



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MAÍZ (*Zea mays*) DE CINCO COLECTAS (LÍNEA UTC) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022”

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

Autor:
García Bosmediano Erika Estefania

Tutor:
Torres Miño Carlos Javier Ing, Ph.D.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

García Bosmediano Erika Estefania, con cédula de ciudadanía No. 1050000098, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: “Evaluación de Características Fisiológicas de maíz (*Zea mays*) de cinco colectas (Línea UTC) en el Centro Experimental Salache CEASA-2022”, siendo el Ingeniero Ph.D. Carlos Torres Miño, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 31 de agosto del 2022

Erika Estefania García Bosmediano

CC: 1050000098

Ing. Carlos Torres Miño, Ph.D.

CC: 0502329238

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 **GARCIA BOSMEDIANO ERIKA ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía **1050000098** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniera Agrónoma, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación de las Características Fisiológicas de cinco lotes de semilla maíz (*Zea mays*) de las colectas (Línea UTC) en el Centro Experimental Salache CEASA- 2022.”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2017 - marzo 2018

Finalización de la carrera: abril 2022 – agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Carlos Torres Miño, Ph.D.

Tema: “Evaluación de Características Fisiológicas de maíz (*Zea mays*) de cinco colectas (Línea UTC) en el Centro Experimental Salache CEASA- 2022”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 31 días del mes de agosto del 2022.

Erika Estefania García Bosmediano

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MAÍZ (*Zea mays*) DE CINCO COLECTAS (LÍNEA UTC) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022” de García Bosmediano Erika Estefania, de la carrera de Ingeniera Agrónoma, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 31 agosto del 2022

Ing. Carlos Torres Miño, Ph.D.
DOCENTE TUTOR
CC: 0502329238

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante García Bosmediano Erika Estefania, con el título del Proyecto de Investigación: “EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MAÍZ (*Zea mays*) DE CINCO COLECTAS (LÍNEA UTC) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 31 de agosto del 2022

Lector 1 (presidente)

Ing. Clever Castillo De la Guerra, Mg.

CC: 0501715494

Lector 2

Ing. Karina Marín Quevedo, Mg.

CC: 0286495527

Lector 3

Ing. Cristian Jiménez Jácome, Mg.

CC: 0501946263

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco 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.

Quiero agradecer de forma muy especial a la Universidad Técnica de Cotopaxi, al proyecto de Granos Andinos, y al are de Laboratorio por su apoyo y colaboración en la presente investigación.

Especialmente a nuestro tutor Ph.D. Carlos Torres, por su constante apoyo, orientación en el desarrollo de esta investigación, al Ing. Richard Molina por haberme permitido realizar su tema de investigación.

También un agradecimiento muy grande a Edwin por brindarme su apoyo incondicional y desinteresado en el desarrollo de toda la investigación.

DEDICATORIA

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

Dedico con todo mi corazón a mi madre hermosa Gabriela García y Iván Cayo que sin ellos 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 mis hermanos Sebas, Cris, Belén que día a día con su amor y cariño me impulsan a seguir adelante. A mi abuelita Nelly por darme su amor incondicional y la fortaleza de seguir adelante con mis estudios.

De manera muy especial dedico a los Docentes de la Carrera de Agronomía por brindarme su apoyo en esta época de mi vida.

RESUMEN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de Granos Andinos, y Laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde tuvo como objetivo caracterizar dos variedades de maíz de la línea (**UTC – 003** maíz chulpi); (**UTC – 044** maíz harinoso) colectadas en cinco épocas, (**UTC – 003** maíz chulpi colecta 2020,2018); (**UTC – 044** maíz 2018,2019,2020) mediante una serie de pruebas fisiológicas como: humedad de semilla, germinación estándar, tetrazolio, conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, prueba de frío, índice de velocidad de emergencia. Para ello se aplicó la metodología descrita por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Que hacen referencia a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA). Se empleó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Con el uso de las pruebas de caracterización, fue posible detectar de manera eficiente los niveles de calidad de las colectas de semillas de maíz estudiados. Este hecho nos permite concluir que las pruebas utilizadas, todas revelaron los niveles de calidad fisiológica de semillas de maíz de la línea UTC, revelando que maíz UTC-044 de la colecta 2020 aun presenta vigor germinativo en el presente año, seguido de UTC-044 colecta 2018, 2019 y UTC-003 colecta 2020, 2015 demostraron bajo desempeño con un despreciable vigor y viabilidad. Todas las pruebas mencionadas cuentan con una serie de ventajas; rápida determinación de vigor y viabilidad de lotes de semilla, una adecuada evaluación de la capacidad germinativa.

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

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FIVE BATCHES OF MAIZE SEED (ZEA MAYS) FROM THE COLLECTIONS (LINE UTC) AT THE CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022".

AUTHOR: García Bosmediano Erika Estefania

ABSTRACT

One of the main problems that affect the quality of the seed of agricultural cultures is its correct harvest and post-harvest, conservation, and maintenance in germplasm banks. The present research project was developed in the facilities of Granos Andinos, and the agronomy laboratory located in the CAREN faculty of the Technical University of Cotopaxi. The objective of the research work was to characterize two varieties of corn, being the UTC - 003 chulpi corn; UTC – 044 corn the study objects, the same ones that were collected in five different years, the evaluated lines were: UTC – 003 chulpi corn, collections 2015 and 2020; UTC line – 044 corn, collected in the years 2018, 2019 and 2020. These collections were subjected to the application of a series of physiological tests described by (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO and AfrizaSeeds, 2019), and (RAS, 2009), which refer to the standards of the International Seed Analysis Association (ISTA) and which allowed evaluating seed moisture, standard germination, tetrazolium, electrical conductivity, accelerated aging, cold test, rate of emergence rate. A completely randomized design with five treatments and four replications was used. With the usage of the characterization tests, it was possible to efficiently detect the quality levels of the corn seed collections studied. This fact allows us to conclude that the tests used revealed that the physiological quality levels of corn seeds of the UTC-044 line of the 2020 collection still show germination vigor in the current year, while negative data of a null level of vigor and viability in the tests showed the UTC-044 lines of the 2018 and 2019 collections, and the UTC-003 line of the 2015 and 2020 collections. All the mentioned tests have a number of advantages; rapid determination of vigor and viability of seed lots, and an adequate evaluation of germination capacity.

Keywords: corn, seeds, vigor, germination, physiological quality, analysis.

ÍNDICES DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICES DE CONTENIDO.....	xi
INDICE DE TABLAS.....	xiv
INDICE DE FIGURAS	xv
INDICE DE ANEXO	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS	4
4.2. BENEFICIRIOS INDIRECTOS.....	4
5. PROBLEMÁTICA	4
6. OBJETIVOS.....	6
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	9
8.1. GENERALIDADES DEL MAIZ	9
8.2. TIPOS DE SEMILLAS	10

8.2.1.	SEMILLAS ORTODOXAS	10
8.2.2.	SEMILLAS RECALCITRANTES	10
8.3.	CONCEPTO Y ESTRUCTURA DE UNA SEMILLA	10
8.3.1.	ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DICOTILEDONEAS	11
8.3.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA	13
8.4.	CALIDAD DE LAS SEMILLAS	13
8.5.	FACTORES QUE REPECUTEN EN LA PRODUCCION DE SEMILLA DE BUENA CALIDAD	15
8.5.1.	FACTORES GENETICOS	15
8.5.2.	CONDICIONES DE SIEMBRA	15
8.5.3.	USU DE PRODUCTOS QUIMICOS	15
8.5.4.	METODOS DE COSECHA	15
8.5.5.	SECADO Y PROCESAMIENTO	15
8.5.6.	ALMACENAMIENTO	16
8.6.	VIGOR DE LA SEMILLA	16
8.7.	GERMINACION	16
8.8.	CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR DE ESTUDIO	17
8.9.	PRUEBAS FISIOLÓGICAS	18
8.9.1.	PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTANDER	18
8.9.1.1.	Técnicas o tipos de Pruebas para Germinación	19
8.9.1.2.	Interpretación de la prueba de germinación	20
8.9.2.	PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	21
8.9.3.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	22
8.9.4.	PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	23
8.9.5.	PRUEBA DE FRÍO	24
8.9.6.	PRUEBA DE TETRAZOLIO	25
8.9.7.	PRUEBA DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE)	27

9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	28
10.	METODOLOGIA.....	28
10.1.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	28
10.2.	FACTOR EN ESTUDIO.....	28
10.3.	PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DE LOTES DE MAÍZ	29
10.3.1.	PRUEBA DE GERMINACIÓN	30
10.3.2.	PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE).....	31
10.3.3.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (EC)	32
10.3.4.	PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)	34
10.3.5.	PRUEBA DE FRÍO	36
10.3.6.	PRUEBA DE TETRAZOLIO (PT)	37
10.3.7.	PRUEBA DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).	40
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
11.1.	PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	41
11.2.	PRUEBA DE GERMINACION ESTANDER	43
11.2.1.	Primer Conteo de Germinación (PCG).....	43
11.2.2.	Conteo final de Germinación (CFG).....	44
11.3.	PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).....	46
11.4.	PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE μ S).....	47
11.5.	PRUEBA DE TETRAZOLIO (TZ)	49
11.5.1.	. Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor)	49
11.5.2.	Tetrazolio Categoría 2 – C2 (Viabilidad)	50
11.6.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	51
11.6.1.	Primer Conteo de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado	52
11.6.2.	Conteo Final de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado.....	52
11.7.	PRUEBA DE FRIO.....	54
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57

11.1 CONCLUSIONES.....	57
11.2 RECOMENDACIONES	58
12. BIBLIOGRAFIA	59
13. ANEXOS: Evidencias fotográficas	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los Objetivos	7
Tabla 2. Composición química de las principales semillas del INIAP en Ecuador 2005. ...	13
Tabla 3. Análisis de germinación de algunas especies (ISTA,2016),(FAO y AfrizaSeeds, 2019)	19
Tabla 4. Las colectas utilizadas para la investigación.....	29
Tabla 5. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de humedad de la semilla (%H).	41
Tabla 6. Prueba tukey al 5% de significancia el porcentaje de contenido de humedad.	42
Tabla 7. Análisis de varianza (ADEVA)para la variable Primer conteo de germinación (PCG), utilizando la $(\sqrt{x+1})$	43
Tabla 8. Análisis de varianza (ADEVA)para la variable Ultimo conteo de germinación (CFG), utilizando la $(\sqrt{x+1})$	44
Tabla 9. Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG al 5% de significancia	44
Tabla 10. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE)	46
Tabla 11. Prueba de Tukey para la variable índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia, utilizando la $(\sqrt{x+1})$	46
Tabla 12. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S).	47
Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S) al 5% de significancia	48
Tabla 14. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 (C1) Vigor.....	49

Tabla 15.	Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 2 (C2) Vigor.....	50
Tabla 16.	Prueba de Tukey para la variable Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia	50
Tabla 17.	Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento acelerado primer conteo de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$	52
Tabla 18.	Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento conteo final de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$	52
Tabla 19.	Prueba de Tukey al 5% para las variables EAPCG y EACFG al 5% de significancia. Utilizando la $(\sqrt{x+1})$	53
Tabla 20.	Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día utilizando la $(\sqrt{x+1})$	54
Tabla 21.	Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, séptimo día de germinación, utilizando la $(\sqrt{x+1})$	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de Humedad de semilla (%H).....	43
Figura 2.	Germinación Estándar PCG y CFG %	45
Figura 3.	Índice de Velocidad de Emergencia IVE	47
Figura 4.	Conductividad Eléctrica (CE μ S)	49
Figura 5.	Prueba de Tetrazolio Categoría1, Categoría2, al 100%.....	51
Figura 6.	de Envejecimiento Acelerado primer conteo (EAPCG) y segundo conteo (EACFG)	54
Figura 7.	Prueba de frio septimo día de germinación	56

INDICE DE ANEXO

Anexo 1.	Estructura interna de la semilla de maíz	11
Anexo 2.	Estructura externa de la semilla de maíz	12
Anexo 3.	Cámara de germinación	30
Anexo 4.	Prueba de conductividad para maíz	31
Anexo 5.	Prueba de envejecimiento	33
Anexo 6.	Recipientes con agua y semillas en la malla de alambre	34
Anexo 7.	Secado de semilla en horno	34
Anexo 8.	Peso de la semilla con el contenedor	35
Anexo 9.	Enfriamiento de las muestras de semilla de maíz	36
Anexo 10.	Análisis de tetrazolio	37
Anexo 11.	Corte longitudinal de la semilla	39
Anexo 12.	Semilla vigorosa	39
Anexo 13.	Siembra de semillas en el campo	40
Anexo 14.	Anexos: Contenido de Humedad	64
Anexo 15.	Anexos: Germinación	65
Anexo 16.	Anexos: Índice de Velocidad IVE	65
Anexo 17.	Diseño del proyecto en Campo	66
Anexo 18.	Anexos: Conductividad Eléctrica	67
Anexo 19.	Anexos: Tetrazolio	67
Anexo 20.	Anexo: Envejecimiento Acelerado	68
Anexo 21.	Anexo: Prueba de Frio	69
Anexo 22.	Aval de Traducción	70

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MAÍZ (*Zea mays*) DE CINCO COLECTAS (LÍNEA UTC) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022”

Lugar de ejecución:

Universidad técnica de Cotopaxi

Unidad Académica que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación del análisis fisiológico de semillas.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Carlos Torres Miño, Ph.D.

Lector 1: Ing. Castillo de la Guerra Clever, Mg.

Lector 2: Ing. Marin. Quevedo Karina, Mg.

Lector 3: Ing. Jiménez Jacome Cristian, Mg

Nombre del Investigador: Erika Estefania García Bosmediano

Teléfonos: 0989089970

Correo electrónico: erika.garcia0098@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura Silvicultura y Pesca.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

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

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Caracterización de la biodiversidad

Línea de vinculación

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

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo de investigación se realiza la caracterización fisiológica de dos variedades de maíz de la línea UTC, de colectas que se presentan en diferentes condiciones de viabilidad, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; en este caso es necesario evaluar los estándares de calidad de semillas que se almacena en granos andinos. Los requerimientos necesarios para ser cumplidos por las pruebas de vigor fueron indicados por los autores (KRZYZANOWSKI; DAITON VIEIRA; FRANCA NETO, 1999): entre los métodos empleados durante el proceso de vigor de semilla contamos con las siguientes pruebas: como primer punto se realizaron pruebas de contenido de humedad, prueba de germinación, prueba de envejecimiento acelerado; prueba de conductividad eléctrica; pruebas de frío; pruebas de IVE; pruebas de tetrazolio para determinar el vigor de las semillas. Todas las pruebas mencionadas cuentan con una serie de ventajas una rápida determinación de viabilidad de lotes de semilla, una adecuada evaluación de la capacidad germinativa.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para su éxito. Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzca plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento. Desde un punto de vista sustentable, es imposible obtener una buena cosecha si no se parte de una semilla de calidad (Doria, 2010 citado en, Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022).

El maíz es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial, en algunos países el maíz lo utilizan principalmente en forraje y materia prima para la producción de alimentos procesados, por el contrario, Ecuador y otros países, un gran porcentaje de maíz es destinado al consumo humano, siendo uno de los factores de la supervivencia de los agricultores en la economía nacional. Resulta paradójico que los pobladores campesinos sean una cierta parte de la producción total de maíz (Serratos, 2009).

La utilización de semillas de calidad es fundamental para la implantación y establecimiento del nuevo cultivo tendiente a lograr una producción sustentable por ende las semillas que se manifiesta

con menores índices de calidad fisiológico pierden su valor, disminuyendo los niveles de producción. Por lo tanto, surge la necesidad entonces de determinar cuál es la calidad de la semilla antes de la siembra y para ello se dispone de metodologías apropiadas para medir los distintos atributos que la describen, por ende es necesario recalcar la importancia del estudio fisiológico de semilla, para obtener una buena producción es indispensable describir semillas de buena calidad, por ende es ineludible pruebas que garanticen su calidad y rentabilidad (A. Salinas et al., 2008)

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS

La finalidad de esta investigación es beneficiar a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Agronomía donde puedan realizar futuros estudios en estándares semillas.

4.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS

Los beneficiarios indirectos comprenden la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de ingeniería agronómica, estudiantes y personas interesadas que requieran información de la presente investigación.

5. PROBLEMÁTICA

El maíz (*Zea mays* L.) es el primer cereal de importancia agrícola en el mundo produciendo 1'134'746.667 toneladas/año, en el Ecuador se producen 1'436.106 toneladas/año (Quezada Mendosa, 2019), siendo el cultivo de mayor área sembrada y de suma importancia en el país debido al rol importante que cumple en la seguridad alimentaria del humano y animal. El maíz amarillo duro es destinado 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, su producción y rendimiento a tenido un crecimiento sostenible en los últimos 20 años, lo cual se debe al uso de semilla certificada y a las tecnologías desarrolladas de compañías privadas, y el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el INIAP han cedido a los productores, en este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de supervivencia para campesinos e indígenas (Zambrano et al., 2019)

En la provincia de Cotopaxi la superficie por (ha) sembrada es 38840 de maíz, siendo un alimento fundamental hoy en día se debe saber que la calidad determina el comportamiento de las semillas cuando se usan como simiente o almacenamiento, sin embargo, incluso cuando se almacena en condiciones óptimas, todas las semillas fortuitamente perderán viabilidad a medida que pase el tiempo, pasan por un proceso conocido como deterioro de semilla, “se aprecia que un 25% de las semillas pierden su viabilidad anualmente, lo que genera grandes pérdidas económicas (McDonald y Nelson, 1986 citado en Zhang et al., 2021).

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.

Dentro del proceso de caracterización de las semillas las pruebas con relación a la calidad de semillas en nuestra Universidad son escasas y para ello es esencial en el control de calidad para predecir el comportamiento inicial en campo, dada la importancia del cultivo de maíz en el Banco de semilla de la UTC, resulta necesario llevar trabajos de investigación en el tema que permita la evaluación e identificación de la calidad de lotes de semilla, de manera que garantice un buen rendimiento y productividad, lo que a echo que sea considerado como un rubro prioritario para la investigación (Méndez Natera & Hilmig, 2007 citado en Morales, 2016).

El tema de la calidad de semilla es importante para aquellos agricultores que utilizan la semilla de la cosecha anterior para la próxima siembra, debido a que esta práctica no certifica que tendrá una buena producción, por esta razón se realizó el estudio para determinar la calidad de semilla de algunos lotes que están siendo utilizados por estudiantes o agricultores del área de Granos Andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi y que actualmente no cuentan con un diagnóstico específico de calidad del material que están utilizando.

6. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL.

- Caracterizar fisiológicamente 2 variedades de semilla de maíz pertenecientes a 5 colectas anuales originarias del banco de germoplasma de Granos Andinos de la UTC.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar el potencial fisiológico de cinco colectas de semillas de maíz (*Zea mays.*), con la aplicación de varias pruebas de caracterización.
- Determinar la influencia del tiempo en la calidad de las 5 colectas de semillas de maíz.
- Elaborar un instructivo de materiales e insumos para el desarrollo de pruebas de caracterización de calidad de semilla de maíz como propuesta para el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi- Salache

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

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los Objetivos

Objetivos	Actividades	Resultados de la Actividad	Medios de Verificación
<p>Evaluar el potencial fisiológico de cinco colectas de semillas de maíz (<i>Zea mays.</i>), con la aplicación de varias pruebas de caracterización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las colectas de semilla maíz (<i>Zea mays.</i>) y codificación de lote de año cosechada con su respectiva línea a la que pertenece • Exploración bibliográfica de análisis de potencial fisiológico de semillas. • Determinación de que análisis fisiológicos de semillas serán aplicados para la investigación. • Aplicación de los análisis fisiológicos: conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, porcentaje de humedad de semilla, (IVE) en campo, prueba de frío y tetrazolio. • Registro de datos correspondientes a cada prueba realizada en base a la metodología utilizada. • Tabulación de datos en Microsoft Excel obtenidas por cada prueba realizada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos registrados en tablas de Excel • Análisis estadísticos, y graficas de los resultados obtenidos 	<p>Fotografías</p> <p>Análisis estadísticos, graficas</p>

	<ul style="list-style-type: none"> •Análisis e interpretación de resultados obtenidos. 		
<p>Determinar la influencia del tiempo en la calidad de las cinco colectas de semillas de maíz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de las metodologías en base Krzyzanowski en 1999 de acuerdo a las normas ITSA en los procesos de evaluación de semilla. • Someter a las semillas a pruebas de laboratorio • Comparar los resultados obtenidos de los diferentes ensayos aplicados a las cinco colectas de maíz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de laboratorio •Determinación de la colecta que presente mejores características fisiológicas. 	<p>Fotografías</p> <p>Revisión Bibliográfica</p> <p>Análisis estadísticos</p>
<p>Desarrollar un instructivo de materiales e insumos para el desarrollo de análisis de semilla de maíz en el laboratorio de la universidad Técnica de Cotopaxi- Salache</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Redacción del instructivo correspondiente a cada análisis fisiológico de semilla. •Selección de conceptos, equipos, etc. De cada análisis fisiológico de semillas en base a la metodología presente en esta investigación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Guía digital impresa para laboratorio de la universidad 	<p>Guía digital e impresa.</p>

Elaborado: (García, 2022)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

8.1. GENERALIDADES DEL MAIZ

El maíz es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo, actualmente el maíz se cultiva en todos los continentes, excepto en la Antártida, y es más productivo donde las precipitaciones o el riego son adecuados.

En el Ecuador el maíz es un cultivo de mayor importancia en el ámbito nacional por su producción y consumo, ya que se encuentra distribuida en el litoral, ocupa una superficie de siembra de 314000 hectáreas, con una producción anual de aproximadamente 5,5 t/ha., siendo las provincias maiceras más destacadas: Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja. Este cultivo se adapta a todas las condiciones climáticas puedes adaptarse hasta los 3000 msnm en Ecuador, para germinar necesita de una temperatura inicial de 4°C, durante la germinación y su fructificación necesita una temperatura de 25 y 30°C (Segura Arguello & Andrade Guevara, 2011)

Entre los principales tipos de maíz que todavía se cultivan en la sierra del Ecuador se incluyen: Cuzco y Canguil ecuatoriano, Racimo de uva, Chillos Huandango, Morochón, Patillo y Kcello, y las variedades que han sido generadas tales como: Chaucho, Mishca, Blanco Blandito, Guagal, Shima, y Chulpi.(Mayorga Gavilanes, 2010). En la sierra se produce maíz con diferentes tipos de grano, siendo más frecuentes los maíces amarillos constituidos por endospermo harinoso y opaco, y los maíces chulpis es una variedad de maíz de grano pequeño, dulce sabor y amarillo transparentado.(Baca, 2016)

De los maíces mencionados, 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. (Mosquera ,2019)

Al analizar el maíz amarillo, se observa que este se encuentra dentro de los principales productos agrícolas en el país, que a pesar de no representar más allá del 7% de la producción agrícola, tiene una gran importancia, ya que constituye la

base de una de las principales cadenas productivas la cual contribuye significativamente a salvaguardar la seguridad alimentaria del Ecuador sirviendo de suministro de alimento a otros sectores de producción como consumo animal a través de balanceados (Baca, 2016 citado en Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022)

En la agricultura la importancia de contar con material vegetativo de calidad está relacionada con la productividad de determinado cultivo, por ende, es clave destacar que un buen manejo del control de la calidad de la semilla influye directamente sobre su valor comercial (Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022)

8.2. TIPOS DE SEMILLAS

Las semillas han sido clasificadas en ortodoxas y recalcitrantes de acuerdo con las posibilidades de preservar su viabilidad en condiciones de almacenamiento

8.2.1. SEMILLAS ORTODOXAS

La principal característica fisiológica de las semillas ortodoxas es su gran tolerancia a la deshidratación celular (toleran una deshidratación hasta de 5% en el contenido de humedad), en la fase final de maduración está acompañada de la deshidratación que es la pérdida de agua, en este periodo las semillas mejoran su viabilidad y el potencial de almacenamiento (Magnitskiy & Plaza, 2007)

8.2.2. SEMILLAS RECALCITRANTES

Las semillas recalcitrantes se caracterizan por su sensibilidad a la deshidratación y una rápida pérdida de viabilidad posterior a, lo que implica limitaciones graves para el almacenamiento de la semilla, en una condición húmeda y metabólicamente activa, perdiendo rápidamente su capacidad de germinación al quedar expuestas a condiciones de baja humedad diseminación, toleran la deshidratación entre 15% y 50% de humedad (Magnitskiy & Plaza, 2007)

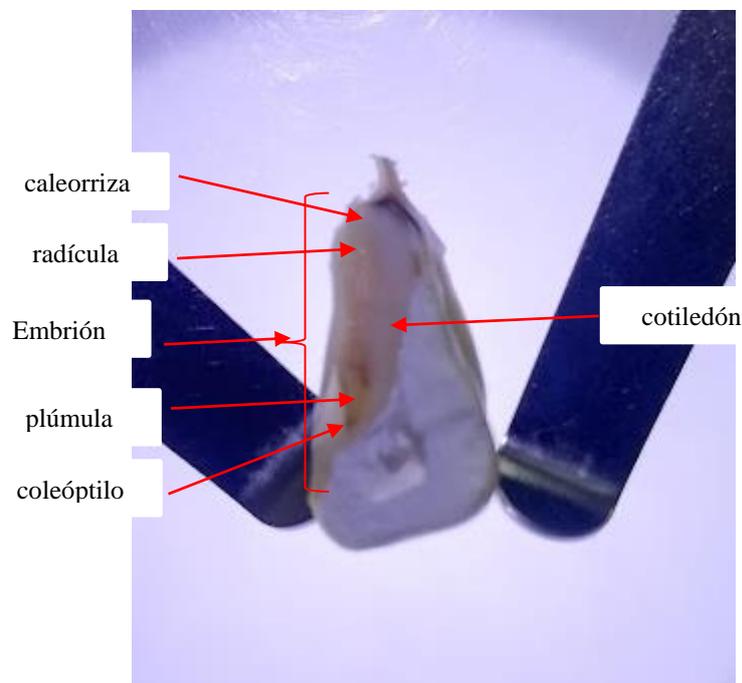
8.3. CONCEPTO Y ESTRUCTURA DE UNA SEMILLA

La semilla es uno de los principales órganos reproductivos de la gran mayoría de las plantas, desempeñando una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de las plantas, las semillas pueden almacenarse

vivas por un largo periodo, asegurando la conservación de especies y variedades de las plantas. El desarrollo exitoso de la semilla depende de múltiples influencias, estas se procesan con el fin de eliminar impurezas, clasificarles, y acondicionarlas donde incluyen bases como recepción de faces de producción, conservación y almacenamiento de semillas hasta llegar a su comercialización(Doria, 2010).

8.3.1. ESTRUCTURA DE LA SEMILLA DICOTILEDONEAS

De forma general, las semillas presentan características típicas según la especie siendo los elementos básicos de la estructura de la semilla, a continuación, se describe a la semilla de maíz



Elaborado por García 2022

Anexo 1. Estructura interna de la semilla de maíz

Embrión. – Parte viva de la semilla, a partir de esta parte se forma la nueva planta y consta de las siguientes partes:

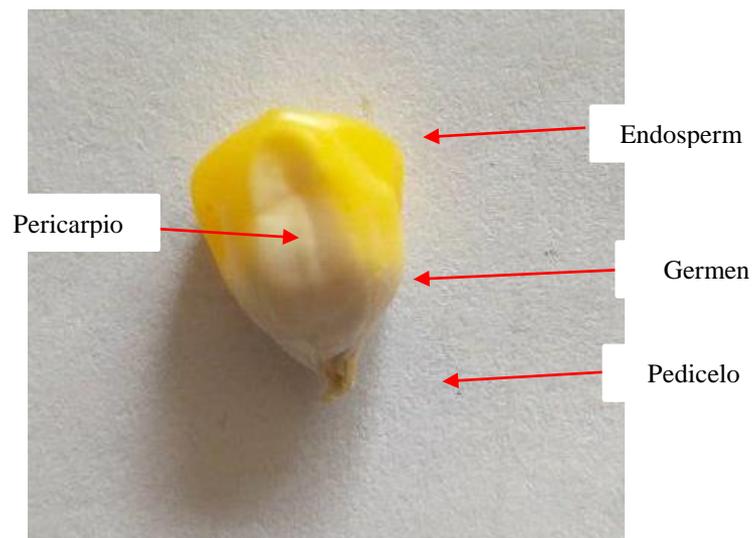
Cotiledón. – Tienen un solo cotiledón, es una estructura que almacenan alimento y pueda nutrir a la planta al momento de iniciar el proceso de germinación.

Coleóptilo. – Parte que envuelve la plúmula, esta estructura es una vaina protectora.

Plúmula. – Se encuentra en la extremidad superior de la semilla, dan origen a las primeras hojas.

Coleorriza. – Parte cerrada que protege a la radícula del embrión.

Radícula. – Se encuentra en la extremidad inferior del eje embrionario, dan origen a las raíces.



Elaborado por Erika García

Anexo 2. Estructura externa de la semilla de maíz

Endospermo. – Se encuentra en la parte posterior de la semilla su estructura es callosa y trasparente, de color blanquecino el tejido de reserva(almidón).

Pericarpio. – Parte que envuelve a la semilla, su estructura es dura y fibrosa.

Pedicelo. – Única parte viviente de la semilla, contiene la información genética impredecible.

Germen. - Estructura que une a la al grano con la mazorca, es la última parte que se encuentra en el grano.

(Velásquez et al., 2008)

8.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Las principales sustancias almacenadas en las semillas son los carbohidratos (el almidón es el principal carbohidrato de reserva de los granos), proteínas y lípidos. Las semillas ricas carbohidratos son denominadas amiláceas.

Es de suma importancia el análisis de la composición química de las semillas, ya que su vigor potencial de almacenamiento y otros están directamente influenciados por los componentes que en la semilla se encuentran presentes, dependiendo de la predominación del material acumulado, así las leguminosas son ricas en proteína, por lo tanto, las gramíneas son ricas en carbohidratos, a continuación, se presenta una tabla de algunas semillas con su composición.(Velásquez et al., 2008)

Tabla 2. Composición química de las principales semillas del INIAP en Ecuador 2005.

<i>Especie</i>	<i>Agua</i>	<i>Proteína</i>	<i>Lípidos</i>	<i>Carbohidratos</i>		<i>Cenizas</i>
				<i>Total</i>	<i>Fibra</i>	
<i>Trigo</i>	13.0	12.2	1.0	61.3	10.9	1.7
<i>Maíz</i>	13.5	8.8	4.8	69.1	2.2	1.6
<i>Cebada</i>	13.5	9.7	1.7	68.6	4.5	2.4
<i>Arveja</i>	12.0	20.0	1.3	56.1	8.0	2.6
<i>Chocho</i>	12.5	39.9	13.0	23.0	8.7	3.0
<i>Haba</i>	12.0	25.8	1.1	57.	1.8	1.4
<i>Avena</i>	13.5	9.0	5.0	58.1	10.0	4.3
<i>Frejol</i>	11.5	19.0	1.5	59.4	4.2	4.5

“Valores calculados para la humedad en el punto de equilibrio de las isotermas de absorción: fuente, Departamento de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP”

8.4. CALIDAD DE LAS SEMILLAS

El significado de calidad de semilla no existe concretamente, creemos que el que más se acerca es el de Bustamante (1990) que menciona que la calidad de semilla es un conjunto de características deseables, que comprende varios atributos que refieren a la conveniencia o aptitud de la semilla para sembrarse(Farrás, n.d.)

La calidad de la semilla se menciona como una serie de cualidades que deben ser conjuntas y no aisladas, la calidad depende de la semilla cuando tiene un alto porcentaje pureza botánica, bajo contenido de humedad, alta sanidad, alta viabilidad, alto vigor, bajo nivel de daño mecánico, buen tamaño y peso como alto grado de uniformidad. La calidad fisiológica es necesaria para obtener una capacidad germinativa representativa, se refiere a la propiedad que permite a la semilla habiendo eliminado la dormancia de germinar en condiciones favorables, dar origen a una nueva planta (ISTA),(PEREZ ROZO, 2006)

La calidad de semilla expresa el grado en que un determinado lote de semilla comprende aspectos genéticos, fitosanitarios, físicos y fisiológicos. Entre estos últimos se incluyen la viabilidad, la capacidad germinativa y el vigor, calidad de semilla es la suma de estos atributos donde se determina si un lote específico de semillas se puede considerar, alta o de baja calidad. La semilla de alta calidad tiene una elevada pureza genética, porcentaje de germinación, mínima presencia de materia inactiva, y ausencia de enfermedades por ende se pronostica que las semillas de alta calidad produzcan plantas normales que prosperen en el campo con un alto rendimiento. Los programas de control de calidad de las semillas, basados en ensayos bien fundamentados, asegurarían que sola las mejores semillas se llevan al mercado (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

En el sector formal e informal la semilla de calidad es sustancial, el sector formal abarca actividades para ofertar nuevas variedades y mantener su pureza, para certificar y distribuir semilla de calidad a los agricultores a través de bancos reconocidos de semillas, estas se producen bajo supervisión dependiendo a la clase o categoría que se encuentre la semilla. Por ende, el sector informal conocido como sistema de semilla tradicional o “campesino”, la función de este sistema es el intercambio o trueque entre comunidades o se venden al mercado local, aquí se distinguen 5 aspectos informales; la tradición, semiestructura, funciones específicas de comunidades, variedad de mecanismos de intercambio, y pequeñas cantidades de semilla que tengan una gran demanda entre agricultores. Gracias a este sistema

tradicional se ha conservado las variedades locales y autóctonas durante cientos de años (Farrás, n.d.)

8.5. FACTORES QUE REPECUTEN EN LA PRODUCCION DE SEMILLA DE BUENA CALIDAD

8.5.1. FACTORES GENETICOS

La estructura genética determina las características, como el tamaño y densidad de la semilla, que pueden influir en la calidad. Las buenas prácticas de producción son esenciales (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

8.5.2. CONDICIONES DE SIEMBRA

La producción de semillas de alta calidad puede fallar en condiciones adversas que ejerzan demasiadas presiones(FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.5.3. USU DE PRODUCTOS QUIMICOS

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 al momento de la germinación(FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.5.4. METODOS DE 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(FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.5.5. 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 (FAO y AfrizaSeeds, 2019).

8.5.6. ALMACENAMIENTO

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 (FAO y AfrizaSeeds, 2019 citado en Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022)

8.6. VIGOR DE LA SEMILLA

Vigor de la semilla es un índice del deterioro fisiológico de las semillas, es muy indispensable tener en cuenta el significado de vigor. El vigor de las semillas es el sumatorio 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.

Vigor de la semilla es la propiedad que determina el potencial de la semilla para obtener una rápida y uniforme germinación, buena emergencia en campo, capacidad de dar un buen establecimiento del cultivo en condiciones óptimas de campo diferentes y a veces no óptimos y que tenga buena capacidad de conservación en almacenamiento. (PEREZ ROZO, 2006)

La industria de las semillas utiliza cada vez con más frecuencia las pruebas de vigor para determinar la calidad fisiológica de las semillas. Los productores y las instituciones oficiales han incluido estas pruebas en los programas de control de calidad internos y/o para garantizar la calidad de las semillas para su comercialización. (Krzyzanowski et al., 1999)

8.7. GERMINACION

La germinación es un proceso donde el embrión que se encuentra en estado latente o dormido, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una planta.

“La germinación consiste de varios factores para que el embrión contenido en la semilla reinicie su desarrollo, Hartman y Kester menciona que deben cumplirse tres condiciones, que el embrión sea viable (vivo), factores externos sean favorables y que no presenten factores internos que impiden la germinación” (Courtis, 2013)

El proceso de germinación se inicia con la absorción de agua denominada imbibición, la cantidad de agua penetrada depende de las especies, en los cereales es del 40 % al 60% del peso de la semilla seca. En la siguiente fase ocurre dos fenómenos principales para la germinación, una es la reactivación de enzimas inactivas por la desecación de las semillas, y el segundo por síntesis de otras inexistentes. Consecutivamente las enzimas degradan las reservas estas son hidrolizadas a aminoácidos por proteínas, se ponen a disposición del embrión no solo nutrientes, si no también energía generada por la fermentación y la respiración de los sustratos utilizados. Como última fase corresponde con la elongación del embrión o de la radícula, dispone de suficiente nutrientes para crecer y formar una planta (Courtis, 2013)

8.8. CARACTERÍSTICAS DEL FACTOR DE ESTUDIO

Morales Fernández, (2016) con el tema: Caracterización agromorfológica de 80 accesiones de maíz menciano, mediante el análisis se pudo determinar 4 accesiones sobresalientes las cuales fueron: UTC-103 la cual corresponde a maíz negro, UTC-044 a maíz amarillo, UTC-003 a maíz chulpi, UTC-038 a maíz rojo, la unidad de análisis para el estudio:

Morales Fernández, (2016) caracterizo a UTC – 003 maíz chulpi: tallo de color rojo - café, pubescencia de vaina foliar densa, hojas colgantes, volumen radicular mediano, abundante follaje, baja capacidad de permanecer verde, tamaño de la espiga pequeño - mediano, buena cobertura de la mazorca daños a la mazorca grave-poco, grano de color rojo, disposición de hileras de granos regular, forma de la superficie del grano contraído, color del pericarpio incoloro, color de la aleurona amarillo, color del endospermo crema, tipo de grano cristalino-dulce.

Morales Fernández, (2016) caracterizo a UTC – 044: un tallo de color verde - café, hojas colgantes, volumen radicular grande, panoja grande, buena cobertura de la mazorca, daños a la mazorca de ninguno a grave, disposición de hileras de granos irregular, endospermo de color blanco y tipo de grano harinoso.

8.9. PRUEBAS FISIOLÓGICAS

8.9.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR

La prueba de germinación tiene como objetivo 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. Las pruebas de germinación estándar utilizadas entre papel son desarrolladas en condiciones controladas de laboratorio, humedad, temperatura y luz para inducir la germinación. En el proceso de germinación se constituye por tres fases imbibición de agua; activación del metabolismo, síntesis de proteínas y carbohidratos y degradación de reservas; desarrollo del embrión y ruptura de las testa (López et al., 2016)

Por medio de la prueba germinación es posible observar si las plántulas están imperfectas, dañadas y si pueden desarrollarse normalmente, al igual es posible determinar el porcentaje de plántulas normales o anormales, semillas frescas, semillas duras y semillas muertas presentes en la muestra y en el lote que esta representa, por lo general la prueba dura de 6 a 12 días dependiendo a la especie, a continuación se presenta un cuadro con algunos granos (Bonilla Bird, 2014).

Tabla 3. Análisis de germinación de algunas especies (ISTA,2016),(FAO y AfrizaSeeds, 2019)

<i>Especie</i>	<i>Temperatura °C</i>	<i>Primer conteo</i>	<i>Conteo final</i>
Cebada - (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	20	4	7
Mani -(<i>Arachis hypogaea L.</i>)	30-25	5	10
Maiz - (<i>Zea mays L.</i>)	30-25	4	7
Avena - (<i>Avena sativa L.</i>)	20	5	10
Trigo - (<i>Triticum aestivum L.</i>)	20	4	8
Arroz - (<i>Oryza sativa L.</i>)	30-25	5	14
Raigras- (<i>Lolium multiflorum Lam.</i>)	25-20	5	10

8.9.1.1. Técnicas o tipos de Pruebas para Germinación

En los laboratorios para pruebas de germinación se emplean algunas técnicas o tipos de pruebas para germinar semillas, que se puede usar con la mayoría de especies y dan resultados informes:

Método de germinación sobre papel

Este método es apropiado para especies cuyas semillas miden menos de 2mm de diámetro, como los vegetales de semilla pequeña y las gramíneas forrajeras. Las semillas son germinadas sobre papel toalla húmedo, en recipientes tapados para evitar la pérdida de humedad, los recipientes más comunes son cajas Petri de plástico o vidrio esterilizados(Rao et al., 2007).

Método de germinación entre papel

Este método es el más apropiado para las especies con semillas medianas (entre 2mm, y un 1cm de diámetro) como cereales, leguminosas de granos y vegetales. El método de papel, las semillas son germinadas entre dos capas de papel toalla humedecidas, es de fácil preparación y económico(Rao et al., 2007)

Método en germinación arena

El método de arena es apropiado para semillas grandes (con un diámetro de más de 1cm), que son difíciles de germinar en cajas Petri, o demasiadas pesadas para germinar en papel. Las bandejas o macetas son esterilizadas y profundas con un adecuado drenaje (Rao et al., 2007)

Método de germinación agar

El sustrato agar es un método alternativo ante el papel, especialmente este método es utilizado para semillas pequeñas y medianas. El agar es disuelto paulatinamente en agua caliente formando una sustancia viscosa que al momento de enfriarse se convierte en aspecto de una gelatina dura, esta solución es incorporada en recipientes “cajas Petri” esterilizados (Rao et al., 2007)

8.9.1.2. Interpretación de la prueba de germinación

La interpretación de la prueba consiste en evaluar y clasificar plántulas normales capaces de producir plántulas normales en condiciones favorables, plántulas anormales incapaces de desarrollar plantas de valor comercial en campo, semillas latentes y semillas muertas (Velásquez et al., 2008)

Plántulas normales

Son aquellas que presentan un potencial bien desarrollar en estructuras completa, proporcionada y sana, para convertirse en plantas satisfactorias cuando se cultiven en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Las plántulas normales deben clasificarse de las siguientes categorías (Velásquez et al., 2008)

- **Intactas:** plántulas con todas las estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, bien proporcionadas y sanas (FAO y AfrizaSeeds, 2019)
- **Con leves defectos:** plántulas con ligeros desperfectos en sus estructuras esenciales, pero, por lo demás, con un desarrollo

satisfactorio y equilibrado comparable al de las plántulas intactas de la misma prueba (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

- **Con infección secundaria:** plántulas que claramente habrían correspondido a una de las categorías anteriores, pero aparecen afectadas por hongos o bacterias que no proceden de las semillas de origen (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

Plántulas anormales

Son así consideradas las plántulas que presentan daños severos no cumplen con el potencial para convertirse en plantas normales cuando se cultiven en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Por ende, las plántulas anormales también se clasifican. (Velásquez et al., 2008)

- **Dañadas:** plántulas a las que falta cualquiera de las estructuras esenciales o que están tan e irremediablemente dañadas que no cabe esperar que tengan un desarrollo equilibrado (FAO y AfrizaSeeds, 2019)
- **Deformadas o desequilibradas:** plántulas con un desarrollo débil o con alteraciones fisiológicas, o bien con sus estructuras esenciales deformadas o desproporcionadas (FAO y AfrizaSeeds, 2019)
- **Descompuestas:** plántulas con cualquiera de las estructuras esenciales tan enfermas o deterioradas a consecuencia de una infección primaria que el desarrollo normal no es posible (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

Semillas no germinadas

Semillas latentes, las semillas de muchas especies no suelen germinar al momento que son sometidas a condiciones consideradas óptimas para su germinación, apenas observen agua y presentan un estado de hinchazón, sano, y no se pudren (Velásquez et al., 2008)

8.9.2. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

La prueba de conductividad eléctrica de la solución de remojo es una forma rápida y práctica de determinar el vigor de la semilla se lo realiza fácilmente en laboratorios para análisis de semillas, sin muchos gastos en equipo y capacitación.

Es considerada una prueba de vigor que permite medir el nivel de integridad de las membranas celulares mediante la determinación de la cantidad de iones lixiviados liberado internamente de las semillas a la solución de remojo, cabe aludir que membranas mal estructuradas, desorganizadas y dañadas por insectos, mecánicamente o por acción de almacenamiento prolongado, se asocian con el proceso de deterioro de la semilla (Krzyzanowski et al., 1999).

Los iones lixiviados son inversamente proporcionales a la integridad de las membranas celulares. Las semillas se sumergen en un determinado volumen de agua, bajo temperatura controlada durante un periodo de tiempo determinado, como consecuencia de una menor estructura y selectividad de las membranas celulares, las semillas de menor potencial fisiológico liberan mayor concentración de iones lixiviados.(A. R. Salinas et al., 2001). La prueba de conductividad eléctrica sido propuesta como un ensayo para evaluar el vigor de las semillas, considerando que semillas con bajo vigor generalmente presentan menor velocidad de restaurar la integridad de las membranas celulares. Esta prueba presenta la ventaja de no ser afectada por la dormancia, rapidez en los resultados, no demanda equipos costosos y personal a altamente calificado y bajo costo, siendo capaz de identificar el deterioro de las semillas en su estado inicial (Silva et al., 2013).

8.9.3. PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

La prueba de envejecimiento acelerado, es una de las pruebas más sensibles, eficientes y utilizados para evaluar el vigor de semillas en varias especies que ayudan a determinar los efectos de las semillas a largo plazo de los niveles esperados de estrés en un plazo más corto y estimar la vida útil (Garcia Uriostegui, 2015). La prueba evalúa la calidad fisiológica entre lotes de semilla y predice la capacidad de almacenamiento de las semillas, además de evalúa porcentajes de emergencia en campo de las plántulas bajo condiciones ambientales desfavorables en camas de siembra (Moreno, 1996).

Según (Krzyzanowski et al., 1999) menciona que la prueba de envejecimiento acelerado puede utilizarse como una herramienta importante en la ayudar analizar

las diferentes etapas de producción y uso de semilla certificada, adjunta la labor de mejoramiento genético.

La prueba de envejecimiento acelerado es muy útil para el vigor de las semillas, esta prueba es muy capaz de proporcionar información de alto nivel de consistencia, esta prueba se avalora por medio de pruebas de germinación, después de haberlas sometidos a temperaturas altas de calor y humedad relativa durante un tiempo de exposición. Cuando las semillas se expone a estas condiciones causamos que la tasa de deterioro aumente considerablemente , así se indica que lotes de semilla de bajo vigor, hay mayor disminución de la viabilidad, después de ser sometida a estrés por envejecimiento (Tunes et al., 2011).

8.9.4. PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

La cosecha comprende la etapa de productividad donde el agricultor percibe la calidad y cantidad de la semilla debido a la mala calibración de cosechadores y a la época mala en recolección, “anualmente en producción de cosecha se pierde un 8% total, cuando se llega a la madurez fisiológica la semilla pierde humedad y 25 días después, las perdidas en el campo son 5% y la humedad estará próxima a un 18%, a los 40 días después de la madurez la humedad es reducida al 15% y las pérdidas de materia seca ascienden al 12%”(Figueredo, DeRissi., 1997 citado en López M et al., 1999). El contenido de humedad es notable en la viabilidad de la semilla debido a que la calidad fisiológica y acumulación de materia seca se analiza a semilla en el punto de madurez fisiológico. A partir de ese momento empieza el proceso irreversible de deterioro, esta se actúa al momento que la semillas son expuestas a fluctuaciones de humedad relativa, temperaturas, vientos, condensación de lluvias, dehiscencia, plagas y microorganismos (López M et al., 1999)

El conocimiento sobre el contenido de agua en las semillas es de gran importancia en la elección de procedimientos apropiados para la cosecha, secado, procesamiento y almacenamiento, con el objetivo de preservar los atributos físicos, fisiológicos y sanitarios de las semillas, el grado de humedad se determina mediante pruebas de

laboratorio, se somete a la aplicación de calor en condiciones controladas de laboratorio (Trujillo et al., 2022).

El contenido de humedad se expresa en porcentaje con base en peso húmedo de la semilla, un contenido de humedad correcto se pueden almacenar la semilla durante más tiempo y son relativamente resistentes a los daños causados por los insectos. Se debe considerarse que además del contenido de humedad de la semilla, la temperatura de almacenaje es un factor de-terminante, aspecto importante. Así, es factible almacenar estas semillas, lo cual facilitaría su manejo y la planificación del trabajo de campo. La pérdida de humedad de semillas almacenadas produce cambios macro moleculares que quizá afecta su viabilidad (Gonzales, 1992)

8.9.5. PRUEBA DE FRÍO

La prueba de frio se desarrolló inicialmente para evaluar el efecto del tratamiento de semillas con fungicidas (Woodstock,1976). Debido al diferente comportamiento de los diferentes lotes sometidos a la prueba, se comenzó a considerar como una prueba de vigor, esta prueba de frio fue considerada en los Estados Unidos para evaluar semilla de maíz, donde este cultivo se siembra a fines de la primavera, el suelo está húmedo y frío, y las semillas débiles no logran germinar y establecerse (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

El principio básico de la prueba de frio es someter a las semillas dos factores adversos bien definidos: un primer período de estrés de baja temperatura, posee como componentes básicos la siembra de la muestra de semillas a una temperatura de entre 8 y 10° C con una duración de 7 días, en un medio de crecimiento con alto contenido de humedad, expresado a través de una capacidad de retención de agua de entre 70% y 80%, esto depende a la especie de semilla que pertenezca en condiciones óptimas. Como período de germinación en condiciones óptimas de “25°C con una duración de entre 5 y 7 días, lo que pretende diferenciar la prueba son entre lotes débiles y vigorosos de semilla.(Craviotto & Arango Pearnau, 2009).

Por ende, la prueba de frío mide la capacidad que tiene la semilla para germinar en condiciones adversas, alta humedad del sustrato y, en el caso de utilización de suelo, cuyo origen es de un área donde se cultiva la especie, también a agentes patógenos. En estas condiciones la probabilidad de sobrevivencia de las semillas vigorosas es mayor, donde la combinación de bajas temperaturas y alta humedad relativa puede provocar la reducción de la velocidad de germinación, además de favorecer el desarrollo de microorganismos perjudiciales, donde se encontrarán con seguridad patógenos como *Phythium spp.* y *Gibberella zea* que son predominantes en esas condiciones y responsables del deterioro de las semillas (Craviotto & Arango Perearnau, 2009),(Krzyzanowski et al., 1999).

Varios laboratorios de semilla han desarrollado diferentes procedimientos en pruebas de frío, por ende, es apropiado para semilla de maíz es el uso del sustrato arena, por lo general la arena se mezcla con el suelo para mayor facilidad durante la conducción de la prueba, principalmente uniformar la distribución de la humedad (Krzyzanowski et al., 1999), para detallar se da a conocer las siguientes pruebas de frío señaladas por Peretti:

Prueba de frío con rollos de papel + suelo

Procedimiento aplicado en semillas de maíz, esta metodología consiste sembrar la semilla en rollos de papel y en suelo proveniente del cultivo que se está analizando(Peretti, 1999 citado por Chacon Rubio, 2018).

Prueba de frío con rollos de papel sin suelo

La influencia del factor suelo y su variación según las áreas agroecológicas son un obstáculo para la estandarización del método, al aplicar esta metodología en maíz se demostró la correlación con la emergencia a campo.(Peretti, 1999 citador por Chacon Rubio, 2018)

8.9.6. PRUEBA DE TETRAZOLIO

La prueba de tetrazolio, es considerada como una alternativa promisoriosa debido a su rapidez y eficiencia en determinar la viabilidad, vigor, deterioración por humedad, daños mecánicos, y daños por insectos de un lote de semilla (Velásquez

et al., 2008). Es rápida y permite obtener el resultado en 24 o 48 h. Esta prueba se basa en la actividad de las enzimas, especialmente la deshidrogenasa del ácido málico, que disminuye la sal del tetrazolio en los tejidos vivos de la semilla formando trifenílformazan (compuesto rojo), que indica la actividad respiratoria en la mitocondria y la viabilidad del embrión de la semilla, a diferencia en lo que sucede en los tejidos muertos no se presenta una coloración característica (Salazar & Botello Delgado, 2018)

Para que los resultados del test sean favorables, la absorción de tetrazolio debe ser suficiente; de modo que, las semillas previamente deben ser sumergidas en agua para activar el metabolismo enzimático antes de ser agregadas con la solución de tetrazolio; luego de esto gran parte de especies necesitarán técnicas de preparación como pinchar o quitarles el tegumento (Salazar & Botello Delgado, 2018)

Se trata de una prueba que a través de la observación de la coloración obtenida en las diferentes partes de la semilla permite determinar la presencia, la localización y la naturaleza de las alteraciones en los tejidos de la semilla, permitiendo frecuentemente identificar las causas de la pérdida de la viabilidad y del vigor.(Prieto Méndez et al., 2011)

La prueba bioquímica de tetrazolio también es útil para detectar el daño mecánico en las semillas producido por una exposición a fuerzas físicas durante la cosecha o el beneficio. Este tipo de daño puede tener consecuencias serias en el crecimiento del cultivo subsiguiente (Samaniego, 2000 citado por Díaz Cero, 2009)

Para evaluar la semilla sometida a la prueba bioquímica cloruro o bromuro de 2, 3,5- trifeníl tetrazolio se clasifica de la siguiente manera:

- **Elevado vigor:** teñido uniforme y parejo, tejido firme y brillante.
- **Vigor medio:** embrión completamente teñido o ejes embrionarios teñidos en las dicotiledóneas. Las extremidades pueden no teñirse, mientras que algunas partes pueden estar más o menos teñidas.
- **Bajo vigor:** grandes partes de las estructuras no esenciales sin teñir. Solo una raíz puede estar teñida (monocotiledóneas) o la punta extrema de una

radícula sin teñir (dicotiledóneas). El tejido aparece lechoso y demasiado teñido.

(FAO y AfrizaSeeds, 2019)

8.9.7. PRUEBA DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).

Un lote de semillas se considera vigoroso cuando tiene el potencial para emerger rápida y uniformemente, produciendo un alto número de plántulas normales en condiciones ambientales, aun cuando no sean las óptimas. Además, los lotes de simientes que conservan su capacidad de germinar en forma rápida y uniforme, aun cuando son almacenados en condiciones poco adecuadas, también son considerados vigorosos. (Gallo et al., 2017)

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, por ende, las pruebas de vigor deben ser barata, sencilla, cuantitativa, reproducible y correlacionada con la emergencia en campo de la semilla (McDonald, 1980 citado por Martínez Solís et al., 2010)

La prueba de velocidad de emergencia es propuesta por (Maguire, 1962), en donde se cuenta el número de días que emergieron para establecer un índice (se llevan a cabo conteos diarios del número de plántulas emergidas, considerando como primer día aquél en que se observó la primera plántula emergida), el cual permite obtener mejores estimadores de vigor de las plántulas para ser utilizadas en programas de mejoramiento genético (Martínez Solís et al., 2010).

Las pruebas de vigor se dividen en dos tipos: la primera son 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 la segunda como indirectas, que miden atributos fisiológicos de la semilla y son medidos en el laboratorio y relacionado con el establecimiento en campo (Copeland, 1976).

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

Ha: Al menos una colecta del germoplasma de semillas de maíz (*Zea mays*) presenta buenas características de calidad fisiológica aceptable a nivel de laboratorio.

Ho: Ninguna colecta del germoplasma de semillas de maíz (*Zea mays*) presenta buenas características de calidad fisiológica aceptable a nivel de laboratorio.

10. METODOLOGIA

10.1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

- **LOCALIZACIÓN**

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental Agropecuario Salache (CEASA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en la parroquia Salache Alto, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

- **UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

Latitud: 0°59'59" S

Longitud: 78°37'10" W

Altitud: 2728 msnm

10.2. FACTOR EN ESTUDIO

Se trabajó con 5 lotes de maíz de diferente ciclo, tipo y forma de grano aportado por el Banco de germoplasma de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi- Salache.

Tabla 4. Las colectas utilizadas para la investigación

Variedad	Año de colecta	Denominación
Chulpi UTC – 003	2020	T1
Chulpi UTC – 003	2015	T2
Maíz UTC- 044	2018	T3
Maíz UTC- 044	2019	T4
Maíz UTC- 044	2020	T5

Elaborado: Erika García

Para los fines del trabajo de las colectas mencionados se denominaron, lote como Tratamiento de T1 a T5 respectivamente. En cada Tratamiento se trabajará con 4 submuestras, denominadas repeticiones (R).

10.3. PRUEBAS DE CARACTERIZACIÓN DE LOTES DE MAÍZ

Las pruebas utilizadas fueron las siguientes:

- Prueba de germinación
- Prueba de conductividad
- Prueba de envejecimiento acelerado
- Prueba Determinación del contenido de humedad
- Prueba de frío
- Prueba de tetrazolio
- Prueba de IVE

10.3.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN

La prueba de germinación estándar es el procedimiento más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas. La prueba de germinación “estándar entre papel” se condujo este procedimiento en condiciones de laboratorio, controladas de humedad, temperatura y luz siguiendo la metodología propuesta por las Reglas ISTA (2016). (FAO y AfrizaSeeds, 2019 citado en Calapiña, 2022)

Materiales

- Papel toalla
- Agua destilada
- bolsas de polietileno
- muestra de semilla

Equipos

- Cámara de germinación



Anexo 3. Cámara de germinación

Procedimiento

Tomar una muestra al azar de 200 semillas puras bien mezcladas. Es importante no seleccionar las semillas, ya que esto podría sesgar los resultados. Lo siguiente utilizar cuatro repeticiones de 50 semillas, luego colocar las semillas en cada repetición en el papel toalla (las semillas sembrar con los embriones orientados con la radícula hacia abajo) humedecido a condición de saturación, se usó el método entre papeles con el armado de rollos.

Los cinco rollos de cada lote se colocaron en las bolsas de polietileno y se las sello para evitar pérdidas de humedad, posteriormente fueron llevadas a la cámara de germinación a 25 °C durante 7 días, durante este periodo mantener húmeda a la semilla.

Hacer dos recuentos de plántulas. Programar el primero y el último recuento de conformidad con las normas ISTA: las normas para maíz, al cuarto día se realiza el primer conteo y el último conteo al séptimo día.

El porcentaje de germinación se calcula de la siguiente manera:

Germinación (%) = Número de semillas germinadas /Número de semillas puestas a germinar × 100

10.3.2. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)

La misma mide la conductividad eléctrica generada por la liberación de solutos (iones) desde el interior de las semillas sumergidos en un medio de imbibición. (Arango, 2018). El principio de la prueba de CE es que las semillas menos vigorosas o más deterioradas tienen una tasa más baja de reparación de la membrana celular durante la absorción de agua por la semilla para la germinación y, por lo tanto, liberan mayores cantidades de solutos al ambiente externo (FAO y AfrizaSeeds, 2019)

Materiales

- agua desionizada
- vasos plásticos
- muestra de semillas

Equipos

- Medidor de conductividad



Anexo 4. Prueba de conductividad para maíz

Procedimiento

Para la realización de la prueba se utilizar 4 repeticiones de 50 semillas, se llenaron cuatro contenedores del mismo tamaño por lote con 0,75 ml de agua desionizada, incorporar las semillas para el remojo en cada contenedor durante 24 h

Utilizar contenedores con agua desionizada solamente, como control para cada prueba, al final del período de remojo, remover las semillas y medir la conductividad eléctrica

Medir la conductividad de los contenedores de control y restar el valor medio de las lecturas de las muestras de semillas. Entre las lecturas, enjuagar la celda de inmersión en agua desionizada

La conductividad se expresa en $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ y se calcula como sigue:

Conductividad = Lectura de conductividad - Valor promedio de conductividad del control/ Peso de la repetición (g)

10.3.3. PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (EC)

La prueba de envejecimiento acelerado se creó inicialmente para determinar el potencial de almacenamiento de lotes de semilla y para medir el vigor. Evalúa el grado de tolerancia a la alta humedad relativa, y temperaturas (41°C) en cámaras especiales que conserven condiciones adecuadas, considerando que los lotes de mayor vigor tienen mayor porcentaje de germinación.(Chacón Rubio, 2018)

Materiales

- agua destilada
- tarinas plásticas de medio litro
- muestra de semillas
- mallas de alambre

Equipos

- Cámara de envejecimiento acelerado



Anexo 5. Prueba de envejecimiento

Procedimiento

Utilizar mallas de alambre en dos cajas de plástico o tarina por lote, en cada repetición se puso 50 semillas por lote se utilizó 100 semillas (se puso menos cantidad por falta de semilla).

Colocar las semillas sobre la malla de alambre en cada una de las cajas de plástico de envejecimiento acelerado con 0,75 ml de agua destilada. Tener cuidado de no salpicar agua en la malla.

Cerrar los recipientes y ponerlos en la cámara de envejecimiento a 41 °C durante 72 horas. Es importante que la temperatura sea estable para asegurar la validez de los resultados de varias pruebas repetidas.



Anexo 6. Recipientes con agua y semillas en la malla de alambre

Después del periodo en la cámara de envejecimiento quitar las semillas de los contenedores y realizar una prueba de germinación estándar con cuatro repeticiones de 25 semillas cada una, (se realizó el mismo procedimiento de prueba de germinación)

10.3.4. PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (CH)

El contenido de humedad de una muestra procede de la pérdida de peso cuando la semilla se seca, de conformidad con los métodos de la ISTA. Se expresa como un porcentaje del peso de la muestra original, esta prueba determina si las semillas cumplen con el contenido máximo de humedad especificado en los reglamentos de semillas (Brasil, 2009)

Materiales

- Contenedores de aluminio

Equipos

- báscula analítica
- horno eléctrico



Anexo 7. Secado de semilla en horno

Procedimiento

Se utilizó una estufa de secado que se encendió unas horas antes de la ejecución del ensayo para la fluctuación de la temperatura.

Se utilizaron cuatro repeticiones para cada lote. Se pesaron en la báscula analítica 50 semillas para cada repetición, pesar el recipiente y su tapa antes y después del



llenado (todos estos datos fueron anotados en un libro de campo), luego se introdujeron en el horno 120 °C durante 24 horas.

Después del lapso prescrito sacar los recipientes del horno, dejar enfriar a temperatura ambiente, una vez enfriado, pesar el contenedor con su tapa y contenido.

Anexo 8. Peso de la semilla con el contenedor

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$MC (\%) = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

En que:

- M1 = peso (g) del contenedor y tapa
- M2 = peso (g) del contenedor, la tapa y el contenido antes del secado
- M3 = peso (g) del contenedor, la tapa y el contenido después del secado

10.3.5. PRUEBA DE FRÍO

Este análisis pretende diferenciar entre lotes débiles y vigorosos de semillas, sometiéndolos a una combinación de baja temperatura, alto contenido de agua del sustrato y, de ser posible, a la presencia de patógenos. (Krzyzanowski et al., 1999)

La prueba de frío somete las semillas a la influencia de dos factores de estrés:

1. Baja temperatura.
2. Presencia de patógenos.

Materiales

- Bandejas de aluminio
- Tierra
- Arena
- Malla de alambre
- Papel aluminio

Equipos

- Congelador o refrigerador a 10°C
- Invernadero



Anexo 9. Enfriamiento de las muestras de semilla de maíz

Procedimiento

Para el sustrato se utiliza una de una (una de tierra y una de arena) para lo cual los dos sustratos se lo deben cernir con la malla para tener un sustrato fino, se midió la bandeja el largo y el ancho para sacar cuanto de arena se agrega en cada bandeja

Incorporada el 80 % la primera capa de sustrato en cada repetición poner 50 semillas, cubrir la semilla con el 20% restante del sustrato compactando el suelo, añadir agua destilada hasta que la tierra alcance aproximadamente el 70% de su capacidad de retención de agua.

Cubrir las bandejas con papel aluminio, colocar en el refrigerador y mantener a 10°C durante 7días, después de este periodo retirar las bandejas y poner al germinador a 25° C *“Por falta de espacio este proceso se realiza bajo invernadero”*

Calcular el porcentaje de germinación contando el número de plántulas normales (como en la prueba de germinación). A mayor porcentaje de germinación, mayor será el vigor.

10.3.6. PRUEBA DE TETRAZOLIO (PT)

Se basa en una reacción química de coloración que pone de manifiesto la actividad respiratoria de las mitocondrias indicando la viabilidad de las células y los tejidos. (Arango, 2018).

Materiales

- Lupa
- solución de tetrazolio
- vasos
- bisturí

Equipos

- Macroscópico
- Estufa



Anexo 10. Análisis de tetrazolio

Procedimiento

Para la ejecución de la prueba se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas cada una, las semillas de maíz se sometieron a un acondicionamiento previo, sumergiéndolos en agua corriente durante toda la noche (16 a 18 horas) a condiciones ambiente para hidratación de los tejidos.

Sobre cada semilla se realizó un corte longitudinal completo por la parte media del embrión (con la ayuda de hidratación el corte fue sencillo) este corte se realizó con mucho cuidado con un bisturí.

Luego de determinar de cortar cada semilla por la mitad y colocar una parte de la mitad de la semilla en cada repetición, se empleó una solución acuosa de la sal de Tetrazolio (Cloruro de 2, 3,5 Trifenil Tetrazolio) a una concentración del 1 %

Para la tinción, las semillas cortadas se sumergieron totalmente en la solución de TZ en recipientes y se incubaron a 30 °C por 2 horas en el horno.

Luego del período de incubación, se retiraron los recipientes y se eliminó la solución de TZ, evitar la exposición a la luz directa, ya que podría provocar una reducción de las sales de tetrazolio. Consultar en las normas ISTA las temperaturas óptimas y los tiempos de teñido.

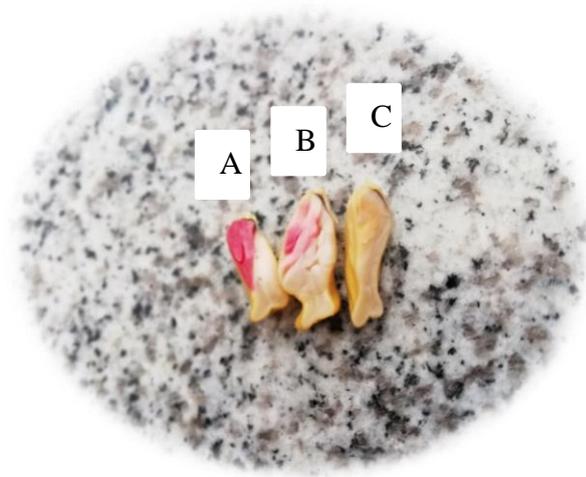
Lavar las semillas varias veces con agua destilada, examinar las semillas bajo la lupa.

Las semillas se clasifican como sigue:

- Vivas: embrión rojo o morado definido el tenido de color rojo
- Vivas: embrión rojo pálido no se define el teñido
- Muertas: embrión sin color. Cuando el embrión no se tiñe de rojo, pero se tiñen otras partes, las semillas de todas formas se clasifican como muertas.



Anexo 11. Corte longitudinal de la semilla



Anexo 12. A) Semilla vigorosa

B) Semilla viable no vigorosa

C) Semillas no viables

El porcentaje de semillas viables se calcula como sigue:

Semillas viables (%) = $\frac{\text{Número de semillas viables}}{\text{Número de semillas puestas en test de viabilidad}} \times 100$

10.3.7. PRUEBA DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).

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 (Arango Perearnau, 2018).

Materiales

- Estacas
- Piola
- Metro
- regaderas
- libro de campo



Anexo 13. Siembra de semillas en el campo

Procedimiento

Para establecer la prueba de campo, se seleccionó un sitio adecuado donde se elaboró camas con una dimensión de 350 cm de ancho 70 cm de largo, se trazó piola de 60x60 cm por cada parcelita (5 parcelas totales) con bordes de 5 cm, con la finalidad de dividir en cuatro partes (4 repeticiones por tratamiento) las dimensiones por repetición fueron de 30x30.

Se sembraron una semilla a dos centímetros de profundidad y distancia de 5cm, entre surcos y plantas (esto representa 25 semillas por repetición un total de 100 semillas por tratamiento), se aplicaron riegos homogéneos durante quince días de prueba

Para registrar datos se tomó en cuenta la primera semilla emergida durante 15 días consecutivos de la siembra

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis correspondiente de cada prueba fisiológica de semillas en las cinco colectas de maíz (*Zea mays*), para los datos que presentaron un valor de cero se utilizó la (Ecuación de Poisson) ($\sqrt{x+1}$) mencionada por (Banzatto & Kronka, 2012). Dando como resultado una variación al momento de expresar los resultados, siendo estos disminuidos a una base de diez veces a su valor original.

Prueba Física

11.1. PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

La prueba de humedad se realizó en laboratorios de la UTC, se utilizaron contenedores de aluminio, se pesaron en una balanza analítica los contenedor más las semilla antes y después del secado. Los contenedores con semillas de maíz fueron expuestos en una estufa con temperatura de 105⁰C durante 24 horas (Calapiña, 2022).

Se obtuvo el porcentaje humedad de las colectas en estudio, procediendo al análisis de varianza con los siguientes resultados:

Tabla 5. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de humedad de la semilla (%H).

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	4	4.5	11.2	0.544	0.706
RESIDUO	15	309	20.6		
TOTAL	19	354			
CV=28.8%					

Elaborado por: García, 2022

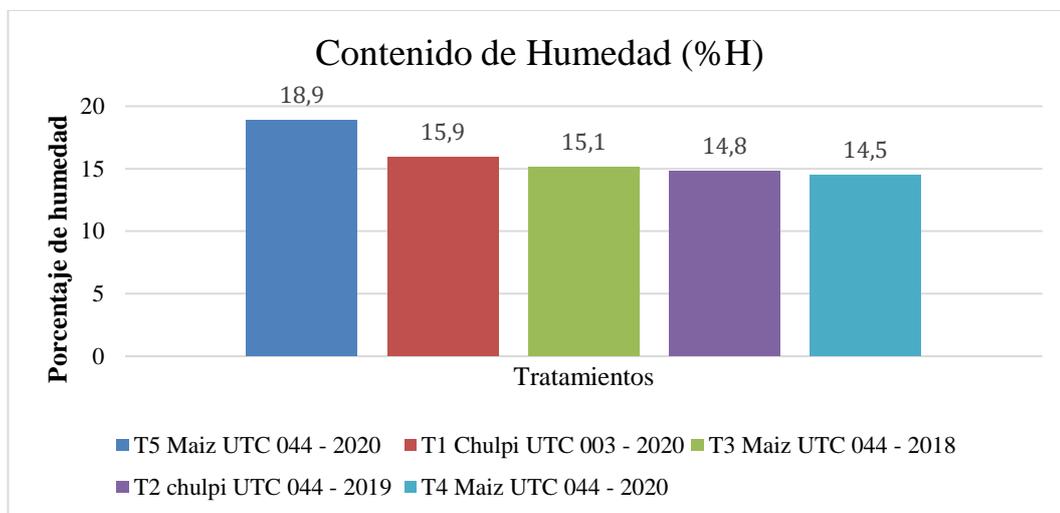
Se demuestra que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos estudiados

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

Tratamientos	Medias (%H)	Rangos
T5	18.9	A
T1	15.9	A
T3	15.1	A
T2	14.8	A
T4	14.5	A

La prueba de comparación de medias (%H) señala que no hay diferencias significativas después del acondicionamiento o resecamiento de las semillas, Señala los rangos valorados en A

(López et al., 2016) Con base en el método de la estufa, considera que las semillas tienen porcentajes de humedad por debajo de la humedad óptima entre los 13 a 15% en cereales. Puesto que en la región de Acambay, el maíz almacenado generalmente cumple un doble propósito, al ser empleado como grano y semilla, esto implica que la semilla almacenada con los métodos tradicionales no sería apta para siembra, es una de las últimas consecuencias; porque previamente suceden cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos como la degradación de membranas, disminución de la respiración, baja de la tasa de germinación, crecimiento y desarrollo, heterogeneidad, menor resistencia de las plántulas y por último menor germinación. Lo que indica que las medias de contenido de humedad de todos los tratamientos trabajados se encuentran sobre los valores óptimos en cereales.

Figura 1. **Porcentaje de Humedad de semilla (%H)**

Pruebas fisiológicas

11.2. PRUEBA DE GERMINACION ESTANDER

Este análisis se lo realizó en dos etapas, en el caso de maíz se realizó el primer conteo de germinación a los 4 días y el conteo final a los 7 días posteriores a la instalación del ensayo (Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022)

11.2.1. Primer Conteo de Germinación (PCG)

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

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	48,9	12,24	34,6	2.,09e-07
Residuo	15	5,3	0,35		
Total	19	54,3			
CV=27.5%					

En el análisis de varianza para las variables en estudio, en el primer conteo de germinación, existe un tratamiento que se diferencia y el coeficiente de variación demuestra la confiabilidad del experimento.

11.2.2. Cuento final de Germinación (CFG)

Tabla 8. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Último conteo de germinación (CFG), utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	66,8	16,71	66,4	2,33e-09
Residuo	15	3,8	0,25		
Total	19	70,6			
CV=19,7%					

En la tabla 7, 8, se muestra el análisis de varianza para las variables en estudio, en el primer conteo PCG y conteo final CFG de germinación, los tratamientos muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, presentando un coeficiente de variación que ofrece confiabilidad en el experimento de 19.7%.

Tabla 9. Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG al 5% de significancia

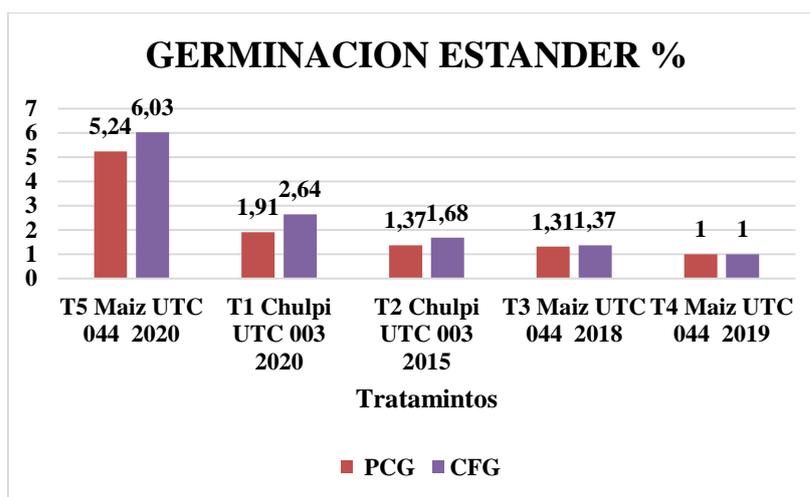
Tratamientos	Medias (PCG)	Medias 100%	Rangos	Medias (CFG)	Medias 100%	Rangos
T5	5,24	50,24	A	6,03	60,03	A
T1	1,91	3	B	2,64	5	B
T2	1,37	2	B	1,68	3	BC
T3	1,31	2	B	1,37	2	C
T4	1	0	B	1	0	C

Los datos que se tomaron al cuarto día, mostraron que para el primer conteo de germinación (PCG), el tratamiento que mejor se comportó fue el T5 (Maíz UTC 044) del año 2020 con el 50,24% de emergencia, mientras que los tratamientos T3 y T4 obtuvieron un 1.31% y 1% respectivamente. El chulpi UTC 003 tratamiento T1 colecta del año 2020, mostró bajos niveles de germinación que bordeó una media de 1.91, entre tanto, el tratamiento T2 del año 2018, tuvo también una baja germinación con una media de 1,37%.

Para la variable CFG registrada al séptimo día, se observa que el tratamiento T5 (maíz UTC) presenta valores considerables por su viabilidad en la germinación con 60,03% en relación a los tratamientos T3, T4 tuvieron 0% y 2% siendo críticos en viabilidad, y por último los tratamientos T1 y T2 también fueron limitados con 5% y 3% respectivamente.

Salinas et al., (2001) menciona en su estudio prueba de vigor y calidad fisiológica en soja. La relación a las cultivares estudiadas en 1998, Asgrow 6001 mostró la mejor germinación y Don Mario 4700 RR, Don Mario 57 y Asgrow 5409 tuvieron el peor desempeño por ende se puede decir que mediante la prueba de germinación ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas, cuando este es de baja calidad.

Figura 2. Germinación Estándar PCG y CFG %



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

Esta variable fue estudiada en un espacio de terreno formando camas, con el propósito de analizar el desempeño de plántulas en condiciones de campo.

Tabla 10. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE)

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	10.68	2.67	197.32	8.96e-13**
Residuo	15	0.20	0.01		
Total	19	10.88			
CV=8,53%					

Los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 8,53% que ofrece confiabilidad en el experimento.

Tabla 11. Prueba de Tukey para la variable índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia, utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

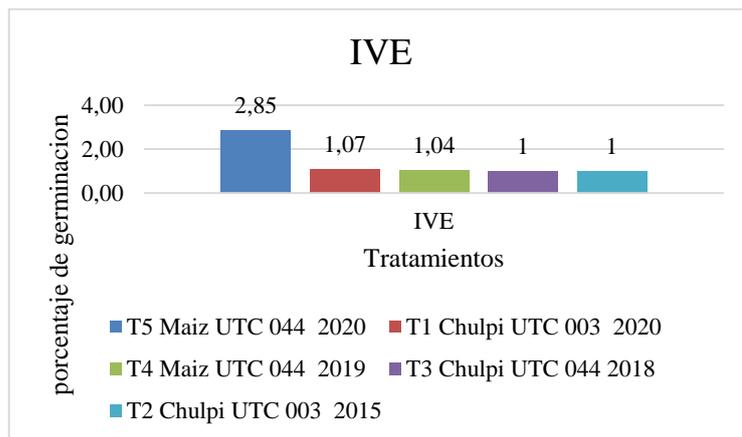
Tratamientos	Media IVE $(\sqrt{x+1})$.	Rangos
T5	2.85	A
T1	1.07	B
T4	1.04	B
T3	1	B
T2	1	B

El mejor tratamiento fue el T5 maíz utc 004 colecta 2020 que mostró una media de (2.85%) ubicándose en el rango A, el T4 colecta 2019 y T3 colecta 2018 presentan una emergencia casi nula en campo con un valor del 1%, para el maíz chulpi utc 003, el tratamiento T1 colecta 2020 y T2 colecta 2015 presentan de igual forma una emergencia nula de 1,07% y 1% respectivamente.

(Solís et al., 2010) menciona que, en su trabajo el índice de velocidad de emergencia en campo, trabajado con 10 líneas de maíz con cuatro repeticiones de 25, 50, 75 y

100 semillas, concluyó en que para seleccionar líneas de maíz con alto vigor, se proponen índices de velocidad de emergencia superiores a 3.1, 6.8, 10.3 y 13.7; además, el coeficiente de variación es menor al 10%. Lo cual quiere decir que 2.85 del T5 es el más aproximado a los valores de alto vigor en la prueba de envejecimiento acelerado en la presente investigación.

Figura 3. **Índice de Velocidad de Emergencia IVE**



Pruebas Bioquímicas

11.4. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE μ S)

El objetivo de la prueba conductividad eléctrica, es el determinar el nivel de daño de las membranas que tienen las semillas.

Tabla 12. **Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S).**

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	701.89	175.473	27.597	2.20E-04
Residuo	15	95.38	6.385		
Total	19	797.27			
CV=6,54%					

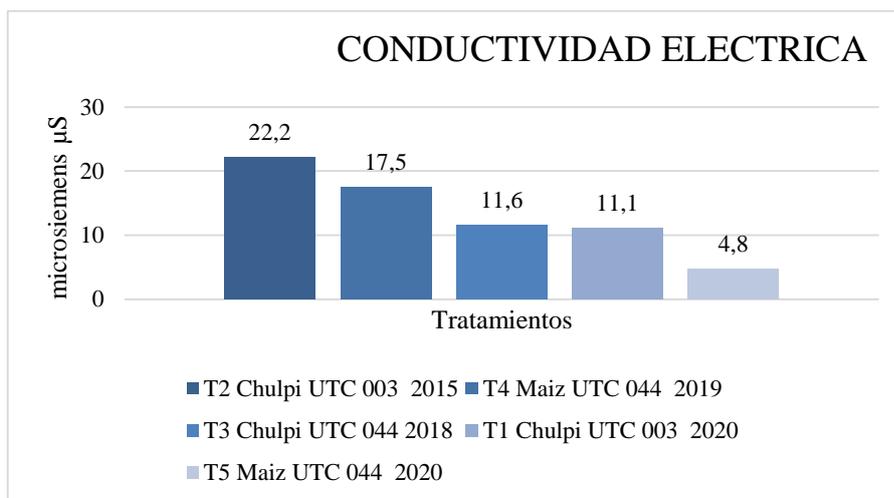
Los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 9,5% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

Tabla 13. Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica (CE μ S) al 5% de significancia

Tratamientos	(CE μ S)	Rangos
T4	22.2	A
T2	17.5	A
T3	11.6	B
T1	11.1	B
T5	4.8	C

Se observó que los tratamientos maíz UTC 044 T5, obtuvo los valores de conductividad eléctrica más bajos (4.8), siendo este tratamiento el de mayor vigor, le sigue maíz UTC T3, T4 (11.6, 22.2), alcanzando la mayor cantidad de iones lixiviados, considerado como de bajo vigor. Para chulpi utc 003 T1 tiene un nivel medio de iones lixiviados siendo un rango poco eficiente para vigor, al contrario de T2 que alcanzan un promedio de 17.5 de conductividad eléctrica alta.

(Soto Gonzales & Valeri, 2011), menciona en su estudio de Conductividad eléctrica (μ S cm⁻¹ g⁻¹ de semilla) que de cuatro lotes de semillas de *Zeyheria tuberculosa* embebidas en 75, 100 y 125 ml de agua desionizada, por diferentes períodos de tiempo: 2, 4, 6, 8, 12, 48 y 72 horas, a 25 °C de temperatura, el lote II obtuvo los valores de conductividad eléctrica más bajos en todos los períodos de imbibición. Le siguen el lote III y el lote I. El lote IV alcanzó la mayor cantidad de iones lixiviados, considerado como de bajo vigor. Los resultados indican que el lote II presentó alto vigor, pues para todos los períodos de imbibición éste se destacó con bajos valores de conductividad eléctrica. Por ende, las colectas T5 de maíz que presentaron porcentajes buenos de germinación previas a la investigación presentaron bajos valores de conductividad.

Figura 4. Conductividad Eléctrica (CE μS)

11.5. PRUEBA DE TETRAZOLIO (TZ)

La prueba de Tetrazolio se desarrolló en los laboratorios de la UTC con base a la metodología de (Krzyzanowski et al., 1999), consiste someter a las semillas a una solución de sal de tetrazolio (2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio), que se difunde a través de los tejidos embrionarios, formando un compuesto rojo, que indica que existe actividad respiratoria, los tejidos muertos no se tiñen.

Para la interpretación de datos en la prueba en maíz se analizaron tres categorías donde C1 precisa de tejidos vivos, C2 débiles pero vivos, C3 muertos sin teñir esta categoría no será analizada (Chicaiza Gómez & Quevedo Andino, 2022)

11.5.1. . Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor)

**Tabla 14. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio
Categoría 1 (C1) Vigor**

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	191.401	47.85	93.551	2.0358e-10
Residuo	15	7.672	0.511		
Total	19	199.073			
CV=20.96%					

Se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación de 20,96% demuestra la confiabilidad del experimento.

11.5.2. Tetrazolio Categoría 2 – C2 (Viabilidad)

Tabla 15. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 2 (C2) Vigor

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	166619	4154.8	32.392	3.2201e-07
Residuo	15	1924	128.3		
Total	19	18543			
CV=27.09%					

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

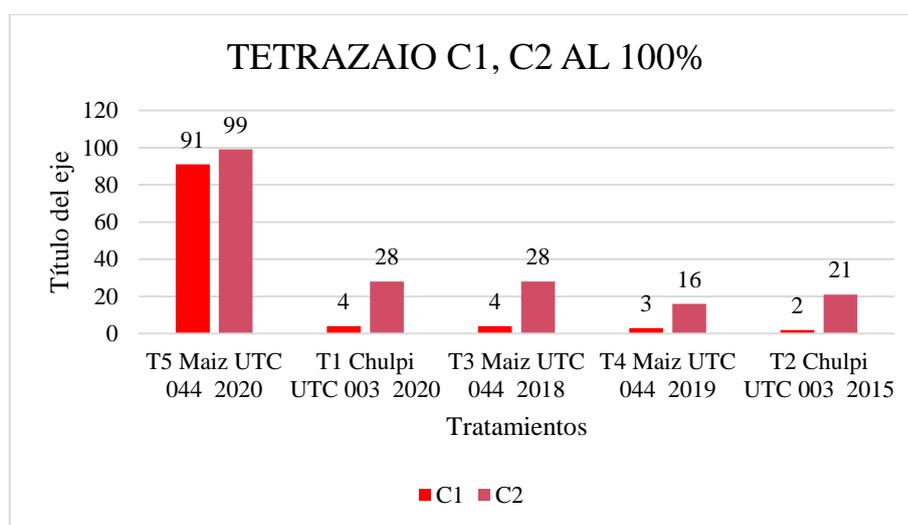
Tabla 16. Prueba de Tukey para la variable Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia

Tratamientos	Categoría 1	Promedios 100%	Rangos	Categoría 2	Rangos
T5	9.50	91	A	99	A
T1	2.11	4	B	28	B
T3	1.92	3	B	28	B
T4	1.80	3	B	16	B
T2	1.60	2	B	21	B

La prueba de tetrazolio se analizó en tres niveles, categoría 1 semillas que presenten buenas condiciones del embrión, la categoría 2 para las semillas en condiciones intermedias del estado del embrión, mientras que la categoría 3 corresponde a semillas no viables. se observa que el maíz utc 044 T5 tiene 99 % de vigor, y viabilidad seguidamente de los tratamientos T1, T3, T4, T2 que presentan bajos niveles de vigor y de igual manera para viabilidad.

(Gallo et al., 2016) en su estudio menciona, el Vigor-TZ (%) expresa el nivel de vigor entre las semillas vigorosas, semillas no vigorosas y semillas no viables son excluidas. Sin embargo, la separación de los lotes de simientes con similar Vigor-TZ (%) puede ser realizada al uso interno para la determinación de la proporción de semillas dentro de cada categoría (A, B, C). Donde nuestro tratamiento T5 demuestra semillas vigorosas, y los tratamientos T1, T3, T4, T2 presentan semillas no vigorosas y viables dando como un resultado alto en semillas muertas.

Figura 5. Prueba de Tetrazolio Categoría1, Categoría2, al 100%



Pruebas de Estrés

11.6. PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Las semillas fueron sometidas a una temperatura de 45 °C por un periodo de 72 horas, posteriormente las semillas se sometieron a una prueba de germinación estándar y los conteos respectivos se los realizan de igual forma al cuarto día Fpara (EAPCG) y al séptimo día para (EACFG).

11.6.1. Primer Cuento de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado

(FAO y AfrizaSeeds, 2019) menciona que una vez la prueba es sometida a germinación estándar el primer conteo para semilla de maíz se realiza al cuarto día.

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

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	71,9	17,97	1107	2.46E-18
Residuo	15	0,2	0,02		
Total	19	72,1			
CV=6,54%					

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

11.6.2. Cuento Final de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado

FAO y AfrizaSeeds, (2019) menciona que una vez la prueba es sometida a germinación estándar el conteo final para semilla de maíz se realiza al séptimo día.

Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento conteo final de germinación utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	387	96,6	52	1.29E-08
Residuo	15	28	1,9		
Total	19	414			
CV=29,8%					

En la tabla 17,18 son analizadas dos variables, envejecimiento acelerado EAPC y EACF de germinación, 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%.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para las variables EAPCG y EACFG al 5% de significancia. Utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

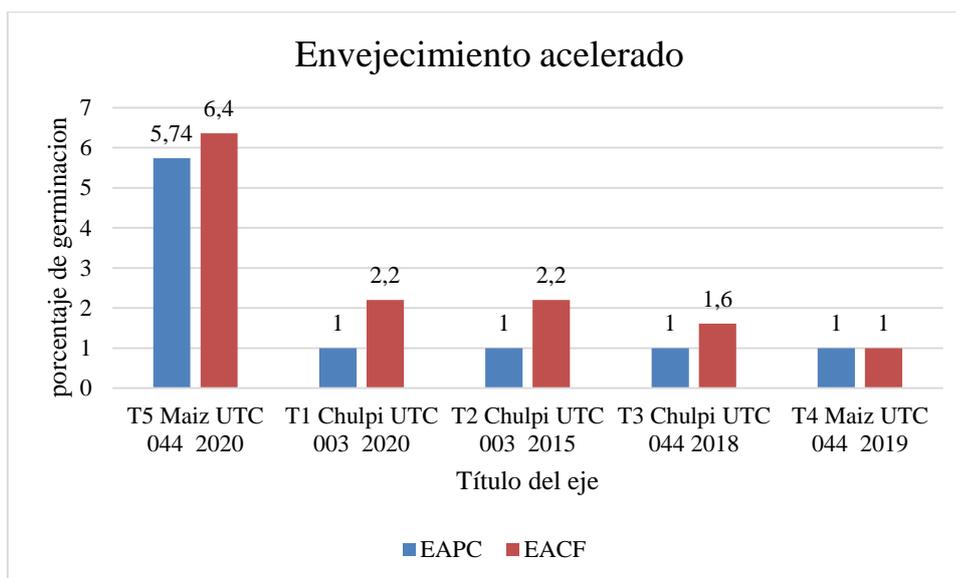
Tratamiento	Media EAPC	Medias 100%	Rangos	Media EACF	Medias 100%	Rangos
T5	5.74	32	A	6.4	40.0	A
T1	1	0	B	2.2	4	B
T3	1	0	B	2.2	4	B
T2	1	0	B	1.6	1.6	BC
T4	1	0	B	1	0	C

Para la variable envejecimiento acelerado primer conteo EAPC, el mejor tratamiento fue el T5 maíz UTC 004 colecta 2020 con el 32%, y una media EAPC de 5.74% ubicada en el rango A, Los tratamientos T4 colecta 2019 y T3 colecta 2018 poseen unas medias de 1, mostrando una baja emergencia, para la variedades de maíz chulpi utc 003, T1 colecta 2020 y T2 colecta 2015 se observa con una media de (1.07%, %) considerándose también baja.

González Rodríguez et al., (2018). Mencionan que al momento de evaluar fisiológicamente una prueba de envejecimiento acelerado sobre la calidad de semillas de maíz para producir germinados para forraje alternativo utilizando tres variedades de maíz (País tuxpeño, X'nuuknal y Sinaloa) obtuvo resultados, donde País Tuxpeño presentó el mayor porcentaje de germinación 95% y el Sinaloa con el más bajo 53% con respecto a los tiempos de 24 y 48 h de envejecimiento, resultados diferentes a los obtenidos en la presente investigación, Esto hace referencia a (Aristizábal y Álvarez, 2006) señalan que las semillas con germinación superior a 80% después del envejecimiento acelerado podrían ser clasificados como de alto vigor, va contra al resultados obtenido que es Entre 60-80% como vigor medio no cumple el porcentaje adecuado para T5 (maíz 2020 utc) con una media (40%) de expresión real, Ya que se encuentra menores de 60% como de bajo vigor,

lo que concuerda con nuestros resultados para los tratamientos T1, T2, T3, T4 con una media de (0%) de expresión real, con una germinación nula

Figura 6. de **Envejecimiento Acelerado primer conteo (EAPCG) y segundo conteo (EACFG)**



11.7. PRUEBA DE FRIO

Las semillas fueron sometidas a una temperatura de 10 °C en un refrigerador por un periodo de 7 días, después de este periodo fueron sacadas a una temperatura ambiente durante 7 días. El conteo de germinación fue realizada al séptimo día expuesta a la intemperie.

Tabla 20. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día utilizando la $(\sqrt{x+1})$.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamiento	4	145,7	36,4	73,9	1,09e-09**
Residuo	15	7,4	0,5		
Total	19	153,0			
CV=25,7%					

En la tabla 20, se observa que al menos un tratamiento es diferente y el coeficiente de variación DE 25,7% que demuestra la confiabilidad del experimento.

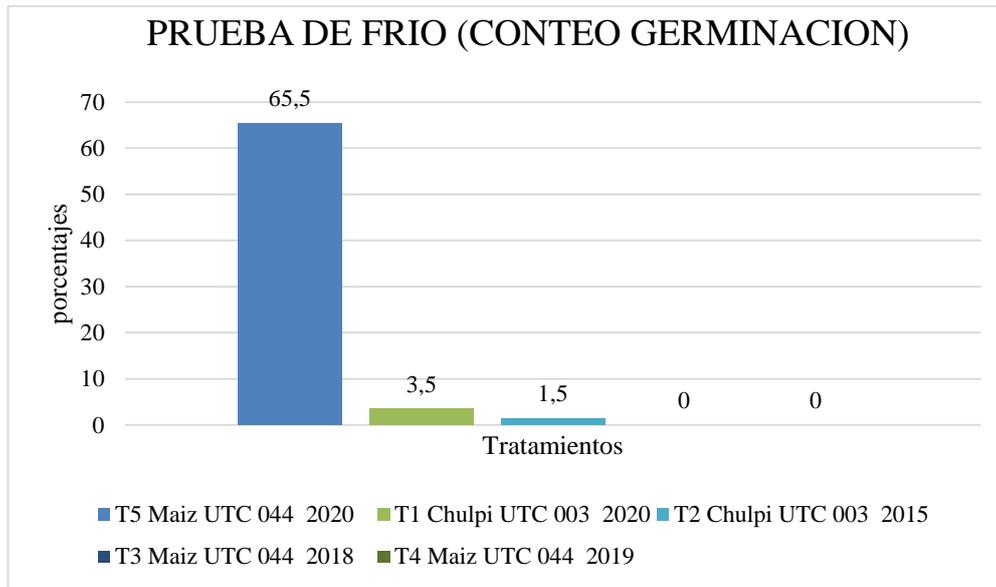
Tabla 21. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, séptimo día de germinación, utilizando la ($\sqrt{x+1}$).

Tratamientos	Medias (Frio)	Medias 100%	Rangos
T5	8.07	65.5	A
T1	2.09	3.5	B
T2	1,49	1.5	B
T3	1	0	B
T4	1	0	B

Para la variable prueba de frio registrada al septimo día, el tratamiento de maíz utc 004 que mejor germinó fue el de la colecta 2020 con una media de 65,5% de germinación, seguida de los tratamientos T3, T4 de colectas inferiores 2018, 2019 que presentaron rangos inferiores de germinación de 0%. Para los tratamientos maíz chulpi 003 el tratamiento T1 presentó un porcentaje de germinación 3,5 % y T2 1,5% de germinación considerándose de igual forma como de bajo porcentaje de germinación

Craviotto & Arango Perearnau, (2009) menciona que la prueba de frio se define en 2: un primer período de estrés de baja temperatura y un segundo período de germinación en condiciones óptimas. El período de estrés posee como componentes básicos la siembra de la muestra de semillas a una temperatura de entre 8 y 10° C en un medio de crecimiento con alto contenido de humedad, expresado a través de una capacidad de retención de agua de entre 70% y 80%. En cuanto a los resultados de lotes, cuyos valores se acercan a los de la prueba de germinación estándar, son los que tienen mayores posibilidades de germinar en diferentes condiciones de humedad y temperatura, lo cual el tratamiento T5 es óptimo para adaptarse a periodos de estrés a bajas y altas temperaturas teniendo el mejor rendimiento en germinación en campo.

Figura 7. Prueba de frio septimo día de germinación



11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1 CONCLUSIONES

- Se concluyo que, con el uso de las pruebas de caracterización, fue posible detectar de manera eficiente los niveles de calidad de las colectas de semillas de maíz estudiadas de Granos Andinos.
- De las colectas evaluadas se pudo evidenciar que el tratamiento T5 (UTC 044-2020), fue el que mejor resultados presentaron para las pruebas fisiológicas: para la variable germinación estándar conteo final presento un promedio de 60%, en índice de velocidad de emergencia indica un promedio 8,85, para envejecimiento acelerado el conteo final arrojó una media de 40% y para el indicador prueba de frío registró una media de 65.5%. Así mismo, para la prueba de conductividad eléctrica el T5 desprendió menor cantidad de iones lixiviados con un dato de 4,8. Y para la prueba de tetrazolio el nivel de vigor y viabilidad presentó una media de 99%. Y, por último, para las pruebas físicas el contenido de humedad fue de 18,9%, sin tener diferencias estadísticas significativas en relación a las otras líneas evaluadas.
- Al momento de evaluar la influencia del tiempo en la calidad de las semillas en estudio, podemos identificar que en el caso del maíz el tratamiento T3 (UTC 004-2018) presenta un porcentaje de germinación del 2%, mientras que el tratamiento T5 (UTC 044-2020) muestra un 60%, lo que indica que en dos años de almacenamiento hubo una pérdida del 58% de poder germinativo, esta comparación no se la puede realizar con el T4 debido a que presento problemas fitosanitarios, por lo que el valor germinación fue de 0%. En el caso del chulpi, los valores de germinación fueron bastante bajos 5% T1 (UTC 003- 2020) y 3% T2 (UTC 003-2015). sin embargo, existió una diferencia del 2%.

11.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar pruebas de caracterización para todas las semillas que posee el banco de germoplasma UTC.
- Se recomienda mejorar el manejo de semillas tratando continuamente de actualizar las colecciones.
- En el caso del maíz se recomienda un almacenamiento en condiciones ambiental de un máximo de un año.

12. BIBLIOGRAFIA

- Arango Perearnau, M. R. (2018). *Caracterización de la calidad de lotes de maíz (Zea mays L.) para su uso como simiente a través de ensayos fisiológicos y bioquímicos* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO]. https://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/13941/Tesis_Maíz_Arango_2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Baca, L. A. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Bonilla Bird, N. (2014). Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura, y equipamiento. *Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria*, 132.
- Brasil. (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. In *Brasília: Mapa/AC*.
- Chacón Rubio, M. J. (2018). “PRUEBAS DE VIGOR EN SEMILLAS DE MAÍZ (Zea mays L.)” [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3468/chacon-rubio-milagros-judith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chicaiza Gómez, D. A., & Quevedo Andino, H. B. (2022). *Universidad Técnica de Cotopaxi UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI*.
- Courtis, A. C. (2013). Catedra de Fisiología Vegeal Germinacion de Semilla. *Fisiología Vegetal, 1*, 1–22.
- Craviotto, R. . . , & Arango Perearnau, M. . . (2009). Evaluando calidad en simiente de maíz: la prueba de frío. *Inta Eea Oliveros, 41*, 107–109. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-calidad-maiz-prueba-de-fro.pdf>
- Díaz Cero, R. (2009). “PRUEBAS DE VIABILIDAD Y VIGOR EN SEMILLAS DE MAÍZ (Zea mays L.) Y SU CORRELACION CON LA EMERGENCIA EN CAMPO” [UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA]. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/94/AGR-537.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Doria, J. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 31(31), 74–85.
- FAO y AfrizaSeeds. (2019). Materiales para capacitación en semillas. In *Organizacion Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura y AfricaSeeds*.
- Farrás, T. (n.d.). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. *Asesora Técnica Sector Físico-Fisiológico Laboratorio de Calidad de Semillas Instituto Nacional de Semillas*, 64–65.
- Gallo, C., Arango, M., & Craviotto, R. (2017). Una prueba nueva para estimar el vigor en lotes de semillas: Prueba de Emergencia de Radícula. *INTA EEA OLIVEROS*, 56, 1–8.
- Gallo, C., França-Neto, J. B., Arango, M. ;, Gonzalez, S. ;, Francomano, V. ;, Carracedo, C. ;, Costa, O., Alves, R. ;, Magnano, L. ;, & Craviotto, R. (2016). Prueba de Tetrazolio como Método de Vigor para semillas de Glycine max. Propuesta de Validación del Método para ISTA. *PARA MEJORAR LA PRODUCCION*.
- Garcia Uriostegui, A. (2015). *SECADO DE LA SEMILLA Y SU CALIDAD FISIOLÓGICA, Y EL RENDIMIENTO DE FRIJOL SILVESTRE, DOMESTICADO Y SUS LINEAS*. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2800/Garcia_Uriostegui_A_MC_Botanica_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gonzales, E. J. (1992). Humedad y germinación de semillas de Hyeronima alchorneoides (Euphorbiaceae). *Organización Para Estudios Tropicales*, 40(1), 139–141.
- Krzyzanowski, F. C., Vieira, R. D., & Neto, J. D. B. F. (1999). VIGOR DE SEMENTES: CONCEITOS E TESTES. *ABRATES*, 2013–2015.
- López, J., Torres, N., Saldivar, R., Reyes, I., & Argüello, B. (2016). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. *Centro de Investigación En Química Aplicada (CIBQ)*, 129–140.
- López M, E. A., Agudelo, O., Cifuentes, D., & Carillo, H. C. (1999). INCIDENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS SEMILLAS DE MAIZ EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD A TRAVES DE LA COSECHA Y BENEFICIO. *Acta Agronomica*, 49((1y2)), 32–37.
- Magnitskiy, S. V, & Plaza, G. A. (2007). Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles

- tropicales Physiology of recalcitrant seeds of tropical trees. *Agronomia Colombiana*, 25(1), 96–103.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176–177.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Martínez Solís, J., Virgen Vargas, J., Peña Ortega, M. G., & Romero, A. S. (2010). Índice De Velocidad De Emergencia En Líneas De Maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 289–304.
- Mayorga Gavilanes, V. B. (2010). “ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y FUNCIONALES DEL MAÍZ NATIVO “RACIMO DE UVA” (*Zea mays*.L) [UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO].
https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5430/1/AL_432.pdf
- Méndez Natera, J. R., & Hilmig, V. (2007). Relation of physiological quality of corn seeds with pH and electrical conductivity. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, XXXIX((2)), 91–100.
- Morales Fernández, G. R. (2016). “CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE 80 ACCESIONES DE MAÍZ (*Zea mays*) DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AGROPECUARIO SALACHE ALTO CEASA UTC”.
- PEREZ ROZO, A. F. (2006). FISILOGIA DE LA SEMILLA Y GERMINACION DE *Montanoa quadrangularis*(SCHULTZ BIPONTIANUS) ASTERACEAE “ARBOLOCO.” PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE CIENCIAS DE BIOLOGIA.
- Prieto Méndez, J., Prieto García, F., Hernández Cervantes, N., Domínguez Soto, J. M., & Román Gutiérrez, A. D. (2011). Methods for Comparing Germinative Power in *Hordeum distichon* L. Maltera. *Multiciencias*, 11(2), 121–128.
- Quezada Mendosa, A. G. (2019). EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE SEMILLAS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) MEDIANTE PRUEBAS DE TETRAZOLIO Y ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO (FT-NIR).
- Rao, N. K., Hanson, J., Dulloo, M. E., Ghosh, K., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). Manual para el Manejo de Semillas en Banco de Germoplasma. *Biodiversity*

International, 8.

- Salazar, S. A., & Botello Delgado, E. A. (2018). Viabilidad de semillas de glycine max (l.) Utilizando la prueba de tetrazolio. *Revista de Investigacion Agraria y Ambiental*, 9(2), 89–98. <https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.2270>
- Salinas, A., Gallo, C., & Rosbaco, I. (2008). SEMILLAS DE SOJA DE CALIDAD: UN OBJETIVO POR ALCANZAR. *Revista Científica Agropecuaria*, 12((2)), 85–99.
- Salinas, A. R., Yoldjia, A. M., Craviotto, R. M., & Bisaro, V. (2001). Vigor tests and physiological quality of soybean seeds. *Pesq. Agropec. Bras., Brasília*, 36(2), 371–379.
- Segura Arguello, M. E., & Andrade Guevara, L. M. (2011). “EFECTO DE LAS CONDICIONES AGROMETEOROLÓGICAS SOBRE UN CULTIVAR CRIOLLO Y DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ EN CUATRO FECHAS DE SIEMBRA.” ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Silva, S. S., Vieira, R. D., Souza Grzybowski, C. R., Carvalho, T. C., & Panobianco, M. (2013). Electrical conductivity of different common bean seeds genotypes. *Journal of Seed Science*, 35(2), 216–224. <https://doi.org/10.1590/s2317-15372013000200011>
- Soto Gonzales, J. L., & Valeri, S. V. (2011). No Title. *Bosque (Valdivia)*, 32(2), 197–202. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000200010>
- Trujillo, H. A., Gomes Junior, G. F., Rondinel Mendoza, N. V., & Trujillo, C. H. (2022). Gray scale of radiographic images in the assessment of degree moisture in soybean seeds. *Acta Agronómica*, 70, 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/acag.v70n3.88319>
- Tunes, L. M., Tavares, L. C., Araujo Rufino, C., Fernandes Vieira, J., Acunha, T. D. S., Souza Albuquerque Barros, A. C., & Briao Muniz, M. F. (2011). Accelerated aging of onion seeds (*Allium cepa* L.) submitted to saturated salt solution. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 5, 244–250. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2011v5i2.1264>
- Velásquez, J. S., Monteros, A. R., & Tapia, C. G. (2008). Semillas, Tecnología de Producción y Conservación. *INIAP -Estación Experimental Santa Catalina*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>

Zambrano, M. J. L., Yanez, C., Sangoquiza, C. C. A., Limongi, Andrade, R., Alarcon, Cobeña, F., Zambrano, E., Caicedo, V. M. B., Villavicencio, L. J. P., Cartagena, A. Y. E., Parra, R., Azaquibay, I. C. R., Quimbiamba, V., Nieto, B. M. R., Lopez, G. V. A., Tapia, C., Tacan, M., Villacres, P. C. E., Garces, S., Cañarte, Bermudez, E., ... Pinargote, G. L. F. (2019). Situación del cultivo de maíz en Ecuador: investigación y desarrollo de tecnologías en el Iniap. *XXIII Reunión Latinoamericana Del Maíz y IV Congreso de Semillas*, 1–3.

Zhang, K., Zhang, Y., Sun, J., Meng, J., & Jun, T. (2021). Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species. *Plant Physiology and Biochemistry*, *158*(0981–9428), 475–485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.031>

13. ANEXOS: Evidencias fotográficas

Anexo 14. Anexos: Contenido de Humedad



Peso de tarrina



Peso tarrina + maíz



Ingreso de semillas a la estufa

Anexo 15. Anexos: Germinación



Semillas “sobre papel”



Cámara de Germinación



Primer conteo PCG



Segundo Conteo CFG

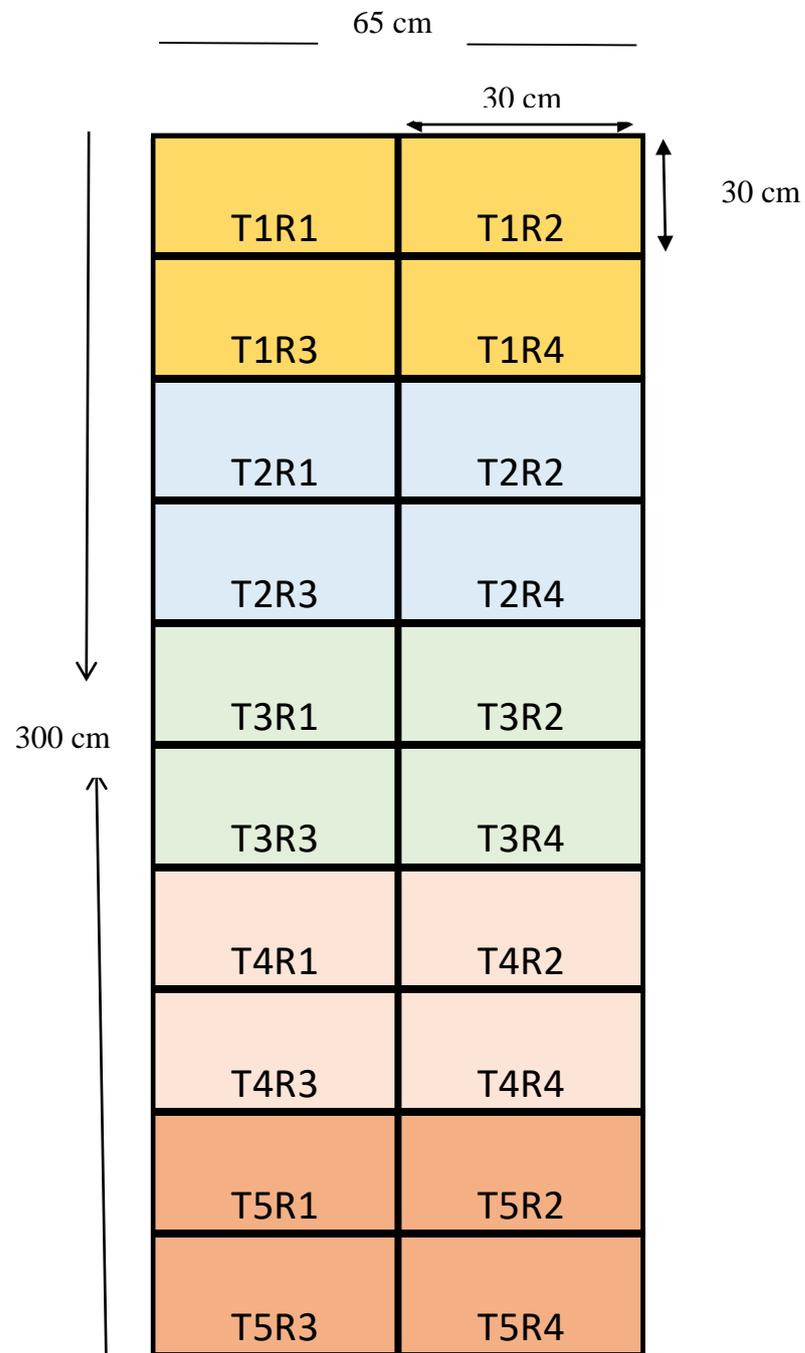
Anexo 16. Anexos: Índice de Velocidad IVE



Siembra de semillas de maíz



Registro de datos de germinación

Anexo 17. Diseño del proyecto en Campo

Anexo 18. Anexos: Conductividad Eléctrica



Remojo de semillas de maíz



Medir Conductividad

Anexo 19. Anexos: Tetraxolio



Remojo de semillas de maíz en
solución de tratxolio

Anexo 20. Anexo: Envejecimiento Acelerado



Tarina con malla, con la muestra



Someter a las semillas en una cámara de envejecimiento acelerado



Poner las semillas a germinar

Anexo 21. Anexo: Prueba de Frio



Sembrar las semillas en arena y tierra



Hidratar las bandejas con la semilla



Someter a las semillas a temperatura de 10°C



Exponer a las semillas a temperatura de 25°C

Anexo 22.Aval de Traducción