

Evaluación de calidad física y fisiológica de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cosechadas en las épocas de primera y postrera

Carlos Andrés Mairena Luna

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de calidad física y fisiológica de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cosechadas en las épocas de primera y postrera

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carlos Andres Mairena Luna

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Evaluación de calidad física y fisiológica de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cosechadas en las épocas de primera y postrera

Carlos Andres Mairena Luna

Resumen. La calidad de una semilla recibida como materia prima en una planta de acondicionamiento es vital para mantener buenos rendimientos durante el proceso, siendo los parámetros de evaluación la calidad física y fisiológica de la semilla. El objetivo de este estudio fue evaluar dos variedades de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Amadeus 77 y Deorho durante dos épocas distintas de siembra, primera y postrera, con respecto a la calidad de los materiales en el laboratorio de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se establecieron cuatro tratamientos, las variedades Amadeus 77 y Deorho durante las épocas de siembra de primera y postrera. Se determinaron calidad física (porcentaje de daños totales), calidad fisiológica (porcentaje de germinación y porcentaje de vigor) de las muestras recibidas y el efecto de las condiciones climáticas. Se evaluaron los factores de calidad física con datos al recibo y al final del acondicionamiento, los factores de calidad fisiológica se determinaron con los materiales libres de impurezas. Se realizó un análisis de varianza y prueba de medias LSmeans con probabilidad $p < 0.05$. No se encontraron diferencias estadísticas significativas en porcentaje de daño total. En particular, se encontraron diferencias estadísticas significativas en los parámetros evaluados de calidad fisiológica, germinación y vigor. Se determinó que la calidad fisiológica fue la que presentó más variabilidad en la variedad Amadeus 77 en la época de primera, por tal razón, la variedad Deorho logró adecuarse óptimamente ante las condiciones de siembra durante ambas épocas evaluadas.

Palabras clave: Condiciones ambientales, germinación, pos-cosecha, producción, vigor.

Abstract. Quality in a seed received as raw material in a conditioning plant is vital for maintaining good yields during processing, being the evaluation parameters of physic and physiological quality in a seed. The objective of this study was to evaluate two varieties of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds, Amadeus 77 and Deorho over two different sowing seasons, first and last, in relation to the resulting quality of the materials in the Pan American Zamorano University seed laboratory. Four treatments were established, Amadeus 77 variety during the sowing season of first and last; likewise Deorho variety. Quality factors evaluated to analyze seed quality were determined for physic quality (total damage percentage) and physiological quality (germination percentage and vigor percentage) of the receiving samples and the effect of climate conditions. Quality factors were evaluated with the receipt initial data and the final conditioning, physiological quality factors were determined with the clean and conditioned materials. For this study, an analysis of variance and LSmean's function was performed with a $p < 0.05$ of probability. No significant statistical differences were found for total damage percentage. Particularly, significant statistical differences were found for the parameters evaluated of physiological quality, germination percentage and vigor percentage. It was determined that the physiological quality presented the most variability between the treatments, the most affected was the Amadeus 77 variety during the first season, for this reason, Deorho variety was able to adapt optimally to the sowing conditions during both evaluated seasons.

Key words: Environmental conditions, germination, post-harvest, production, vigor.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18
6. LITERATURA CITADA	19
7. ANEXOS.....	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Porcentaje de vigor promedio para los diferentes tratamientos.....	9
2. Estándares de campo y laboratorio para la producción de semilla de frijol.....	10
3. Porcentaje de germinación promedio para los diferentes tratamientos.....	11
4. Datos climatológicos mensuales durante la época de siembra en primera y postrera.....	14
5. Separación Duncan del porcentaje de semilla pequeña en los diferentes tratamientos	14
6. Porcentaje de daño total promedio para los diferentes tratamientos.....	16

Figuras	Página
1. Análisis de germinación.....	7
2. Datos climatológicos en promedios mensuales de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%).	13

Anexos	Página
1. Análisis de varianza de porcentaje de pérdida del lote.	23
2. Porcentaje de pérdida promedio para los diferentes tratamientos.....	23
3. Análisis de varianza de porcentaje de vigor.....	23
4. Análisis de varianza de porcentaje de germinación.	24
5. Análisis de varianza de porcentaje de daño total.	24
6. Análisis de varianza de los diferentes daños observados en los lotes	24
7. Flujo de proceso en el acondicionamiento de frijol.	25

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de consumo directo más importante en el mundo. Este cultivo tiene gran variabilidad y adaptabilidad en sus hábitos de desarrollo y crecimiento. Existen más de 40,000 variedades de frijol alrededor del mundo, las cuales son usadas en diversos países dependiendo de su adaptación. La producción de frijol se extiende desde regiones como América Latina, Asia (China), Europa, África, Estados Unidos y Canadá. (Jones 1999)

El frijol es el segundo grano básico, después del maíz, de mayor importancia en Honduras. Es esencial en la dieta de los hondureños tanto por su consumo como por la superficie sembrada al ser el segundo con mayor superficie (Lardizabal *et al.* 2013). El frijol da un excelente aporte en función de la nutrición alimenticia. Esta leguminosa contiene una buena fuente de proteína, ácido fólico, fibra dietética y carbohidratos complejos. Uno de los beneficios de consumirlo es su bajo costo, lo que hace que su consumo sea alto. La región líder en el consumo y producción de frijol es América Latina por su importancia como alimento, tradición y costumbre en la cocina de la región (Jones 1999).

Existen 28 variedades de frijol común liberadas en Honduras las cuales han sido aprobadas y evaluadas por los entes gubernamentales del Programa Nacional de Investigación de Frijol de la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), adscrita a la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ha colaborado a través de su Programa de Investigación en Frijol (PIF), en la creación de líneas genéticas de semilla de frijol y nuevas variedades (DICTA-SAG 2018). Utilizando buenas prácticas agrícolas los rendimientos pueden variar entre 2,622 a 3,450 kilogramos por hectárea, dependiendo de las condiciones en las que se siembra. En Honduras se siembra el frijol como un cultivo de subsistencia y con métodos básicos y tradicionales lo que resulta en rendimientos bajos – entre 644 y 736 kilogramos por hectárea (Lardizabal *et al.* 2013). De igual forma, se utilizan alrededor de 150 mil manzanas para la siembra de frijol, generando un aproximado de 82.8 millones de kilogramos. Esta producción genera un promedio de 552 kilogramos por manzana (DICTA 2012). Esta producción ha hecho que el rubro del frijol sea autosuficiente en comparación de los otros rubros que conforman la canasta familiar. Este cultivo se siembra en 16 de los 18 departamentos de Honduras, impactan mayormente las regiones Centro Oriental y Nor Oriental con un 52% de la producción a nivel nacional.

En la producción de frijol existen factores bióticos y abióticos como la fertilidad del suelo, enfermedades e insectos, variedades y semillas a utilizar y adopción de tecnologías que limitan la producción de este que resultan en una baja productividad y en un cultivo poco rentable. En Honduras, una de las mayores limitantes bióticos es el uso de semillas no mejoradas o variedades

tradicionales que tienen bajo rendimiento productivo y no son resistentes al ataque de plagas y enfermedades (Bravo 1999). El uso de variedades criollas puede resultar en menores rendimientos y mayor riesgo a enfermedades. Se recomienda utilizar variedades mejoradas, las cuales aseguran factores en la producción como: buena adaptación, excelentes rendimientos y de valores comerciales aceptables (Escoto 2015).

Las variedades utilizadas en el estudio fueron: Amadeus-77 y Deorho. La variedad Amadeus-77 fue desarrollada por la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano y liberada en el año 2002. Es una variedad resistente al virus del mosaico dorado amarillo del frijol y es resistente a condiciones de temperaturas altas (DICTA-SAG 2002). La variedad Deorho se caracteriza por su alto rendimiento y adaptación a diferentes condiciones de siembra, como temperaturas altas. Es resistente a enfermedades como el mosaico común y mosaico dorado amarillo, tolerante a mancha angular, mustia hilachosa, roya, sequía y baja fertilidad (DICTA-SAG 2016). La utilización de estas dos variedades presenta mayor demanda a nivel nacional y ayudan a suplir la demanda de consumo familiar, así mismo la producción de semilla ya que se obtienen granos sanos y de calidad (FHIA 2018).

En Honduras, se realizan tres ciclos de siembra para el frijol, los cuales son: época de primavera o primera, época de postrera o segunda, época de postrera tardía o apante. El ciclo denominado siembra de primavera o primera comienza en el invierno con el inicio de las lluvias, en el mes de mayo (15 de mayo al 20 de junio), realizando la cosecha con el inicio de la canícula (15 de julio al 15 de agosto). El ciclo denominado postrera o segunda se siembra en la última semana de agosto, septiembre y octubre (DICTA 2012). A pesar de que la mayoría de la precipitación anual se da en la época de primera, se realiza una reducida siembra de frijol debido a que la cosecha y secado del grano coinciden con las lluvias en septiembre (Valentinetti 2012). Durante este ciclo se realizan entre un 70 a 80% del área total de siembra en el país. Es en este periodo que se logra obtener una semilla o grano de mejor calidad debido a que la cosecha se hace en tiempo seco y soleado. Esto facilita las prácticas durante la cosecha y posterior a cosecha y asegura una cosecha con mayores rendimientos. Por último, el ciclo denominado postrera tardía o apante se realiza en los meses de noviembre, diciembre y enero. Este ciclo representa entre un 10 a 15% del área total de siembra en el país. Se acostumbra a realizarse en regiones del Litoral Atlántico (Escoto 2015).

Existe una gran influencia en el rendimiento y en la producción de semillas de alta calidad por las condiciones ambientales y la época de siembra. Un ambiente con altas temperaturas acelera el desarrollo fisiológico y la tasa de crecimiento del grano lo cual disminuye el paso final del grano y el contenido de materia seca. Las condiciones climatológicas presentes al momento de la cosecha pueden afectar la ejecución de esta y afectar la calidad física y fisiológica del grano (Castañeda *et al.* 2009).

La calidad de la semilla de frijol involucra ciertos componentes como la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica que son de suma importancia (Arias *et al.* 2001; Cid *et al.* 2014a). Estos componentes de calidad resultan en una semilla con alto potencial de germinación y vigor. La expresión de este potencial genético se ve determinado por las condiciones ambientales durante el desarrollo de la semilla y su manejo posterior a la cosecha (Sánchez 1972). En el cultivo del frijol una buena época de siembra está determinada por buenas condiciones climáticas para el desarrollo del cultivo y que la cosecha coincida con un periodo que no tenga precipitación presente. El exceso

de agua puede causar daños en los granos y esto puede llegar a afectar la calidad física y fisiológica de la semilla.

El acondicionamiento de semillas se realiza en función de seleccionar y clasificar las semillas. Semillas con una buena viabilidad obtienen mejores resultados de siembra en campo, requerido en una semilla. Con una adecuada calidad fisiológica se mejoran los rendimientos de siembra y se obtienen plantas resistentes a enfermedades y que responden mejor a factores externos durante su desarrollo. Estos atributos están estrechamente relacionados con la calidad genética del material de origen, manejo durante su siembra, cosecha y el acondicionamiento que recibe pos cosecha. La semilla alcanza su máximo potencial germinativo y vigor cuando alcanza su madurez fisiológica, este en parte define el tiempo de cosecha (COLPROCAH 2003).

Al recibir un lote de semillas es importante realizar un muestreo con brevedad, luego de recibir las semillas. Esto se realiza para evitar la contaminación del material y conocer el estado con el que llega a la planta. Se realiza un muestreo para poder hacer una evaluación de la condición física y fisiológica de las semillas, así mismo su porcentaje de humedad (Araya *et al.* 2013). De esta manera, se puede conocer las características de los materiales que recibe la planta, previo a su tratamiento. Además, tener una idea de la cantidad de material dañado y que será rechazado conforme a las normas establecidas por el (ISTA) Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA 2020).

Existen diferentes categorías de semilla, esta se define de acuerdo con la pureza genética y del material del que proviene. Las categorías son las siguientes: madre o genética, básica o fundación, registrada y comercial (FAO 2016). Al hacer uso de semilla certificada de frijol en vez de grano asegura una mejor cosecha y calidad de plantas. De esta manera se obtienen plantas más vigorosas, uniformes y sanas. Al usar semillas de frijol certificadas de variedades mejoradas el agricultor tiene la ventaja de tener plantas sanas que son resistentes a principales enfermedades y que darán un mayor rendimiento al adaptarse en múltiples regiones del país. Al acondicionar las semillas se obtienen un mejor material que asegura mayor calidad y un mayor porcentaje de germinación al sembrarlas (Escoto 2015). Para el estudio se determinaron los siguientes objetivos:

- Evaluar de acuerdo con los parámetros de calidad, las variedades de frijol Amadeus 77 y Deorho provenientes de las épocas de primera y postrera 2020, a través de análisis físicos y fisiológicos.
- Determinar la variedad que obtuvo mejores resultados fisiológicos durante las épocas de siembra analizadas.
- Determinar los porcentajes de daño obtenidos en el acondicionamiento del material recibido y después de su tratamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, situada en el km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle de Yegua, Municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. A 14° latitud Norte y 87.02° latitud Oeste ubicada a 800 msnm y una precipitación anual de 1100 mm y una temperatura promedio de 24 °C. Se llevó a cabo en la planta de procesamiento de granos y semillas y en el laboratorio de la planta de tecnología de granos y semillas.

Datos climatológicos

Los datos climatológicos de precipitación, temperatura y humedad relativa se tomaron de la base de datos de la estación climatológica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Estos fueron encontrados en el portal de clases “Blackboard™” de Zamorano en la carpeta llamada EAP Pivote Central. De ahí se recopilaban los datos necesarios en las fechas las cuales fueron realizadas la siembra y cosecha de las plantas de frijol previo a su procesamiento y acondicionamiento.

Muestreo preliminar

Se realizó un muestreo representativo del lote recibido tomando submuestras de los sacos recibidos en el lote para mantener la uniformidad y una muestra homogénea. Se tomaron las muestras haciendo uso de un alveolo de doble tubo. Se realizó el muestreo con relación al número de sacos del lote siguiendo las recomendaciones del Manual de Procedimientos para la Certificación Oficial de Semillas (FAO 2016).

Para la elaboración del análisis físico de semillas, análisis de humedad, análisis de germinación y vigor de semillas se recomienda seguir los procedimientos de muestreo, acondicionamiento y análisis establecidos en el laboratorio de granos y semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Estos procedimientos se realizaron utilizando como referencia las reglas internacionales del ISTA (Sáenz 2018).

Análisis de calidad física

Homogenizado. Se utilizó un homogeneizador “Boerner” Modelo 34 de la marca “Seedburo” para tratar la muestra que fue previamente pesada hasta llegar a 1 kilogramo de peso. Luego, se realizó este procedimiento de mezclado durante cuatro veces para obtener una muestra homogénea y representativa del lote obtenido. Se realizó mediante un proceso de cuarteo el cuál se dividió la muestra en cuatro partes para que fueran analizadas posteriormente.

Análisis de pureza física. Se pesó 1 kilogramo de la muestra representativa previamente homogenizada para ser clasificadas visualmente para identificar los daños. Se categorizaron las semillas con los siguientes daños: impurezas, semillas inmaduras, daño por calentamiento, daño en testa, semillas pequeñas, daño mecánico, daño por hongos, semilla pregerminada, semilla en tapa

y sin testa, daño por insectos. Luego de realizar una clasificación y separación manual de los granos de acuerdo con la categoría de daño se procedió a pesarlo. Se utilizó una balanza de la marca “KERN^{EMB}” con una capacidad máxima de pesado de 0.5 kilogramos. Se utilizó un formato para registrar los daños encontrados así mismo sus pesos para luego determinar los porcentajes de cada daño. Para determinar el porcentaje de daño se utilizó la Ecuación 1.

$$\% \text{ de daños} = \frac{\text{Daño en kilogramos}}{1 \text{ kilogramo de la muestra}} \times 100 \quad [1]$$

Análisis de humedad. Se utilizó un lector de humedad de la marca “Seedburo” de la serie 1200. Para obtener el porcentaje de humedad, primero se debe seleccionar el tipo de grano a analizar, luego se debe introducir una muestra de 0.25 kilogramos de peso en la taza de medición. Por último, se debe presionar el botón de muestrear para iniciar el análisis de humedad. Se debe realizar este procedimiento tres veces para determinar un promedio del porcentaje de humedad de la muestra expresado como porcentaje de humedad.

Acondicionamiento y beneficio de la semilla

Recibo y descarga del material en la planta de acondicionamiento. El recibo se realiza en el área destinada para recibo y descarga de granos. La descarga de los sacos se realiza manualmente para luego ser depositados en tolvas de metal. Algunos materiales son descargados en sacos dependiendo de la disponibilidad de espacio para tratar los materiales. Se le asigna un número de lote el cual será utilizado para identificar el material a lo largo del proceso.

Traslado a la balanza mecánica. El material es transportado por medio de un montacargas desde el área de recibo hacia el área de pesado.

Pesado. Se toma el dato del peso en kilogramos que tiene el material al inicio del proceso y previo a su acondicionamiento. Es importante tomar los datos y llevar un registro de los pesos y las cantidades que ingresan a la planta para poder determinar rendimientos y eficiencia en el proceso.

Muestreo al recibo. En esta etapa se realiza un muestreo representativo de los lotes al recibo, luego esa muestra es enviada y analizada en el laboratorio de granos y semillas. Se hace un análisis de calidad física para determinar si los lotes son aceptados con respecto a los rangos permitidos y aceptados por el laboratorio.

Traslado al área de secado. El frijol es transportado hacia las máquinas de secado hasta el área de alimentación de las bandas transportadoras las cuales mueven los granos hasta las secadoras.

Secado. Este proceso es realizado en secadoras horizontales disponibles en la planta en tolvas perforadas. Estas tienen una capacidad de 1840 kilogramos por tolva. En las primeras 24 horas se realiza el secado a una temperatura de 32.2 °C. Durante las siguientes 24 horas se maneja una temperatura de 35 °C. Durante las siguientes 24 horas o más se maneja una temperatura de 37.8 °C. Los operarios deben realizar un monitoreo constante de la temperatura dentro de la secadora y de los porcentajes de humedad del material. Se debe llevar un registro de los datos en los formatos

establecidos durante el proceso de secado. Finalmente, se debe terminar el proceso de secado cuando el material llegue a un porcentaje de humedad de máximo 13% y mínimo de 12%.

Transporte al área de acondicionamiento. El frijol es transportado hacia el área de acondicionamiento por medio de un montacargas. Se realiza un vaciado en la tolva de alimentación del elevador, para transportar las semillas hacia la máquina de aire y zarandas.

Limpieza y selección por tamaño. El material es procesado utilizando una máquina de aire y zaranda, también conocida como máquina “CRIPPEN”. Se utiliza una zaranda de 20 ¼ o 9 ¾ Mesh dependiendo de la variedad de frijol a acondicionar y del tamaño de la semilla. En este proceso se realiza una separación de las partículas más pequeñas como las impurezas por medio del aire. Las semillas son seleccionadas por tamaño dependiendo de la zaranda por la cual pasan. De este proceso se obtienen tres salidas designadas como: Salida 1: Material superior o descarte, Salida 2: Material inferior y Salida 3: Material dentro de norma.

Transporte por elevador a mesa gravimétrica. El grano que paso el control sobre la máquina de aire y zaranda es transportado por medio de un elevador hacia la mesa de gravedad que por medio de vibración y movimiento clasifica el grano por densidad.

Clasificación y selección en mesa gravimétrica. Este proceso se realiza por medio de una clasificación por densidad, se utiliza a través de vibración, movimiento, aire y un nivel leve de inclinación. En esta fase ocurren tres salidas, una que es el grano que pasa y es transportado hacia la tolva de empaque, la segunda es para realizar un reproceso de las semillas en la mesa de gravedad y la tercera es el material de descarte que es desechado.

Transporte a empaque y pesado. El frijol es transportado hacia la tolva de alimentación para ser pesado y empackado.

Pesado. El frijol es pesado usando una balanza mecánica y es introducido en sacos de papel previo a ser empackado. El peso debe ser exacto y coincidir con el indicado en el empaque.

Empacado y sellado. Una vez el material es pesado y aceptado se procede al costurado de cada saco.

Transporte a bodega. Una vez los sacos fueron empackados son estivados en tarimas de madera y cubiertas por con plástico de embalaje. Son transportadas al área de empaque por medio de montacargas.

Almacenamiento. Los sacos son almacenados en las cámaras climatizadas de almacenamiento bajo las condiciones adecuadas para mantener la calidad de las semillas.

Análisis fisiológicos

Los análisis de capacidad fisiológica se utilizan para aprobar finalmente la certificación de un material de semillas. De acuerdo con las normativas establecidas por el ISTA establecen las

condiciones, tamaños, materiales, sustratos y cantidades en las cuales se deben realizar las pruebas con relación a la humedad, luz y temperatura (FAO 2016).

Análisis de vigor en arena. Estos se llevaron a cabo en los cuartos de germinación del laboratorio de semillas de Zamorano. Se realizó una siembra haciendo uso de arena como sustrato para las semillas. Se añadió una pulgada y media de arena en el interior de un recipiente plástico. Se sembraron 200 semillas en la arena a una profundidad de 0.0254 y 0.0508 m. Se colocaron las semillas en filas y columnas de 14 × 14 semillas y colocando las cuatro semillas restantes, todas cumpliendo con un distanciamiento similar. Una vez realizada la siembra se suministraron 600 mL de agua con el fin de lograr la germinación de las semillas. Las condiciones de siembra se darán a temperatura ambiente. Para medir vigor, se realizó un conteo a los cinco días de haber sembrado las semillas en la arena. Para determinar el porcentaje de vigor se utilizó la Ecuación 2.

$$\% \text{ de vigor} = \frac{\text{Número de plantas vigorosas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100 \quad [2]$$

Análisis de germinación en arena. Se utilizó como medio de siembra arena la cual se depositará el fondo del recipiente de siembra. Se realizará en un cuarto de germinación para mantener condiciones ambientales cerca de 30 °C. Se realizará a los nueve días de realizar la siembra de las semillas en la arena a una profundidad de 0.0254 y 0.0508 m. Se colocaron las semillas en filas y columnas de 14 x 14 semillas y colocando las cuatro semillas restantes, todas cumpliendo con un distanciamiento similar. Se analizarán las plantas que germinaron al día 9 de siembra y se categorizarán como plantas normales, anormales y muertas. En la Figura 1, se muestran los equipos utilizados para realizar el análisis. Se hará un conteo del total de las semillas que germinaron en el ensayo como plántulas normales, expresado en porcentaje (FAO 1983). Para determinar el porcentaje de germinación se utilizará la Ecuación 3.

$$\% \text{ de germinación} = \frac{\text{Número de plantas normales germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100 \quad [3]$$

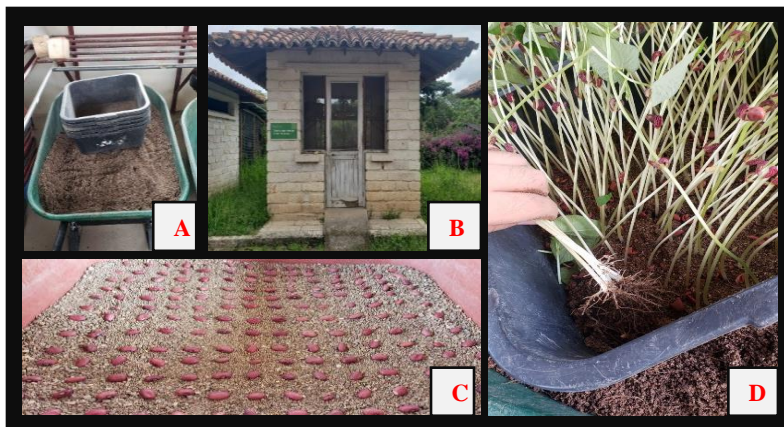


Figura 1. Análisis de germinación. A) Recipiente plástico utilizado para colocar la arena y las semillas. B) Cuarto de germinación para realizar el análisis. C) Semillas de frijol sembradas en el orden indicado. D) Conteo de las plántulas para realizar el análisis de germinación

Análisis estadístico

Para el análisis de datos de las variables al recibo, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos en un arreglo factorial. Siendo los factores evaluados: variedades (Amadeus 77 y Deorho) y época (primera y postrera). Se evaluaron las siguientes variables: porcentaje de germinación, porcentaje de vigor y porcentaje de daño total. Para los análisis de laboratorio, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), una prueba de separación de medias Duncan, y una separación de media con LSMEANS para evaluar las interacciones entre los factores evaluados, utilizando el software estadístico SAS versión 9.4 con un nivel de significancia ($P \leq 0.05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de vigor

La metodología de muestreo y realización de los análisis de calidad se establecen siguiendo los procedimientos establecidos por la Asociación Internacional para ensayos de semillas (ISTA). Para analizar las semillas en su proceso de certificación los análisis de calidad mínimos son: análisis de pureza física, análisis de germinación, análisis de viabilidad y humedad (La Gaceta 2011).

El vigor representa la capacidad y habilidad que tiene la semilla para lograr un rápido establecimiento en el campo ante las adversidades de su desarrollo. Son todas aquellas propiedades que favorecen a la semilla durante su actividad de germinación y emergencia como plántulas. Funciona como un indicador de calidad fisiológica de las semillas, acompañado de la germinación (Salinas *et al.* 2001). A diferencia de un análisis de germinación un análisis de vigor permite identificar diferencias entre germinación y emergencia en un escenario real de campo. Esto sucede ante un amplio rango de situaciones que pueden causar estrés en la semilla y sirve para identificar el comportamiento de la semilla en relación rapidez y uniformidad de germinación (García *et al.* 2016).

En la separación de medias Duncan presentada en el Cuadro 1, se muestra que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en cuanto a la variedad Amadeus 77 en época de primera. Según (Arias *et al.* 2001), la época de siembra influye, en el caso del frijol, de manera importante en las condiciones que se va a cosechar las semillas. Por ello, es recomendado sincronizar la época de siembra con las lluvias para asegurar la disponibilidad de agua en el cultivo y su desarrollo óptimo. Para la cosecha de las semillas es preferible que coincida con un tiempo seco para mantener la calidad del material. Esto facilita el proceso de maduración, cosecha, pre secado, beneficio y acondicionamiento de las semillas. Continuando, el porcentaje de vigor en referencia a la variedad Deorho no se fue afectado por la época de siembra en primera o postrera. Por lo tanto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$). Por lo cual, se mantuvo la calidad fisiológica de las semillas de la variedad Deorho.

Cuadro 1. Porcentaje de vigor promedio para los diferentes tratamientos.

Variedad	Época	Porcentaje de vigor (%)
		Media \pm D.E.
Amadeus 77	Postrera	92.00 \pm 2.45 ^a
Amadeus 77	Primera	84.66 \pm 1.41 ^b
Deorho	Postrera	94.75 \pm 1.73 ^a
Deorho	Primera	92.00 \pm 2.45 ^a
C.V. (%)		3.86

a-b: Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

D.E= Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación en porcentaje.

Los porcentajes de vigor concuerdan con (Alizaga *et al.* 1994) lo cuales obtuvieron porcentajes de vigor en un rango de 87 a 91% bajo condiciones ideales de temperatura y humedad. De esta forma, brindándole a las semillas las condiciones para expresar su máximo potencial de germinación. Estas condiciones similares se dieron en el presente estudio. Así mismo, Hernández (2005) realizó un estudio en el cual evaluó el vigor (envejecimiento acelerado) en dos variedades de frijol certificada, negro Zacatecas y Flor de mayo sol. Se obtuvieron porcentajes de vigor entre un 99 a un 100%. Se consideraron las plántulas normales como vigorosas y anormales como bajo vigor, se realizó en una prueba de germinación estándar. Añadiendo a esto, el vigor de una semilla también puede ser influenciado por las condiciones ambientales en relación con el contenido de reservas alimenticias. Este se ve afectado por el tiempo entre la madurez fisiológica y cosecha, daños mecánicos, condiciones de temperatura y humedad durante el secado y acondicionamiento (Ospina y Acosta 1980).

Porcentaje de germinación

La germinación es uno de los factores fisiológicos más importantes a considerar para la certificación de una semilla y asegurar la calidad del material. Este parámetro es el más común para evaluar la calidad fisiológica de un lote de semillas ya que indica la habilidad de estas para emerger del suelo (García *et al.* 2016).

Según el Cuadro 2 las variedades Amadeus 77 y Deorho presentaron porcentajes de germinación mayor a 80% lo cual es aceptado de acuerdo con el Manual de Procedimientos Oficial de Certificación de Semillas (FAO 2016). Los porcentajes de germinación obtenidos durante el estudio superan el porcentaje mínimo de germinación exigido por los estándares por la ley hondureña.

Cuadro 2. Estándares de campo y laboratorio para la producción de semilla de frijol.

Laboratorio	Estándares Cultivo de Frijol		
	Categoría de Semilla		
	Básica	Registrada	Certificada
Semilla de otras variedades	0	4/ kg	6/kg
Semillas puras (mínimo)	98%	98%	98%
Materia inerte (máximo)	2%	2%	2%
Semillas de malezas nocivas	0	0	0
% de germinación (mínima)	80%	80%	80%
% Humedad (máximo)	13%	13%	13%

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2016).

Una semilla certificada debe contar con ciertos requisitos como el material genético, categoría de semilla de origen y ser analizada en un laboratorio para su certificación. También con una buena germinación, libre de impurezas, entre otros. Esto da una garantía de calidad y seguridad al productor de tener semillas con buena germinación (SAG 2000). Las semillas acondicionadas, clasificadas, seleccionadas y analizadas en un laboratorio por un personal especializado que cumplen con las normas establecidas dentro de su categoría de semilla cumplen con los requisitos de alta calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria.

En el Cuadro 3 mediante la separación de medias Duncan, se establece que se obtuvo un rango de porcentaje de germinación de 95 a 97.5. Esto concuerda con el estudio realizado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano por (Jami 2018) en el cual se obtuvieron promedios de germinación de 96.10 y 96.13% en semilla de frijol Amadeus 77. Estos porcentajes de germinación concuerdan son similares con los del estudio y son aceptados por las regulaciones de certificación de semillas. De igual forma, estos altos porcentajes de germinación están relacionados con las características genéticas y demuestra la calidad fisiológica del material vegetal. La emergencia que da la germinación está relacionada y depende de las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla. De estos factores depende la respuesta de la semilla y como hace uso de las reservas del material durante la germinación (Peña-Valdivia *et al.* 2013). Siguiendo, el porcentaje de germinación de la variedad Amadeus 77 fue diferente estadísticamente en la época de primera como se establece en el Cuadro 3 Sin embargo, el porcentaje de germinación está dentro de los criterios permitidos por los entes reguladores de semilla. De acuerdo con Lamz *et al.* 2016; González *et al.* 2008, la producción de frijol se puede ver afectada por diversas condiciones ambientales en cuanto a una mala distribución y uso de variedades. Esto puede influir en el comportamiento de las variedades de frijol ante diferentes épocas de siembra. De acuerdo con Lin y Markhat 1996, altas temperaturas de 32 °C pueden disminuir el porcentaje de germinación de la semilla de frijol en 11%. En este estudio hubo una reducción el porcentaje de germinación de un 7% para la variedad Amadeus 77, la cual tuvo mayor variación. La variedad Deorho no se vio afectada en su porcentaje de germinación ante la época de siembra.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación promedio para los diferentes tratamientos.

Variedad	Época	Porcentaje de germinación (%)
		Media ± D.E.
Amadeus 77	Postrera	95.00 ± 2.48 ^a
Amadeus 77	Primera	87.75 ± 1.43 ^b
Deorho	Postrera	97.50 ± 1.75 ^a
Deorho	Primera	95.50 ± 2.48 ^a
C.V. (%)		3.78

a-b. Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

D.E.= Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de Variación en porcentaje.

Datos climatológicos (Precipitación, temperatura, y humedad relativa)

De acuerdo con Aldana (2010), para mantener la calidad de semilla se debe producir en una época que tenga condiciones de baja o poca precipitación. Estas condiciones son favorables para mantener

la calidad sanitaria al reducir el riesgo de que la semilla contraiga enfermedades las cuales pueden afectar negativamente la calidad fisiológica de la semilla. En otro punto, se define como la mejor época de siembra la que ofrece las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de las plantas proporciona un periodo de cosecha sin precipitación pluvial, el exceso de este mismo puede llegar a causar daños en los granos. La época de postrera, en comparación de la época de primera, cuenta con las condiciones climatológicas óptimas para el cultivo de frijol. Los rendimientos y calidad del grano son notorios y representa un 60 - 80% del área total de siembra del cultivo de frijol. Estas mismas condiciones facilitan las prácticas poscosecha desde el arranque, trillado y secado de la semilla (Villatoro *et al.* 2011).

Se puede observar en la Figura 2 los datos climatológicos en relación con los meses que estuvo el cultivo en campo. Para la época de postrera 2019 se tomaron en cuenta los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Seguidamente, para la época de primera 2020 se tomaron en cuenta los meses de mayo, junio, julio y agosto. Para la precipitación, se obtuvieron un total de 11.6 (mm) durante el ciclo de siembra para la época de postrera 2019 y 399.11 (mm) en la época de primera 2020. En cuanto a la temperatura media se obtuvo un promedio de 21.92 °C durante el ciclo de siembra para la época de postrera 2019 y 23.62 °C en la época de primera 2020. Agregando, en cuanto a la humedad relativa durante el ciclo de siembra presentó un promedio 64.49% durante la época de postrera 2019 y 67.79% durante la época de primera 2020. De acuerdo con Araya y Gutiérrez (2016), bajo condiciones agroecológicas óptimas una temperatura superior a los 18 °C, preferiblemente entre 22-28 °C y un rango óptimo entre 20 y 25 °C, se da un mejor desempeño fisiológico de las variedades de frijol durante su formación en el campo el cual va a determinar la calidad de las semillas. El cultivo de frijol requiere de 300 a 400 mm de agua dependiendo de la variedad y el entorno en que se desarrolla el cultivo la época y sus características climáticas (Hernández 2009).

Los factores climáticos influyen directamente el cultivo de frijol, estos factores bióticos y abióticos interactúan entre sí. Estas condiciones climatológicas varían año con año por la drástica influencia de cambio climático y efecto de la época a lo largo del año (Martínez *et al.* 2015). El comportamiento de los factores climatológicos resulta en una mayor atención en el manejo del cultivo y se debe responder a esto con el uso adecuado de variedades en función de la época de siembra. Es necesario conocer el comportamiento del frijol a estos factores climatológicos presentes en las épocas de siembra, observar el comportamiento y resultado de estos materiales (Martirena-Ramírez *et al.* 2018), quienes observaron 12 líneas de frijol con el objetivo de observar la respuesta de estas en una época de siembra tardía que comprende los meses de enero a marzo, también conocida como época de primera. De acuerdo con Quintero (1999), se ha demostrado la existencia de una fuerte interacción entre variedad y época de siembra mediante estudios realizados en el Centro Agrícola de Investigación en Cuba. Para la producción de semillas de alta calidad se debe tener en consideración el uso de variedades que funcionen óptimamente de acuerdo con las épocas de siembra.

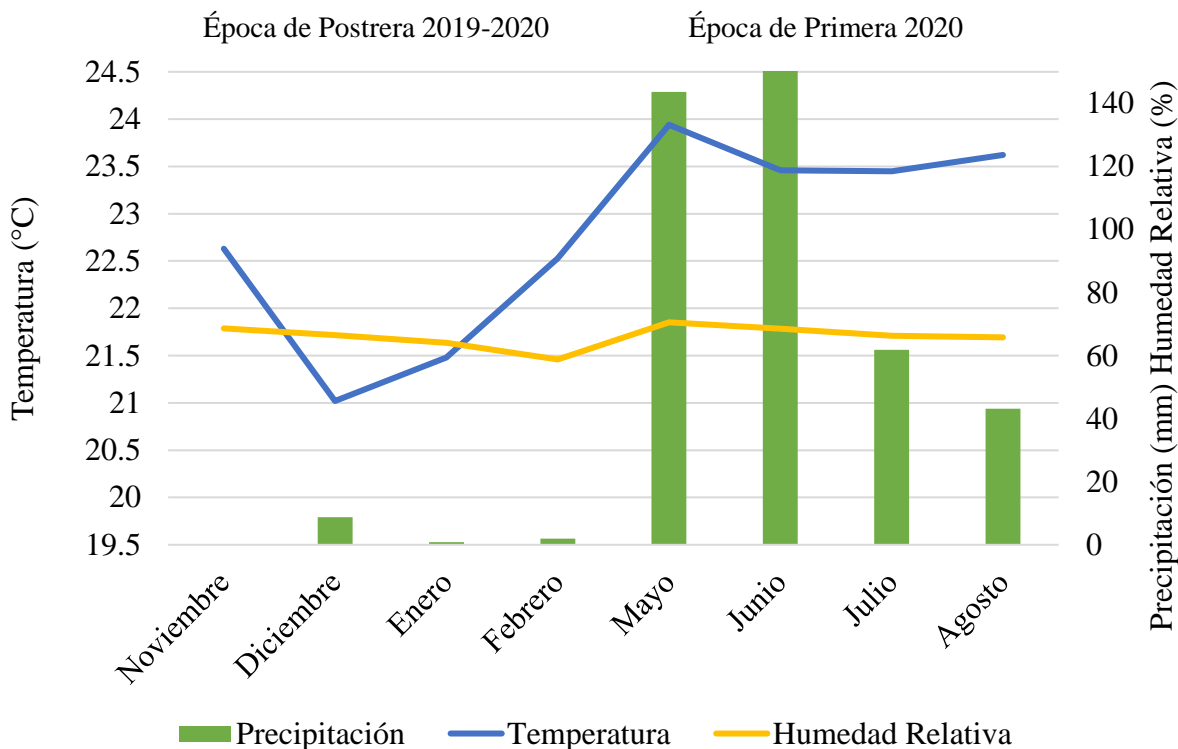


Figura 2. Datos climatológicos en promedios mensuales de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%).

Como se observa en el Cuadro 4 se registraron temperaturas máximas de 33.7 °C durante el mes de mayo al inicio de la siembra, la cual pudo afectar de manera negativa en la época de primera el cultivo y el desarrollo de la planta. Durante el mes de Julio se registraron temperaturas máximas de 32.9 °C tiempo en el cual ocurre el llenado de grano, entre los días 55 - 65 después de siembra para la variedad Deorho y entre los días 50 - 55 para la variedad Amadeus 77 (DICTA 2019a, 2019b). Presencia de altas temperaturas pueden causar un estrés hídrico en la planta durante el llenado de grano y resultar en una reducción de la germinación. Así mismo, puede provocar arrugamiento de la testa, disminuir el peso del grano (Castañeda *et al.* 2009). Las altas temperaturas aceleran el desarrollo fisiológico de la planta y el llenado prematuro de los granos dentro de las vainas (Hernández 2009). Se observó un aumento en las temperaturas durante la época de primera. En el Cuadro 5 mediante la separación de medias Duncan, se puede observar que el daño físico causado por semilla fue significativo estadísticamente ($P < 0.05$), afectando a la variedad Deorho en la época de postrera que obtuvo un 8.91% de daño en semilla pequeña. Ese aumento puede estar asociado con la formación de semillas pequeñas. Las altas temperaturas provocan un aumento en el desarrollo de semillas pequeñas las cuales son descartadas durante el proceso de acondicionamiento ya que las mismas presentan baja germinación y vigor (Leport *et al.* 2006).

Cuadro 3. Datos climatológicos mensuales durante la época de siembra en primera y postrera.

Época	Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Humedad Relativa (%)
Postrera 2019	Noviembre	0	22.63	29.8	68.60
	Diciembre	8.8	21.02	29.8	66.52
	Enero	0.8	21.48	31.6	64.04
	Febrero	2	22.53	33.2	58.78
	\bar{x} y Σ	11.6 Σ	21.92 \bar{x}	31.10 \bar{x}	64.49 \bar{x}
Primera 2020	Mayo	143.60	23.94	33.7	70.56
	Junio	150.48	23.46	30.9	68.50
	Julio	61.83	23.45	32.9	66.32
	Agosto	43.20	23.62	32.6	65.79
	\bar{x} y Σ	399.11 Σ	23.62 \bar{x}	32.53 \bar{x}	67.79 \bar{x}

\bar{x} : establece un promedio en los datos.

Σ : establece una sumatoria en los datos.

Cuadro 4. Separación Duncan del porcentaje de semilla pequeña en los diferentes tratamientos.

Variedad	Semilla pequeña (%)
	Media \pm D.E.
Deorho II	8.910 \pm 1.70 ^a
Amadeus I	3.176 \pm 2.26 ^b
Deorho I	0.00
Amadeus II	0.00
C.V. (%)	26.89

a-b. Medias en la misma columna con letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

D.E.= Desviación Estándar; C.V: Coeficiente de variación en porcentaje.

I: época de primera; II: época de postrera

Porcentaje de daño total

Las causas que provocan los daños físicos en el grano de frijol y alteran la calidad del grano influyen desde el momento de las prácticas de cosecha, pre secado, trillado o aporreo y secado. Es necesario manejar las humedades de los granos durante el pre secado, se controla esto para evitar pérdidas y prevenir la presencia de semillas pregerminadas, las cuales son afectadas por las lluvias. Al llegar a madurez fisiológica el grano tiene un contenido de humedad alto de aproximadamente 35 - 39%, si se realiza el trillado a una condición muy húmeda entre 18 - 40% en estas condiciones puede dañar los granos considerablemente por daño mecánico por raspaduras, aplastado y fisura de semillas (Urbina 2018).

De acuerdo con el Cuadro 6, mediante la separación de medias Duncan no se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en cuanto el porcentaje de daño total en los tratamientos. La variedad Amadeus 77 presento promedios de daño total de 38.26% en la época de

postrera y un 49.12% en la época de primera. La variedad Deorho presentó promedios de daño total de 26.71% en la época de postrera y un 24.68% en la época primera.

De acuerdo con Morales-Santos *et al.* (1980), la humedad y temperatura pueden ser factores involucrados con la resquebrajadura de la testa de la semilla. La manipulación dentro de las labores de cosecha, procesamiento y siembra de la semilla de frijol son importantes por el daño mecánico interno o externo que puede sufrir la semilla. Una semilla dañada que logra brotar resulta en una plántula débil y poco productiva. Manejar los porcentajes de humedad adecuados para la semilla durante el secado es crítico ya que una humedad mayor al 14% puede provocar un recalentamiento de la semilla y afectar la germinación, crecimiento de hongos, granos arrugados y condiciones favorables para plagas. Todos estos daños deterioran y reducen la calidad del material (IICA 2009).

El impacto que tiene el acondicionamiento de semillas y granos es muy significativo al entregar un material genético al agricultor el cual aumentará significativamente los rendimientos y producción en campo. Así mismo, esto aporta a la seguridad alimentaria de familias y comunidades que dependen de la siembra y cosecha de sus propios alimentos. Esto concuerda con (Cid *et al.* 2014b) quienes afirman que “la semilla es considerada como uno de los medios tecnológicos más económicos y eficientes para incrementar la producción.”

De acuerdo con la SAG (2000), la semilla certificada debe contar con ciertos requisitos como el material genético y categoría de semilla de origen y con procedimientos de análisis de laboratorio para su certificación. También, debe contar con buena germinación, libre de impurezas como terrones o piedras, libre de malezas, plagas y enfermedades, material limpio y de una sola variedad y tratadas químicamente. Esto da una garantía de calidad y seguridad al productor de tener semillas con buena germinación y vigor.

Para conservar la calidad física de la semilla es importante tener mayor cuidado durante el trillado de las vainas para obtener la semilla. Se recomienda hacer esta actividad cuando la semilla tiene entre un 14 y 16% de humedad. Así mismo, realizar una limpieza del equipo y del área a utilizar para eliminar mermas de semillas que pueden ser de otras variedades. En estas condiciones hay un menor riesgo del rompimiento de la testa y separación de los cotiledones. Durante el trillado mecánico se debe regular la calibración de las máquinas y revoluciones por minuto. De igual manera en el trillado manual se debe regular la fuerza con la que se golpean las vainas y las semillas (Martínez 2015). Al realizar esto se espera reducir y evitar los daños físicos de la semilla como semillas en tapa y sin testa, daño en testa, daño mecánico y semillas de otras variedades dentro del lote a acondicionar (Cid *et al.* 2014b).

Durante la cosecha del frijol se realiza un pre-secado en el campo el cual puede ser afectado negativamente por las condiciones climáticas en caso de tener precipitación y cambios de temperatura. De acuerdo con PNUD (2014), esto puede causar daños y pérdidas mayores a un 30% del lote ya que esto provoca semillas pre-germinadas, daños por hongos e insectos. Este porcentaje de pérdida se relaciona a los porcentajes de daño total obtenidos durante el estudio.

Cuadro 5. Porcentaje de daño total promedio para los diferentes tratamientos.

Variedad	Época	Porcentaje de daño total (%)
		Media (N.S.) \pm D.E.
Amadeus 77	Postrera	38.26 \pm 12.21 ^a
Amadeus 77	Primera	49.12 \pm 07.05 ^a
Deorho	Postrera	26.71 \pm 08.63 ^a
Deorho	Primera	24.68 \pm 12.21 ^a
C.V (%)		45.83

a: Medias en la misma columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P \geq 0.05$).

D.E.= Desviación Estándar; C.V.: Coeficiente de Variación en porcentaje.

N.S.= No existe diferencia significativa estadísticamente entre las medias.

4. CONCLUSIONES

- Todos los tratamientos evaluados se mantuvieron dentro de los criterios de calidad fisiológica establecidos en la planta de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- La variedad menos afectada en su calidad fisiológica fue la Deorho, esta variedad presentó porcentajes mayores de germinación y vigor durante la época de siembra de primera que la variedad Amadeus 77.
- Los parámetros relacionados a la calidad física en porcentaje de daño total no presentaron diferencias estadísticas, debido a la alta variabilidad entre tratamientos.

5. RECOMENDACIONES

- Mantener la producción durante la época de postrera para obtener semillas de mejor calidad, un mejor material durante el acondicionamiento y mantener una producción eficiente en el cultivo de semilla de frijol.
- Evaluar otras variedades de frijol acondicionadas en la planta de procesamiento de semillas de Zamorano durante la época de primera y de postrera.
- Repetir este estudio analizando los mismos parámetros y observar si se estos cambian antes las condiciones evaluadas.
- Incrementar el tamaño y cantidad de muestras en cada lote al realizar estudios de comparación de materiales genéticos de frijol durante el acondicionamiento y evaluación de factores de calidad fisiológica.
- Sembrar durante le época de primera semilla de frijol de la variedad Deorho para mantener la calidad fisiológica de la semilla.

6. LITERATURA CITADA

- Aguirre R, Peske ST. 1988. Manual para el beneficio de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Calí, Colombia. p. 87–90. ISBN: 84-89206-75-9
- Aldana de León LF. 2010. Manual Producción Comercial y de Semilla de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). Quetzaltenango, Guatemala: Agencia de Cooperación Internacional del Japón. <http://www.funsepa.net/guatemala/docs/produccionSemillaFrijol.pdf>.
- Alizaga R, Mello VDC, dos Santos DSB, Irigon DL. 1994. Evaluación del vigor en semilla de (*Phaseolus vulgaris* L.) y se relación con la emergencia en el campo. *Agronomía Costarricense*. 18(2):227–234.
- Araya VR, Gutiérrez M. 2016. Producción de semilla de alta calidad de frijol común: (*Phaseoulus vulgar* L.). 1ª ed. San José, Costa Rica. Ediciones Didácticas Nexo E.I.R.L. 238 p. ISBN: 978-9968-557-95-5
- Araya VR, Martínez UK, López ZA, Murillo WA. 2013. Protocolo para el Manejo de Poscosecha de la Semilla de Frijol. 1ª ed. San José, Costa Rica: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Arias R JH, Rios Betancourt MJ, Monsalve FJ. 2001. Tecnología para la producción y manejo de semilla de frijol para pequeños productores. [Boletín divulgativo] Centro de investigación La Selva, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPROICA).
- Bravo Yánez MA. 1999. Incremento de la productividad y rentabilidad del frijol mediante investigación participativa en el municipio de El Rosario, Olancho [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 74 p; [consultado el 19 de nov. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2367/1/CPA-1999-T015.pdf>.
- Castañeda MC, López C, Colinas MT, Molina JC, Hernández A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia*. [consultado el 17 de oct. de 2020]. 34(4):286–292. Español. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911575011.pdf>
- Castro Aráuz EM, Zelaya Velásquez MJ. 2018. Control de calidad en el proceso de beneficiado del frijol rojo y su impacto en el rendimiento del producto terminado en la empresa AGROEXPORT S.A. [Tesis] Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. 204 p; [consultado el 14 de oct. de 2020]. <https://core.ac.uk/reader/189138760>
- Cid JA, Reveles HM, Velásquez VR y Mena CJ. 2014a. Producción de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 63. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México, 69 p. ISBN: 978-607-37-0344-4
- Cid JA, Reveles HM, Velásquez VR. 2014b. Selección y almacenamiento de semilla de frijol. Folleto Técnico No. 64. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas, México, 17 p. ISBN: 978-607-37-0364-2
- COLPROCAH, Colegio de Profesionales en Ciencias Agrícolas de Honduras. 2003. Producción artesanal de semilla de frijol de buena calidad. [consultado el 10 de oct. de 2020]. <http://www.colprocah.com/docsPDF/Secciones/ProduccionArtesanalSemillaFrijol.pdf>. 23p.

- Debouck DG, Hidalgo R. 1985. Morfología de la planta de frijol común. In: López Genes, Marceliano; Fernández O., Fernando O.; Schoonhoven, Aart van (eds.). Frijol: Investigación y producción. Programa de las Naciones Unidas (PNUD); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 7-41.
- DICTA, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2002. Amadeus 77: Nueva variedad de frijol rojo en proceso de validación con agricultores de Centro América. [consultado el 17 de oct. de 2020]. <http://www.dicta.gob.hn/files/2002-Amadeus-77,-f.pdf>.
- DICTA, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2012. El cultivo de frijol en Honduras: Volvamos al campo. Gobierno de la República de Honduras. [consultado el 25 de ago. de 2020]. <http://www.dicta.gob.hn/files/2012,-El-cultivo-de-frijol-Honduras,-F.pdf>
- DICTA, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2016. Características agronómicas de variedad de frijol: Deorho. Gobierno de la República de Honduras. [consultado el 18 de oct. de 2020]. <http://www.dicta.gob.hn/frijol-1.html>
- DICTA, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 2018. Las 28 variedades de frijol liberadas en Honduras. Gobierno de la República de Honduras. [consultado el 7 de oct. de 2020]. <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2018/11/2018-Variedades-de-frijol-liberadas-en-Honduras.pdf>
- Escoto ND. 2015. Manual para el cultivo de frijol en Honduras [internet]. Tegucigalpa. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), y Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). 7 - 38p. [consultado el 12 de oct. de 2020]. <http://www.dicta.gob.hn/files/2015,-Manual-para-el-cultivo-de-frijol-en-Honduras,-G.pdf>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Manual de Procedimientos para la Certificación Oficial de Semillas. [consultado el 23 de septiembre de 2020]. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Honduras/docs/manual-de-procedimientos-para-la-certificacion-oficial-de-semillas.pdf
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de Prosopis en America Latina. Evaluación de la calidad de la semilla. [consultado el 2 de sept. de 2020]. <http://www.fao.org/3/Q2180S/Q2180S12.htm#ch10>
- FHIA, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2018. Informe Anual: 2017-2018. 47-48 p. [consultado el 10 de oct. 2020]. http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_anuales/ianualfhia2017-2018.pdf
- García JI, Ruiz NA, Lira RH, Vera IR, Méndez B. 2016. Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas; [consultado el 1 de oct. de 2020]. 6-8 p. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/334>

- González T, Mendoza FM, Prieto JC, Vázquez NM y Acosta JA. 2008. Rendimiento y calidad de semilla de frijol en dos épocas de siembra en la región del bajo. *Agricultura Técnica en México*; [consultado el 2 de oct. de 2020]. 34(4): 421-430. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v34n4/v34n4a5.pdf>
- Hernández O. 2005. Producción de semilla certificada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L) con dos tecnologías y en dos ambientes en el estado de Zacatecas. [Tesis]. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 86 p; [consultado el 14 de oct. de 2020]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6242/T15473%20HERNANDEZ%20MARTIN%20DNEZ%20OCTAVIO%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández JC. 2009. Manual de Recomendaciones técnicas: cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, San José (Costa Rica); Instituto de Desarrollo Agrario, San José (Costa Rica). [consultado el 17 de oct. de 2020]. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9533.pdf>
- IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol: En los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua; [consultado el 17 de oct. de 2020]. <http://repiica.iica.int/docs/b2170e/b2170e.pdf>
- ISTA, International Rules for Seed Testing. 2020. Chapter 7: Seed health testing. [consultado el 2 de oct. de 2020]. 2020(1): i-7-6. doi:10.15258/istarules.2020.07.
- Jami Suares JG. 2018. Evaluación de dos sistemas de almacenamiento y su incidencia en la calidad de semillas de maíz tuxpeño (*Zea mays*) y Frijol Amadeus 77 (*Phaseolus vulgaris* L.). [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 59 p; [consultado el 23 de sept. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6432/1/AGI-2018-T032.pdf>
- Jones A.L. 1999. Phaseolus Bean. Post-harvest Operations. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Editado por AGSI/FAO; [consultado el 25 de ago. de 2020]. <http://www.fao.org/3/a-av015e.pdf>
- Lamz Piedra A, Cárdenas Travieso RM, Rodobaldo OP, Tavera VM, Coca BM, Montenegro, Carlos F. De La Fé, Duarte Leal Y, Lázaro AD. 2016. Evaluation of agro-morphological behavior based on the variability characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines for late sowings. La Habana, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). 8 p.
- Lardizabal R, Arias S, Segura R. 2013 Manual de producción de frijol. United States Agency for International Development (USAID); [consultado el 14 de oct. de 2020]. http://www.agronegocioshonduras.org/wp-content/uploads/2014/06/manual_de_produccion_de_frijol.pdf
- Leport L, Turner NC, Davies SL, Siddique KHM. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *European Journal of Agronomy*. 24(3):236–246. doi:10.1016/j.eja.2005.08.005

- Lin T-Y, Markhart AH. 1996. *Phaseolus acutifolius* A. Gray is More Heat Tolerant than *P. vulgaris* L. in the Absence of Water Stress. *Crop Sci.* 36(1):110–114. doi:10.2135/cropsci1996.0011183X003600010020x.
- Martínez SJ, Leiva MM, Rodríguez EM, Gómez FO, Quintero FE, Rodríguez VG, García CA, Cárdenas MM. 2015. Nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la empresa agropecuaria Valle de Yabú, Santa Clara, Cuba. *Centro Agrícola*. [consultado el 15 de oct. de 2020]. 42 (4):89–91. Español. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_4/cag12415.pdf
- Martirena-Ramírez A, Veitía N, Rivero L, Torres D, García LR, Collado R, Ramírez-López M. 2018. Respuesta de líneas de (*Phaseolus vulgaris* L.) en época de siembra tardía. [consultado el 15 de oct. de 2020]. 18(2):117–123. Español. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/583/1522>
- Matínez JM. 2015. Diseño de sistema automático para el secado y desgrane del frijol. [Tesis]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. 46 p; [consultado el 3 de oct. de 2020]. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5139/6640284M385.pdf;jsessionid=8E39633908B496043628DCC765F1DF93?sequence=1>
- Morales-Santos ME, Peña-Valdivia CB, García-Esteva A, Aguilar-Benítez G, Kohashi-Shibata J. 1980. Problemas Misceláneos. En: Schwartz HF y Gálvez GE. Problemas de Producción del Frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de (*Phaseolus vulgaris* L.). Calí, Colombia: [sin editorial]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). p. 327-340.
- Morales-Santos ME, Peña-Valdivia CB, García-Esteva A, Aguilar-Benítez G, Kohashi-Shibata J. 2017. Características físicas y de germinación en semillas y plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Silvestre, domesticado y su progenie. *Agrociencias*. [consultado el 23 de sept. de 2020]. 51:43–62. Español. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n1/1405-3195-agro-51-01-00043.pdf>
- Ospina HF, Acosta AJ. 1980. Semilla de frijol de buena calidad. Guía de Estudio. 2ª ed. Calí, Colombia: (CIAT) Centro Internacional de Agricultura Tropical; [consultado el 14 de oct. de 2020]. https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=HsU3VEIr5IEC&oi=fnd&pg=PA5&dq=semilla+de+frijol+de+buena+calidad&ots=bdUVJTI4s4&sig=pCl0PuHAonv7TRYe5zGI6WYIuo8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Peña-Valdivia CB, Trejo C, Celis-Velazquez R, López Ordáz A. 2013. Reacción del frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) a la profundidad de siembra. [consultado el 3 de oct. de 2020]. 14(1):89–102. Español. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n1/v4n1a7.pdf>
- Quintero, E. 1999. Manejo de la diversidad varietal en la conducción fitotécnica del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). [consultado el 15 de oct. de 2020]. *Centro Agrícola*, 26(3): 27-32. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=065079>

- PNF, Programa Nacional del Frijol. 2019. Desarrollo del frijol y sus fases fenológicas: Amadeus 77. Tegucigalpa: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). [consultado el 18 de oct. de 2020]. file:///C:/Users/carlos.mairena/Downloads/DESARROLLO-DEL-FRIJOL-Y-SUS-FASES-AMADEUS2019%20(4).pdf
- PNF, Programa Nacional del Frijol. 2019. Desarrollo del frijol y sus fases fenológicas: Deorho. Tegucigalpa: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). [consultado el 18 de oct. de 2020]. file:///C:/Users/carlos.mairena/Downloads/DESARROLLO-DEL-FRIJOL-Y-SUS-FASES-DEORHO2019%20(3).pdf
- PNUD, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. 2014. Postcosecha del grano de frijol: Prácticas alternativas para su manejo. La Habana, Cuba. Instituto de Investigación de Granos (IIGRANOS). [Consultado el 14 de oct. de 2020]. file:///C:/Users/carlos.mairena/Downloads/Poscosecha%20de%20granos-Folleto%20(10).pdf
- SAG, Servicio Agrícola y Ganadero. 2000. Normas Generales y especificaciones de certificación de semillas. Santiago, Chile. Subdepartamento de divulgación técnica. [consultado el 3 de oct. de 2020]. https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/NORMAS_GENERALES_SEMILLAS.pdf
- Salinas AR, Yoldjian AM, Craviotto RM y Bisaro V. 2001. Prueba de vigor y calidad fisiológica de semilla de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 36(2):371–379. Español. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200022>
- Sánchez Merino FR. 1972. Evaluación de la calidad de semilla de frijol: (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. [Tesis]. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. 71 p. [consultado el 17 de oct. de 2020]. http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/1935/Evaluacion_de_la_calidad_de_semilla_de_frijol.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Urbina Algabas R. 2018. Control de Calidad en la producción tradicional y no convencional de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). [internet]. Costa Rica. [consultado el 17 de oct. de 2020]. http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2018/09/manual_semilla_frijol_biofortificado_2018.pdf
- Valentinetti S. 2012. Estudio de la aceptación de la variedad mejorada de frijol común Amadeus 77 en la aldea de San Lorenzo, Danlí, El Paraíso, Honduras. [Tesis]. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 32 p; [consultado el 18 de sept. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1052/1/T3306.pdf>
- Villatoro JC, Monterroso FC, Franco, JA. 2011. Producción de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) [internet]. Villa Nueva: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). [consultado el 15 de oct. de 2020]. <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%202011.pdf>

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de porcentaje de pérdida del lote.

Fuente	Pr > F
Variedad	0.0962
Época	0.8386
Variedad*Época	0.5467
C.V. (%)	63.1641
R ²	0.3415
Valor F	1.73

C.V.= Coeficiente de variación en porcentaje.

Anexo 2. Porcentaje de pérdida promedio para los diferentes tratamientos.

Variedad	Época	Porcentaje de pérdida (%)
		Media (N.S.) ± D.E.
Amadeus 77	Postrera	30.33 ± 12.50 ^a
Amadeus 77	Primera	39.09 ± 07.21 ^a
Deorho	Postrera	17.57 ± 08.84 ^a
Deorho	Primera	13.21 ± 12.50 ^a
C.V. (%)		20.05

a-b: Medias en la misma columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

C.V.: Coeficiente de Variación en porcentaje; N.S.= No existe diferencia significativa estadísticamente entre las medias; D. E= Desviación Estándar

Anexo 3. Análisis de varianza de porcentaje de vigor.

Fuente	Pr>F
Variedad	0.0346
Época	0.0346
Variedad*Época	0.2925
C.V. (%)	3.8656
R ²	0.6961
Valor F	7.64

C.V.= Coeficiente de Variación en porcentaje.

Anexo 4. Análisis de varianza de porcentaje de germinación.

Fuente	Pr>F
Variedad	0.0342
Época	0.0513
Variedad*Época	0.2377
C.V. (%)	3.7899
R ²	0.6826
Valor F	7.17

C.V.= Coeficiente de Variación en porcentaje.

Anexo 5. Análisis de varianza de porcentaje de daño total.

Fuente	Pr>F
Variedad	0.1105
Época	0.6764
Variedad*Época	0.5444
C.V. (%)	45.8350
R ²	0.3500

C.V.= Coeficiente de Variación en porcentaje.

Anexo 6. Análisis de varianza de los diferentes daños observados en los lotes.

Daño	Pr>F	Pr>F	R²	C.V. (%)
	Variedad	Repetición		
Impureza.	0.0948	0.4286	0.7296	40.682
Semilla Inmadura.	0.3517	0.6073	0.4437	57.216
Calentamiento.	0.3234	0.4540	0.5362	66.479
Daño en testa.	0.4426	0.8090	0.2913	158.960
Semilla pequeña.	0.0132	0.2020	0.9183	26.896
Daño por hongo.	0.2573	0.1412	0.7694	119.940
Daño mecánico.	0.6254	0.6226	0.3194	308.671
Semilla pre-germinada	0.5948	0.5968	0.2865	209.483
Semilla en tapa	0.1709	0.5443	0.6111	233.333
Daño por insecto	0.3870	0.7828	0.3409	112.678
Terrones	0.3097	0.3784	0.5845	43.677
Daño total	0.3097	0.3784	0.5845	28.142

R²: Coeficiente de determinación (R Cuadrado).

CV: Coeficiente de Variación (%).

Anexo 7. Flujo de proceso en el acondicionamiento de frijol.

