

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Validación del proceso de análisis de vigor y germinación de  
semillas de maíz (Zea mays L.) en el cuarto de germinación del  
laboratorio de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana.**

Estudiante

Orlando José Morales Aldana

Asesores

Edward Moncada, Mtr.

Raúl Espinal, Ph.D.

Honduras, noviembre de 2023

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros .....	5
Índice de Anexos .....	6
Resumen .....	7
Abstract .....	8
Introducción .....	9
Materiales y Métodos .....	12
Ubicación del Estudio .....	12
Metodología .....	12
Materiales .....	12
Revisión de Literatura .....	12
Ensayos de Germinación y Vigor para comparación de ambientes .....	13
Tratamientos y Variables .....	13
Diseño experimental y Análisis Estadístico .....	14
Elaboración de Hojas de Control .....	14
Resultados y Discusión .....	15
Vigor .....	15
Resultados sobre Vigor .....	16
Caseta de Germinación .....	16
Cuarto de Germinación .....	16
Cámara de Germinación .....	17
Germinación .....	18
Resultados de Germinación .....	19
Caseta de Germinación .....	19
Cuarto de Germinación .....	20

Cámara de Germinación .....	20
Anormales .....	21
Resultados de Anormales .....	22
Caseta de Germinación .....	22
Cuarto de Germinación.....	23
Cámara de Germinación .....	23
Semillas Muertas.....	24
Resultado de semillas muertas.....	25
Conclusiones .....	27
Recomendaciones.....	28
Referencias.....	29
Anexos .....	34

### Índice de Cuadros

Cuadro 1	Parámetros utilizados en ambientes de germinación evaluados.....	13
Cuadro 2	Evaluación de vigor para tres ambientes de germinación.....	16
Cuadro 3	Evaluación de germinación para tres ambientes de germinación.....	19
Cuadro 4	Evaluación de plantas anormales para tres ambientes de germinación.....	22
Cuadro 5	Evaluación de semillas muertas para tres ambientes de germinación. ....	25

## Índice de Anexos

**Anexo A** Resultados de separación de medias (DUNCAN) para diferentes ambientes de germinación.

..... 34

### Resumen

En este estudio se validó el proceso de análisis de vigor y germinación en el cuarto de germinación del laboratorio de semillas Zamorano. Se realizó una revisión de literatura para definir la metodología y parámetros para los ensayos de germinación y vigor en el ambiente denominado cámara de germinación. Se compararon los resultados de vigor y germinación del cuarto versus caseta de germinación y cámara de germinación. Los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes entornos analizados. Se destacó la similitud estadística entre el cuarto de germinación y la caseta de germinación, ambos evidenciando un rendimiento superior en comparación con la cámara de germinación, que presentó un porcentaje de germinación inferior. Se recomienda la estandarización de las pruebas germinativas para mejorar la calidad y el rendimiento de las semillas, con el fin de promover una mayor fiabilidad en los procesos de evaluación.

*Palabras Clave:* Ambientes de germinación, Humedad Relativa, Semilla, Temperatura, Variabilidad.

### **Abstract**

This study validated the vigor and germination analysis process in the germination room of the Zamorano seed laboratory. A literature review was conducted to define the methodology and parameters for germination and vigor tests in the germination chamber environment. The results of vigor and germination in the germination room versus germination house and germination chamber were compared. Control sheets were prepared for the germination environments evaluated. The results revealed statistically significant differences between the different environments tested. The statistical similarity between the germination room and the germination house was highlighted, both showing a superior performance compared to the germination chamber, which presented a lower germination percentage. The standardization of germination tests is recommended to improve seed quality and yield, in order to promote greater reliability in the evaluation processes.

*Key words:* Germination environments, Relative humidity, Seed, Temperature, Variability.

## Introducción

Las semillas constituyen recursos de interés mundial al representar la fuente de material genético que sostiene la alimentación mundial, siendo estas el repositorio de las especies, variedades y mejoras genéticas en las plantas consumidas por el hombre (Vázquez López, 2021). Dicha importancia se encuentra en aumento, producto del crecimiento poblacional y la crisis climática, esto se refleja en el valor del mercado mundial de semillas que en el año 2014 cotizó en 52 mil millones de dólares cuyo crecimiento se generó principalmente por las semillas genéticamente modificadas (Propato y Mercantante, 2018). Este comportamiento no es ajeno a la región latinoamericana en donde el sector semillero tiene un desarrollo pujante por desarrollo biotecnológico y la adopción de medidas gubernamentales destinadas a la promoción del uso de semillas mejoradas para incrementar la producción nacional de alimentos (Arenas et al., 2015).

Estas tendencias al alza en el mercado de semillas promueven el uso de materiales, técnicas y análisis en la cadena productiva que buscan determinar los efectos del procesamiento sobre el material vegetal para generar medidas que optimicen la calidad y el rendimiento de semillas en campo, entre ellas se encuentran las pruebas de germinación las cuales son aplicadas en la industria para la evaluación fisiológica de la semilla. Actualmente, en la producción de semilla se hace hincapié en la medición de parámetros como el vigor y germinación (García-López et al., 2009). En términos fisiológicos, la germinación se define como el paso del estado de quiescencia al estado de vida activa de una planta, durante esta transición se involucran diversas rutas metabólicas presentes en la semilla, generalmente, una semilla se considera como germinada cuando la radícula es visible (Rodríguez Servín et al., 2010). La prueba de germinación señala que la germinación está determinada por la emergencia y desarrollo de la plántula en donde el aspecto estructural es considerado como un parámetro de interés, esta prueba clasifica las semillas en plántulas normales y sin germinar (Gómez Díaz, 2017).

El concepto de calidad en la industria no se limita solo a la capacidad de germinación de las semillas, pues si bien esta proporciona la cantidad de plantas emergidas en campo no brinda información sobre la respuesta genética, fisiológica o morfológica que se tendrá en términos de desempeño en campo, las pruebas de germinación por su naturaleza no son capaces de encontrar diferencias entre la calidad de semillas en lotes similares, mientras que el análisis de vigor, dada su naturaleza y variables evaluadas, muestra mayor sensibilidad. Considerando lo anterior, el vigor se puede definir como el conjunto de propiedades determinantes de la actividad y desempeño de semillas germinables en un rango amplio de condiciones ambientales (Navarro et al., 2015). Esencialmente, la prueba de vigor proporciona una visión integrada de la calidad. En el caso del análisis de este parámetro de calidad, las semillas con mayor vigor son aquellas que presentan las mejores expresiones de un conjunto de características previamente identificadas. Actualmente, la Asociación Internacional para el Análisis de Semillas (ISTA) proporciona algunos protocolos de pruebas (Navarro et al., 2012).

El aseguramiento de la calidad en torno a las semillas se centra fundamentalmente en las pruebas de vigor y germinación. Justamente en eso reside la importancia en el análisis y comprobación de metodologías, ambientes y factores que incurren en la realización de estas pruebas, puesto que al ser las semillas entes biológicos existen diversos factores que influyen en la germinación y el vigor, como la humedad del sustrato, luz, temperatura, oxígeno y dióxido de carbono, de los cuales la humedad y temperatura son los factores determinantes en el proceso germinativo (Caroca et al., 2016). Dichos parámetros varían con respecto a los entornos de pruebas, siendo algunos ambientes estandarizables a temperaturas y humedades específicas, recomendadas por entidades como la Asociación Internacional para el Análisis de Semillas, en contraposición a otros ambientes en los cuales el control de las variables ambientales es más difícil. Actualmente, el laboratorio de semillas Zamorano posee diversos ambientes para los ensayos de germinación y vigor, como cuartos de germinación, casetas de germinación y cámara de germinación. Dada la importancia de los ensayos que se realizan

en ellos, es necesario comprobar la variación que se genera en esos ambientes para propiciar la estandarización de las pruebas germinativas. Basado en la situación anteriormente expuesta, se establecen los siguientes objetivos para analizar las diversas áreas de ensayos para germinación y vigor en el laboratorio de semillas de la Universidad Zamorano:

Definir la metodología y parámetros para los ensayos de germinación y vigor en el ambiente denominado cámara de germinación mediante revisión de literatura.

Realizar análisis comparativos entre los resultados de vigor y germinación del cuarto versus caseta de germinación y cámara de germinación. (diseño experimental)

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del Estudio**

La investigación se realizó en el laboratorio de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, situado en el Km 30 de la carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaire, Municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

### **Metodología**

El estudio se dividió en tres etapas que corresponden con los objetivos establecidos. Estas etapas incluyen ensayos de germinación y vigor, revisión de literatura y elaboración de hojas de control específicas para los entornos de pruebas del laboratorio de semillas.

### **Materiales**

Homogeneizador eléctrico o manual

Cámara de germinación

Caseta de germinación (ambiente)

Cuarto de germinación

Arena esterilizada

Pala

Tacho / pala pequeña

Cajas de plástico (35 \* 35 cm)

Regadera con boquilla de aspersor

Guantes

Marcador y etiquetas

Bolsa plástica

### **Revisión de Literatura**

Se consultaron diversas fuentes bibliográficas con énfasis en documentos y publicaciones técnicas sobre las metodologías para la realización de los ensayos de germinación y vigor,

principalmente aquellos propios o relacionados con la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA). Con ello, se definió el marco metodológico y los parámetros de temperatura y humedad aplicados a las pruebas fisiológicas realizadas en el cuarto de germinación.

### ***Ensayos de Germinación y Vigor para comparación de ambientes***

Para los ensayos fisiológicos (vigor y germinación), se contabilizaron 100 semillas mediante un contador de semillas. Estas se colocaron en bandejas de germinación en las cuales previamente se añadió una pulgada de arena tamizada, la cual fungió como medio de germinación. Luego se añadieron a las bandejas otra pulgada de arena y se humedeció para posteriormente ser llevadas a los diferentes ambientes evaluados. Cada unidad del ensayo fue identificada con código de muestra, fecha de siembra y fecha de análisis. Las muestras se examinaron en intervalos de dos días en el caso de las casetas de germinación y para la cámara de germinación se realizó cada día.

A continuación, en el Cuadro 1 se muestran los parámetros ambientales aplicados en las pruebas de germinación y vigor según el ambiente evaluado.

### **Cuadro 1**

#### *Parámetros utilizados en ambientes de germinación evaluados*

Ambiente	Temperatura °C *	Humedad Relativa %
Caseta de germinación	20 – 35	30 – 55
Cuarto de germinación	28	95
Cámara de germinación	25	50

*Nota.* \* valor teórico

Las lecturas se realizaron en función del parámetro fisiológico medido. Para el vigor, la medición se realizó al quinto día y para la germinación se realizó al séptimo día posterior al establecimiento de la unidad de germinación.

### **Tratamientos y Variables**

Para los experimentos se establecieron tres tratamientos, siendo estos los diferentes ambientes de germinación, cámara de germinación, cuarto de germinación y ambiente de germinación se consideraron como variables el vigor, semillas germinadas, semillas anormales y

semillas muertas.

### ***Diseño experimental y Análisis Estadístico***

El experimento fue realizado bajo el Diseño Completamente al Azar con separación de medias Duncan, evaluando los parámetros fisiológicos de germinación y vigor. En el caso de la germinación, se dividió en semillas normales (germinadas), semillas anormales y semillas muertas con el fin de determinar si existen diferencias significativas entre los ambientes de germinación evaluados, así como el mejor tratamiento en la prueba de medias. El análisis estadístico se realizó con el software del programa SAS© versión 9.6.

### ***Elaboración de Hojas de Control***

Se consultó literatura sobre los criterios mínimos para realizar el control sobre los procesos involucrados en las pruebas de germinación y vigor. Para ello, se analizaron las diferentes etapas que conforman el ensayo, en donde se identificaron los parámetros a controlar durante los procesos de evaluación. En base a ello, se elaboraron hojas de control específicas para los tres ambientes de germinación.

Cada hoja de control elaborada consideró las características específicas de cada ambiente definidas en el proceso que deben ser controladas con el fin de proporcionar estandarización en los ensayos de vigor y germinación realizados en el laboratorio de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana.

## Resultados y Discusión

### Vigor

El vigor de las semillas de maíz es un factor crucial debido a su impacto directo en la germinación y el desarrollo inicial de las plantas. Este vigor puede verse afectado por una variedad de factores, incluyendo el almacenamiento prolongado, las condiciones ambientales y la presencia de patógenos, lo que puede tener un impacto significativo en la productividad y la eficiencia de los cultivos de maíz (Herrera et al., 1992). Dada la importancia cultural y económica del maíz en muchos países, su rendimiento puede verse seriamente afectado por la calidad y el vigor de las semillas utilizadas.

En México, se ha investigado el uso de osmoa condicionamiento de semillas de maíz para aumentar su vigor y mejorar la germinación y el desarrollo inicial de las plantas, especialmente en condiciones adversas provocadas por malezas, fitopatógenos y condiciones ambientales adversas (Joya Dávila et al., 2021). Además, el vigor de las semillas de maíz puede influir en la rapidez y uniformidad de la germinación, lo que puede tener un impacto significativo en el rendimiento del cultivo. En relación a esto, las pruebas de envejecimiento acelerado se han recomendado para predecir el potencial de almacenamiento y emergencia en campo de las semillas de maíz (Hernández Gómez, 2015).

Por otro lado, el vigor de las semillas de maíz también puede influir en la resistencia de las plantas a las enfermedades y a las condiciones ambientales adversas. Se ha encontrado que las semillas de maíz con mayor vigor pueden tener una mayor resistencia a la pudrición de la mazorca causada por hongos del género *Fusarium* (Rojas-Badía et al., 2020). Por lo tanto, el vigor de las semillas de maíz es de gran importancia debido a su influencia en la germinación, el desarrollo inicial de las plantas, la resistencia a las enfermedades y las condiciones ambientales adversas, y el rendimiento del cultivo. Es esencial realizar pruebas y evaluaciones de vigor para garantizar la calidad y la eficiencia de los cultivos de maíz (Chacón Rubio, 2018).

## Resultados sobre Vigor

Los resultados de vigor generados en los diferentes ambientes de germinación, presentados en el Cuadro 2, fueron evaluados bajo una significancia de  $P < 0.05$ . El análisis de varianza no mostró significancia con respecto al P-valor. En cuanto a la comparación múltiple de medias Duncan, esta tampoco mostró significancia entre los tratamientos, resultando estadísticamente iguales.

### Cuadro 2

*Evaluación de vigor para tres ambientes de germinación.*

Ambiente	Media $\pm$ D. E
Caseta de germinación	94.50 $\pm$ 0.90
Cuarto de germinación	94.42 $\pm$ 1.37
Cámara de germinación	93.75 $\pm$ 0.62
C.V.	0.91
P	0.1674

*Nota.* C.V.: Coeficiente de variación. D.E: Desviación estándar. P: Probabilidad.

### Caseta de Germinación

La caseta de germinación, con una temperatura fluctuante entre 20 y 35 °C y una humedad relativa del 30 al 55%, mostró una media de vigor de 94.50 con una desviación estándar de 0.90. Según Beingolea et al. (2022), la germinación de las semillas de maíz puede ocurrir en un rango de temperatura de 5 a 35°C, con el rango óptimo de vigor que se produce entre 10 y 30°C y una humedad relativa del 90%. A pesar de que la humedad en la caseta de germinación estaba por debajo del rango óptimo, la temperatura se mantenía dentro del rango óptimo, lo que podría explicar el alto vigor observado. Además, la humedad de la arena puede influir en la temperatura de la rizosfera y, por lo tanto, en el vigor y el crecimiento de las plantas de maíz (Muñoz et al., 2018). De acuerdo a Pedrero Huerta (2023) respalda la idea de que las condiciones de temperatura y humedad pueden tener un impacto significativo en la germinación y el desarrollo de las plantas.

### Cuarto de Germinación

El cuarto de germinación, con una temperatura constante de 28°C y una alta humedad del 95%, tuvo una media de vigor de 94.42 con una desviación estándar de 1.37. Según Muñoz et al.

(2018), las condiciones de temperatura y humedad pueden tener un impacto significativo en la germinación y el desarrollo de las plantas. En este ambiente, la alta humedad podría haber proporcionado un ambiente favorable para la germinación de las semillas de maíz, lo que podría haber contribuido a mantener su vigor (Pedrero Huerta, 2023). Martínez et al. (2013) indica que la temperatura puede afectar la velocidad de germinación y el porcentaje de vigor.

### ***Cámara de Germinación***

La cámara de germinación, con una temperatura constante de 25°C y una humedad del 50%, mostró una media de vigor de 93.75 con una desviación estándar de 0.62. La temperatura y la humedad son factores críticos para la germinación de las semillas y también sugiere que la humedad puede ser un factor determinante en la germinación de las semillas, y que la concentración óptima de humedad puede variar dependiendo de la especie de la semilla (Cedeño Duplaá y Palma Vera, 2016). En este ambiente, la temperatura y humedad constantes dentro de la cámara de germinación proporcionaron un ambiente estable para la germinación, lo cual contribuyó en un alto vigor observado en las semillas (López Arteaga, 1999).

De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 2, no se encontraron diferencias significativas en el vigor de las semillas de maíz entre los tres ambientes de germinación evaluados: la caseta de germinación, la cámara de germinación y el cuarto de germinación. Esto se evidencia por el hecho de que el análisis de varianza no mostró significancia con respecto al valor P, y la comparación múltiple de medias Duncan no mostró significancia entre los tratamientos, resultando estadísticamente iguales. Por lo tanto, se puede concluir que, en términos de vigor de las semillas de maíz, no hubo una diferencia estadísticamente significativa entre los tres tratamientos. Las condiciones específicas en cada ambiente, como la temperatura y la humedad, podrían haber afectado los resultados, pero no de manera significativa para alterar el vigor de las semillas.

## Germinación

La germinación constituye un proceso biológico fundamental en la ontogenia de las plantas superiores, en el cual una semilla, bajo condiciones ambientales óptimas, desencadena una secuencia precisa de eventos fisiológicos. Este proceso crucial se ve influenciado por la presencia de factores ambientales críticos, como la disponibilidad de agua, oxígeno y una temperatura adecuada. Durante la germinación, la absorción hídrica provoca la imbibición y ruptura de la cubierta seminal. En consecuencia, se observa la emergencia de la radícula, la cual exhibe geotropismo positivo en su trayectoria descendente, buscando anclaje y nutrición en el suelo, mientras que el epicótilo, encargado de la fotosíntesis, emerge y muestra fototropismo positivo al dirigirse hacia la fuente lumínica (Rangel-Fajardo et al., 2019).

En el contexto específico del maíz, se destacan diversos indicadores fisiológicos que distinguen una plántula normal durante el proceso de germinación. De acuerdo con Hernández Montaña (2016), se evalúa la vitalidad de las plántulas a los 5 días y la tasa de germinación completa a los 7 días en variedades de maíz. Para este propósito, se implementan pruebas de germinación en suelo cubierto dentro de un invernadero, utilizando 100 semillas por repetición. En el marco de este estudio, las semillas fueron dispuestas en bandejas específicas.

Las plántulas de maíz en su estado normal se distinguen por su raíz primaria robusta y recta, un tallo verde y la incipiente expansión foliar. La viabilidad de la germinación de las semillas de maíz puede verse directamente afectada por la calidad intrínseca de las mismas. Se ha observado que las semillas de maíz con un vigor elevado contribuyen significativamente al establecimiento óptimo de las plantas, lo cual puede redundar en un incremento sustancial de la productividad, como señalan (Moreira et al., 2020).

Conforme el desarrollo de la plántula de maíz progresa, se observa el despliegue gradual de las hojas (Rangel-Fajardo et al., 2019). La morfología y el desarrollo de la plántula están sujetos a la influencia de varios factores, entre ellos la calidad de la semilla y las condiciones ambientales, los

cuales pueden ejercer un efecto adverso sobre el crecimiento óptimo de las plántulas de maíz (Grefa, 2021).

### Resultados de Germinación

Los resultados de germinación presentados en el Cuadro 3 fueron sometidos a un análisis de varianza con una significancia estadística establecida en ( $P < 0.05$ ). Este análisis reveló una significancia significativa con respecto al valor P, lo que indica la presencia de diferencias notables entre algunos de los tratamientos evaluados. Del mismo modo, la comparación múltiple de medias Duncan también demostró la presencia de diferencias significativas entre los diversos tratamientos analizados.

### Cuadro 3

*Evaluación de germinación para tres ambientes de germinación.*

Ambiente	Media $\pm$ D. E
Caseta de germinación	96.33 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>
Cuarto de germinación	96.00 $\pm$ 1.41 <sup>a</sup>
Cámara de germinación	94.83 $\pm$ 0.83 <sup>b</sup>
C.V.	1.20

Nota. a-b-c Medias seguidas de letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). C.V.: Coeficiente de variación.

D.E: Desviación estándar

### **Caseta de Germinación**

En la caseta de germinación, se observó una media de germinación del 95.33, con una desviación estándar de 1.15. Aunque la humedad en la caseta estuvo por debajo del rango óptimo, la temperatura se mantuvo dentro del margen adecuado, lo que posiblemente explique el elevado índice de germinación observado. De acuerdo Asborn et al. (1995), la germinación de las semillas de maíz ocurre en un rango de temperatura de 5 a 35 °C, con un punto óptimo de germinación y una humedad relativa del 90%. Además Según Hilmig y Méndez (2011), sugieren que los mayores porcentajes de germinación se alcanzan a una temperatura alterna de 25/30 °C.

Estos hallazgos sugieren que la variación de temperatura en la caseta de germinación pudo favorecer la germinación de las semillas. La presencia de arena como medio de cultivo podría haber influido positivamente en este proceso, ya que su alta capacidad de drenaje habría evitado el

estancamiento de agua y, en consecuencia, la asfixia de las semillas. La arena proporciona un sustrato propicio para la penetración de las raíces durante la germinación (Vera Aviles et al., 2023).

#### ***Cuarto de Germinación***

En el cuarto de germinación, se mantuvo una temperatura constante de 28 °C y una alta humedad del 95%, lo que condujo a una media de germinación del 96.00 y una desviación estándar de 1.41. Tanto la temperatura como la humedad se mantuvieron dentro del rango óptimo para la germinación de las semillas, según el estudio de Hossne et al. (2018) indica por que el elevado índice de germinación observado. Además, el uso de arena como sustrato demostró resultar en el segundo mayor porcentaje de germinación, tal como se indicó en la investigación de Hilmig y Méndez (2011).

En el caso del cuarto de germinación, al igual que en los otros entornos, la arena como medio de cultivo permitió una adecuada circulación de agua y un espacio físico óptimo para el desarrollo de las raíces durante la germinación (Vera Aviles et al., 2023).

#### ***Cámara de Germinación***

La cámara de germinación se mantuvo a una temperatura constante de 25 °C y una humedad del 50%, lo que resultó en una media de germinación de 94.83 y una desviación estándar de 0.83. Si bien la humedad en la cámara estuvo por debajo del rango óptimo, la temperatura constante habría proporcionado un entorno estable para la germinación de las semillas. Por otro lado, el uso de riego uniforme mantuvo una humedad uniforme en el sustrato, lo que demostró favorecer la germinación de las semillas, según lo afirmado por Lluglla (2020).

De manera similar al caso de la caseta, la arena como medio de cultivo en la cámara habría permitido una adecuada circulación de agua y un espacio físico óptimo para el desarrollo de las raíces durante la germinación (Vera Aviles et al., 2023).

De acuerdo con los resultados presentados en el Cuadro 3, se observa que la caseta de germinación y el cuarto de germinación muestran una similitud estadística, con una diferencia significativa en comparación con la cámara de germinación, la cual registra un porcentaje inferior de

germinación. De este modo, se puede inferir que tanto la caseta de germinación como el cuarto de germinación son igualmente apropiados para el proceso de germinación de las semillas de maíz.

No obstante, se destaca que la caseta de germinación y el entorno de cuarto ambiente resultan ser los más propicios, dado su índice superior de germinación y su habilidad para mantener una temperatura dentro del rango óptimo para este proceso, tal como sugiere Asborn et al. (1995). Además, la presencia de arena como medio de cultivo parece haber propiciado un entorno físico propicio para la germinación de las semillas en los tres entornos evaluados.

### **Anormales**

Las plántulas anormales en semillas de maíz se caracterizan por deformaciones en la raíz y la plúmula durante la germinación. Estas deformaciones restringen su desarrollo normal en condiciones óptimas de humedad, luz y temperatura (García-López et al., 2016). Las anomalías pueden vincularse a una variedad de factores, que van desde daños físicos y contaminación por hongos hasta condiciones ambientales desfavorables durante la fase inicial de desarrollo de la semilla (Zamudio et al., 2014).

La identificación de estas plántulas irregulares implica un minucioso análisis morfológico durante la germinación. Los signos distintivos abarcan desde raíces subdesarrolladas y distorsiones en la plúmula hasta la falta de estructuras vitales para el crecimiento de la planta. Además, estas plántulas tienden a mostrar un crecimiento más lento y una vitalidad reducida en comparación con las plántulas normales (Deras Flores, 2020).

Bajo un enfoque fisiológico, las plántulas anormales manifiestan una reducida capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que repercute de manera negativa en su proceso germinativo y desarrollo subsiguiente (Chacón Rubio, 2018). Asimismo, su elevada susceptibilidad a enfermedades y a la infestación de plagas puede resultar en una tasa de mortalidad más alta en las semillas (Pérez et al., 2006).

La identificación de plántulas anómalas en semillas de maíz requiere una minuciosa evaluación de su morfología y de las características fisiológicas durante el proceso de germinación.

Estas anomalías pueden ser atribuidas a una variedad de factores, que incluyen daños físicos, infecciones fúngicas, contaminación y condiciones ambientales desfavorables durante las fases iniciales del desarrollo de la semilla. Para asegurar una germinación exitosa y el cultivo de plantas de maíz saludables, resulta fundamental el uso de semillas de alta calidad y su cultivo en entornos apropiados (Estrada, 2022).

### Resultados de Anormales

Los resultados de semillas anormales generados en los diferentes ambientes de germinación presentados en el Cuadro 4 fueron evaluados bajo una significancia de ( $P < 0.05$ ) en el análisis de varianza. Estos no mostraron significancia con respecto al P-valor. En cuanto a la comparación múltiple de medias Duncan, ampliado en el anexo 1, esta no mostró significancia entre los tratamientos, siendo estadísticamente iguales.

### Cuadro 4

*Evaluación de plantas anormales para tres ambientes de germinación.*

Ambiente	Media $\pm$ D. E
Caseta de germinación	2.33 $\pm$ 1.15
Cuarto de germinación	2.33 $\pm$ 1.07
Cámara de germinación	2.25 $\pm$ 0.62
C.V.	38.02
P	0.34

*Nota.* C.V.: Coeficiente de variación. D.E: Desviación estándar. P: Probabilidad.

### Caseta de Germinación

En la caseta de germinación, las semillas de maíz se sometieron a variaciones de temperatura entre 20 y 35°C, junto con una humedad relativa que oscilaba entre el 30 y el 55%. Según Bewley y Black (1994), las semillas de maíz que presentan una germinación prolongada tienden a producir una cantidad más significativa de plántulas anormales. A pesar de ello, los resultados de este experimento mostraron un promedio de 2.33 $\pm$  1.15a de plántulas anormales, sugiriendo que las condiciones de temperatura y humedad no tuvieron una influencia determinante en la formación de plántulas anormales. De acuerdo con Fang et al. (2023), las temperaturas extremas y la insuficiente humedad

pueden tener efectos adversos en la germinación. Por otro lado, Pérez de la Cerda et al. (2007) señalan la notable capacidad de adaptación de las semillas de maíz a diversas condiciones ambientales, lo que podría explicar la falta de un impacto significativo en la formación de plántulas anormales en este entorno particular.

#### ***Cuarto de Germinación***

En el cuarto de germinación, las semillas de maíz se expusieron a una temperatura constante de 28°C y una humedad relativa del 95%. De acuerdo con Paliwal (2001), las altas temperaturas y la falta de suministro de agua podrían ocasionar un desarrollo radical anormal y la pérdida de turgencia. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio indican un promedio de  $2.33 \pm 1.07a$  de plántulas anormales, sugiriendo que las condiciones de temperatura y humedad no influyeron significativamente en la formación de plántulas anormales. La alta humedad relativa del 95% en el cuarto de germinación podría haber promovido la absorción de agua por las semillas, lo cual es esencial para la germinación, como también menciona Curtforth et al. (1986). No obstante, la temperatura constante de 28°C podría haber sido demasiado elevada para ciertas semillas, afectando potencialmente su germinación y vigor, según los resultados previstos por RESTREPO et al. (2013).

#### ***Cámara de Germinación***

En la cámara de germinación, se mantuvo una temperatura constante de 25°C y una humedad relativa del 50%. Según Nonogaki et al. (2010), las temperaturas frías podrían resultar en la producción de plántulas anormales y potencialmente afectar la germinación de las semillas de maíz. A pesar de esta advertencia, los resultados de este estudio indicaron un promedio de  $2.25 \pm 0.62a$  de plántulas anormales, lo que sugiere que las condiciones de temperatura y humedad no ejercieron una influencia significativa en la formación de plántulas anormales. Por otro lado, la humedad relativa del 50% podría haber sido insuficiente para garantizar una absorción óptima de agua, lo que probablemente afectó la germinación y el vigor de las semillas, tal como también menciona Curtforth et al. (1986).

Los resultados del Cuadro 4 indican que no hubo diferencias significativas en la formación de

plántulas anormales entre la cámara de germinación y los otros entornos evaluados. Se observó un promedio similar de plántulas anormales en la cámara de germinación, lo que sugiere que las semillas de maíz demostraron una notable resistencia a las variaciones de temperatura y humedad. Se recomienda considerar la temperatura constante de 25°C y una humedad relativa del 50%, ya que este entorno mostró un rendimiento similar a los otros entornos evaluados, lo que indica su viabilidad para la germinación de las semillas de maíz en condiciones controladas.

### **Semillas Muertas**

Una semilla muerta de maíz se refiere a aquella que presenta una menor actividad enzimática y una disminución en la síntesis de proteínas, lo cual afecta su capacidad para llevar a cabo procesos metabólicos cruciales durante la germinación y el crecimiento (Beingolea et al., 2022). Además, la limitada capacidad de estas semillas para absorber agua y nutrientes del suelo contribuye a su incapacidad para germinar y desarrollarse plenamente (Ramos et al., 2017).

Diversos factores pueden contribuir a la muerte de las semillas de maíz. Por ejemplo, el almacenamiento prolongado puede ocasionar la pérdida de viabilidad de las semillas debido a la degradación de sus componentes celulares y la reducción de la actividad metabólica (Willan, 1991). Además, las condiciones ambientales adversas, como la escasez de humedad, la exposición a temperaturas extremas y la presencia de hongos y enfermedades, representan factores determinantes que afectan la viabilidad de las semillas de maíz (González, 2013). La presencia del hongo *Fusarium verticillioides* puede ocasionar pudrición, marchitamiento, disminución en la germinación, pudrición de raíces y tallos, así como tizón en plántulas (Uribe-Cortés et al., 2020).

Además de los factores mencionados, los aspectos genéticos también desempeñan un papel importante en la muerte de las semillas de maíz. Algunas semillas pueden presentar una predisposición genética a la muerte debido a mutaciones o alteraciones en sus genes, lo que impacta su capacidad para germinar y crecer (Mollah et al., 2018) Otro factor por considerar es el ataque de insectos, como el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*), que puede ocasionar daños significativos en

las semillas de maíz almacenadas, resultando en su muerte (Hincapié-LLaños et al., 2008).

Las razones detrás de la muerte de las semillas de maíz abarcan desde el almacenamiento prolongado, condiciones ambientales adversas y factores genéticos, hasta ataques de insectos (Arias, 2015). (Guillen de la Cruz et al., 2018)

### Resultado de semillas muertas

Los resultados de semillas muertas generados en los diferentes ambientes de germinación presentados en el Cuadro 5 fueron evaluados bajo una significancia de ( $P < 0.05$ ) en el análisis de varianza y no mostraron diferencias significativas con respecto al P-valor, lo que indica que no hay tratamientos estadísticamente diferentes. La comparación múltiple de medias Duncan mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

### Cuadro 5

*Evaluación de semillas muertas para tres ambientes de germinación.*

Ambiente	Media $\pm$ D. E
Caseta de germinación	1.33 $\pm$ 1.15 <sup>b</sup>
Cámara de germinación	2.92 $\pm$ 0.79 <sup>a</sup>
Cuarto de germinación	1.67 $\pm$ 1.3 <sup>b</sup>
C.V.	60.35

*Nota.* a-b-c Medias seguidas de letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). C.V.: Coeficiente de

variación. D.E: Desviación estándar.

En el Cuadro 5, se observa que los ambientes de germinación no tuvieron una influencia significativa en la cantidad de semillas muertas. Sin embargo, este hallazgo puede estar vinculado a diversos factores asociados con la calidad y condición de las semillas utilizadas durante el experimento. Dichas semillas provenían de un lote para condicionado de maíz, el cual incluía una variedad de semillas con daños físicos, afectadas por hongos y con presencia de impurezas (Borges y Urdaneta, 2010). Estos factores impactaron en la capacidad de germinación y vitalidad de las semillas, independientemente del entorno de germinación.

Las semillas con daño físico experimentaron una disminución en su capacidad de absorber el agua y los nutrientes esenciales para la germinación, lo que redujo su tasa de germinación (Mancera

Rico et al., 2007). Además, el daño físico las volvió más susceptibles a enfermedades y ataques de insectos, aumentando, en consecuencia, su tasa de mortalidad (Flint, 2018). ). Las semillas afectadas por hongos llegan a tener una germinación y vigor reducidos debido a la acción patogénica de los hongos, que también pueden colonizar las semillas y causar su pudrición, inhibiendo la germinación (Borges y Urdaneta, 2010). Además, los hongos pueden causar enfermedades en las plántulas emergidas, lo que puede resultar en una mayor mortalidad de las semillas. (Álvarez-Orozco et al., 2021)

En cuanto a las semillas muertas desde su recolección inicial, su presencia probablemente sea atribuible a una serie de factores, como las condiciones de estrés durante su crecimiento y desarrollo, como altas temperaturas, elevada humedad y exposición a agroquímicos (Rawson y Macpherson, 2001). Estas condiciones agotaron las reservas de las semillas para la emergencia y la germinación adecuadas, o haberlas expuesto a ataques de insectos o enfermedades.

Además, durante el proceso de siembra en la bandeja de arena, no se realizó una distinción entre las semillas de calidad óptima y las deterioradas. La selección se llevó a cabo de manera aleatoria, lo que posiblemente introdujo cierta variabilidad en los resultados del experimento. Esta variabilidad podría explicar por qué la cámara de germinación mostró el promedio más alto de semillas muertas, ya que es plausible que se hayan seleccionado más semillas muertas o de baja calidad para la germinación en este entorno.

Aunque los resultados del Cuadro 5 sugieren falta de influencia significativa de los entornos de germinación en el número de semillas muertas, es crucial tener en cuenta la calidad y condición de las semillas utilizadas en el experimento. La presencia de semillas con daño físico, afectadas por hongos y semillas muertas desde el campo ejerció un impacto notable en los resultados observados.

### **Conclusiones**

Se definieron los parámetros de temperatura y humedad relativa de, así como la metodología para llevar a cabo los ensayos de germinación y vigor en el entorno de la cámara de germinación, siguiendo las directrices establecidas por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA).

Se determino que los ambientes de caseta germinación y cuarto de germinación son estadísticamente iguales siendo significativamente diferente la cámara de germinación para el porcentaje de germinación, en el caso para la variable vigor todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

### **Recomendaciones**

Implementar el uso de luces LED de espectro completo en el cuarto de germinación, las cuales permiten un control total de la iluminación y los rayos de luz, contribuirá a proporcionar a las semillas un entorno de crecimiento óptimo y uniforme.

Instalar un deshumidificador en el cuarto de germinación que permitiría ajustar y regular la humedad, manteniéndola en niveles óptimos según las necesidades específicas. Este avance no solo optimizaría el entorno actual, sino que también facilitaría la realización de estudios y experimentos futuros.

Se recomienda realizar más investigaciones para explorar el impacto de daños físicos de la calidad de las semillas en la germinación y el vigor de las semillas de maíz.

## Referencias

Álvarez-Orozco, S., Torres-Rodríguez, D., Querales, P., Valera, R., Pacheco-Pacheco, J. D. y Gavilán B., T. (2021). Evaluación del efecto de la presencia de hongos patógenos y metabolitos secundarios sobre la germinación en tres hortalizas de hojas. *TecnoLógicas*, 24(50), e1730. <https://doi.org/10.22430/22565337.1730>

Arenas, W. C., Cardozo, C. I. y Baena, M. (2015). Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronómica*, 64(3), 239–245. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.43985>

Arias, M. (2015). *Riesgos y beneficios del cultivo en España de maíz Bt (MON810) resistente a insectos* [Doctorado]. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/601d18c7-1e70-4c9c-adde-aff7c3d32ff9/content>

Asborn, A. Aragón y H.O. Chidichimo (1995). Temperatura de la rizósfera en maíz: influencia del estado de humedad. *AgriScientia*, 12. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v12.n0.2469>

Beingolea, L., Fukushima, M., Figueroa, C. y Rojas, V. (2022). Efecto de distintas concentraciones sobre la germinación de semillas de maíz deterioradas (bajo vigor) en condiciones de laboratorio. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, 2(1), 12–19. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n1-003>

Bewley, J. D. y Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Springer Science & Business Media.

Borges, J. A. y Urdaneta, J. (2010). Efecto de Fusarium Sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de *Leucaena leucocephala* (lam.) de wit. *Agronomía Tropical*, 60, Artículo 2. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2010000200004&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0002-192X2010000200004&script=sci_arttext)

Caroca, R., Zapata, N. y Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*arachis hypogaea* l.). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(2), 94–101. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902016000200002>

Cedeño Duplaá, M. J. y Palma Vera, J. D. (2016). *Determinación de la concentración óptima de humedad para la germinación en semillas de guayacán rosado (Tabebuia rosea bertol a. Dc.)* [Ingeniería]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/286>

Chacón Rubio, M. J. (2018). *Pruebas de vigor en semillas de maíz (Zea mays L.)* [Ingeniería Agronómica]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Peru. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3468/chacon-rubio-milagros-judith.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Curtforth, H. W., SHAYKEWICH, C. F. y CHO, C. M. (1986). Effect of soil water and temperature on corn (zea mays l.) root growth during emergence. *Canadian Journal of Soil Science*, 66(1), 51–58. <https://doi.org/10.4141/cjss86-006>

Deras Flores, H. (Ed.). (2020). *Guía técnica: El Cultivo de maíz*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>

Estrada, J. (2022). *Calidad física y fisiológica en semillas de maíz raza pepitilla de la montaña baja de Guerrero: Calidad física y fisiológica en semillas de maíz raza pepitilla de la montaña baja de Guerrero* [Posgrado, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México]. [colposdigital.colpos.mx](https://colposdigital.colpos.mx)

<http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/4914>

Fang, R., Chen, X., Zhang, X. y Wang, B. (2023). Comparative transcriptome analyses shed light on the regulation of harvest duration and shelf life in sweet corn. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 163, 112188. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112188>

Flint, M. L. (2018). *Pests of the Garden and Small Farm, 3rd Edition: A Grower's Guide to Using Less Pesticide*. UCANR Publications.

García-López, J. I., Ruiz-Torres, N. A., Lira-Saldivar, R. H., Vera-Reyes, I. y Méndez-Argüello, B. (2016). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>

García-López, J. I., Ruiz-Torres, N. A., Lira-Saldivar, R. H., Vera-Reyes, I. y Méndez-Argüello, B. (2009). *Técnicas para evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de nanopartículas*. Consejo Naional De Humanidad Ciencias y Tecnologías. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/334/1/T%C3%A9cnicas%20Para%20Evaluar%20Germinaci%C3%B3n,%20Vigor%20y%20Calidad%20Fisiol%C3%B3gica%20de%20Semillas%20Sometidas%20a%20Dosis%20de%20Nanopart%C3%ADculas.pdf>

Gómez Díaz, J. M. (2017). *Análisis de pureza física y pruebas de germinación en semillas para siembra, en el laboratorio de semillas del ICA, sede Bucaramanga Santander* [Tesis]. Universidad de Pamplona, Colombia. [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1870/1/G%C3%B3mez\\_2017\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1870/1/G%C3%B3mez_2017_TG.pdf)

González, M. d. L. (2013). *Análisis del proceso agrícola y la importancia del maíz en Santa María Nativitas, Calimaya, Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58575>

Grefa, M. E. (2021). *Respuesta del maíz blanco harinoso tipo chazo a las condiciones agroclimáticas de cevallos, tungurahua, ecuador* [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/33066/1/006%20Nutricion%20Vegetal%20Grefa%20Yumbo%20Mireya.pdf>

Guillen de la Cruz, P., Velázquez-Morales, R., La Cruz-Lázaro, E. de, Márquez-Quiroz, C. y Osorio-Osorio, R. (2018). Germinación y vigor de semillas de poblaciones de maíz con diferente proporción de endospermo vítreo. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 34(2), 108–117. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902018005000304>

Hernández Gómez, A. (2015). *Efecto del deterioro en semilla de maíz (Zea mays) sobre la germinación y el vigor, bajo condiciones de laboratorio* [Licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6518/T20381%20HERN%C3%81NDEZ%20G%C3%93MEZ.%20ADOLFO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hernández Montaña, J. (2016). *Diferencias físico-fisiológicas entre mazorca grande y mazorca corta al hibridar la variedad cafime* [Ingeniería]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7976>

Herrera, J., Alizaga, R. y Sterling, F. (1992). Evaluación del vigor en semillas de maíz y su relación con el comportamiento en el campo. *Agronomía Costarricense*, 16(2), 8.

[https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v16n02\\_203.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n02_203.pdf)

Hilmig, V. y Méndez, J. R. (2011). Emergencia y Crecimiento de Plántulas Provenientes de Diferentes Lotes de Semillas de Maíz en dos Localidades del Estado Monagas, Venezuela. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 24(1). <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/76/39>

Hincapié-LLaños, C. A., Loperea-Arango, D. y Ceballos-Giraldo, M. (2008). Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Anonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Colombiana De Entomología*, 34(1), 76–82. <https://doi.org/10.25100/socolen.v34i1.9254>

Hossne, A. J., Méndez, J., Leonett, F. A., Meneses, J. E. y Gil, J. A. A. (2018). Terramecánica del desarrollo radicular del maíz. *UTCiencia*, 4(3). <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/84>

Joya Dávila, J. G., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Jiménez Núñez, S. A. d. R., Álvaro Alvarado Gaona, Á. y Espinosa-Zaragoza, S. (2021). Osmocondicionamiento de semillas de *Zea mays* con extractos vegetales para aumentar el vigor de establecimiento. *Ciencia Y Agricultura*, 18(1), 21–35. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n1.2021.12019>

Lluggla, J. E. (2020). *Desarrollo de una bebida a base de harina de caña de maíz (Zea mays) y* [Tesis de Pregrado]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30800>

López Arteaga, C. (1999). *Efecto de tres tipos de ambientes sobre la viabilidad y potencial de almacenamiento en cuatro lotes de semillas de maíz (Zea mays L.) mediante la prueba de envejecimiento acelerado* [Ingeniería]. Universidad Nacional Agraria, UNA., Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/id/eprint/1730>

Mancera Rico, A., García de los Santos, G., Carballo Carballo, A., Villaseñor Perea, C. A., Martínez Garza, Á. y Estrada Trejo, V. (2007). Calidad fisiológica y daño físico en semilla de maíz sometida a impacto *Agricultura Técnica En México*, 33(2), 125–133. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172007000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000200002)

Martínez, F. E., Miranda, D. y Magnitskiy, S. (2013). Temperatura de germinación de semillas de anón (*Annona squamosa* L.). *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 6(2), 129–139. <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i2.1971>

Mollah, M., Sánchez, C., Barría, K., Ferrán, D. y Vallester, E. (2018). Estudio del comportamiento hidrodinámico de un filtro biológico de flujo ascendente, utilizando mazorcas de maíz como material de soporte. *Revista De Iniciación Científica*, 4(1), 50–54. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1867>

Moreira, T. H., Cavalcante, A. G., Cavalcante, A. C. P., Andrade, G. A. V. de, Lima, N. J. C. y Aquino, L. A. de (2020). Efeito do vigor de sementes sobre as características fisiológicas e produtivas da soja. *Acta Iguazu*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v9i2.23489>

Muñoz, A., López-Piñeiro, A., Albarrán, A. y Ramírez, M. (2018). Influencia de la agricultura de conservación en la temperatura del suelo y su relación con las poblaciones microbianas. *Revista de Ciências Agrárias*, 32(1), 9. <https://doi.org/10.19084/rca.15639>

Navarro, M., Flebes, G. y Herrera, R. (2015). El vigor, elemento indispensable de la calidad de las semillas. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4), 447–457. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v49n4/cjas03415.pdf>

Navarro, M., Fleves, G. y Torres, V. (2012). Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. *Pastos Y Forrajes*, 35(3), 233–246. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269125186001.pdf>

Nonogaki, H., Bassel, G. W. y Bewley, J. D. (2010). Germination—Still a mystery. *Plant Science*, 179(6), 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>

Paliwal, R. L. (2001). *El Maiz en Los Tropicos: Mejoramiento Y Produccion (Coleccion FAO: Produccion Y Proteccion Vegetal)*. Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm#toc>

Pedrero Huerta, G. (2023). Desarrollo de plantas comestibles por efecto de su rizósfera como abono microbiológico para zonas de tierra poco fértil. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7226–7234. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4955](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4955)

Pérez, C., Hernández, A., González, F. V., García de los Santos, G., Carballo, A. y Vásquez, T. R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica En México*, 32, Artículo 3.

Pérez de la Cerda, F. d. J., Carballo, A., Santacruz, A., Hernández, A. y Molina, J. C. (2007). Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agricultura Técnica en México*, 33(1), 53–61. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3077277>

Propato, P. Lic. y Mercantante, E. Lic. (2018). *El mercado mundial y nacional de semillas: La concentración de la producción semillera y sus efectos*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inase\\_mercado\\_mundias\\_de\\_semillas.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inase_mercado_mundias_de_semillas.pdf)

Ramos, F., Galatro, A. y Simontacchi, M. (2017). El óxido nítrico influencia respuestas de aclimatación de plantas de maíz a deficiencia de fósforo. *Investigación Joven*, 4(2), 73. <https://revistas.unlp.edu.ar/invjov/article/view/4949>

Rangel-Fajardo, M. A., Gómez-Montiel, N., Tucuch-Haas, J. I., La Basto-Barbudo, D. D. C., Villalobos-González, A. y Buros-Díaz, J. A. (2019). Polietilenglicol 8000 para identificar maíz tolerante al estrés hídrico durante la germinación. *Agronomía Mesoamericana*, 255–266. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.34198>

Rawson, H. M. y Macpherson, H. G. (2001). *Trigo regado: Manejo del cultivo*. FAO.

RESTREPO, H., GÓMEZ, M. I., GARZÓN, A., MANRIQUE, L., ALZATE, F., LÓPEZ, J. y Rodríguez, A. (2013). Respuesta bioquímica de plántulas de maíz (Zeamays L.) a diferentes condiciones de temperaturas nocturnas. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 7, Artículo 2. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v7n2/v7n2a10.pdf>

Rodríguez Servín, J., Castro Lara, D. y Bye Boettler, R. (2010). *Protocolo de germinación de dos especies de quelites: Crotalaria pumila “Chepil” y Porophyllum ruderale var. macrocephalum “Pápalo”*. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308376/Descargable\\_1\\_Protocolo\\_germinaci\\_n.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/308376/Descargable_1_Protocolo_germinaci_n.pdf)

Rojas-Badía, M. M., Bello-González, M. A., Ríos-Rocafull, Y., Lugo-Moya, D. y Rodríguez Sánchez, J. (2020). Utilización de cepas de Bacillus como promotores de crecimiento en hortalizas comerciales. *Acta Agronómica*, 69(1), 54–60. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n1.79606>

Uribe-Cortés, T. B., Silva-Rojas, H. V., Mendoza-Onofre, L. E., Velázquez-Cruz, C. y Rebollar-

Alviter, Á. (2020). Identificación de especies de fusarium aisladas de semillas sintomáticas y asintomáticas de maíz con base en el gen tef-1 $\alpha$ . *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(1), 79. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.79>

Vázquez López, D. (2021). *Rendimiento y calidad de semillas de tomates nativos* [Tesis], Montecillo, Texcoco, estado de México. [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4672/Vazquez\\_Lopez\\_D\\_MC\\_Fisiologia\\_Vegetal\\_2021.pdf;jsessionid=6CD4E2EBC970C22BAE3EB7474AAD95C5?sequence=1](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4672/Vazquez_Lopez_D_MC_Fisiologia_Vegetal_2021.pdf;jsessionid=6CD4E2EBC970C22BAE3EB7474AAD95C5?sequence=1)

Vera Aviles, D., Orrala Icaza, M., Mendoza Hernandez, C. y Sabando Avila, F. (2023). Labranza mecanizada y fertilización del suelo: efectos sobre el comportamiento agronómico y productividad del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Revista Ciencia Y Tecnología*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.650>

Willan, R. L. (1991). *Guía para la manipulación de semillas forestales con especial referencia a los trópicos*. Estudio FAO. Montes: 20/2. FAO.

Zamudio, D., Mestanza, C. J., Dionisio, E. E., Bolo, J., D., Pilatarzi, V. Y., Ramos, C. C., Moya, M. F., Quintana, V. (Sin especificar), (Sin especificar), (Sin especificar), (Sin especificar), (Sin especificar) y (Sin especificar). (2014). *Germinación de semillas de maíz (Zea mays) inmersas en soluciones orgánicas*. <https://doi.org/10.13140/2.1.1984.4803>

## Anexos

### Anexo A

*Resultados de separación de medias (DUNCAN) para diferentes ambientes de germinación.*

#### Vigor

Grupo Duncan	Media	N	Tratamiento
A	94.50	12	Caseta de germinación
A	93.75	12	Cámara de germinación
A	94.42	12	Cuarto de germinación

#### Germinación

Grupo Duncan	Media	N	Tratamiento
A	96.34	12	Caseta de germinación
B	94.83	12	Cámara de germinación
B	96.00	12	Cuarto de germinación

#### Semillas anormales

Grupo Duncan	Media	N	Tratamiento
A	2.33	12	Caseta de germinación
A	2.25	12	Cámara de germinación
A	2.33	12	Cuarto de germinación

#### Semillas muertas

Grupo Duncan	Media	N	Tratamiento
B	1.33	12	Caseta de germinación
B	2.92	12	Cámara de germinación
A	1.67	12	Cuarto de germinación