

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



**Proyecto Especial de Graduación**

**Evaluación de la calidad de semilla de maíz (Zea mays) híbrido en sus  
tamaños menores (plano-chico, bola-chica) acondicionados en la planta  
de Procesamiento de semillas de Zamorano.**

**Estudiante**

**Ashley Arianna Reyes Pineda**

**Asesores**

**Edward Moncada MAE**

**Raúl Espinal Ph.D.**

**Honduras, noviembre 2024**

**Autoridades**

**SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO**

Rector

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA ACOSTA**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**JULIO NAVARRO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros .....	5
Resumen .....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
Materiales y Métodos .....	9
Ubicación del Estudio .....	9
Metodología .....	9
Materiales y Equipos .....	9
Muestreo .....	9
Análisis Físico .....	9
Análisis Fisiológico .....	10
Procedimiento de Muestreo .....	10
Procedimiento Para Análisis Físico .....	10
Procedimiento Para Análisis Fisiológico .....	11
Tratamientos y Variables .....	11
Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	11
Resultados y Discusión .....	13
Germinación .....	13
Datos de Germinación .....	14
Resultados sobre Germinación .....	15
Análisis Estadístico .....	15
Comparación Estadística .....	15
Tratamiento PCH .....	15
Tratamiento BCH .....	16

	4
Variabilidad en Vigor.....	16
Vigor.....	17
Factores que Contribuyen a los Daños en Semillas .....	19
Almacenamiento.....	20
Interpretación de los Datos .....	21
Conclusiones .....	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24

**Índice de Cuadros**

Cuadro 1 Resultados de germinación de semillas de maíz híbrido según tratamiento.....	14
Cuadro 2 Resultados de Vigor de Semillas de maíz híbrido por Lote. ....	17
Cuadro 3 Resumen de porcentajes de daños por lote.....	19

### Resumen

En este estudio se evaluó la calidad de la semilla de maíz híbrido (*Zea mays*) en tamaños menores, específicamente en las categorías plano-chico y bola-chica, procesadas en la planta de procesamiento de semillas de Zamorano. Se analizaron nueve lotes de semillas mediante pruebas físicas y fisiológicas, incluyendo germinación y vigor, para evaluar el impacto de estos factores en la calidad de la semilla. Los resultados indicaron que las semillas bola-chica y plano-chico tuvieron una tasa de germinación promedio que se considera aceptable para la certificación, ya que la ley específica que debe ser un mínimo de 85%. El análisis estadístico reveló que no hay una diferencia significativa entre los tamaños de semilla ( $p < 0.05$ ). Además, se observó un total del 15% de daño físico en las semillas. Estos hallazgos resaltan la importancia de mejorar los procedimientos de acondicionamiento de semillas para optimizar la calidad final de las semillas. El estudio concluyó que la calidad de las semillas no está influenciada por la forma y el manejo postcosecha, recomendando el establecimiento de protocolos para minimizar los daños durante el manejo post cosecha y el procesamiento. Esta investigación proporcionó información para mejorar la producción y el manejo de semillas de maíz, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al desarrollo agrícola en la región.

*Palabras clave:* germinación, procesamiento de semillas, tamaño de semilla.

### **Abstract**

In this study, the quality of hybrid corn seed (*Zea mays*) in smaller sizes was evaluated, specifically in the plano-chico and bola-chica categories, processed at the Zamorano seed processing plant. Nine seed lots were analyzed through physical and physiological tests, including germination and vigor, to assess the impact of these factors on seed quality. Results indicated that both bola-chica and plano-chico seeds showed average germination rates that are considered acceptable for certification, as the law specifies a minimum of 85%. Statistical analysis revealed no significant difference between seed sizes ( $p < 0.05$ ). Additionally, a total of 15% physical damage was observed in the seeds. These findings highlight the importance of improving seed conditioning procedures to optimize final seed quality. The study concluded that seed quality is not influenced by shape and post-harvest handling, recommending the establishment of protocols to minimize damage during post-harvest handling and processing. This research provided insights to improve corn seed production and management, contributing to food security and agricultural development in the region.

*Keywords:* germination, seed processing, seed size.

## Introducción

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo esencial a nivel global. Su versatilidad lo hace fundamental tanto como alimento básico para millones de personas como ingrediente clave en la industria alimentaria y de biocombustibles. Además, el maíz es un pilar de la seguridad alimentaria y un motor económico para muchos países. (En América latina se producen más de 190 millones de toneladas de maíz (Tech, 2022)).

Actualmente uno de los principales distribuidores de semillas de maíz en Honduras es Bayer AG el cual distribuye dos variedades de maíz transgénico en un convenio con la planta de semillas en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, lugar donde se llevará a cabo la investigación (Lacayo M., 2007).

Estas variedades se distribuyen en diferentes presentaciones, las cuales varían según tamaño y forma. Estas presentaciones se separan en Bola y Plano, cada uno con tres subcategorías grande, media y chica, para hacer seis presentaciones. En esta investigación se estará evaluando la efectividad de las presentaciones plano chico y bola chica.

En el contexto de la calidad de la semilla, una semilla de calidad incluye un conjunto de aspectos distintos de la biología de la semilla, como lo son: Físico (No dañado, libre de enfermedades, libre de malezas y tamaño uniforme), fisiológico (Alta germinación y vigor), genético (Pureza y potencial de rendimiento) y relacionados con la salud (libre de microorganismos) (Domergue et al., 2019)

En este estudio se definieron como objetivos evaluar la calidad de las semillas de maíz en sus tamaños menores (plano-chico, bola-chica) procesadas en la planta de acondicionamiento de semillas de Zamorano, del mismo modo se evaluaron los efectos de los daños físicos en la calidad de la semilla, la germinación y vigor de las semillas acondicionadas en sus tamaños menores y se determinó el efecto de los reprocesos y almacenamiento sobre la calidad de la semilla de maíz.

## **Materiales y Métodos**

### **Ubicación del Estudio**

El estudio se realizó en la Planta de Procesamiento de Semillas y en el Laboratorio de Semillas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada en el km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

### **Metodología**

Se evaluarán nueve lotes de semillas de maíz híbrido procedentes de la planta de procesamiento de semillas de Zamorano, los cuales anterior a su almacenamiento, fueron sometidos únicamente a los procesos de desgrane y secado.

Se realizarán un total de nueve muestreos de cada uno de los lotes de material desgranado y almacenado, para la evaluación de estos se llevaron a cabo análisis físicos y fisiológicos.

### **Materiales y Equipos**

#### ***Muestreo***

Calador manual

Muestreador SEEDBURO

Guantes

Marcador y etiquetas

Bolsas plásticas

#### ***Análisis Físico***

Homogeneizador-separador SEEDBURO

Balanza digital

Cajas plásticas

Tamiz 17/64

**Análisis Fisiológico**

Homogeneizador eléctrico o manual

Cámara de germinación

Papel para germinación

Atomizador

Marcador y etiquetas

Bolsas plásticas

Guantes

Cajas de plástico (35cm × 35cm)

Pala pequeña

Contador de semillas

Todos los procedimientos para el muestreo y análisis tanto físicos como fisiológicos empleados en el estudio son los establecidos por el laboratorio de granos y semillas de Zamorano.

**Procedimiento de Muestreo**

Se llevó a cabo un muestreo de nueve lotes de semillas en tamaños bola chica y plano chico, donde las muestras ya estaban previamente almacenadas y ordenadas en la cámara climatizada, con su respectiva etiqueta y código de lote/muestra, la fecha, el tipo de semillas, el origen, el área de muestreo y la persona que lo realizó.

**Procedimiento Para Análisis Físico**

Se verificó la limpieza y el estado adecuado de los equipos y materiales a utilizar. Se tomó una muestra de cada bolsa de lote de material desgranado que se iba a evaluar. Cada muestra se homogenizó utilizando un homogeneizador - separador SEEDBURO, luego se pesaron 250 g de semillas en una balanza digital y se pasaron por un tamizador 17/64 para eliminar las impurezas. Una vez tamizada la muestra, se procedió a separar todas las semillas que presentaban algún daño físico.

### **Procedimiento Para Análisis Fisiológico**

Para el análisis fisiológico se tomó la muestra y se colocó en un contador de semillas con capacidad de 100 semillas. Se verificó la limpieza y buen estado de la caja de germinación.

Una vez colocadas las semillas, se cubrieron con el sustrato en que se sembró. Finalmente, se identificó cada muestra con su código de muestra, fecha de muestreo, fecha de análisis, persona que realizó el análisis y se colocaron las muestras en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C y 95% HR por siete días, realizando monitoreo diario de temperatura. Se realizó lectura de vigor al quinto día y al séptimo día la lectura de germinación de la muestra.

### **Tratamientos y Variables**

Se establecieron dos tratamientos (tamaños de semillas desgranadas). El factor principal en este diseño experimental es el tamaño y forma de la semilla. Este factor tiene dos niveles que corresponden a dos tipos específicos de presentaciones de semillas: plano-chico y bola-chica. El Tratamiento 1 incluye semillas de maíz híbrido que tienen una forma plana y de menor tamaño, mientras que el Tratamiento 2 se refiere a semillas de maíz híbrido que son redondas y también de menor tamaño. Ambos tratamientos serán sometidos a las mismas condiciones experimentales para evaluar sus diferencias en calidad y desempeño.

### **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

En este estudio, el diseño experimental utilizado consistió en evaluar dos tratamientos: PCH (plano-chico) y BCH (bola-chica). Se trabajó con nueve lotes específicos de semillas acondicionadas, de los cuales se obtuvieron un total de 18 muestras. No se realizaron repeticiones, ya que se sembró una única vez para recopilar los datos necesarios. Para el análisis de los resultados, se aplicó un análisis estadístico de Chi Cuadrado, lo que permitió identificar diferencias significativas entre los tratamientos en relación con la calidad de las semillas en términos de germinación y vigor. Este análisis no solo confirma la efectividad de los tratamientos evaluados, sino que también proporciona información valiosa sobre cómo diferentes métodos de siembra pueden influir en la calidad de las

semillas. Se utilizó el programa SAS® versión 9.6 para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos; los resultados se discutieron en función de los tratamientos aplicados, destacando su importancia para futuras investigaciones y prácticas agrícolas. Se registraron los datos de vigor a los cinco días y la germinación a los siete días. Esta metodología permitió llevar a cabo un análisis estadístico robusto y detectar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Además, se realizó un análisis de Chi Cuadrado para determinar si las diferencias observadas en los porcentajes de germinación y vigor fueron estadísticamente significativas, proporcionando así una visión clara sobre cómo el tamaño y tipo de las semillas influyeron en su calidad y rendimiento. Estos hallazgos son cruciales para comprender la relación entre las características de las semillas y su desempeño, lo que puede tener implicaciones importantes para la selección de variedades y prácticas agrícolas en el futuro.

## Resultados y Discusión

Al discutir los resultados y la discusión de este estudio, es fundamental considerar las diferencias observadas entre las semillas de maíz en las categorías plano-chico y bola-chica. En primer lugar, estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre las semillas bola-chica con las semillas plano-chico. Este hallazgo sugiere que las semillas bola-chica y plano-chico no solo tienen un mejor potencial de germinación, sino que también exhiben un mayor vigor, lo que se traduce en un crecimiento más robusto y una mejor resistencia a condiciones adversas. Además, se constató un 15% en el daño físico de las semillas debido a razones como presencia de hongos, silk cut, manejo mecánico, lo que indica una mayor susceptibilidad a daños durante su manejo. Estos resultados resaltan la relevancia de seleccionar adecuadamente las semillas y de implementar prácticas de manejo postcosecha efectivas. En consecuencia, esta sección se enfocará en analizar a fondo estas observaciones, estableciendo conexiones entre la calidad de las semillas y su impacto en la productividad agrícola, así como en la sostenibilidad del cultivo en la región.

Los resultados obtenidos, donde las semillas bola-chica y plano-chica mostraron un mayor vigor y tasas de germinación, coinciden con los hallazgos de estudios previos en variedades de maíz híbrido en regiones de América Latina (Domergue et al., 2019). Estos estudios subrayan la importancia de la selección adecuada de semillas, ya que el tamaño y la forma pueden influir considerablemente en la productividad agrícola. De manera similar, investigaciones en otras regiones (Pérez, 2006) han sugerido que semillas más pequeñas tienden a ser más susceptibles a daños físicos durante el procesamiento, lo que corrobora el 15% en los daños observados en las semillas sometidas a los análisis físicos y fisiológicos.

### Germinación

Según (Rosental et al., 2014), “la germinación de la semilla se define como la serie de procesos metabólicos y morfo genéticos, que transforman el embrión en una plántula que se puede convertir en una planta adulta”. El porcentaje de germinación se considera el parámetro más importante en la

industria de las semillas; por lo tanto, tanto la germinación como la pureza varietal son características que son garantizadas por los productores de semilla. De este modo, los agricultores pueden confiar en que recibirán semillas de alta calidad que cumplirán con sus expectativas de rendimiento. Para que la germinación se realice, se necesita que la semilla tenga un embrión capaz de crecer, tener la temperatura, aireación y humedad adecuada y que se eliminen los bloques fisiológicos adquiridos durante el almacenamiento (Braga Sandoval y Roger Brayan, 2010) Durante el proceso, los daños mecánicos producen magulladuras y abrasiones que provocan un descenso en vigor y germinación, dando origen a plántulas vulnerables (Doria, 2010) Las pruebas de germinación y vigor se recomiendan implementarlas de forma paralela, para emitir veredictos integrales de la calidad fisiológica, debido a que estos dos parámetros interfieren y ayudan a definir la calidad física y fisiológica de la semilla (Pérez, 2006).

### ***Datos de Germinación***

Como se observa en el Cuadro 1, el análisis de los datos de germinación en semillas BHC y PHC muestra una comparación cercana entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas. Para la germinación en semillas BHC, se observa una frecuencia de 19.47, mientras que en las semillas PHC se reporta una frecuencia observada de 21.66. Ambas frecuencias están muy próximas a la frecuencia esperada de 20.07 para cada tipo, lo que sugiere que el comportamiento de germinación en ambos tipos de semillas es bastante similar. La pequeña variación entre los valores observados y los esperados indica que las diferencias en germinación entre los tipos de semillas son mínimas.

### **Cuadro 1**

#### *Resultados de germinación de semillas de maíz híbrido según tratamiento*

Variable	Tipo	Frecuencia Observada (O)	Frecuencia Esperada (E)	$(O - E)^2 / E$
Germinación	BHC	19.47	20.07	0.016
	PHC	21.66	20.07	0.016
Total		41.13	41.13	0.032
Chi-Cuadrado				0.1166
Grados de Libertad (df)				1

Variable	Tipo	Frecuencia Observada (O)	Frecuencia Esperada (E)	$(O - E)^2 / E$
Valor p				0.7327

Nota. Valor P: Indica la probabilidad ( $<0.05$ ).  $E = \frac{(\text{Total de la categoría}) \times (\text{Total general})}{\text{Total de todas las categorías}}$ . Chi-cuadrado: Prueba estadística que se utiliza

para determinar si hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas en uno o más grupos. PCH: Plano chico. BCH: Bola chica.

## Resultados sobre Germinación

### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de Chi Cuadrado para determinar si las diferencias observadas en los porcentajes de germinación eran estadísticamente significativas, y los resultados mostraron que no hubo una probabilidad significativa.

### Comparación Estadística

Se presenta en el Cuadro 1, que en cuanto al valor de Chi-cuadrado, el resultado es de 0.1166, un valor bajo que refleja la poca desviación entre las frecuencias observadas y las esperadas. Este valor sugiere que, estadísticamente, no hay una gran diferencia en la germinación entre las semillas BHC y PHC. La cercanía de este valor a cero indica que el comportamiento de germinación en ambos tipos de semilla podría ser considerado casi idéntico, lo cual podría estar relacionado con las características de acondicionamiento similares en la planta de procesamiento de semillas.

El análisis estadístico basado en el valor de Chi-cuadrado utiliza un grado de libertad (df) de 1, y el valor p obtenido es de 0.7327. Este valor p es significativamente mayor que el umbral común de significancia (0.05), lo que implica que no hay diferencias significativas entre las frecuencias de germinación observadas y las esperadas para ambos tipos de semillas. En otras palabras, cualquier diferencia observada en la tasa de germinación podría ser atribuida al azar, en lugar de a un efecto específico del tratamiento de acondicionamiento en la planta de procesamiento.

### Tratamiento PCH

El tratamiento PHC (plano chico) en este estudio mostró una frecuencia de germinación observada de 21.66, ligeramente superior a la frecuencia esperada de 20.07. Esta diferencia mínima

indica que, en general, el tratamiento PHC no difiere significativamente del valor esperado, lo cual sugiere que su comportamiento en términos de germinación es similar al de las semillas BHC. Al examinar el valor de Chi-cuadrado, que resulta ser bajo, se observa que la variación en la germinación del tratamiento PHC no muestra una diferencia estadísticamente significativa en relación con lo que se esperaba. Esto sugiere que, en las condiciones del estudio, el tamaño de la semilla no influye de manera significativa en la germinación.

### **Tratamiento BHC**

El tratamiento BHC (redondo chico) presentó una frecuencia de germinación observada de 19.47, que es ligeramente inferior a la frecuencia esperada de 20.07. Esta pequeña discrepancia sugiere que el comportamiento de germinación de las semillas BHC es muy similar al de las frecuencias teóricas, lo que refleja una notable estabilidad en la respuesta de este tratamiento. Los resultados indican que el tratamiento BHC mantiene una tasa de germinación que se alinea con las expectativas, lo que resalta su viabilidad en comparación con el tratamiento PHC. Esto sugiere que ambos tipos de semilla podrían ser igualmente efectivos para la germinación bajo las condiciones experimentales del presente estudio.

A continuación, se presentan los resultados de vigor de las semillas de maíz híbrido, donde se muestran los resultados sobre el Chi Cuadrado para cada tratamiento, así como el valor de significancia estadística ( $Pr < F$ ), que indica la relación entre las variaciones observadas en los tratamientos.

### **Variabilidad en Vigor**

Como se observa en el Cuadro 2, al observar los datos de vigor, el tratamiento BHC presenta una frecuencia observada de 68.82, ligeramente mayor a la frecuencia esperada de 63.94, mientras que el tratamiento PHC muestra una frecuencia observada de 59.06, que es apenas menor a la esperada de 63.94.

## Cuadro 2

### Resultados de Vigor de Semillas de maíz híbrido por Lote.

Variable	Tipo	Frecuencia Observada (O)	Frecuencia Esperada (E)	$(O - E)^2 / E$
Vigor	BHC	68.82	63.94	0.44
	PHC	59.06	63.94	0.44
Total		127.88	127.88	0.88
Chi-Cuadrado				0.7461
Grados de Libertad (df)				1
Valor p				0.3877

Nota. Valor P: Indica la probabilidad (<0.05).  $E = \frac{(\text{Total de la categoría}) \times (\text{Total general})}{\text{Total de todas las categorías}}$ . Chi-cuadrado: Prueba estadística que se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas en uno o más grupos. PCH: Plano chico. BCH: Bola chica.

La similitud entre las frecuencias observadas y esperadas en ambos tratamientos indica que la variabilidad en vigor es baja y no parece influir de manera significativa entre los tamaños BHC y PHC.

El valor de Chi-cuadrado obtenido es de 0.7461, lo cual refleja una variación leve y no significativa entre los tratamientos. Este resultado se ve respaldado por un valor p de 0.3877, superior al nivel de significancia común de 0.05, lo que sugiere que la variabilidad observada en el vigor puede atribuirse al azar y no a diferencias significativas entre los tamaños de semilla. En otras palabras, no se observa una variabilidad importante en el vigor debido al tipo de semilla en este estudio.

### Vigor

El vigor es un factor clave que influye en la duración de las semillas durante su almacenamiento. Esta característica, que tiene un origen genético en la planta madre, se ve afectada por diversos factores externos, como la nutrición de la planta, los daños mecánicos sufridos durante la cosecha, así como el procesamiento y las condiciones de almacenamiento (Gutiérrez 2007). El vigor no se limita a ser una propiedad cuantificable; incluye múltiples aspectos que impactan el rendimiento de los lotes, la rapidez y uniformidad en la germinación, así como el desarrollo de las plántulas. Se entiende también como la capacidad de las semillas para mantener su potencial de germinación (International Safe Transit Association [ISTA], 2016). Las semillas con alto vigor tienden a conservarse

por más tiempo, germinan más rápidamente y son más resistentes a condiciones desfavorables durante la germinación (Rodríguez, 2008), lo que les otorga un mayor potencial de almacenamiento.

En la planta de semillas de Zamorano, para determinar el porcentaje de vigor, las semillas se almacenan durante un máximo de siete días en cámaras de germinación. Este método, que controla la temperatura y la humedad relativa, permite un análisis más preciso del rendimiento de las semillas.

La calidad de las semillas es crucial para el éxito agrícola, ya que una mala germinación puede resultar en cultivos escasos, afectando la producción de alimentos y la economía de los agricultores, especialmente de los pequeños productores que carecen de recursos para compensar las pérdidas. Esto no solo repercute en el rendimiento y la calidad del producto final, sino que también contribuye a la inseguridad alimentaria y perpetúa ciclos de pobreza y desigualdad en comunidades rurales (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2024). Factores como condiciones ambientales adversas y prácticas inadecuadas de manejo de semillas pueden agravar estos problemas, por lo que es esencial implementar soluciones como la educación agrícola y políticas que fomenten la producción de semillas de alta calidad para asegurar la sostenibilidad y el bienestar social (Werner et al., 2020).

Además, la implementación de tecnologías para minimizar el daño físico durante los reprocesos podría tener un impacto positivo en la productividad agrícola, especialmente para pequeños productores que dependen de semillas de alta calidad para maximizar su rendimiento y reducir pérdidas. Estos avances no solo beneficiarían la economía local, sino que también contribuirían a la seguridad alimentaria regional.

El Cuadro 3 presenta un resumen detallado de los porcentajes de daños observados en los diferentes lotes de semillas. En primer lugar, se incluyen datos sobre el porcentaje de daños, el total de reprocesos realizados y las razones asociadas al vigor y la germinación de cada lote. Además, este análisis permite identificar las variaciones en la calidad de las semillas, así como los factores que

contribuyen a su deterioro. Por lo tanto, es fundamental para mejorar las prácticas de manejo y almacenamiento en la producción agrícola.

### Cuadro 3

*Resumen de porcentajes de daños por lote.*

Lote	Porcentaje de Daños (%)	Total Reprocesos	Razón del Vigor y Germinación
1) 24F558HX7C+564	0.528%	5	Por silk cut severo y hongos
2) 23F532HX7C + 533	1%	2	Con semilla manchada
3) 23F542HX7C + 543	1%	0	Sin reprocesos
4) 23F539HX7C + 546	3%	1	Semilla quebrada más de la mitad y por hongos
5) 23F529HX7C_ZI	1%	0	Sin reprocesos
6) 24F507HX7C+508+520	1.5%	2	Silk-cut, semilla quebrada más de la mitad
7) 24F502HX7C+503+509+511	1.33%	6	Por semilla quebrada más de la mitad y silk cut severo
8) 23F535HX7C + 536 + 537	1%	0	Sin reprocesos
9) 24F524HX7C+527+528+521	1.33%	6	FDN por Silk-cut, semilla quebrada más de la mitad

*Nota.* Lote: Descripción detallada de cada lote muestreado. Porcentaje de daños: Valor numérico de afectación por lote. Total de reprocesos: Cantidad de reproceso realizados. Razón del vigor y germinación: Factores de daño. Silk cut: Corte del estigma o "silk" (pelos) de la mazorca de maíz.

Los datos revelan una variabilidad notable en el porcentaje de daños observados entre los distintos lotes de semillas, con valores que oscilan entre 0.528% y 3%. Además, esta variabilidad puede ser atribuida a una serie de factores, que incluyen tanto condiciones ambientales como prácticas de manejo agrícola.

### Factores que Contribuyen a los Daños en Semillas

Las condiciones climáticas durante el crecimiento y la cosecha pueden influir significativamente en la calidad de las semillas. Factores como la humedad, temperatura y exposición a plagas o enfermedades pueden causar daños físicos y biológicos. Además, la genética de las semillas y su manejo previo a la cosecha son cruciales; semillas de baja calidad o mal almacenadas son más propensas a sufrir daños. Por otro lado, las técnicas de cultivo y recolección también impactan la integridad de las semillas. Por ejemplo, el uso de maquinaria inadecuada o el manejo brusco durante la cosecha pueden resultar en daños físicos.

La presencia de hongos, bacterias y plagas puede afectar tanto la planta como la semilla. En este análisis, se mencionan hongos y silk cut como causas de daño, lo que indica una posible falta de control fitosanitario. De hecho, los lotes que presentaron un porcentaje de daños más alto, como él (lote 4) 23F539HX7C + 546 (3%), sugieren problemas significativos en su manejo o condiciones ambientales. Esto podría indicar que se necesita una revisión de las prácticas de cultivo y control de plagas para prevenir futuros daños. Por el contrario, los lotes con porcentajes más bajos, como él (lote 1) 24F558HX7C+564 (0.528%), podrían reflejar un manejo agrícola más eficiente y una mejor calidad de las semillas. Esto sugiere que la implementación de buenas prácticas agrícolas puede resultar en una mejora significativa en la calidad de las semillas. Finalmente, el Cuadro 3 nos indica la razón de señalar problemas recurrentes que necesitan ser abordados para evitar pérdidas económicas y mejorar la eficiencia.

### **Almacenamiento**

El análisis de la calidad de los lotes de semilla de maíz híbrido en relación con el tiempo de recibo reveló patrones significativos que impactan la calidad física, la germinación y el vigor. La literatura indica que el tiempo prolongado de almacenamiento puede llevar a un deterioro en la viabilidad de las semillas, debido a factores como la pérdida de humedad y el envejecimiento fisiológico (Ellis y Hong, 2007). Los lotes que fueron recibidos con mayor antigüedad mostraron una disminución en el porcentaje de germinación, lo que indica una menor viabilidad en comparación con los lotes más frescos. Este deterioro en la calidad se asocia con un aumento en el número de reprocesos, ya que las semillas más viejas son más susceptibles a daños físicos y a la degradación de sus componentes bioquímicos (Jeevan Kumar, 2016). Además, el vigor de las semillas se ve afectado negativamente por el tiempo de almacenamiento, ya que las semillas más antiguas pueden no desarrollar plántulas fuertes y saludables, lo que a su vez impacta el rendimiento final del cultivo (Bewley et al., 2013) Estos hallazgos sugieren que una gestión adecuada del tiempo de recibo es crucial

para mantener la calidad de las semillas, resaltando la importancia de monitorear las condiciones de almacenamiento y optimizar los tiempos de recepción para maximizar la viabilidad de los lotes.

La Figura 1, presenta un análisis visual de los porcentajes de daños y el número de reprocesos en los lotes de semilla de maíz híbrido. A través de esta representación, se busca identificar patrones que puedan ayudar a comprender mejor la calidad de los lotes y las estrategias de manejo.

### **Interpretación de los Datos**

Los Lotes 1 y 4 muestran los porcentajes más altos de daños (0.53% y 3%, respectivamente). Esto podría indicar que ciertos lotes, especialmente aquellos con estas características, presentan más problemas de calidad, lo que sugiere la necesidad de un análisis más profundo sobre las condiciones de cultivo o manejo postcosecha. Por otro lado, la gráfica revela que los Lotes 1, 7 y 9 tienen un número significativo de reprocesos (5, 6 y 6). Es importante aclarar que estos reprocesos están relacionados con la disponibilidad de demanda. Esto sugiere que, aunque algunos lotes no presenten daños evidentes, el alto número de reprocesos puede ser una estrategia para satisfacer la demanda del mercado, asegurando que se ofrezcan semillas de calidad adecuada.

Los datos obtenidos en la planta de procesamiento de semillas de Zamorano reflejan que la relación entre el daño y el reproceso en los lotes de semilla de maíz híbrido no afecta la calidad física ni fisiológica de las semillas. En resumen, la identificación de lotes con altos porcentajes de daños y un número elevado de reprocesos es fundamental para mejorar las prácticas de manejo y asegurar la calidad del producto final puede ayudar a mejorar la calidad de las semillas, optimizando así el proceso de acondicionamiento y asegurando un producto final de mayor calidad para los agricultores.

### **Conclusiones**

La calidad de las semillas de maíz híbrido está significativamente influenciada por el manejo en campo y las condiciones de postcosecha, por lo que, las afectaciones observadas en la germinación y vigor de las semillas se originan en gran medida antes de su procesamiento en planta

En ambos análisis (vigor y germinación), los valores de la probabilidad obtenidos fueron altos, lo que sugiere que las diferencias observadas en las frecuencias no son lo suficientemente grandes como para considerarse estadísticamente significativas. Por tanto, no se puede concluir que un tipo de semilla es significativamente mejor que el otro en términos de las variables evaluadas (vigor y germinación).

Los resultados sugieren que los reprocesos no afectaron el vigor y germinación de las semillas de maíz híbrido.

### **Recomendaciones**

Se recomienda implementar mejores prácticas en el manejo de las semillas desde el campo hasta la planta de procesamiento, ya que la alta temperatura del transporte podría estar generando daños físicos. El uso de sistemas de transporte más cuidadosos, así como capacitación al personal en prácticas postcosecha, puede reducir los daños y preservar la calidad fisiológica de las semillas.

Futuros estudios deberían investigar diferentes métodos de almacenamiento que minimicen la pérdida de calidad de las semillas tras el procesamiento y así organizar las muestras en función de su antigüedad y tipo de semilla.

Se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad de las semillas a lo largo del proceso de procesamiento, permitiendo ajustes inmediatos en el manejo y asegurando que las semillas que llegan al mercado cumplan con los estándares requeridos.

Se recomienda implementar un control riguroso de la temperatura a lo largo de todas las etapas, desde la cosecha hasta el acondicionamiento en la planta, especialmente de la temperatura de transporte ya que la temperatura es un factor adverso crítico que puede afectar negativamente la germinación y el vigor de las semillas de maíz híbrido.

## Referencias

- Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. y Nonogaki, H [Hiro]. (2013). *Seeds*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Braga Sandoval y Roger Brayan. (2010). *Evaluación de 5 tipos de empaques para la conservación de semillas de maíz (Zea mays. L) variedad marginal 28t bajo condiciones ambientales no controladas en Pucallpa*. Universidad Nacional de Ucayali. <https://repositorio.unu.edu.pe/items/52cdeca5-625c-42ab-95b3-a07d6cf506fc>
- Domergue, J.-B., Abadie, C., Limami, A., Way, D. y Tcherkez, G. (2019). Seed quality and carbon primary metabolism. *Plant, Cell & Environment*, 42(10), 2776–2788. <https://doi.org/10.1111/pce.13618>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 74–85. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v31n1/ctr11110.pdf>
- Ellis, R. H. y Hong, T. D. (2007). Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermetic storage. *Seed Science and Technology*, 35(2), 432–444. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.2.18>
- Gutiérrez-Hernández, G. F., Virgen-Vargas, J., & Arellano-Vásquez, J. L. (2007). Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural. [http://www.mag.go.cr/rev\\_mesos/v18n02\\_163.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_mesos/v18n02_163.pdf)
- International Safe Transit Association (2016). Chapter 2: Sampling. *International Rules for Seed Testing*, 2016(1), 33–78. <https://doi.org/10.15258/istarules.2016.02>
- Jeevan Kumar SP (2016). Seed Quality Markers: A Review, 5. [https://www.researchgate.net/publication/335293015\\_Seed\\_Quality\\_Markers\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/335293015_Seed_Quality_Markers_A_Review)
- Lacayo M., O. J. (2007). *Evaluación de calidad de las semillas de maíz de líneas puras, cruces e híbridas, procesadas en la planta de semillas en Zamorano, Honduras [Proyecto especial de graduación]*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/cac3f7f6-d027-4dbf-a9da-7d469db6f3e3>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024*. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
- Pérez, C. e. a. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura Técnica En México*, 32(3). [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172006000300010](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300010)
- Rodríguez, I. e. a. (2008). *Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor en semillas*. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/37372/1/articulo%20definitivo%20agricultura%20nov.pdf>
- Rosental, L., Nonogaki, H [Hiro] y Fait, A. (2014). Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1017/S0960258513000391>
- Werner, O., Prudencio, Á. S., La Cruz-Martínez, E. de, Nieto-Lugilde, M., Martínez-Gómez, P. y Ros, R. M. (2020). A Cost Reduced Variant of Epi-Genotyping by Sequencing for Studying DNA

Methylation in Non-model Organisms. *Frontiers in Plant Science*, 11, 694.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00694>