



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE  
VARIEDADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN  
LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**

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

**Autor:**  
Guaman Allauca Jofre Fernando

**Tutor:**  
Jiménez Jácome Cristian Santiago

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Guaman Allauca Jofre Fernando, con cédula de ciudadanía No. 0503338154, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE VARIEDADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**, siendo el Ingeniero Ing. Cristian Jiménez Jácome, Mg, 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, 16 de febrero del 2024



Jofre Fernando Guaman Allauca  
CC: 0503338154  
**ESTUDIANTE**

## 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 **GUAMAN ALLAUCA JOFRE FERNANDO**, identificado con cédula de ciudadanía **0503338154** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, 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 Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE ESPECIES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2023 – Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 30 de noviembre del 2022

Tutor: Ing. Cristian Jiménez Jácome, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE VARIETADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**

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

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

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

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.

La publicación del trabajo de grado.

La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de febrero del 2024.

Jofre Fernando Guaman Allauca  
**EL CEDENTE**

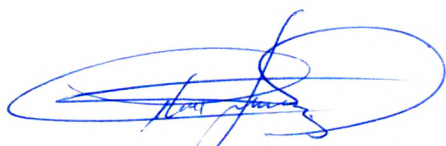
Dra. Idalia Pacheco Tigselema  
**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE VARIETADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**, de Guaman Allauca Jofre Fernando, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 16 de febrero del 2024



Ing. Cristian Jiménez Jácome, Mg.

CC: 0501946263

**DOCENTE TUTOR**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Guaman Allauca Jofre Fernando, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE VARIEDADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de Febrero del 2024



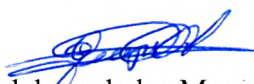
Ing. Karina Paola Marin Quevedo, Mg.  
CC: 0502672934

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D  
C.C. 0501645568

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg  
CC:1801902907

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por siempre estar junto a mi durante todo este proceso de formación guiándome siempre por el camino correcto, por darme mucha fuerza, salud y sabiduría para poder así culminar la carrera que tanto anhelaba.*

*A mi familia querida que gracias a su apoyo incondicional puedo salir adelante, agradecerles también por la confianza que depositaron en mí. Agradecer también a la Universidad Técnica de Cotopaxi, al proyecto de Granos Andinos y como no al área de Laboratorio por su gran acogida y colaboración en la presente investigación.*

*A mi tutor el Ing. Cristian Jiménez por la atención brindada, dedicación y esfuerzo, quien me supo guiar con sus conocimientos y experiencias. También un agradecimiento muy grande a mi amiga Sara, S. Por brindarme su apoyo incondicional durante todo este año de estudio en donde compartimos muchas experiencias, consejos y conocimientos.*

*Y por último quiero agradecer a mi persona por haber confiado en mí mismo, por aguantar tantos días duros que se presentaron en el transcurso del camino pero que junto a Dios lo he podido afrontar.*

*Jofre Fernando Guaman Allauca*

## **DEDICATORIA**

*Está presente investigación la dedico con mucho cariño a mis padres queridos Virginia Allauca y Kleber Guaman quienes con sus experiencias, educación, paciencia y esfuerzo me han permitido alcanzar mi sueño más anhelado, por inculcarme sus valores y principios de persistir ante cualquier adversidad, pero siempre recordando a Dios.*

*A mis hermanos Jhony y Gina por su cariño y apoyo, por acompañarme siempre en todo momento*

*A toda mi familia porque con su apoyo y consejo hicieron de mí una gran persona que de una u otra manera me acompañan en todos mis sueños y metas.*

*Jofre*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DOS ESPECIES DE SEMILLAS Y SIETE VARIEDADES DE GRAMÍNEAS EN EL CAMPUS SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI 2022”**

**Autor:**  
Guaman Allauca Jofre Fernando

**RESUMEN**

El proyecto de investigación evaluación fisiológica de dos especies de semillas y siete variedades de gramíneas en el campus Salache, Cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022, cuyos objetivos específicos fueron evaluar el potencial fisiológico de dos especies de cebada (*Hordeum vulgare*) y cinco de trigo (*Triticum aestivum l*); Determinar cuál es el genotipo que presenta el mejor desempeño en cuanto a su calidad fisiológica, como respuesta a las pruebas utilizadas. La metodología utilizada fue experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con siete tratamientos y cuatro repeticiones, dando un total de veinte y ocho unidades experimentales, los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa R studio. De las pruebas fisiológicas se concluye que el T4 (trigo vivar 2020) presentó el mejor desempeño fisiológico con un porcentaje de germinación estándar de 90.86%, con un promedio de 30.61%, en índice de velocidad de emergencia 50.75%, para envejecimiento acelerado, el 80.22%, para la prueba de frío, el parámetro de conductividad eléctrica desprendió menor cantidad de iones lixiviados con 16.65  $\mu$ S, referente a tetrazolio presenta el 92.5% y el contenido de humedad fue de 22.6%, sin tener diferencias estadísticas significativas en relación a las otras líneas evaluadas, se recomienda utilizar la semilla T4 (trigo vivar 2020) para campo ya que tiene el mejor desempeño fisiológico superando a las demás semillas evaluadas.

**Palabras clave:** calidad de semillas, pruebas fisiológicas, germinación y viabilidad.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**TITLE: "PHYSIOLOGICAL EVALUATION OF TWO SPECIES OF SEEDS AND SEVEN VARIETIES OF GRASSES ON THE SALACHE CAMPUS, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE 2022".**

**Author:**

Guaman Allauca Jofre Fernando

**ABSTRACT**

The research project physiological evaluation of two species of seeds and seven varieties of grasses in the campus Salache, Latacunga canton, Cotopaxi province 2022, whose specific objectives were to evaluate the physiological potential of two species of barley (*Hordeum vulgare*) and five species of wheat (*Triticum aestivum l*); determine which genotype has the best performance in terms of physiological quality, in response to the tests used. The genotype with the best performance in terms of physiological quality in response to the tests used, the methodology used was experimental. A completely randomized design (CRD) was used, with seven treatments and four replications, giving a total of twenty-eight experimental units, the statistical analyses were carried out using the R studio programmed. From the physiological tests it is concluded that T4 (vivar wheat 2020) presented the best physiological performance with a standard germination percentage of 90.86%, with an average of 30.61%, in emergence speed index 50.75%, for accelerated aging, 80.22%, for the cold test, the parameter of electrical conductivity gave off the least number of leached ions with 16.65  $\mu$ S, regarding tetrazolium it presents 92.5% and the moisture content was 22.6%, without having significant statistical differences in relation to the other evaluated lines, it is recommended to use the seed T4 (wheat vivar 2020) for field since it has the best physiological performance surpassing the other evaluated seeds.

**Keywords:** seed quality, physiological tests, germination and viability.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xvi
INDICE ILUSTRACIONES.....	xvi
INDICE DE ANEXOS .....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	4
3.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS.....	4
3.2. BENEFICIRIOS INDIRECTOS .....	4
4. PROBLEMÁTICA .....	4
5. OBJETIVOS .....	5
5.1. OBJETIVO GENERAL .....	5
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS. ...	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA .....	7

7.1.	GENERALIDADES DEL TRIGO.....	7
7.2.	TIPOS DE SEMILLAS .....	7
7.2.1.	SEMILLAS ORTODOXAS .....	8
7.2.2.	SEMILLAS RECALCITRANTES.....	8
7.3.	NORMAS ISTA .....	8
7.4.	CALIDAD DE SEMILLAS .....	8
7.5.	FACTORES QUE REPERCUTEN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE BUENA CALIDAD .....	9
7.5.1.	FACTORES GENETICOS.....	9
7.5.2.	CONDICIONES DE SIEMBRA .....	9
7.5.3.	USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.....	9
7.5.4.	MÉTODOS DE COSECHA .....	10
7.5.5.	SECADO Y PROCESAMIENTO.....	10
7.5.6.	ALMACENAMIENTO .....	10
7.6.	VIGOR DE LA SEMILLA.....	10
7.7.	GERMINACIÓN.....	11
7.8.	PRUEBAS FISIOLÓGICAS .....	11
7.8.1.	PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR.....	11
7.8.1.1.	Técnicas o tipos de pruebas para germinación.....	12
7.8.1.2.	Método de germinación sobre el papel .....	12
7.8.1.3.	Método de germinación entre el papel .....	13
7.8.1.4.	Método de germinación sobre arena .....	13
7.8.1.5.	Método de germinación agar.....	13
7.8.1.6.	Interpretación de pruebas de germinación .....	13
7.8.2.	PRUEBA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	15

7.8.3.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO .....	16
7.8.4.	PRUEBA DE DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	16
7.8.5.	PRUEBA DE FRÍO .....	16
7.8.6.	PRUEBA DEL TETRAZOLIO .....	17
7.8.7.	PRUEBA DEL ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).....	18
8.	HIPÓTESIS. ....	18
8.1.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR .....	21
8.2.	FACTOR EN ESTUDIO .....	22
9.	METODOLOGÍA.....	23
9.1.	Procedimiento del proceso.....	23
9.2.	Tipo de investigación .....	23
9.2.1.	Cuantitativa.....	23
9.3.	Modalidad básica de la investigación.....	23
9.3.1.	De laboratorio .....	23
9.3.2.	De campo .....	23
9.4.	Bibliografía documental. ....	23
9.5.	Registro de datos. ....	24
9.6.	Análisis estadístico. ....	24
9.7.	Elaboración de diseño experimental.....	24
9.8.	PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE LOTES DE TRIGO Y CEBADA .....	25
9.8.1.	PRUEBA DE GERMINACIÓN .....	25
9.8.2.	PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).....	27
9.8.3.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (EC) .....	28
9.8.4.	PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD .....	30
9.8.5.	PRUEBA DE FRÍO .....	32

9.8.6.	PRUEBA DE TETRAZOLIO (PT) .....	35
9.8.7.	PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE) .....	37
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	39
10.1.	PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR .....	39
10.2.	PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE $\mu$ S) .....	42
10.3.	PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.....	44
10.3.1.	Primer Conteo de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado ..	44
10.4.	PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	47
10.5.	PRUEBA DE FRÍO .....	49
11.	PRUEBA DE TETRAZOLIO (TZ).....	51
11.1.	PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE) .....	54
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
12.1.	CONCLUSIONES.....	58
12.2.	RECOMENDACIONES .....	58
13.	BIBLIOGRAFIA .....	59
14.	ANEXOS .....	63

### **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.	Actividades y sistema de tareas en relación a los Objetivos. ....	6
Tabla 2.	Análisis de germinación de algunas especies. ....	12
Tabla 3.	Operación de variables .....	19
Tabla 4.	Nombre de las especies de semillas para el estudio. ....	22
Tabla 5.	Modelo de ADEVA.....	24
Tabla 6.	Análisis de varianza (ADEVA)para la variable primer y final conteo de germinación (PCG).....	39

Tabla 7. Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG al 5% de significancia .....	39
Tabla 8. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE $\mu$ S). 42	
Tabla 9. Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica (CE $\mu$ S) al 5% de significancia.....	42
Tabla 10. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento acelerado primer y final conteo de germinación. ....	44
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para las variables envejecimiento acelerado primer conteo de germinación (EAPCG) y envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EACFG) al 5% de significancia.....	45
Tabla 12. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable porcentaje de humedad de la semilla (%H). ....	47
Tabla 13. Prueba tukey al 5% de significancia el porcentaje de contenido de humedad. ....	47
Tabla 14. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día.....	49
Tabla 15. Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, séptimo día de germinación. ....	49
Tabla 16. Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor) y C2 (Viabilidad).....	51
Tabla 17. Prueba de Tukey para la variable Tetrazolio Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) al 5% de significancia .....	52
Tabla 18. Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE).....	54
Tabla 19. Prueba de Tukey para la variable índice de velocidad de emergencia (IVE) al 5% de significancia.....	54

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico del primer y final de conteo de germinación.....	41
Gráfico 2. Conductividad Eléctrica (CE $\mu$ S).....	43
Gráfico 3. Envejecimiento Acelerado primer y segundo conteo.....	46
Gráfico 4. Porcentaje de Humedad de semilla (%H) .....	48
Gráfico 5. Prueba de frío séptimo día de germinación .....	51
Gráfico 6. Prueba de Tetrazolio Categoría 1, Categoría 2, al 100% Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad) .....	53
Gráfico 7. Índice de Velocidad de Emergencia IVE .....	56
Gráfico 8. Resultados de las 7 pruebas aplicadas al T4 (TRIGO VIVAR 2020).....	57

## INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Google Earth.....	21
Ilustración 2. Controlando la humedad, temperatura y luz basados en la metodología propuesta por (FAO Y AfrizaSeeds, 2019; ISTA, 2016) .....	25
Ilustración 3. Prueba de conductividad para trigo y cebada .....	27
Ilustración 4. Prueba del envejecimiento acelerado .....	29
Ilustración 5. Prueba de germinación del envejecimiento acelerado.....	30
Ilustración 6. Secado de semillas en el horno eléctrico .....	31
Ilustración 7. Peso de la semilla con el contenedor .....	32
Ilustración 8. Enfriamiento de las muestras de semillas.....	33
Ilustración 9. Muestras para la prueba de frío etiquetadas .....	34
Ilustración 10. Cálculo del agua a incorporarse .....	35
Ilustración 11. Análisis del tetrazolio .....	35
Ilustración 12. Preparación de la cama.....	37
Ilustración 13. Cubrimiento con malla sarán.....	39



## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba De Humedad .....	63
Anexo 2. Prueba de germinación estándar .....	64
Anexo 3. prueba de conductividad eléctrica.....	65
Anexo 4. Prueba del envejecimiento acelerado.....	65
Anexo 5. Prueba De Frío .....	66
Anexo 6. prueba del tetrazolio.....	67
Anexo 7. prueba del índice de velocidad de emergencia (ive).....	68
Anexo 8. Datos recolectados de la prueba germinación estándar para el primer conteo de germinación y conteo final de germinación. ....	69
Anexo 9. Datos recolectados de la prueba de tetrazolio vigor y viabilidad. ....	70
Anexo 10. Datos recolectados de la prueba de conductividad eléctrica.....	71
Anexo 11. Datos recolectados de la prueba envejecimiento acelerado para el primer conteo de germinación y conteo final de germinación. ....	72
Anexo 13. Datos de la prueba índice de velocidad de emergencia (IVE).....	73
Anexo 14. Datos de la prueba de humedad .....	74
Anexo 15. Datos recolectados de la prueba frío para los conteos de germinación al séptimo día. ....	75

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

“Evaluación fisiológica de dos especies de semillas y siete variedades de gramíneas en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022”

**Fecha de inicio:**

Enero 2022

**Fecha de finalización:**

Abril 2022

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

**Carrera que auspicia:**

Carrera de Agronomía

**Proyecto de investigación vinculado:**

Fortalecimiento de las capacidades docentes y de extensión agraria de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de potenciación analítica de su laboratorio en suelos y agua”

**Equipo de Trabajo:**

Tutor: Ing. Cristian Jiménez Jácome, Mg.

Lector 1: Ing. Karina Paola Marín Quevedo, Mg.

Lector 2: Ing. Jorge Fabián Troya Sarzosa, Ph.D

Lector 3 Ing. Guadalupe de las Mercedes Lopez Castillo, Mg.

Nombre del Investigador: Jofre Fernando Guaman Allauca

Teléfonos: 0999339104

Correo electrónico: [jofre.guaman8154@utc.edu.ec](mailto:jofre.guaman8154@utc.edu.ec)

**Área de Conocimiento:**

Agricultura- Agricultura- Silvicultura y Pesca- Agricultura.

**Línea de investigación:**

Análisis, conservación y aprovechamiento racional de la biodiversidad local, fauna y recursos naturales para el desarrollo sustentable y la prevención de desastres naturales.

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, biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

## 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Es fundamental tener en cuenta la calidad de las semillas en todos los cultivos para tener éxito en la producción ya que son el punto de partida, además es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra para que produzca plántulas vigorosas para alcanzar el máximo rendimiento desde un punto de vista sustentable, es por eso que para tener una buena cosecha se parte de una semilla de calidad (Doria, 2010).

El trigo al ser uno de los cereales más cultivados y de gran importancia, se cultiva en varios sectores de la economía a escala mundial y en algunos países, utilizando principalmente en forraje y materia prima para la producción de alimentos procesados, por el contrario, Ecuador y otros países, un gran porcentaje de trigo es destinado al consumo humano, siendo uno de los factores de la supervivencia de los agricultores en la economía nacional.

Así, se produce la necesidad de determinar la calidad de la semilla antes de su siembra. para ello se dispone de metodologías apropiadas y de fácil manejo ya que están basadas en las normas (ISTA), lo que ayuda a mejorar la producción de los agricultores y así su alimentación al igual que los consumidores. La utilización de semillas de calidad es fundamental para la implantación y establecimiento del nuevo cultivo tendiendo 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 (García, 2022).

En el campus Salache, la investigación actual se centró en evaluar fisiológicamente las semillas de siete especies de gramíneas. Este estudio será muy beneficioso para futuras investigaciones, permitiendo tomar decisiones más apropiadas para entender el comportamiento fisiológico de las semillas. Además, la selección de semillas con buena calidad a la hora de la producción será posible gracias a esta investigación.

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

#### **3.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS**

La finalidad de esta investigación es beneficiar a los 362 estudiantes, 18 docentes de la carrera de agronomía de la universidad Técnica de Cotopaxi y productores de la provincia de Cotopaxi.

#### **3.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS**

Los beneficiarios indirectos comprenden la Universidad Técnica de Cotopaxi, como es la carrera de ingeniería agronómica, estudiantes y personas que deseen adquirir la información de la presente investigación.

### **4. PROBLEMÁTICA**

En el Ecuador la producción nacional es de 36.936,31 toneladas año, cuyo consumo nacional supera las 450.000 toneladas año, como consecuencia se estima un coeficiente técnico del consumo per cápita promedio de 30 kilos año. Los requerimientos de trigo a nivel nacional en promedio son cubiertos el 99,78% con las importaciones y el 0,22% con la producción nacional que es la producción baja a nivel de Latinoamérica considerando las ventajas comparativas del área andina del país (Cabezas, 2017).

Se han desarrollado métodos objetivos para evaluar la calidad de las semillas, ya que no se pueden evaluar visualmente. Para prever su comportamiento en el campo y determinar su valor para la siembra, garantizando a los agricultores que obtengan la calidad de semillas deseada ya que el análisis de semillas es un instrumento crucial (FAO y AfricaSeeds, 2019).

En el país, en particular en la Sierra Ecuatoriana, hay un escaso interés en el uso de semilla certificada; presentando así rendimientos promedio bajos, producto de varios factores que afecta la producción, citando los más importantes tenemos: escaso acceso a factores de la producción (tierra, agua, crédito, semillas más resistentes), altos costos de insumos agrícolas, bajos niveles de acompañamiento técnico y capacitación a los productores, el empleo en campo

de semillas no certificadas y de baja calidad, también por la utilización de semillas que no están adaptadas a las condiciones agroclimáticas del sector a cultivarse etc. (Iniap, 2015). Donde la empresa privada, utilizan los mayores porcentajes de semilla certificada (en promedio, el 33% de la superficie cultivada); no así, cultivos como fréjol, papa, maíz suave, trigo y cebada, cuyo promedio de uso de semilla certificada está alrededor del 4% de la superficie cultivada.

Esto se debe a que la comercializan en las diferentes casas comerciales o mercados, el agricultor asume que las semillas compradas son certificadas, sin embargo, es una práctica empírica que se podría verificar con estudios para determinar el potencial fisiológico de las semillas adquiridas para una mayor seguridad en la producción (García, 2022).

Dada la importancia del cultivo de trigo y cebada se puede llevar trabajos de investigación en nuestra Universidad con relación a la calidad de semillas, siendo esencial el control para conocer el comportamiento inicial en campo, además contribuye a los agricultores de las comunidades vinculadas con la universidad, para que de esta manera aportemos con más conocimientos y hechos que garantice un buen rendimiento y productividad en la producción.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar fisiológicamente semillas de dos especies y siete variedades de gramíneas en el campus Salache, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi 2022

### **5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el potencial fisiológico de dos variedades de cebada (*Hordeum vulgare*) y cinco de trigo (*Triticum aestivum l*), aplicando siete pruebas.
- Determinar cuál es el genotipo que presenta el mejor desempeño en cuanto a su calidad fisiológica, como respuesta a las pruebas utilizadas.

## 6. 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 dos especies de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) y cinco de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L), aplicando siete pruebas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar media libra de semillas de las 7 especies de gramíneas que son: (Cebada Cañicapac 2019 ), (Cebada Guaranga 2020), (Trigo Zhalao 2020), (Trigo Vivar 2020), (Trigo Mirador 2020), (Trigo Chimborazo 2020) y (Trigo Cojitambo 2020) en donde contenga el año de cosecha con sus respectivos nombres para su posterior análisis fisiológico.</li> <li>• Selección de los parámetros más comunes a realizar (conductividad eléctrica, envejecimiento acelerado, porcentaje de humedad de semilla, Índice de velocidad de emergencia (IVE), prueba de frio y tetrazolio.)</li> <li>• Aplicación de las metodologías en base Krzyzanowski en 1999 de acuerdo a las normas ISTA en los procesos de evaluación con la aplicación de los análisis fisiológicos.</li> <li>• Registro de datos correspondientes a cada prueba realizada en base a la metodología utilizada.</li> <li>• Tabulación de datos en Microsoft Excel obtenidas por cada prueba realizada.</li> <li>• Análisis estadístico con el programa R.</li> </ul>	<p>Base de datos registrados en tablas de Excel. Datos tabulados y analizados</p>	<p>Fotografías, cuaderno de campo, análisis estadísticos y gráficas.</p>
<p>Determinar cuál es el genotipo que presenta un buen desempeño en cuanto a su calidad fisiológica, como respuesta a las pruebas utilizadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas aplicadas a las semillas.</li> <li>• Comparar los resultados de las diferentes pruebas realizadas a dos especies de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) y cinco de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L)</li> </ul>	<p>-conocer la viabilidad de las semillas -Semillas viables para la siembra.</p>	<p>Tablas y graficas en digital y físico.</p>

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA**

### **7.1. GENERALIDADES DEL TRIGO**

La historia del cereal, específicamente del trigo han estado muy vinculadas con la civilización humana por tal motivo se constituye como el cultivo más antiguo sembrado por el hombre en interminables extensiones y en cantidades inmensas (Irene, 2001).

Se cultiva en todo el mundo en las diferentes condiciones climáticas. Siendo así el alimento básico de las diferentes civilizaciones como: Europa, Asia y Norte de África durante más de 8 000 años hasta la actualidad constituyéndose como el segundo cereal más producido globalmente, sólo por detrás del maíz (Abigail, 2022).

La gran producción de trigo en el Ecuador se encuentra asentado en la cordillera de los Andes, que se encuentran ubicadas entre los 2.000 y 3.000 msnm. Ya que su ecosistema es muy favorable para la producción (Pullas, 2017).

En el Ecuador las provincias que contienen la mayor producción de trigo son: Bolívar con 4500 has, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Carchi. Produciendo así solo el 2% de trigo a nivel nacional esto representa los 9000 TM, es por ello que no abastece a los mercados internos a nivel nacional aumentando así entre el 2 y 3% la demanda cada año (Moreta, 2015).

Los cereales como: trigo, cebada y el arroz son importantes en la producción agrícola en el país, cuyo consumo nacional supera las 450.000 toneladas año, por ello se estima un coeficiente técnico del consumo per cápita promedio de 30 kilos al año. Es por ello que, para alcanzar este índice, nuestro país importa el 99,78% de las necesidades internas y solamente el 0,22% es desarrollado a nivel nacional (Pullas, 2017).

### **7.2. TIPOS DE SEMILLAS**

Las semillas fueron clasificadas en dos grupos ortodoxas y recalcitrantes de acuerdo con las posibilidades de preservar su viabilidad en condiciones de almacenamiento (Vázquez y Toledo, 1989).



### **7.2.1. SEMILLAS ORTODOXAS**

La principal característica fisiológica de las semillas ortodoxas es que alcanzan bajos niveles de hidratación (menos del 5% en el contenido de humedad), su resistencia a las bajas temperaturas se incrementa notablemente, es por eso que posibilita a prolongar la viabilidad de la semilla en los almacenamientos de bajo 0°C (Vázquez y Toledo, 1989).

### **7.2.2. SEMILLAS RECALCITRANTES**

Las semillas recalcitrantes son aquellas que son sensibles a la deshidratación y una rápida pérdida de viabilidad porque mantiene un cierto grado de actividad metabólica lo que limita el almacenamiento de las semillas, su requerimiento de oxígeno es elevado y mueren al carecer de ventilación adecuada, reduciendo su capacidad de germinación al quedar expuesto a condiciones de baja humedad (Vázquez y Toledo, 1989).

### **7.3. NORMAS ISTA**

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

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

### **7.4. CALIDAD DE 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 sembrar (Farrás, 1990).

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, la 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, aseguraron que solo las mejores semillas se llevan al mercado (FAO y AfricaSeeds, 2019).

## **7.5. FACTORES QUE REPERCUTEN EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLAS DE BUENA CALIDAD**

### ***7.5.1. FACTORES GENETICOS***

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

### ***7.5.2. CONDICIONES DE SIEMBRA***

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

### ***7.5.3. USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS***

En las plantas los daños fisiológicos son debido a la dotación de productos químicos no recomendados, produciendo así un cultivo no apto para la inspección del lote. Además de ello las sustancias químicas pueden quedarse adheridas a las semillas con efectos negativos al momento de germinar (FAO y AfricaSeeds, 2019).

#### **7.5.4. MÉTODOS DE COSECHA**

Un factor que reduce la calidad de las semillas es la cosecha demorada o muy prematura. Es fundamental cosechar las semillas en cuanto el contenido de humedad alcance un nivel inocuo para el almacenamiento (FAO y AfricaSeeds, 2019).

#### **7.5.5. SECADO Y PROCESAMIENTO**

El otro factor es la limpieza inadecuada de las semillas ya que esto también reduce la calidad de la semilla. La limpieza permite reducir los contaminantes no deseados como: semillas enfermas o inmaduras, semillas de malezas, semillas rotas o partidas, materia inerte 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 AfricaSeeds, 2019).

#### **7.5.6. ALMACENAMIENTO**

Las condiciones inadecuadas en los almacenamientos pueden incrementar el deterioro de la calidad de semillas debido a la temperatura y humedad, provocando así los cambios fisiológicos, bioquímicos y citológicos (FAO y AfricaSeeds, 2019).

### **7.6. VIGOR DE LA SEMILLA**

El vigor de la semilla refleja un conjunto de características que demuestran su potencial fisiológico, es decir, la capacidad de dar un rendimiento adecuado cuando se expone a diferentes condiciones ambientales, también es la suma de varias propiedades que determinan el potencial para una emergencia, desarrollo rápido y uniforme de plántulas normales bajo condiciones de campo (Rubén, 2023).

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).

## **7.7. GERMINACIÓN**

La germinación es un proceso fisiológico que termina con la emergencia del embrión que está contenido en la semilla. Este proceso puede ser afectado por factores externos e internos (Mayagüez, 2021).

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

## **7.8. PRUEBAS FISIOLÓGICAS**

### **7.8.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR**

La prueba de germinación tuvo como objetivo determinar la viabilidad de un lote de semillas, la cual se determina a través del porcentaje de semillas que tienen la capacidad de originar plántulas normales, bajo excelentes condiciones de agua, luz, temperatura y aire. Las pruebas de germinación estándar utilizadas entre papel son desarrolladas en condiciones controladas de laboratorio para inducir la germinación. La germinación se constituye por tres diferentes fases como son: imbibición de agua; activación del metabolismo, síntesis de proteínas, carbohidratos y degradación de reservas; desarrollo del embrión y ruptura de la testa (López et al., 2016).

Mediante la prueba de germinación se puede determinar si las plántulas están imperfectas o dañadas y si pueden desarrollarse con normalidad así mismo es posible determinar el porcentaje

de plántulas anormales o normales, o también si son semillas frescas, duras y muertas presentes en la muestra tomada, por lo general la prueba dura de 6 a 12 días todo dependerá de la especie a utilizarse (Bonilla, 2014). A continuación, se presenta algunos ejemplos en la **Tabla 2**

**Tabla 2.**

*Análisis de germinación de algunas especies.*

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

**Fuente:**(FAO y AfricaSeeds, 2019)

#### **7.8.1.1. Técnicas o tipos de pruebas para germinación**

En los laboratorios se pueden emplear varias técnicas para germinar semillas de cualquier especie mediante la utilización de las siguientes técnicas.

#### **7.8.1.2. Método de germinación sobre el papel**

Este método es muy apropiado utilizar con las semillas que miden menos de 2 mm de diámetro como las gramíneas forrajeras y vegetales. Las semillas son germinadas sobre el papel absorbente húmedo en recipientes bien tapados para evitar reducir la humedad, los recipientes pueden ser cajas Petri ya sea de plástico o vidrio esterilizados (Rao et al., 2007).

### **7.8.1.3. Método de germinación entre el papel**

Las semillas se germinan entre dos bases de papel previamente humedecido con agua destilada, posteriormente las semillas se colocan en hilera a diferentes espacios dependiendo del tamaño de la semilla como en este caso fue el trigo y cebada (Josué, 2018).

### **7.8.1.4. Método de germinación sobre arena**

Este método se utiliza para semillas grandes de 1 cm en adelante de diámetro ya que son difíciles de germinar sobre cajas Petri o también son muy pesadas para germinar en papel. La arena es esterilizada al igual que las bandejas, pero debe ser profunda con un adecuado drenaje (Rao et al., 2007).

### **7.8.1.5. Método de germinación agar**

Este método de germinación es alternativo al papel, peculiar para semillas pequeñas y medianas, para ello se disuelve lentamente con agua caliente al agar en la caja Petri esterilizada, formando una solución viscosa que al enfriarse se convierte en una gelatina dura y viscosa (Rao et al., 2007).

### **7.8.1.6. Interpretación de pruebas 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 (García, 2022).

#### **Plántulas normales**

Son aquellas que presentan un potencial bien desarrollado en estructuras completa, proporcionada y sana, para convertirse en plantas satisfactorias cuando se cultivan en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Las plántulas normales deben clasificarse de las siguientes categorías (García, 2022).

- **Intactas:** plántulas con todas las estructuras esenciales bien desarrolladas, completas, bien proporcionadas y sanas (FAO y AfricaSeeds, 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 AfricaSeeds, 2019).
- **Con infección secundaria:** las plántulas que habrían correspondido a una de las categorías mencionadas, pero se ven afectadas por hongos o bacterias que no pertenecen a las semillas de origen (FAO y AfricaSeeds, 2019).

### **Plántulas anormales**

Son así consideradas las plántulas que presentan daños severos no cumplen con el potencial para convertirse en plantas normales cuando se cultivan en suelos de buena calidad y en condiciones favorables de humedad, temperatura y luz. Por ende, las plántulas anormales también se clasifican (García, 2022).

- **Dañadas:** plántulas a las que les falta cualquiera de las estructuras esenciales o que están tan e irremediablemente dañadas que no cabe esperar que tengan un desarrollo equilibrado (FAO y AfricaSeeds, 2019).
- **Deformadas o desequilibradas:** plántulas con un desarrollo débil o con alteraciones fisiológicas, o bien con sus estructuras esenciales deformadas o desproporcionadas (FAO y AfricaSeeds, 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 AfricaSeeds, 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 (García, 2022)

#### **7.8.2. PRUEBA DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

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

Las muestras se introdujeron en una cierta cantidad de agua, bajo temperatura controlada durante un periodo de tiempo determinados, las semillas de menor potencial fisiológico liberan mayor concentración de iones lixivados, en cambio las semillas de mayor potencial fisiológico liberaran menor concentración de iones lixivados. La prueba de conductividad eléctrica ha 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 en cambio las semillas de mayor vigor son aquellas que presentaron menores valores de conductividad eléctrica en el líquido de imbibición. Esta prueba presenta la ventaja de no ser afectada por la dormancia, rapidez en los resultados, no demanda equipos costosos y personal altamente calificado y bajo costo, siendo capaz de identificar el deterioro de las semillas en su estado inicial (García, 2022 y Lucila 2016).



### **7.8.3. 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 (Iván et al., 2018).

En el transcurso de la prueba, las semillas absorben la humedad del ambiente; causando el aumento del contenido de humedad en las semillas que fueron sometidas a alta temperatura, provocando así el rápido envejecimiento de las semillas. Los lotes de semillas que demuestran una gran capacidad de germinación en la prueba de envejecimiento acelerado son porque tienen un gran vigor y se puede pronosticar que conservan una elevada viabilidad durante el almacenamiento (FAO y AfricaSeeds, 2019).

### **7.8.4. PRUEBA DE DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

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

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 determinaron mediante pruebas de laboratorio, se somete a la aplicación de calor en condiciones controladas de laboratorio (García, 2022).

### **7.8.5. PRUEBA DE FRÍO**

La prueba de frío 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 frío

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 (Krzyzanowski et al., 1999).

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

#### **7.8.6. PRUEBA DEL 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 semillas. Es una prueba rápida que permite obtener el resultado en 24 o 48 horas. Esta prueba se basa en la actividad de las enzimas, especialmente la deshidrogenasa del ácido málico, que disminuye la sal de 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 (García, 2022).

La solución de tetrazolio es un indicador que al momento de entrar en contacto con la semilla produce una sustancia llamada formazán en las células vivas. El formazán es rojo, estable y no se expande marcando con su color característico a los tejidos vivos. De ese modo, se pudieron distinguir los tejidos muertos que no tienen color (Krzyzanowski et al., 1999).

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:** el tejido es completamente teñido firme y brillante.

- **Vigor medio:** el embrión es teñido pero las extremidades pueden no teñirse, mientras que algunas partes pueden estar más o menos pintadas.
- **Bajo vigor:** la mayor parte de las estructuras no están teñidas.

#### 7.8.7. PRUEBA DEL ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE).

Se considera vigoroso a un lote de semillas 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 (García, 2022).

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 (Gómez y Andino, 2022).

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 (Gómez y Andino 2022).

### 8. HIPÓTESIS.

- **Ha:** Al menos una colecta del germoplasma de semillas de trigo (*Triticum aestivum l*) y cebada (*Hordeum vulgare*) presentan buenas características de calidad fisiológica aceptable a nivel de laboratorio.
- **Ho:** Ninguna colecta del germoplasma de semillas de trigo (*Triticum aestivum l*) y cebada (*Hordeum vulgare*) presentan buenas características de calidad fisiológica aceptable a nivel de laboratorio.

**Tabla 3.***Operación de variables*

<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Índices</b>	
<b>Ha:</b> Al menos una colecta del germoplasma de semillas de trigo ( <i>Triticum aestivum l</i> ) y cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> ) presentan buenas características de calidad fisiológica aceptable a nivel de laboratorio.	<b>Variable dependiente</b>	Porcentaje de germinación	%	
	Vigor y viabilidad			
	<b>Variable independiente</b>	Conductividad eléctrica	μS(microsiemens)	
	Prueba de germinación	prueba de envejecimiento	%	
	Prueba de conductividad	acelerado (porcentaje de germinación)		
	Prueba de	Porcentaje de humedad	%	
	envejecimiento	Prueba de frío	%	
	acelerado	Prueba determinación	(Porcentaje de germinación)	
	Prueba de frío	del contenido de	Solución del tetrazolio	%
	Prueba de tetrazolio	humedad	Prueba de IVE	%
	Prueba de IVE	(porcentaje de germinación)		

**FUENTE 1** Guaman 2022

**Prueba de germinación:**

Esta evaluación se lo realizó en la cámara de germinación a 25°C en rollitos de papel toalla colocadas en una bandeja durante 7 días manteniéndolo siempre húmedo las muestras, esta variable se evaluó a los 4 y 7 días de germinación en una forma visual se contabilizo las semillas germinadas para luego en una tabla de datos introducirlo al programa R (Josué, 2018).

**Prueba de conductividad:**

La prueba se desarrolló en el laboratorio, en un recipiente de plástico con semillas sumergidas en agua desionizada por un tiempo de 24 horas, se tomó los datos con la ayuda del medidor de conductividad (Unapanta, 2018).

**Prueba de envejecimiento acelerado:**

Esta evaluación se realizó en el laboratorio en la cámara de envejecimiento acelerado a 41°C en tarrinas plásticas con su respectiva adecuación durante 72 horas, una vez transcurrido el

tiempo establecido se lo lleva a la cámara de germinación para realizar el mismo proceso que la prueba de germinación (Iván et al., 2018).

#### **Prueba determinación del contenido de humedad:**

Se lo realizó en el laboratorio con la ayuda de la estufa a 120°C durante 24 horas, en papel aluminio en forma de envase con sus respectivas semillas, una vez transcurrido las horas se procede a pesarlos en una báscula analítica para tomar sus datos (Josué, 2018).

#### **Prueba de frío:**

Esta evaluación se realizó en el laboratorio con un refrigerador en la cual se introdujeron recipientes de aluminio con sustrato de tierra muy fino junto a las semillas con su respectiva humedad por un periodo de 7 días a una temperatura de 10°C. Una vez transcurrido el tiempo establecido se lo llevó a germinar bajo un invernadero para luego contabilizar al igual que la prueba de germinación contabilizando de forma visual a los 7 días (Krzyzanowski et al., 1999).

#### **Prueba de tetrazolio:**

Para esta prueba las semillas fueron humedecidas un día antes con agua normal para que al siguiente día en un envase de plástico sumergir las semillas cortadas longitudinalmente en una solución de tetrazolio, llevándolas a la estufa por 3 horas a 30°C para luego contabilizar de forma visual cuantas semillas se tiñeron de un color rojizo (García, 2022).

#### **Prueba de IVE:**

Esta evaluación se lo realizó en campo bajo invernadero cubriendo todas las semillas con malla sarán para que las aves no la afectarán, regándola con agua cuando sea necesario por un tiempo establecido de 15 días para luego contabilizar todos los días de forma visual las semillas germinadas registrando así sus datos (Solis & Vargas, 2014).

## 8.1. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

### LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de titulación se realizó en la localidad de Salache Bajo en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi ubicado en la parroquia Salache Alto, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

#### **Ilustración 1.** Google Earth



**Tabla 4.**  
*Ubicación Política de la Localidad*

<b>País</b>	Ecuador
<b>Provincia</b>	Cotopaxi
<b>Cantón</b>	Latacunga
<b>Parroquia</b>	Eloy Alfaro
<b>Barrio</b>	Salache Bajo

**Tabla 5.**  
*Localización Geográfica*

<b>Longitud</b>	78°31'14" W
<b>Latitud</b>	00°50'57" S
<b>Altura</b>	2 728msnm

**Tabla 6.**  
*Condiciones Edafoclimáticas*

<b>Pluviosidad</b>	250 – 500 mm
<b>Temperatura</b>	13°C
<b>Humedad relativa</b>	3%
<b>Nubosidad</b>	Relativa
<b>Clima</b>	seco templado
<b>Velocidad del viento</b>	22 m/seg

## 8.2. FACTOR EN ESTUDIO

Se trabajó con 2 especies cebada y 5 de trigo de diferentes ciclos, tipo y forma de grano aportado por las colectas obtenidas PHD Carlos Torres Salache. Las especies utilizadas para la investigación se muestran en la tabla 7. Para los fines del trabajo de las colectas mencionadas se denominaron, lote como Tratamiento de T1 a T7 respectivamente. En cada Tratamiento se trabajará con 4 sub muestras, denominadas repeticiones (R).

### Tabla 7.

*Nombre de las especies de semillas para el estudio.*

<b>Variedad</b>	<b>Año de colecta</b>	<b>Denominación</b>
Cebada Cañicapac	2019	T1
Cebada Guaranga	2020	T2
Trigo Zhalao	2020	T3
Trigo Vivar	2020	T4
Trigo Mirador	2020	T5
Trigo Chimborazo	2020	T6
Trigo Cojitambo	2020	T7

**Fuente:** Guaman, 2022

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Procedimiento del proceso**

El material para la presente investigación se lo adquirió de las colectas obtenidas PHD Carlos Torres, en fundas plásticas con sus respectivas denominaciones, después de ello se procedió a llevar al laboratorio de la universidad.

### **9.2. Tipo de investigación**

El método de investigación del presente trabajo fue de carácter experimental al adjuntarse dentro de las actividades los factores en estudio y las variables evaluadas, permitiendo la recopilación de datos del comportamiento de las semillas evaluadas y la comparación entre los análisis iniciales y finales de las pruebas aplicadas.

#### ***9.2.1. Cuantitativa.***

Esta investigación es cuantitativa porque se determinó cuantitativa debido a que las recolecciones de los datos corresponden a cada prueba sirviendo como medio de verificación y análisis.

### **9.3. Modalidad básica de la investigación.**

#### ***9.3.1. De laboratorio***

Esta investigación aplica para la fase de laboratorio debido a que los análisis realizados para la caracterización fisiológica de las siete especies de gramíneas, contuvieron un ambiente controlado y en análisis específicos se aplicaron reactivos para su posterior análisis.

#### ***9.3.2. De campo***

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

### **9.4. Bibliografía documental.**

Esta investigación tuvo una gran relevancia en el material bibliográfico y documental ya que se encuentra referenciado en la metodología descrita por (Krzyzanowski et al., 1999), (FAO y



AfrizaSeeds, 2019) y (RAS, 2009). Donde hacen menciones a las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA).

### **9.5. Registro de datos.**

Los registros de datos se lo realizaron en un cuaderno de campo, posteriormente estos mismos fueron tabulados en formato digital para sus respectivos análisis.

### **9.6. Análisis estadístico.**

Los registros de los datos correspondientes a cada prueba realizada fueron analizados estadísticamente con la ayuda del programa “R Studio”, se realizó el análisis de varianza (ADEVA), la prueba de Tukey al 5% de significancia.

### **9.7. Elaboración de diseño experimental.**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con siete tratamientos con cuatro repeticiones y se aplicó pruebas de Tukey al 5 % en función de las siguientes variables evaluadas que son: germinación (%), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}$  microsiemens), envejecimiento acelerado (%), humedad (%), prueba de frío (%), tetrazolio (%) y prueba IVE (%). De la cual fueron evaluadas procediendo con una tabla de frecuencias en el cual se ingresó los datos en el software estadístico R.

### **Tabla 8.**

*Modelo de ADEVA*

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>
TRATAMIENTOS	6
RESIDUO	3
TOTAL	27
ERROR	18

**Fuente 2.** Guaman, 2022

## 9.8. PRUEBAS DE EVALUACIÓN DE LOTES DE TRIGO Y CEBADA

Las pruebas utilizadas fueron las siguientes:

- Prueba de germinación
- Prueba de conductividad
- Prueba de envejecimiento acelerado
- Prueba de determinación del contenido de humedad
- Prueba de frío
- Prueba de tetrazolio
- Prueba de índice de velocidad emergencia (IVE)

### 9.8.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN

Esta prueba de germinación es el procedimiento más común que se utiliza para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas. El procedimiento para la prueba de germinación “estándar entre papel” se realizó en condiciones de laboratorio como se muestra en la **Ilustración 2**. *Controlando la humedad, temperatura y luz basados en la metodología propuesta por (FAO Y AfrizaSeeds, 2019; ISTA, 2016)*



*Ilustración 3. cámara de germinación*

## **Materiales**

- Papel toalla
- Agua destilada
- muestras de semillas
- cuaderno de campo
- lápiz

## **Equipos**

- Cámara de germinación

## **Procedimiento**

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

Se tomó una muestra al azar de semillas puras bien mezcladas. Es importante no escoger las semillas, ya que esto podría sesgar los resultados. El siguiente paso a seguir es utilizar cuatro repeticiones de 20 semillas, luego colocar las semillas en cada repetición en el papel toalla (las semillas colocar con los embriones orientados con la radícula hacia abajo) humedecido a condición de saturación, se usaron el método entre papeles con el armado de rollos. Una vez colocadas las muestras se debe señalar para evitar confusiones al rato de humedecer el sustrato y su conteo respectivo. Para el humedecimiento del sustrato (papel toalla) se lo peso al total de papeles a utilizar y a este valor se lo multiplicó por tres (Krzyzanowski et al., 1999). Dando como consecuencia la cantidad de agua que debemos agregar.

Los cuatro rollos de cada lote se colocaron en las bandejas, posteriormente fueron llevadas a la cámara de germinación a 25 °C durante 7 días, durante este periodo se debe mantener húmeda a la semilla para garantizar el cumplimiento idóneo de este análisis.

Se hizo dos recuentos de plántulas. Programar el primero y el último recuento de conformidad con las normas ISTA: las normas para trigo y cebada son 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  $\times$  100.

### **9.8.2. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)**

Esta prueba evalúa la conductividad eléctrica generada por la liberación de solutos (iones) desde el interior de las semillas que fueron sumergidos en un medio de imbibición como se interpreta en la *Ilustración 4*. El fundamento de la prueba de conductividad eléctrica 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, por lo tanto, liberan mayores cantidades de solutos al ambiente externo (FAO Y AfrizaSeeds 2019).

#### **Ilustración 4.**

*Prueba de conductividad para trigo y cebada*



#### **Materiales**

- agua desionizada
- vasos plásticos
- muestra de semillas
- probeta

- vaso de precipitación

### **Equipos**

- Medidor de conductividad

### **Procedimiento**

Para la realización de esta prueba se utilizaron 4 repeticiones de 20 semillas, se llenaron cuatro recipientes ya rotulados del mismo tamaño por lote con 0,75 ml de agua desionizada, posterior a ello se introdujeron 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. Tomar nota de la conductividad de los contenedores de control y restar el valor medio de las lecturas de las muestras de semillas estudiadas (Unapanta, 2018).

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

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

#### **9.8.3. PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (EC)**

La prueba de envejecimiento acelerado fue creada inicialmente para determinar el potencial de almacenamiento. En cambio, ahora se usa para pronosticar el potencial de los lotes de semillas para producir plántulas en el campo. Durante la prueba, las semillas absorbieron la humedad del medio ambiente; el aumento del contenido de humedad de las semillas y la alta temperatura, provocan el rápido envejecimiento de las semillas. Los lotes de semillas que desempeñan una alta capacidad de germinación en la prueba de envejecimiento acelerado tienen un gran vigor y se pronostica que conservan una elevada viabilidad durante el almacenamiento (FAO y AfricaSeeds, 2019).

## Ilustración 5.

### *Prueba del envejecimiento acelerado*



### **Materiales**

- agua destilada
- tarrinas plásticas de medio litro
- muestra de semillas
- mallas de alambre
- cubos de espuma Flex
- Silicona líquida

### **Equipos**

- Cámara de envejecimiento acelerado

### **Procedimiento**

Para esta prueba se utilizó mallas de alambre cortadas a la medida de la tarrina para dos cajas de plástico o tarina por lote, posterior a ello se debe colocar por cada repetición 20 semillas por lote se utilizó 40 semillas (se puso menos cantidad por la falta de semilla).

Colocar las 20 semillas sobre la malla de alambre en cada una de las cajas de plástico para luego colocar 0,75 ml de agua destilada. Se debe tener mucho cuidado de no salpicar agua en la malla y las semillas.

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

Una vez que se cumplen las 72 horas en la cámara de envejecimiento quitar las semillas de los contenedores y realizar una prueba de germinación estándar con cuatro repeticiones (se realizó el mismo procedimiento de prueba de germinación)(Iván et al., 2018).

### **Ilustración 6.**

#### *Prueba de germinación del envejecimiento acelerado*



#### **9.8.4. PRUEBA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

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

El contenido de humedad de una muestra de semilla procede de la pérdida de peso cuando la semilla se seca, de correlación con los métodos de las normas ISTA. Se manifiesta como un porcentaje del peso de la muestra original.

### **Ilustración 7.**

*Secado de semillas en el horno eléctrico*



### **Materiales**

- Papel de aluminio
- Semillas

### **Equipos**

- Báscula analítica
- Horno eléctrico

### **Procedimiento**

Se utilizó una estufa de secado para la prueba de humedad que se encendió unas horas antes de la ejecución de la prueba para el balanceo de la temperatura. Se utilizaron cuatro repeticiones para cada lote. Se procedió a pesar en la báscula analítica 20 semillas con su respectivo envase para cada repetición, antes que nada, se debió pesar el recipiente y su tapa antes y después del llenado (todos estos datos se los registraron en un libro de campo), luego se introdujeron en el horno que está a 120 °C durante 24 horas.



Una vez pasado las 24 horas se sacó los recipientes del horno para dejar enfriar a temperatura ambiente y una vez enfriado, pesar el contenedor y su contenido.

### **Ilustración 8.**

*Peso de la semilla con el contenedor*



Se utilizó la siguiente fórmula:

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

En que:

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

#### **9.8.5. PRUEBA DE FRÍO**

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

### **Ilustración 9.**

#### *Enfriamiento de las muestras de semillas*



### **Materiales**

#### Bandejas de aluminio

- Tierra
- Arena
- Malla de alambre
- Envase de aluminio
- Balanza
- Agua destilada
- Probeta
- Papel de aluminio

### **Equipos**

- Congelador o refrigerador a 10°C
- Invernadero

## Procedimiento

Para el sustrato se mezcla (una de tierra y una de arena) para lo cual los dos sustratos se los cirnio con la malla metálica para tener un sustrato muy fino, se midió la bandeja el largo y el ancho para sacar cuanto de arena se colocará en cada bandeja, colocar el 80 % la primera capa de sustrato 20 semillas por repetición, 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. Tapar las bandejas con papel aluminio, colocar en el refrigerador y mantener a 10°C durante 7 días, después de que hayan transcurrido los días respectivos retirar las bandejas y poner al germinador a 25° C “Por falta de espacio este proceso se realiza bajo invernadero” para el porcentaje de germinación se debe contar el número de plántulas germinadas (como en la prueba de germinación). A mayor porcentaje de germinación, mayor será el vigor de las semillas.

### Ilustración 10.

#### *Muestras para la prueba de frío etiquetadas*



Para agregar el agua según describe (Krzyzanowski et al., 1999). En 100 gr de mezcla (suelo con arena) agregar 50ml de agua dentro de un embudo sobre una probeta y dejar reposar por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo medir la cantidad que se almacena en la probeta, este valor se le resta al valor inicial de agua agregada, el resultado obtenido será la cantidad de agua a agregar.

### Ilustración 11.

*Cálculo del agua a incorporarse*



#### 9.8.6. PRUEBA DE TETRAZOLIO (PT)

La prueba del tetrazolio nos permitió obtener el resultado rápido que se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas, que catalizan las reacciones respiratorias en la mitocondria, durante la glucólisis y el ciclo de Krebs. Estas enzimas, en particular la deshidrogenasa del ácido málico, reducen la sal de tetrazolio en tejidos vivos. cuando la semilla de trigo es sumergida en la solución incolora de tetrazolio, esta se difunde a través de los tejidos, ocurriendo en las células vivas la reacción de reducción que da como resultado la formación de un compuesto rojo de los tejidos vivos, estable y no difusible de ese modo se puede distinguir de los tejidos muertos incoloros.

### Ilustración 12.

*Análisis del tetrazolio*



**Materiales**

- Solución de tetrazolio
- Vasos
- Bisturí
- Probeta
- Gotero
- Hojas de papel bon

**Equipos**

- Macroscópico
- Estufa

**Procedimiento**

Para la ejecución de la prueba se utilizaron cuatro repeticiones de 20 semillas cada una, las semillas de trigo y cebada se sometieron a un acondicionamiento previo, sumergiéndolos en agua corriente durante toda la noche (16 a 18 horas) a condiciones ambiente para la hidratación de los tejidos.

A cada semilla se le realizó con mucho cuidado un corte longitudinal completo por la parte media del embrión (con la ayuda de hidratación el corte fue más fácil) el corte longitudinal se lo ejecutó con la ayuda de un bisturí.

Luego de terminar de cortar cada semilla de forma longitudinal, se coloca solo la parte de la mitad de la semilla en cada repetición en sus respectivos vasos rotulados, se incorporó una solución acuosa de sal de Tetrazolio (Cloruro de 2, 3,5 Trifenil Tetrazolio) a una concentración del 1 %. Para la tinción, las semillas cortadas se sumergen totalmente en la solución de tetrazolio en los recipientes y se incubaron a 30 °C por 3 horas en el horno (ISTA, 2016).

Luego del período de incubación, se procedió a retirar los recipientes para luego lavar la solución de tetrazolio con agua destilada, se debe evitar la exposición a la luz directa, ya que

podría ocasionar una disminución de las sales de tetrazolio. Consultar en las normas (ISTA, 2016) las temperaturas óptimas y los tiempos de teñido para cada especie.

Las semillas se clasifican como lo siguiente:

- (A) **vivas:** embrión rojo o morado definido el teñido de color rojo, considerándose como semilla vigorosa
- (B) **Medio Vivas:** embrión rojo pálido no se define el teñido considerándose como semilla viable no vigoroso
- (C) **Muertos:** embrión sin color. Cuando el embrión no se tiñe de rojo, considerándose como semillas no viables

Para calcular el porcentaje de semillas viables se puede calcular como la siguiente manera:

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

#### ***9.8.7. PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE)***

##### **Ilustración 13.**

*Preparación de la cama*



## **Materiales**

- Rastrillo
- Estacas
- Piola
- Metro
- Regaderas
- Libro de campo
- Malla sarán
- Azadón

## **Procedimiento**

Para establecer la prueba de campo, se seleccionó un sitio adecuado donde se preparó la cama con una dimensión de 0.70cm de ancho y 7m de largo, se trazó piola de 60x60 cm por cada parcela estos fueron 7 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 0.30cm x 0.30cm.

Luego de ello se sembraron una semilla a dos centímetros de profundidad y distancia de 5 cm, entre surcos y plantas (esto representa las 20 semillas por repetición con un total de 80 semillas por tratamiento), una vez sembrada las semillas se debe cubrir la cama con la malla sarán como se muestra en la **Ilustración 13** para impedir el ingreso de aves, asegurando así la germinación de las semillas para ello también se aplicaron riegos homogéneos durante quince días de prueba, para registrar los datos se tomara en cuenta la primera semilla emergida durante 15 días consecutivos de la siembra.

### Ilustración 14.

*Cubrimiento con malla sarán*



## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 10.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN ESTÁNDAR

En este análisis se lo realizó en dos etapas, en el caso de estas semillas se realizó el primer conteo de germinación (PCG) a los 4 días y el conteo final (CFG) a los 7 días posteriores a la instalación del ensayo.

**Tabla 9.**

*Análisis de varianza (ADEVA) para la variable primer y final conteo de germinación (PCG).*

	primer conteo de germinación				segundo conteo de germinación		
	GL	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
<b>Tratamiento</b>	6	71.01	755.15	2.11e-23*	76.11	478.34	2.47e-21*
<b>Residuo</b>	3	0.094			0.15		
<b>Total</b>	27						
<b>Cv</b>		7.05%				8.9%	

**FUENTE 7:** Guaman, 2022

En la tabla 9, nos da a conocer el análisis de la prueba de germinación estándar del primer y segundo conteo de los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando



un coeficiente variación de CV= 7.05% y 8.9% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procedió a realizar una prueba tukey al 5%.

**Tabla 10.**

*Prueba de Tukey para las variables PCG y CFG al 5% de significancia*

TRATAMIENTOS	MEDIAS PCG 100%	RANGOS	MEDIAS CFG	RANGOS
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	90.86	A	90.86	A
T1(CEBADA CAÑICAPAC 2019)	80.56	B	80.98	AB
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	80.03	B	80.55	B
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	0	C	0	C
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	0	C	0	C
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	0	C	0	C
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	0	C	0	C

**FUENTE 8:** Guaman, 2022

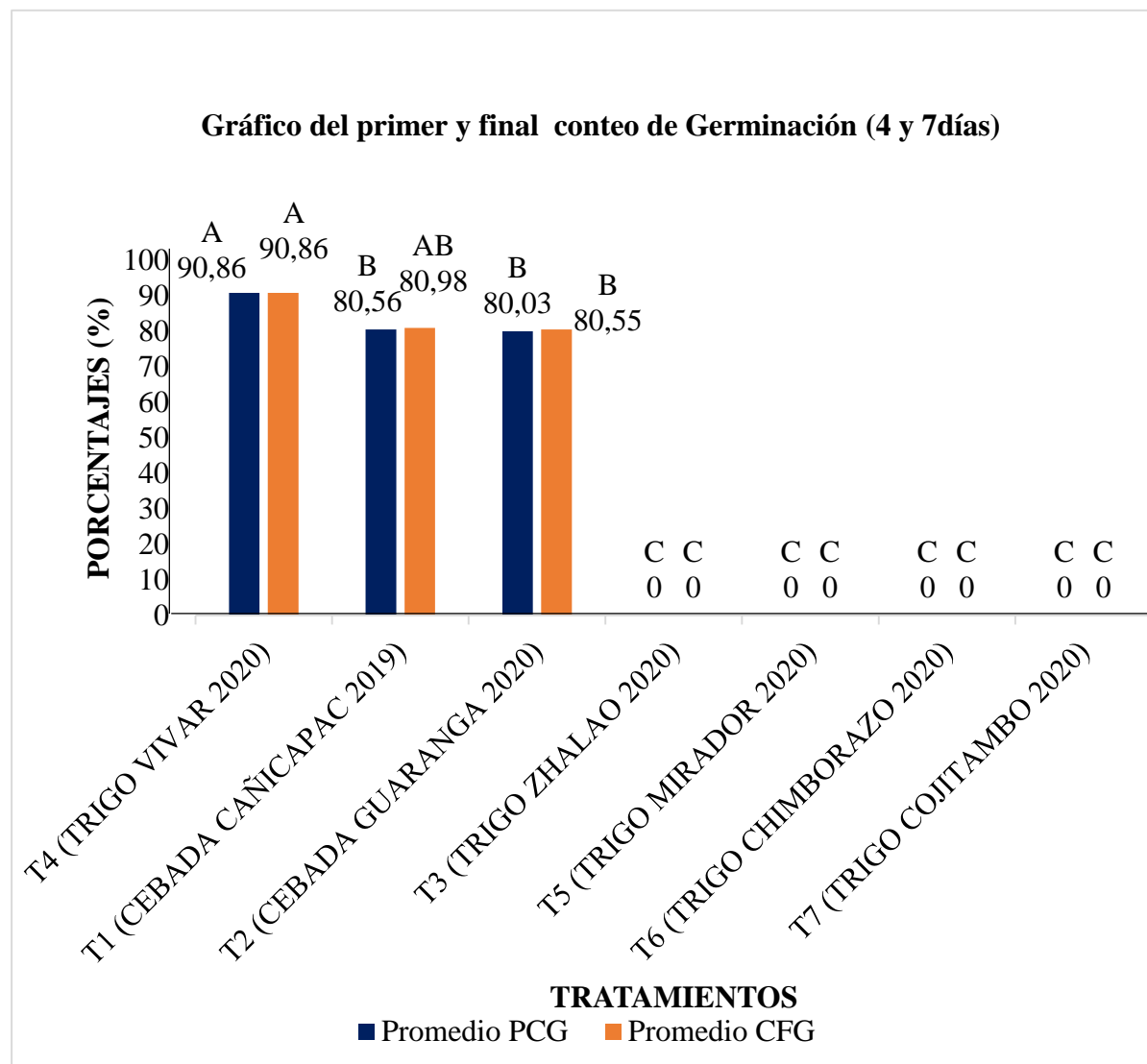
Los datos que se tomaron al cuarto día, mostraron que para el primer conteo de germinación (PCG), el tratamiento que mejor se comportó fue el T4 (trigo vivar 2020) con el 90.86% de emergencia con un rango A, mientras que los tratamientos T1 obtuvo un 80.56% y el T2 un 80.03% respectivamente. Mientras que los tratamientos T3 (trigo zhalao 2020), T5 (trigo mirador 2020, T6 (trigo chimborazo 2020) y T7 (trigo cojitambo 2020) no presentaron ningún porcentaje de germinación con un rango C.

Para la variable CFG registrada al séptimo día, se observa que el tratamiento T4 (trigo vivar 2020) mantiene su porcentaje de germinación del 90.86%, en relación a los tratamientos T1 y T2 no variaron mucho obteniendo el 80.98% y 80.55 % siendo así de buena viabilidad, y por último los tratamientos T3(trigo zhalao 2020), T5 (trigo mirador 2020), T6 (trigo chimborazo 2020) y T7 (trigo cojitambo 2020) nuevamente no presentaron ningún porcentaje de germinación. Estos resultados obtenidos nos demuestran que aun su viabilidad es muy alta, pero en condiciones controladas como fue la humedad y temperatura.

(García, 2022) Menciona que para la variable CFG registrada al séptimo día, se evidencia 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 que tuvieron 0% y 2% siendo críticos en viabilidad, y por último los tratamientos T1 y T2 también fueron limitados con 5% y 3% respectivamente. Por ende, se puede decir que mediante la prueba de germinación ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas, se cree que los años y condiciones de almacenamiento de las semillas evaluadas influyen en los resultados.

### Gráfico 1.

*Gráfico del primer y final de conteo de germinación*



**FUENTE 9:** Guaman, 2022

## 10.2. PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE $\mu\text{S}$ )

El análisis de la conductividad eléctrica se lo realizó con siete tratamientos y cuatro repeticiones, las muestras fueron en remojo en agua desionizada por un periodo de 24 horas una vez transcurrida las horas se procedió a tomar los datos.

**Tabla 11.**

*Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Conductividad Eléctrica (CE  $\mu\text{S}$ ).*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<b>TRATAMIENTO</b>	6	3469.6	578.2	5.65	1.257e-7*
<b>RESIDUO</b>	3	2147.1	102.24		
<b>TOTAL</b>	27	5616.6			
CV		25.58%			

**FUENTE 10:** Guaman, 2022

En la tabla 11 da a conocer el análisis de varianza para la variable en la conductividad eléctrica, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 25.58% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

**Tabla 12.**

*Prueba de Tukey para la variable Conductividad Eléctrica (CE  $\mu\text{S}$ ) al 5% de significancia*

Tratamientos	Medias ( $\mu\text{S}$ microsienmens)	Rangos
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	16.6	A
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	32.6	B
T2(CEBADA GUARANGA 2020)	38.3	B
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	43.5	C
T1(CEBADACAÑICAPAC 2019)	43.5	C
T6(TRIGO CHIMBORAZO 2020)	48.9	C
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	52.7	D

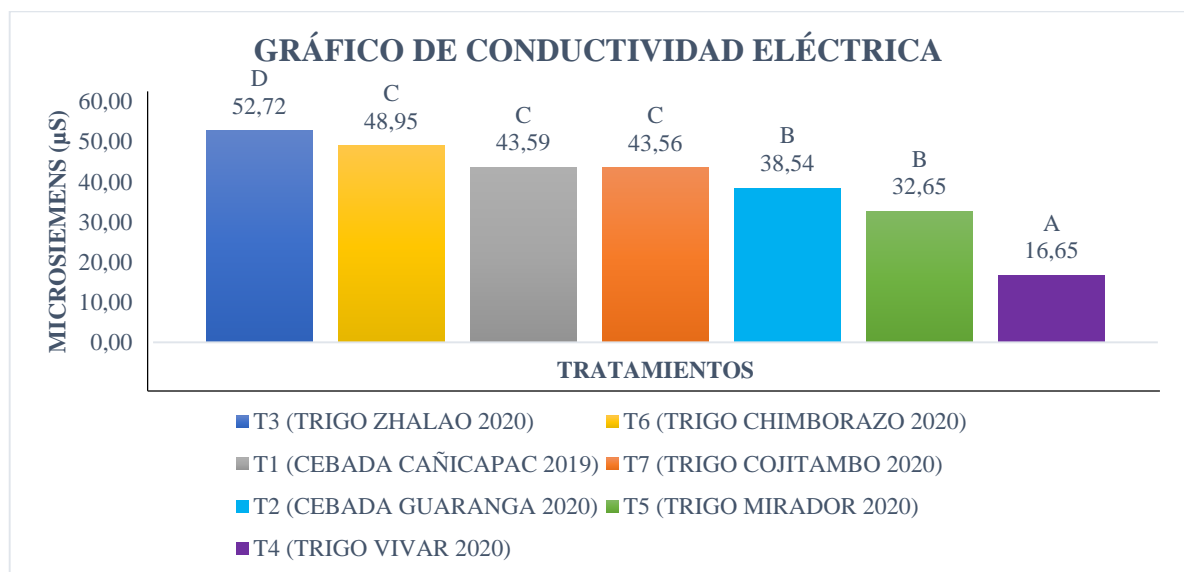
**FUENTE 11:** Guaman, 2022

Se observó en la tabla 12 que el tratamiento T4 (trigo vivar 2020) con 16.6  $\mu\text{S}$  obtiene un nivel muy bajo de iones lixiviados siendo este tratamiento el de mayor vigor con un rango A. Seguido por los tratamientos T5 (trigo mirador 2020) y T2 (cebada guaranga 2020) con 32.6 y 38.8  $\mu\text{S}$  con rango B. Mientras que los demás tratamientos presentan altas cantidades de iones lixiviados perdiendo así el vigor de las semillas, además de ello se puede evidenciar que en las anteriores pruebas los T3, T6 Y T7 no presentaron ninguna germinación.

(Unapanta, 2018) menciona que la prueba de conductividad eléctrica estima la germinación y el vigor de las semillas sobre la base de la medición de la liberación de electrolitos al medio como consecuencia del estado de integridad de las membranas celulares, las semillas deterioradas o muertas liberan al medio mayor cantidad de electrolitos que las sanas y vigorosas. Pérez y Pita (1990), acota que una mayor conductividad eléctrica indica una mayor presencia de iones (lixiviados), lo que se puede correlacionar con una menor emergencia de plántulas normales. Por ende, nuestra investigación concuerda con lo antes mencionado ya que la muestra T4 presentó porcentajes buenos de germinación previas a la investigación de conductividad que obtuvo el más bajo valor.

## Gráfico 2.

*Conductividad Eléctrica (CE  $\mu\text{S}$ )*



**FUENTE 12:** Guaman, 2022

### 10.3. 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 para envejecimiento acelerado primer conteo de germinación (EAPCG) y al séptimo día para envejecimiento acelerado final conteo de germinación (EACFG).

#### 10.3.1. Primer Conteo de Germinación de la Prueba Envejecimiento Acelerado

(FAO y AfricaSeeds, 2019) menciona que una vez sometida a germinación estándar el primer conteo de la semilla se realiza al cuarto día y séptimo día.

#### Tabla 13.

*Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de envejecimiento acelerado primer y final conteo de germinación.*

	Envejecimiento acelerado primer conteo de germinación				Envejecimiento acelerado segundo conteo de germinación		
	GL	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
<b>Tratamiento</b>	6	1.533	1.15e+32	1.29e-111*	6.449	53.09	1.74e-05*
<b>Residuo</b>	3	0			0.121		
<b>Total</b>	27						
<b>Cv</b>	0 %					20.76 %	

**FUENTE 13:** Guaman,2022

En la tabla 13 nos da a conocer el análisis de varianza de la prueba del envejecimiento acelerado, los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación del 0% y 20.76% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba de tukey al 5%.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey al 5% para las variables envejecimiento acelerado primer conteo de germinación (EAPCG) y envejecimiento acelerado conteo final de germinación (EACFG) al 5% de significancia.

TRATAMIENTOS	MEDIAS EAPC (100%)	RANGOS	MEDIAS EACFG (100%)	RANGOS
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	30.31	A	50.75	A
T1 (CEBADA CAÑICAPAC 2019)	0	B	0	B
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	0	B	0	B
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	0	B	0	B
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	0	B	0	B
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	0	B	0	B
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	0	B	0	B

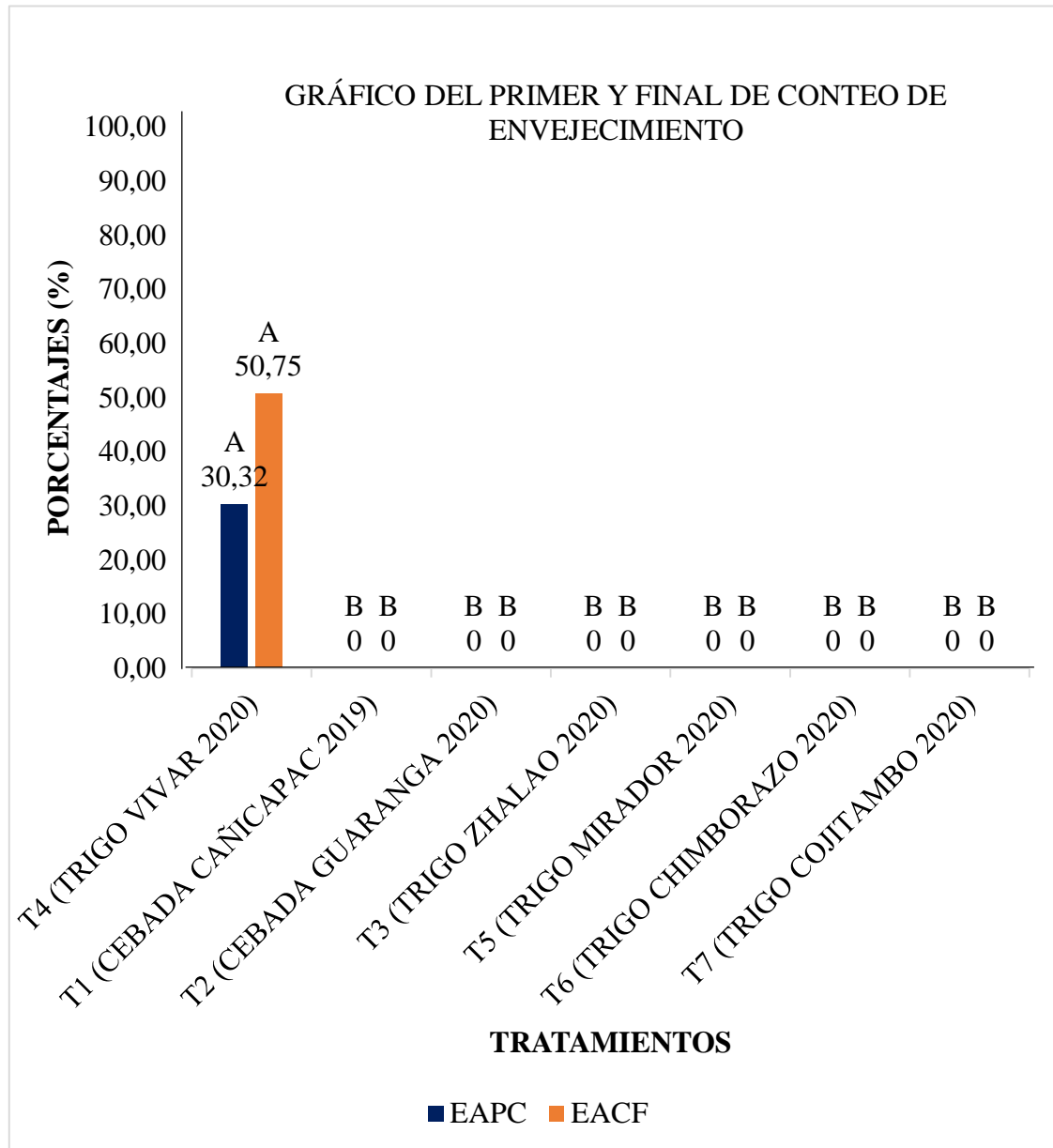
**FUENTE 14:** Guaman,2022

Para la variable envejecimiento acelerado primer conteo EAPC, el mejor tratamiento fue T4 (trigo vivar 2020) con el 3.31%, al igual la variable envejecimiento acelerado conteo final EACF sigue siendo el T4 (trigo vivar 2020) el mejor con el 5.75% ubicándose en el rango A considerando, así como de bajo vigor. mientras que los demás tratamientos son todo lo contrario T1, T2, T3, T5, T6 Y T7 poseen unas medias de 0 con un rango B, mostrando una emergencia nula.

(Aristizábal y Álvarez, 2006) señalan que las semillas con germinación superior a 80% después del envejecimiento acelerado podrían ser clasificados como de alto vigor, siendo favorable para el máximo resultado obtenido que es para T7 (Valentina) con una media (90,86%) de expresión real, con un rango A. Entre 60-80% como vigor medio, y menores de 60% como de bajo vigor.

Gráfico 3.

*Envejecimiento Acelerado primer y segundo conteo*



**FUENTE 15:** Guaman, 2022

#### 10.4. PRUEBA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

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

**Tabla 15.**

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

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMIENTO	6	909.86	151.64	4.59	3,96e-7*
RESIDUO	3	692.93	32.99		
TOTAL	27	1602.79			
CV	32.69 %				

**FUENTE 16:** Guaman, 2022

En la tabla 15 se muestran los resultados del análisis de varianza para los datos del contenido de humedad tomadas de las diferentes especies de gramíneas (cebada y trigo) analizadas. Los tratamientos nos muestran diferencias estadísticas significativas, presentando un coeficiente de variación de CV= 32.69 %. Por consiguiente, se realiza la prueba Tukey con un nivel de significación recomendado del 5%.

**Tabla 16.**

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

Tratamientos	Medias (%H)	Rangos
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	8.6	A
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	12.2	A
T1(CEBADA CAÑICAPAC 2019)	14.5	B
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	17.1	B
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	22.6	AB
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	23.5	AB
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	24.4	AB

**FUENTE 17:** Guaman, 2022

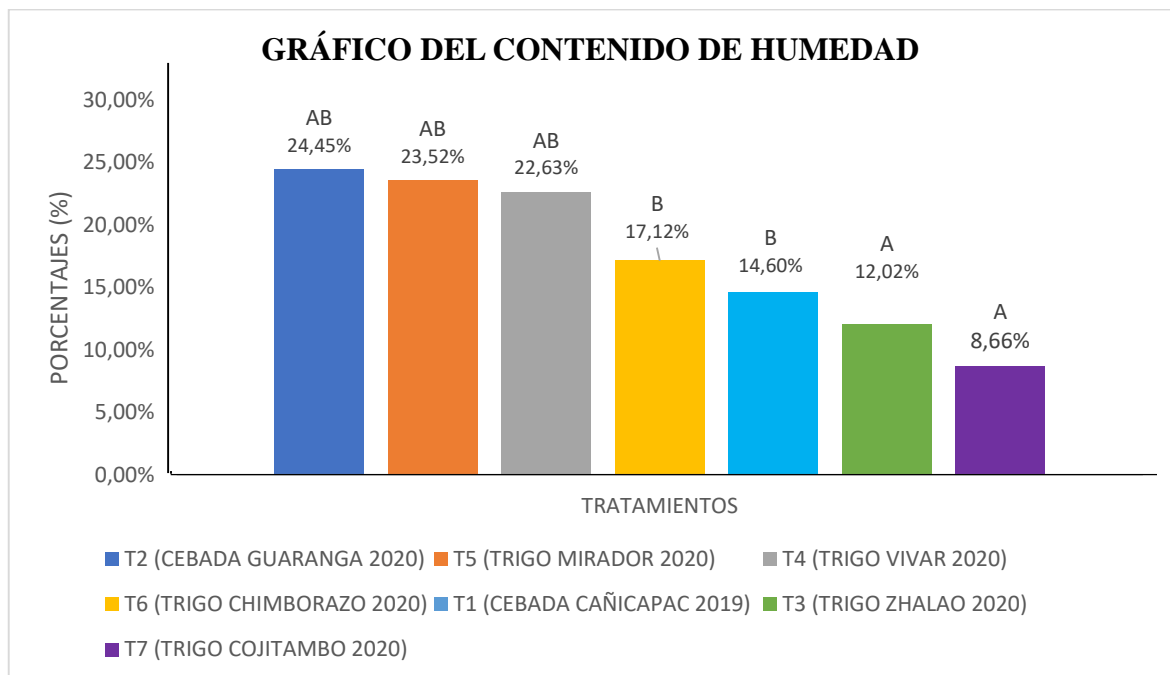


La tabla 16 presenta los resultados de la prueba tukey al 5% para las variables de las muestras de contenido de humedad de las gramíneas (cebada, trigo) analizadas. obteniendo que el tratamiento con mayor viabilidad es el T7 (trigo cojitambo 2020) con una media de 8.6 % y el T3 (trigo zhalao 2020) con una media de humedad del 12% con un rango A, ya que contienen un porcentaje de humedad adecuada para su conservación. mientras que T1 (cebada cañicapac 2019), T6 (trigo chimborazo 2020), T4 (trigo vivar 2020), T5 (trigo mirador 2020) y T2 (cebada GUARANGA2020) sobrepasa la humedad requerida para mantener su viabilidad.

La investigación es corroborada con (Guzmán y Carballo, 2017) ya menciona que los granos y semillas deben ser almacenados secando de forma artificial o por exposición directa al sol hasta que alcanzan niveles de humedad menores al 12 % de humedad si el producto es utilizado como semilla de lo contrario un alto contenido de humedad causa problemas de almacenamiento porque promueve la respiración, la germinación, hongos e insectos.

#### Gráfico 4.

*Porcentaje de Humedad de semilla (%H)*



**FUENTE 18:** Guaman 2022

### 10.5. PRUEBA DE FRÍO

Las semillas fueron sometidas a una temperatura de 10 °C en un refrigerador por un periodo de 7 días, una vez transcurrido 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 17.**

*Análisis de varianza (ADEVA) para la variable de prueba de frío conteo de germinación séptimo día.*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<b>TRATAMIENTO</b>	6	178.8	29.80	72.97	5.6954e-13*
<b>RESIDUO</b>	3	8.57	0.40		
<b>TOTAL</b>	27	187.4			
<b>CV</b>		31.46%			

**FUENTE 19.** Guaman, 2022

En la tabla 17 nos da a conocer el análisis de varianza para la variable en la prueba de frío los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 31.46% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procedió a realizar una prueba de tukey al 5%.

**Tabla 18.**

*Prueba tukey al 5% de significancia para la variable prueba de frío, séptimo día de germinación.*

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MEDIAS (100%)</b>	<b>RANGOS</b>
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	80.22	A
T1 (CEBADA CAÑICAPAC 2019)	0	B
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	0	B
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	0	B
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	0	B
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	0	B
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	0	B

**FUENTE 20.** Guaman, 2022

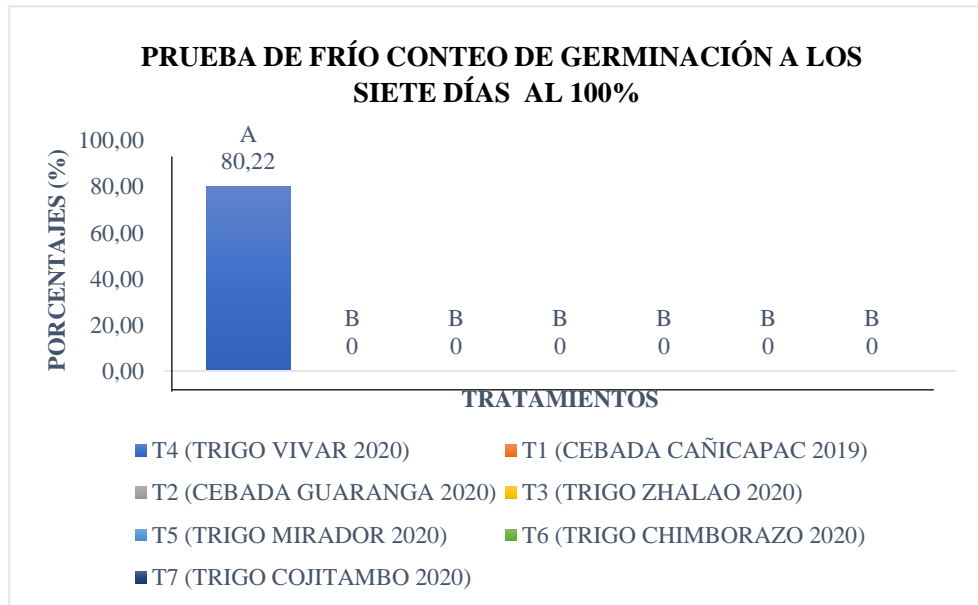
Para la variable prueba de frío registrada al séptimo día, el tratamiento que mejor vigor tuvo fue la colecta T4 (trigo vivar 2020) con una media de 80.22% de germinación, mientras que los tratamientos T1 (cebada cañicapac 2019); T2 (cebada guaranga 2020); T3 (trigo zhalao 2020); T5 (trigo mirador 2020); T6 (trigo chimborazo 2020) y T7 (trigo cojitambo 2020) no presentaron ningún porcentaje de germinación.

(Krzyzanowski et al., 1999) considero que la prueba de frío es demasiada sensible al ser aplicadas a las semillas de cualquier especie ya que se utiliza para evaluar la calidad fisiológica de las semillas en condiciones adversas (generalmente a partir de 10°C). En cuanto a los resultados de lotes, cuyos valores son similares a los de la prueba de germinación estándar, son los que tienen mayores posibilidades de germinar en diferentes condiciones de humedad y temperatura, los resultados obtenidos en esta investigación son similares a la afirmación de este autor debido a que solo se evidenció el potencial de un tratamiento como es el T4 (trigo vivar 2020) con una media de 80.22% de germinación. En cuanto a los resultados de lotes, cuyos valores son similares a las pruebas anteriores ya que el T4 tiene gran posibilidad de germinar

en diferentes condiciones de humedad y temperatura, siendo así óptimo para adaptarse a períodos de estrés a bajas y altas temperaturas teniendo el mejor rendimiento en germinación en campo.

**Gráfico 5.**

*Prueba de frío séptimo día de germinación*



**FUENTE 21:** Guamán, 2022

**11. PRUEBA DE TETRAZOLIO (TZ)**

Para la interpretación de datos en las pruebas de trigo y cebada se analizaron tres categorías donde C1 precisa de tejidos vivos, C2 débiles pero vivos esta categoría no será analizada ya que hay más muertos y C3 muertos sin teñir esta categoría no se tomará en cuenta.

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza para la Variable Tetrazolio Categoría 1 - C1 (Vigor) y C2 (Viabilidad)*

	Tetrazolio Categoría 1				Tetrazolio Categoría 2		
	GL	QM	Fc	Pr>Fc	QM	Fc	Pr>Fc
<b>Tratamiento</b>	6	56.63	321.16	1,55e-15*	9308	363.66	4.2725e-20*
<b>Residuo</b>	3	0.176			25.59		
<b>Total</b>	27						
<b>Cv</b>	10.48%						
				12.88%			

**FUENTE 22:** Guamán, 2022

En la tabla 19 nos da a conocer el análisis de varianza para la variable de tetrazolio, los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa, presentando coeficientes de variación de 10.48% y 12.88% ofreciendo la confiabilidad del experimento procediendo así a realizar una prueba de tukey al 5%.

**Tabla 20.**

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

TRATAMIENTOS	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	RANGOS
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	92.5	7.50	A
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	91.25	8.75	A
T1 (CEBADA CAÑICAPAC 2019)	88.75	11.25	A
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	0	0	B
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	0	0	B
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	0	0	B
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	0	0	B

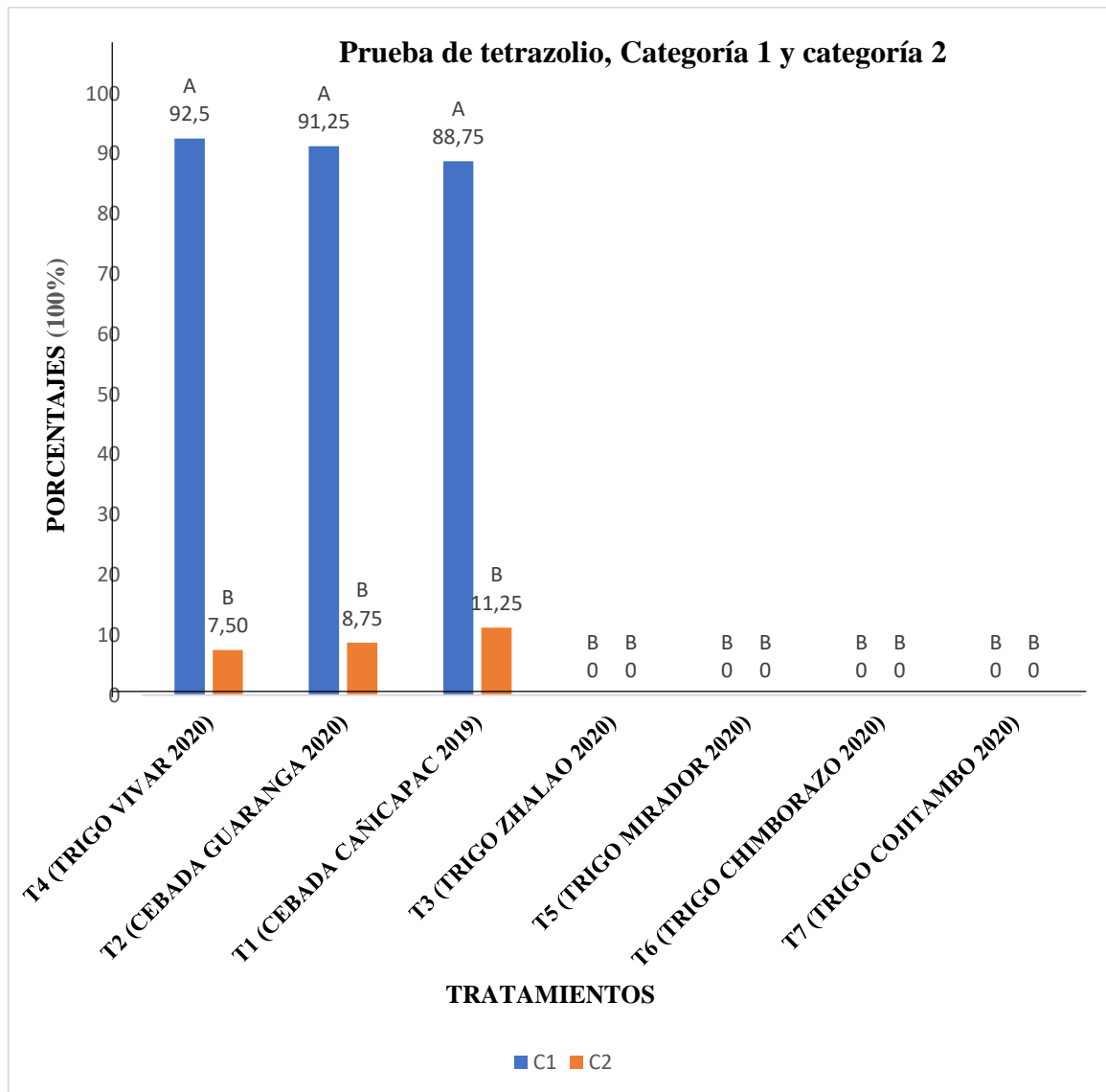
**FUENTE 23.** Guaman, 2022

La prueba de tetrazolio se analizó en dos niveles, categoría 1 semillas que presenten buenas condiciones del embrión, la categoría 2 para las semillas corresponde a semillas no viables. se observa que el T4 (trigo vivar 2020) tiene 92.5%, el T2 (cebada guaranga 2020) con 91.25% seguidamente el T1 (cebada cañicapac 2019) con 88.75% de viabilidad con un rango A, presentando así un alto porcentaje de vigor al igual que su viabilidad. En cambio, los tratamientos T3, T5, T6 y T7 con un rango B no presentan ninguna viabilidad ya que las semillas no se tiñeron de ningún color, es decir que están muertas.

En la investigación realizada por (Guartazaca, 2015) revelan que sus semillas de cebada tuvieron un porcentaje de 90,63%, lo que demuestra que la viabilidad es aceptable para esta especie. Esto concuerda con nuestro estudio donde el tratamiento T4 demuestra semillas vigorosas con 92.5%, que presenta buena condición del embrión, además de ello esta prueba tiene mucha similitud con la prueba de germinación estándar y la prueba del índice de velocidad de emergencia porque los mismos tratamientos no germinaron.

### Gráfico 6.

*Prueba de Tetrazolio Categoría 1, Categoría 2, al 100% Categoría 1 (C1 Vigor) y categoría 2 (C2 viabilidad)*



**FUENTE 24.** Guaman, 2022

### 11.1. PRUEBA DE ÍNDICE DE VELOCIDAD DE EMERGENCIA (IVE)

Esta variable fue estudiada en un espacio de terreno formando camas a la vez cubierto con mallas para evitar inconvenientes externos, con el propósito de analizar el desempeño de plántulas en condiciones de campo.

**Tabla 21.**

*Análisis de varianza (ADEVA) para la variable Índice de velocidad de emergencia (IVE)*

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
<b>TRATAMIENTO</b>	6	39.697	6.61	126.26	2.2887e-21*
<b>RESIDUO</b>	3	1.100	0.052		
<b>TOTAL</b>	27	40.797			
<b>CV</b>	11.39%				

**FUENTE 25:** Guaman, 2022

En la tabla 21 nos da a conocer el análisis de la prueba de índice de velocidad de emergencia (IVE), los tratamientos muestran diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente variación de CV= 11.39% que ofrece confiabilidad en el experimento y se procede a realizar una prueba tukey al 5%.

**Tabla 22.**

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

TRATAMIENTOS	MEDIAS (100%)	RANGOS
T1 (CEBADA CAÑICAPAC 2019)	30.62	A
T4 (TRIGO VIVAR 2020)	30.60	A
T2 (CEBADA GUARANGA 2020)	20.84	B
T3 (TRIGO ZHALAO 2020)	0	C
T5 (TRIGO MIRADOR 2020)	0	C
T6 (TRIGO CHIMBORAZO 2020)	0	C
T7 (TRIGO COJITAMBO 2020)	0	C

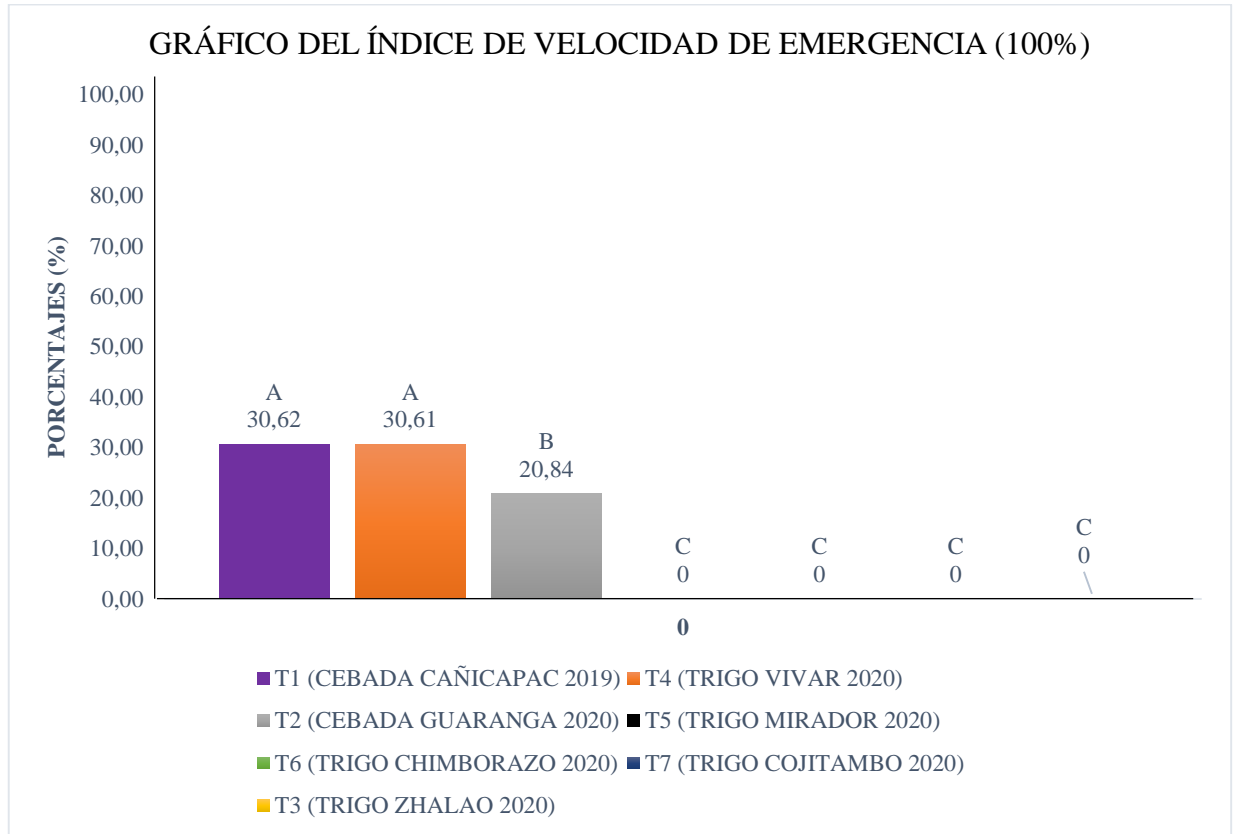
**FUENTE 26:** Guaman, 2022

Se puede evidenciar que el T1 (cebada cañicapac 2019) presentó una media de (30.62%) y el T4 (trigo vivar 2020) con una media de (30.60%) ubicándose en el rango A, demostrándose que aún se mantiene la viabilidad, pero en porcentajes bajos seguido por el T2 (cebada guaranga 2020) presentan una emergencia casi nula en campo con una media de (20.84%) con un rango B y los tratamientos T3, T5, T6 y T7 obtienen un porcentaje nulo de germinación en campo.

Si comparamos estos resultados con la prueba de germinación estándar se puede evidenciar que las semillas al estar sometidas a condiciones favorables se obtiene un alto porcentaje de germinación conservando así su viabilidad. En cambio, en esta prueba realizada al estar sometido a condiciones ambientales los resultados no fueron similares a la prueba anterior.

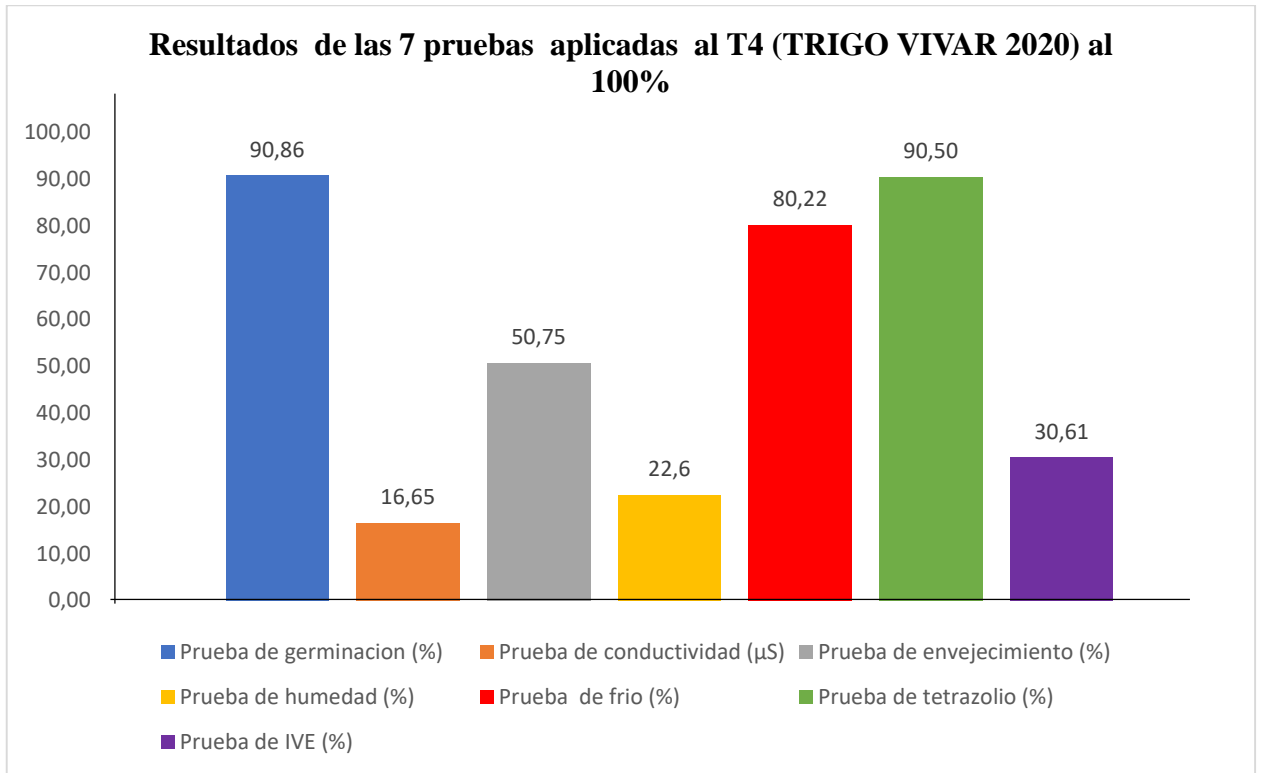
En la investigación realizado por (Omar y Richard, 2022) menciona que la variable de índice de velocidad de emergencia en amaranto, se observa el mejor el tratamiento T7 (Valentina) con una media de 4.150 (40,15%) de expresión real con un rango A en cambio los tratamientos con un bajo resultado fueron T8 (Kobaca), T1 (Zelenaya Sosulka), T2 (Bulava) con una media 1 o (0%) de expresión real, con un rango de D para los tres tratamientos.



**Gráfico 7.***Índice de Velocidad de Emergencia IVE***FUENTE 27:** Guaman, 2022

**Gráfico 8.**

*Resultados de las 7 pruebas aplicadas al T4 (TRIGO VIVAR 2020)*



**FUENTE 28:** Guaman, 2022

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 12.1. CONCLUSIONES

- Se evaluaron las siete pruebas vigor de semillas, verificando con eficiencia el desempeño fisiológico de las dos especies de cebada (*Hordeum vulgare*) y cinco de trigo (*Triticum aestivum l*).
- De los estudios realizados se pudo determinar que el T4 (trigo vivar 2020) fue el que presentó un alto desempeño fisiológico, para la prueba de germinación estándar conteo final presentó un promedio de 90.86%, en la prueba de conductividad eléctrica el T4 desprendió menor cantidad de iones lixiviados con un dato de 16.65  $\mu\text{S}$ , para envejecimiento acelerado el conteo final arrojó una media de 50.75%, así mismo para el contenido de humedad fue de 22.6%, y para el indicador de la prueba de frío registró una media de 80.22% para la prueba de tetrazolio el nivel de vigor y viabilidad presentó una media de 92.5% y por último para la prueba de índice de velocidad de emergencia indica un promedio de 30.61%, sin tener diferencias estadísticas significativas en relación a las otras líneas evaluadas.

### 12.2. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones en los diferentes sectores agrícolas con sus semillas, para que puedan conocer el tiempo de almacenamiento de este material genético.
- Ejecutar nuevos análisis de calidad fisiológica de semillas con otras especies de interés para la Universidad Técnica de Cotopaxi, ya que las semillas pierden vigor por diferentes factores internos como son: contenido de humedad, almacenamiento, genotipo y externos como (temperatura, daños físicos y mecánicos).
- la prueba de tetrazolio es una alternativa rápida y eficaz para la evaluación fisiológica de las semillas.

### 13. BIBLIOGRAFIA

- Abigail Orús. (2022, June 8). *El trigo en el mundo- Datos estadísticos*.
- Bonilla, B. (2014). Buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; Infraestructura, y equipamiento. *INGAL*.  
[https://images.engormix.com/externalFiles/6\\_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf](https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf)
- Cabezas, E. (2017). *RELACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA DEL TRIGO EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA - ECUADOR*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.
- Courtis. (2013). GERMINACIÓN DE SEMILLAS. *Cátedra de Fisiología Vegetal*, 6–8.  
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>
- Doria. (2010). GENERALIDADES SOBRE LAS SEMILLAS: SU PRODUCCION, CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85.
- FAO y AfricaSeeds. (2019). Control de calidad y certificación de semillas. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 3, 5–6.
- Farrás, I. A. T. (1990). Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. In *Calidad de semilla: que implica y cómo determinarla* (pp. 64–65).
- García, E. (2022). *EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE MAÍZ (Zea mays) DE CINCO COLECTAS (LÍNEA UTC) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE CEASA- 2022*. Universidad Técnica de Cotpaxi.
- Gómez, D., & Andino, H. (2022). “*DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FISIOLÓGICA DE CINCO GENOTIPOS DE SEMILLAS DE MAÍZ (Zea mays) EN CONDICIONES DE CAMPO Y LABORATORIO*” [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI].  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8573/1/UTC-PIM-%20000462.pdf>
- Guartazaca, C., Gabriel, B., Polo, M., & Israel, S. (2015). “*SELECCIÓN DE UNA LÍNEA PROMISORIA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE L.) BIO-FORTIFICADA, DE*

*GRANO DESCUBIERTO Y BAJO CONTENIDO EN FITATOS Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.*

- Guzmán, A., & Carballo, A. (2017). Almacenamiento y conservación de granos y semillas. *Subsecretaría de Desarrollo Rural Dirección General de Apoyos Para El Desarrollo Rural*, 5. <http://somossemilla.org/wp-content/uploads/2017/06/Almacenamiento-de-semillas.pdf>
- Hurtado, T., Urgiles, G., Eras, G., Muñoz Chamba, Encalada, C., & Quichimbo, S. (2020). Aplicabilidad de las Normas ISTA: Análisis de la calidad de semillas en especies forestales en el Sur del Ecuador. *Latindex*, 10(2), 44–45.
- Iniap. (2015). *‘Producción de semillas categoría certificada para el Proyecto Nacional de Semillas de Agroclúster Estratégicos del MAGAP’*.
- Irene Moreno, A. R. R. P. y L. I. (2001). *EL CULTIVO DEL TRIGO. ALGUNOS RESULTADO DE SU PRODUCCION EN CUBAS* (A. R. R. P. y L. I. Irene Moreno, Ed.; Vol. 22).
- ISTA. (2016a). Introducción a las Reglas ISTA Capítulos 1–7, 9. *Reglas Internacionales Para El Análisis de Las Semillas 2016*, 135–181.
- ISTA. (2016b). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas*.  
[https://vri.umayor.cl/images/ISTA\\_Rules\\_2016\\_Spanish.pdf](https://vri.umayor.cl/images/ISTA_Rules_2016_Spanish.pdf)
- Iván, S., Elisa, S., & Geri Eduardo. (2018). Metodologías para el ensayo de envejecimiento acelerado en semillas de triticale. *Agrociencia Uruguay*, 22.  
[http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482018000200001](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482018000200001)
- Juan. (2015). *AUSENCIA DE LATENCIA EN SEMILLA DE GENOTIPOS MEXICANOS DE CEBADA (Hordeum vulgare L.) PARA MALTA*.

- Krzyzanowski, C., Vieira, R., & Franca, J. (1999). *VIGOR DE SEMILLAS* (, Carlos Krzyzanowski & D. Roberval, Eds.; 1st ed.).  
 file:///C:/Users/Hp/Desktop/documentos%20importantes%20de%20la%20evolucion%20%20comunitaria/doc%20de%20la%20tesis/teoria/DOCUMENTOS%20BASE%20DE%20LA%20TESIS/Vigor%20de%20sementes%20KRZ%20completo.pdf
- López, G., Torres, R., Saldivar, L., Reyes, V., & Arguello, M. (2016). *Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas*. 131–132.
- Lucila. (2016). *DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA INDIVIDUAL PARA DETERMINAR LA CALIDAD EN SEMILLAS DE CEBADA*. [UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO].  
<https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/19064/RASADORE.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- 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>
- Omar y Richard. (2022). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE AGRONOMÍA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Título: Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de*.
- Pullas Edgar. (2017). *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS CARRERA DE ECONOMÍA PROYECTO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*.

Rao, K., Hanson, J., Dullo, E., Ghosh, D., Nowell, D., & Larinde, M. (2007). *Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma*.

file:///C:/Users/Hp/Downloads/1261.pdf

Unapanta, J. (2018). *Determinación de los rangos de conductividad eléctrica, para el diagnóstico del porcentaje de germinación en maíz y fréjol*. [UNIVERSIDAD

CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15119/1/T-UCE-0004-A76-2018.pdf>

Vazquez Yanez, C., & Toledo, J. (1989). El almacenamiento de semillas en la conservación de especies vegetales. *Boletín de La Sociedad Botánica de México* , 62–63.

file:///C:/Users/Hp/Downloads/1366-

Article%20Text%20(DOC%20or%20DOCX)%20(Public%20PDF)%20-8247-2-10-20170704.pdf