Cosecha Y Beneficio*. 49(1), 32–37.
 - Mangure, J. D. (1962). Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.
 - Navarro Boulandier, M., & Febles Pérez, G. J. (2009). *Manual metodológico: evaluación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial*. June, 50.
 - Pereira(1), L. C., () L. V. C., Suarez(2), D. F. P., Carvalho(3), C. de, & Braccini(1, and A. L. (2020). *comparison between and electrolyte leakage tests as indicators of maize seed vigor*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18512/rbms2020v19e1127>
 - Rachman, T. (2018). Estimacion de efectos geneticos relacionados con el vigor de la semilla

y de la plantula en maices tropicales mexicanos. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 01(1), 10–27.

- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Valdivia-Bernal, R., Gómez-Montiel, N., Sierra-Macías, M., & Zamudio-González, B. (2010). Vigor de las semillas y productividad de variedades de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 31. <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4909>
- Vilorio, H., & Méndez, R. (2011). Relación entre la conductividad eléctrica, pH del agua de remojo, germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) bajo dos condiciones experimentales. *Scientia Agropecuaria*, 2(4), 123–228.

16. ANEXOS

Anexo 1. Contrato de cesión no exclusiva de derechos de autor.

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: Chicaiza Gómez Dominica Alejandra C.C. 1727261388 y Quevedo Andino Hilda Beatriz con C.C. 1721524088, de estado civil solteras y con domicilio en La Mana, a quien en lo sucesivo se denominará **LAS CEDENTES**; y, de otra parte, el PhD. 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. - **LAS CEDENTES** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería Agronómica**, titulares de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: “Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes como complemento a la fertilización orgánica en el cultivo de café (*Coffea arabica*)” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. Febrero 2018 – Marzo 2022.

Aprobación HCA. -

Tutor. - Ing. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina MSc.

Tema: “Determinación de la calidad fisiológica de cinco genotipos de semillas de maíz (*Zea mays*) en condiciones de campo y laboratorio”.

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, **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES**, 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.

f) 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 **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES** 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 **LAS CEDENTES** 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 días del mes de febrero del 2022.

Chicaiza Gómez Dominica Alejandra
LA CEDENTE

Quevedo Andino Hilda Beatriz
LA CEDENTE

PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

Anexo 2. Certificado Urkund.



Document Information

Analyzed document	WORD-CHICAIZA DOMINICA-QUEVEDO HILDA URKUND.pdf (D132961574)
Submitted	2022-04-07T18:45:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	kleber.espinosa@utc.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	kleber.espinosa.utc@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	Informe germinación.docx Document Informe germinación.docx (D110742484)	 1
SA	UURKUND_INFORME_FINAL_HIBRIDOS_MAIZ 18-07-2021.docx Document UURKUND_INFORME_FINAL_HIBRIDOS_MAIZ 18-07-2021.docx (D110597117)	 2
SA	informe botanica.docx Document informe botanica.docx (D23182293)	 3
W	URL: https://es.slideshare.net/piter3333/calidad-de-semilla Fetched: 2021-12-06T23:15:04.4430000	 11
SA	GRACE MUYULEMA (05.02.2020).docx Document GRACE MUYULEMA (05.02.2020).docx (D63492264)	 10
SA	TESIS SR BONILLA SEMILLAS.docx Document TESIS SR BONILLA SEMILLAS.docx (D26105937)	 1
SA	EXPERIMENTO MAÍZ trabajo.docx Document EXPERIMENTO MAÍZ trabajo.docx (D125617892)	 1

Anexo 3. Aval del traductor



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (Zea mays L.) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO”** presentado por: **Chicaiza Gómez Dominica Alejandra y Quevedo Andino Hilda Beatriz**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

La Maná, 28 de marzo del 2022

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**JOSE FERNANDO
TOAQUIZA
CHANCUSIG**

Mg. José Fernando Toaquiza Chancusig
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502229677

Anexo 4. Hoja de vida de la docente tutora

CURRICULUM VITAE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DATOS INFORMATIVOS PERSONAL DOCENTE

DATOS PERSONALES APELLIDOS:

GAVILÁNEZ BUÑAY NOMBRES: TATIANA

CAROLINA ESTADO CIVIL: SOLTERO

CEDULA DE CIUDADANÍA: 1600398190

NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES: NINGUNA

LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO: AMBATO 02 DE JULIO DE 1988 **DIRECCIÓN**

DOMICILIARIA: LA MANÁ, CALLE 19 DE MAYO Y CARLOS LOZADA

TELÉFONO: 0982260819

EMAIL INSTITUCIONAL: tatiana.gaviláñez@utc.edu.ec

TIPO DE DISCAPACIDAD: Ninguna



ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

NIVEL	TITULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP
TERCER	INGENIERO BIOQUÍMICA	2013-04-22	1010-13-12 09 163
CUARTO	MAGISTER EN PLANTAS MEDICINALES	2017-04-18	032199664

HISTORIAL PROFESIONAL

UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA:

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:

INVESTIGACIÓN CIENCIAS AGRARIAS

FECHA DE INGRESO A LA UTC: ABRIL 2017

Anexo 5. Hoja de vida de las estudiantes investigadoras



CURRÍCULUM VITAE

DATOS PERSONALES:

NOMBRES: HILDA BEATRIZ

APELLIDO: QUEVEDO ANDINO

Nº CÉDULA: 172152408-8

FECHA DE NACIMIENTO: 30/05/1986

CORREO ELECTRÓNICO: hilda.quevedo4088@utc.edu.ec

LUGAR DE NACIMIENTO: LA MANÁ

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

ESTADO CIVIL: SOLTERO

CELULAR: 0981128804

DIRECCIÓN: AV. 19 DE MAYO Y BENJAMIN ZARABIA

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: ESCUELA GENERAL “CALICUCHIMA ” RECINTO CHOALO

SECUNDARIA: COLEGIO TÉCNICO “RAFAEL VÁSCONEZ GÓMEZ”

SUPERIOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN - LA MANÁ

CERTIFICADOS OBTENIDOS:

- SUFICIENCIA EN INGLÉS: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- SEMINARIO DE “IV” CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO “III” CONGRESO SOBRE LA MOSCA DE LA FRUTA UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO INTERNACIONAL DE “III JORNADAS AGRONÓMICAS UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO “IV” JORNADAS AGRONÓMICAS UTC-LA MANÁ
- EXPOCLICK 2.0 “II” FERIA VIRTUAL DE EMPRENDIMIENTOS E INNOVACIÓN UTC 2021
- SEMINARIO “CICLO DE CONFERENCIAS AGRÍCOLAS 2020” UTC- LA MANÁ
- SEMINARIO DE “VI” CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA UTC-LA MANÁ.

CURRÍCULUM VITAE



DATOS PERSONALES:

NOMBRES: DOMINICA ALEJANDRA

APELLIDO: CHICAIZA GÓMEZ

Nº CÉDULA: 172726138-8

FECHA DE NACIMIENTO: 26/07/1998

CORREO ELECTRÓNICO: dominica.chicaiza1388@utc.edu.ec

LUGAR DE NACIMIENTO: QUITO

NACIONALIDAD: ECUATORIANA

ESTADO CIVIL: SOLTERO

CELULAR: 0939733286

DIRECCIÓN: CANTÓN PUJILÍ; RECINTO EL PROGRESO

ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: ESCUELA “CONSEJO PROVINCIAL DE COTOPAXI”

SECUNDARIA: COLEGIO TÉCNICO “RAFAEL VÁSCONEZ GÓMEZ”

SUPERIOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN - LA MANÁ

CERTIFICADOS OBTENIDOS:

- SUFICIENCIA EN INGLÉS: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
- SEMINARIO DE “IV” CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO “III” CONGRESO SOBRE LA MOSCA DE LA FRUTA UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO INTERNACIONAL DE “III JORNADAS AGRONÓMICAS UTC-LA MANÁ
- SEMINARIO “IV” JORNADAS AGRONÓMICAS UTC-LA MANÁ
- EXPOCLICK 2.0 “II” FERIA VIRTUAL DE EMPRENDIMIENTOS E INNOVACIÓN UTC 2021
- SEMINARIO “CICLO DE CONFERENCIAS AGRÍCOLAS 2020” UTC- LA MANÁ
- SEMINARIO DE “VI” CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA UTC-LA MANÁ.

Anexo 6. Evidencias fotográficas.



Fotografía 1. Genotipos de semilla utilizados.



Fotografía 2. Pruebas de IVE



Fotografía 3. Pruebas de conductividad eléctrica.



Fotografía 4. Envejecimiento acelerado



Fotografía 5. Determinación del porcentaje de humedad.



Fotografía 6. Material vegetativo utilizado.



Fotografía 7. Pruebas de germinación.



Fotografía 8. Siembra de semillas en el campo



Fotografía 9. Tratamientos en campo.



Fotografía 10. Registro de datos de campo.

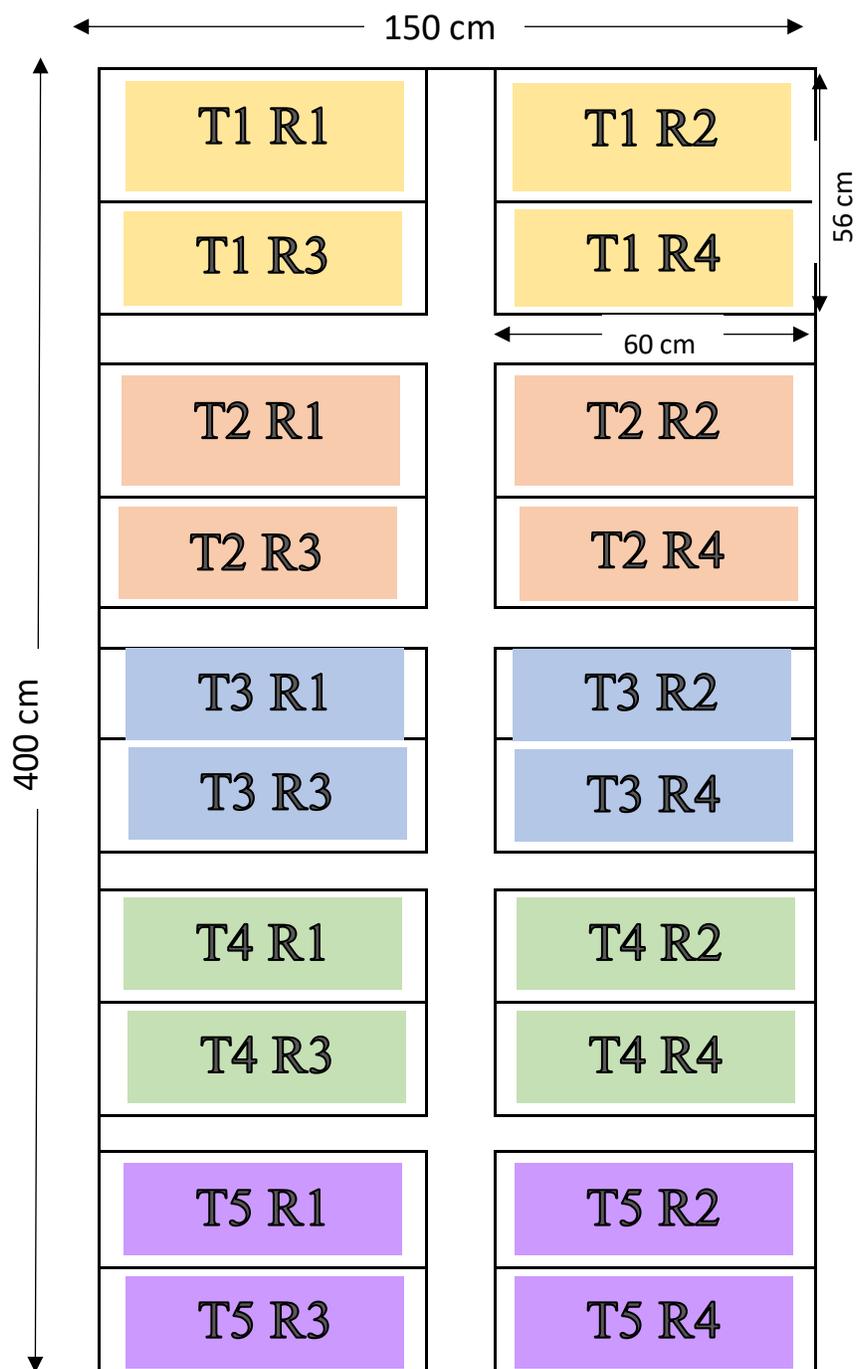


Fotografía 11. Introducción en la estufa el material vegetativo.



Fotografía 12. Peso de materia seca de los genotipos.

Anexo 8. Diseño del proyecto en campo.



T1	SOMMA 6215
T2	NB-7443
T3	2B-604
T4	INIAP H-554
T5	INIAP H-551