

Efecto de dos sistemas de pre- acondicionamiento en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz

Edman Wosvely Méndez Herrera

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de dos sistemas de pre- acondicionamiento en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz

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

Edman Wosvely Méndez Herrera

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Efecto de dos sistemas de pre-acondicionamiento en la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz

Edman Wosvely Méndez Herrera

Resumen. El pre-acondicionamiento es un punto clave en la calidad física y fisiológica de las semillas. El objetivo del estudio fue determinar si el pre-acondicionamiento realizado en una planta externa afecta la calidad física y fisiológica de las semillas acondicionadas por la planta de semillas de Zamorano. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de ciencia y tecnología de granos y semillas de Zamorano, en la planta de semillas de Zamorano y en la planta de semillas de Hondugenet. Se establecieron dos tratamientos (pre-acondicionamiento en Zamorano y Hondugenet) y se evaluaron ocho variables, seis relacionadas a calidad física (silk cut, daño mecánico, daño por hongos, daño por insectos, semilla manchada, impurezas) y dos de ellas relacionadas con calidad fisiológica (porcentaje de germinación y vigor) en ocho lotes provenientes de las distintas plantas. Se realizó una prueba t estudiante con probabilidad de $P < 0.10$. Se encontraron diferencias estadísticas en el porcentaje de daño mecánico, daño por hongos, germinación y vigor. El análisis de los datos demostró que las condiciones de pre-acondicionamiento de la planta de Hondugenet tienden a disminuir la calidad física y fisiológica de las semillas debido al transporte y manipulación de las mismas. Se desarrolló un plan de mejora basado en un análisis de acciones correctivas y preventivas, para los tres principales daños determinados a través de un diagrama de Pareto.

Palabras clave: Corte de seda, daño mecánico, germinación, vigor.

Abstract. Pre-conditioning is a key point in the physical and physiological quality of the seeds. The objective of the study was to determine if the pre-conditioning carried out in an external plant affects the physical and physiological quality of the seeds conditioned by the Zamorano seed plant. The study was carried out in the Zamorano grain and seed science and technology laboratory, the Zamorano seed plant and the Hondugenet seed plant. Two treatments (pre-conditioning in Zamorano and Hondugenet) were established and eight variables were evaluated, six related to physical quality (silk cut, mechanical damage, fungal damage, insect damage, stained seed, impurities) and two related with physiological quality (percentage of germination and vigor) in eight lots from different plants. A student t test was performed with a probability of $P < 0.10$. Statistical differences were found in the percentage of mechanical damage, fungal damage, germination and vigor. The analysis of the data showed that pre-conditioning conditions of the Hondugenet plant affected the decrease of the physical and physiological quality of the seeds due to their transport and management of the product. An improvement plan was developed based on a Pareto diagram implementing corrective and preventive measures for the three main specific damages.

Key words: Germination, mechanical damage, silk cut, vigor.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexo.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	22
5. RECOMENDACIONES.....	23
6. LITERATURA CITADA	24
7. ANEXO	27

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXO

Cuadro	Página
1. Lotes de hasta 100 kg.	4
2. Lotes con más de 100 kg.	4
3. Descripción de los tratamientos y variables evaluadas en semillas de maíz pre-acondicionadas en dos plantas diferentes.	6
4. Evaluación del porcentaje de daños en los lotes de semillas de dos plantas diferentes.	12
5. Evaluación del porcentaje de germinación y vigor de los lotes de semillas de dos plantas diferentes.	16
6. Análisis de acciones correctivas y preventivas para corte de seda	19
7. Análisis de acciones correctivas y preventivas para impurezas.	20
8. Análisis de acciones correctivas y preventivas para daño mecánico.	21
 Figuras	 Página
1. Diagrama del flujo de proceso de la planta de semillas de Zamorano	7
2. Diagrama del flujo de proceso de la planta de Hondugenet.	10
3. Diagrama de Pareto de los daños en la planta de semillas de Zamorano.	17
4. Diagrama de Pareto de los daños presentes en la planta de semillas de Hondugenet.	18
 Anexo	 Página
1. Formato de entrevista para el diagnóstico de las plantas de semillas.	27

1. INTRODUCCIÓN

La producción de semillas certificada en Honduras ha adquirido un alto grado de organización y especialización, permitiendo la producción de este insumo estratégico para la agricultura. En la organización de la producción y control participa el sector público y el privado. El sector público define la política agropecuaria, dicta normas, reglamentos, procedimientos y disposiciones, mientras que el sector privado investiga, produce, comercializa y hace control interno de calidad en campo y laboratorio de semillas (FAO 2016a). Por lo tanto, un manejo adecuado en planta es primordial para asegurar la calidad de la semilla y de esta forma obtener un cultivo vigoroso, contribuyendo a la seguridad alimentaria de diferentes países.

La planta de semillas de Zamorano proporciona el acondicionamiento a las semillas de maíz, desde el recibo del maíz en mazorca hasta el empaque en bolsas de 60,000 semillas. Actualmente, el principal cliente de acondicionamiento ha tomado la decisión de enviar el maíz para su acondicionamiento, dividido en dos presentaciones, la primera en mazorca con un 35% de humedad y la segunda en maíz desgranado listo para acondicionar. Tal decisión puede incurrir en cambios en la calidad física y fisiológica del maíz desgranado, ya que el proceso de pre-acondicionamiento no es completamente realizado por la planta de semillas de Zamorano.

La calidad se define como la producción de bienes y/o servicios según especificaciones que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes (Tarí 2000). En el caso de calidad de semillas, esta se puede dividir en cuatro cualidades básicas: genética, fisiológica, sanitaria y física (Bonilla 2014). Para el presente estudio se evaluó la calidad física y fisiológica de materiales procedentes de dos plantas diferentes.

El acondicionamiento es un conjunto de operaciones llevadas a cabo con el más estricto control de calidad, bajo la implementación de buenas prácticas para la obtención de semillas con altos estándares de calidad. El acondicionamiento de semillas es un proceso desarrollado para la obtención de un lote de semillas con el máximo porcentaje de semilla pura, con un alto grado de uniformidad, vigor y germinación, a un costo razonable (Bonilla 2014).

El pre-acondicionamiento comprende una serie de operaciones que están implícitas en el acondicionamiento como tal. El pre-acondicionamiento está constituido por la recepción, secado, desgranado y pre-limpieza de las semillas. La correcta aplicación y manejo de las etapas del pre-acondicionado son cruciales para asegurar la calidad física y fisiológica de las semillas, debido a que durante este proceso las semillas están expuesta a factores como impacto mecánico y altas temperaturas (Mancera 2007).

El aseguramiento de la calidad física y fisiológica es de suma importancia, debido a que determina el mercado al cuál va dirigida la semilla. La semilla con mayor presencia de daños físicos y un porcentaje de germinación por debajo del 90% es distribuida a nivel local, mientras que las semillas con baja cantidad de daños físicos y un porcentaje de germinación por arriba del 90% va destinada a un mercado de exportación.

A través de este estudio se propuso un plan de mejora para los problemas encontrados durante el mismo a fin de mejorar la decisión tomada por el principal cliente.

Por tal razón se definieron los siguientes objetivos:

- Determinar si el pre-acondicionamiento realizado por una planta externa afecta la calidad física y fisiológica de las semillas acondicionadas por la planta de semillas de Zamorano.
- Realizar un diagnóstico del manejo de los sistemas de pre-acondicionamiento en ambas plantas para determinar si los procedimientos y maquinarias utilizadas afectan la calidad de las semillas.
- Establecer un plan de mejora en base a los principales problemas encontrados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo.

El estudio se realizó en dos lugares, el primero es la planta de procesamiento de semillas y en el laboratorio de tecnología de granos y semillas, ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada en el km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Valle de Yeguaré, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán y el segundo es la planta de semillas Hondugenet, Ojo De Agua, EL Paraíso, Honduras.

Metodología.

Se evaluaron ocho lotes de semillas de maíz de dos procedencias distintas; cinco lotes de la planta de semillas de Zamorano y tres lotes de la empresa Hondugenet, la cual se dedica al acondicionamiento de semillas de maíz para el mismo cliente de Zamorano. Los lotes fueron pre-acondicionados en las plantas correspondientes, luego fueron acondicionadas y envasadas en la planta de semillas de Zamorano.

Se realizaron muestreos para cada lote en dos áreas diferentes, el primer muestreo se realizó en material desgranado y el segundo muestreo se realizó en material acondicionado en sus diferentes presentaciones. Para la evaluación de los lotes se realizaron análisis físicos y fisiológicos.

Se realizó un diagnóstico de ambas plantas por medio de un recorrido y una entrevista al gerente de cada una de ellas. Con los datos obtenidos en el diagnóstico se realizó un plan de mejora tomando en cuenta los resultados de los diferentes análisis hechos en cada uno de los lotes de maíz.

Materiales y equipos.

Para el muestreo. Muestreador SEEDBURO, marcador, etiquetas y bolsas plásticas.

Para el análisis físico. Homogeneizador – separador SEEDBURO, cajas plásticas, balanza digital, tamiz 17/64.

Para el análisis fisiológico. Cámara de germinación, papel para germinación, atomizador, marcador, etiquetas y un contador de semillas.

Los procedimientos para el muestreo, análisis físico y fisiológico utilizados en este estudio son los establecidos por el laboratorio de granos y semillas de Zamorano.

Procedimiento de muestreo.

Para determinar el tipo de muestreo y su intensidad se utilizaron los procedimientos establecidos en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Lotes de hasta 100 kg.

Número de contenedores	Número mínimo de muestreo principal
1 – 4	3 de cada contenedor
5 – 8	2 de cada contenedor
9 – 25	1 de cada contenedor
16 – 30	15 del lote de semilla
31 – 50	20 del lote de semilla
60 +	30 del lote de semilla

Fuente: Laboratorio de granos y semillas de Zamorano.

Cuadro 2. Lotes con más de 100 kg.

Tamaño de lote	Intensidad de muestreo
Hasta 500 kg	Por lo menos 5 muestras primarias
501 – 3000 kg	1 muestra/300 kg (no < 5)
3001 – 20000 kg	1 muestra/500 kg (no < 10)
20000 kg +	1 muestra/700 kg (no < 40)
Hasta 5 sacos	5 muestras primarias
6 – 30 sacos	1 muestra/3 sacos
31 sacos +	1 muestra/5 sacos

Fuente: Laboratorio de granos y semillas de Zamorano.

El muestreo se realizó al azar con un tamaño de muestra según los cuadros 1 y 2.

Para la toma de la muestra se verificó que el equipo y material donde la muestra fue colocada estuviera limpio para evitar contaminación cruzada. Se introdujo el muestreador en las semillas y se giró 180° hasta que las semillas fueron introducidas, luego se agitó suavemente para retirar el exceso y se vaciaron las semillas en una bolsa plástica. Este paso se repitió las veces necesarias hasta obtener el tamaño de muestra estipulada. Cada repetición se realizó en diferentes puntos del lote (superior, inferior y medio). Por último, se etiquetaron las muestras con código de lote/muestra, fecha, material, origen, área de muestreo, persona quien realiza, y se almacenaron en un lugar fresco y aireado.

Procedimiento para análisis físico de semillas.

Para el análisis físico de las semillas de maíz se verificó que los equipos y materiales estuvieran limpios para evitar contaminación cruzada. Se tomaron las muestras obtenidas anteriormente del lote madre tanto del material desgranado como del material acondicionado y se homogenizaron en un homogeneizador-separador SEEDBURO, luego se pesaron 500 g de semillas en una balanza digital y se tamizaron con un tamizador número 17/64 (el mismo utilizado durante el acondicionamiento) para separar las impurezas. Una vez tamizadas la muestra se procedió a separar los daños físicos manualmente y se pesaron en una balanza para obtener el porcentaje que representan en la muestra mediante el uso de la ecuación 1.

$$\% \text{ de daño} = \frac{\text{daño en gramos}}{500 \text{ gramos}} \times 100 \quad [1]$$

Procedimiento para análisis fisiológico de semillas.

Para el análisis físico se tomó una muestra de 400 semillas y se colocó sobre una tabla contadora con capacidad de 100 semillas. Como medio de crecimiento se utilizó papel para germinación, el cual se midió y cortó para ser colocado sobre una rejilla metálica. Una vez colocado el papel, se levantó la primera capa del mismo y levantando suavemente la tabla se dejaron caer las semillas sobre el papel y se repitió este paso para colocar un total de 200 semillas por rejilla. Estando colocadas las semillas se cubrieron con la capa levantada anteriormente y se humedeció con 500 ml de agua. Cada rejilla se identificó con el lote, material, fecha y hora. Por último, se colocaron las rejillas en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 60%, humedeciendo el papel cada dos días.

Se realizó la lectura de vigor al cuarto día, evaluando el potencial físico de la semilla. La lectura de germinación se realizó al séptimo día tomando en cuenta los criterios: normal, anormal y muertas.

Procedimiento para el diagnóstico de las plantas.

El diagnóstico se realizó mediante un recorrido y una entrevista al gerente de cada una de las plantas, enfocándose en la observación de factores que puedan afectar la calidad de las semillas durante el pre-acondicionamiento.

Procedimiento para el plan de mejora.

Para la elaboración del plan de mejora se analizaron los datos recolectados durante el diagnóstico y se relacionaron con los obtenidos en el análisis estadístico a manera de encontrar si existe influencia del estado de las plantas sobre la calidad de las semillas.

Para la resolución de estos problemas se elaboró un diagrama de Pareto para identificar los principales problemas. En base a los resultados encontrados se hicieron diferentes propuestas para dar solución al problema.

Tratamiento y variables.

Se establecieron dos tratamientos (sistemas de pre-acondicionamiento por planta) para los que se realizó el análisis de acuerdo a las variables evaluadas (cuadro 3). Se realizaron ocho muestreos durante diez semanas.

Cuadro 3.Descripción de los tratamientos y variables evaluadas en semillas de maíz pre-acondicionadas en dos plantas diferentes.

	Tratamientos	
	Zamorano	Hondugenet
Corte de seda	χ	χ
Daño mecánico	χ	χ
Daño por insectos	χ	χ
Daño por hongos	χ	χ
Semilla manchada	χ	χ
Impurezas	χ	χ
Germinación	χ	χ
Vigor	χ	χ

Espacios con el signo (χ) representan los datos a obtener.

Diseño experimental y análisis estadístico.

Se utilizó un diseño de dos muestras independientes. Se usó el programa estadístico SAS[®] versión 9.1 para realizar el análisis estadístico de la investigación. Se realizó una prueba t estudiante para las variables evaluadas (corte de seda, daño mecánico, daño por insectos, daño por hongos, semilla manchada, impurezas, germinación y vigor), a un nivel de significancia de $P < 0.10$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico de la planta de semillas de Zamorano.

Para el diagnóstico se realizó un flujo de proceso (figura 1) donde se identificaron los posibles factores que puedan afectar la calidad física y fisiológica de las semillas.

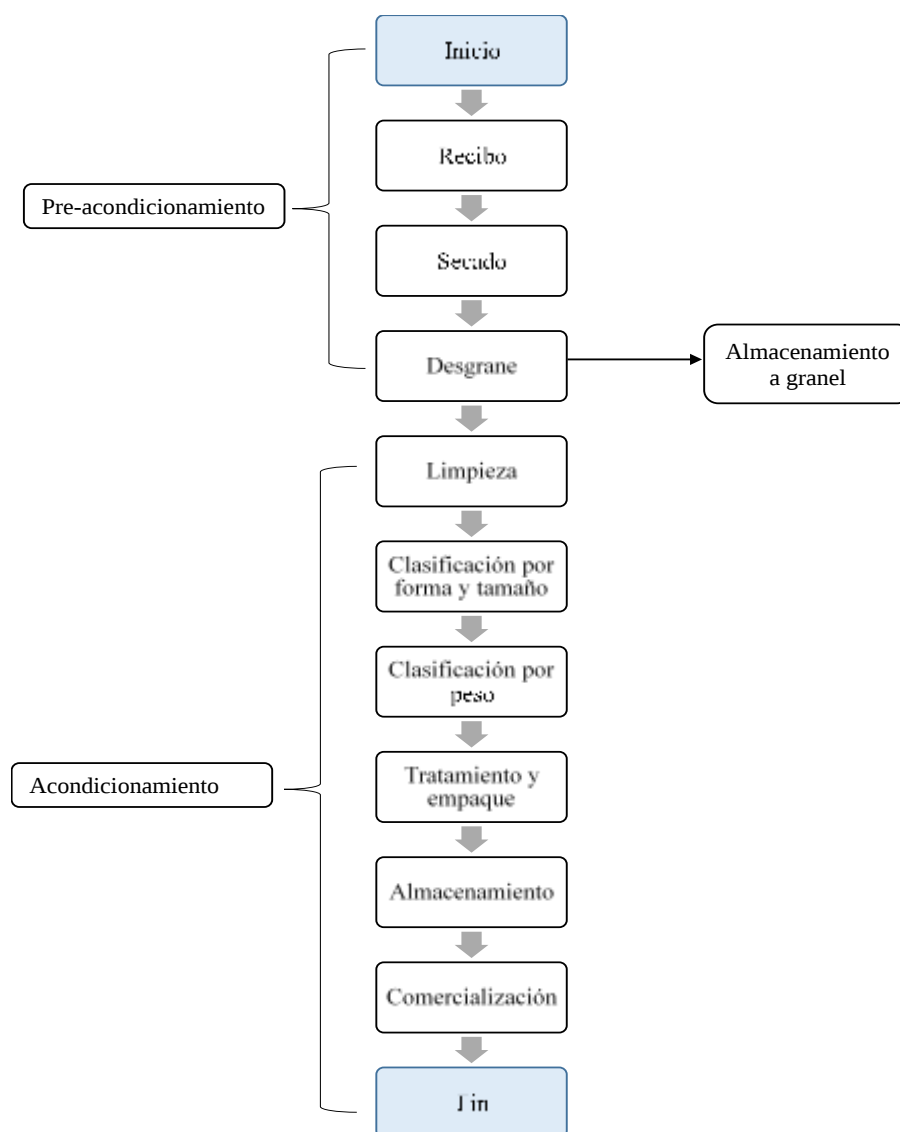


Figura 1. Diagrama del flujo de proceso de la planta de semillas de Zamorano.

Descripción del flujo de proceso.

Recibo. Al momento de la recepción se realizan diferentes actividades como el pesado, identificado (origen del producto, lote, material, fecha de ingreso), muestreo de malezas y humedad. Durante el recibo, el transporte del material se realiza mediante bandas transportadoras para evitar daños mecánicos. Previo a esta actividad se realiza una limpieza profunda de las bandas para evitar contaminación cruzada de materiales. El material recibido generalmente está a una humedad entre 30 a 35%, por lo cual no debe tardar más de 24 horas para pasar al proceso de secado. Los límites críticos de humedad para recepción son: mínimo de 25% y un máximo de 35%, si la semilla se recibe por fuera de los límites críticos se compromete la calidad fisiológica. Una vez recibido el producto se realiza una aplicación de insecticida (Deltametrina) por termoneblaje para matar los adultos del gorgojo de maíz (*Sitophilus zeamais*), estas aplicaciones están a cargo de la empresa Ecolab.

Secado. La semilla ingresa a una humedad entre 30 a 35% y se debe llevar a una humedad del 12%. Para lograr la remoción de humedad la planta utiliza dos tipos de secadoras: secadoras verticales con una capacidad de 750 a 1000 quintales de maíz en mazorca y secadoras horizontales de ocho tolvas, con una capacidad de 45 quintales por tolva, de maíz desgranado. Para la operación de secado se utiliza una temperatura entre 85 a 105 °F, si se sobrepasa este rango de temperatura se compromete la calidad fisiológica de la semilla por muerte del embrión. Para la remoción de un punto de humedad se necesitan de cinco a seis horas, al sobrepasar este tiempo se compromete la germinación.

Desgrane. El desgrane se hace una vez la semilla alcanza una humedad del 12%, esto con el objetivo de evitar daño mecánico. La planta de semillas de Zamorano utiliza una desgranadora con una capacidad de 80 a 100 quintales por hora. Esta desgranadora causa menos del 1% de daño mecánico debido a un sistema de desgrane de eje longitudinal.

Almacenamiento a granel. El almacenamiento a granel se realiza cuando se tiene un excedente de material o la planta está procesando otro tipo de material. El almacenamiento se realiza en bodegas a temperatura ambiente.

Limpieza. Para la limpieza se utiliza una Máquina de Aire y Zaranda (MAZ). En este proceso las semillas pasan por un flujo de aire que elimina todas las partículas livianas, luego pasan por un conjunto de cuatro zarandas que separan las semillas más pequeñas y las semillas más grandes que están por fuera de rango de tamaño requerido por la planta. La MAZ actualmente no está funcionando de manera adecuada lo cual, causa un mayor paso de impurezas en proceso de acondicionado.

Clasificación por forma y tamaño. Para la separación de las semillas por forma y tamaño, estas deben de pasar a través de un sistema de cilindros (cilindros carter) que las separa en seis presentaciones diferentes: plano chico (PCH), bola chica (BCH), plano medio (PM), bola media (BM), plano grande (PG) y bola grande (BG).

Clasificación por peso. Este proceso se realiza con un equipo denominado mesa gravimétrica que separa las semillas según su peso específico. La separación se realiza utilizando un flujo de aire a través de una plataforma inclinada y perforada que suspende las semillas según su peso y las separa. Las semillas con mayor peso son semillas en buen estado y las semillas con menor peso son semillas que presentan algún tipo de daño y son descartadas.

Tratamiento y empaque. El tratamiento se realiza con Maxim (fungicida) y K-obiol (insecticida) una vez confirmada la venta de las semillas, son empacadas en bolsas de papel con una cubierta interior de nylon para evitar el intercambio de gases y humedad. Se empacan 60000 semillas por bolsa.

Almacenamiento. Las semillas empacadas se almacenan en cámaras climatizadas con 50% de humedad relativa y un rango de temperatura de 14 a 16 °C. La vida útil de la semilla bajo estas condiciones puede ser de 3 a 4 años.

Comercialización. Las decisiones de comercialización son tomadas por las personas encargadas.

Diagnóstico de la planta de semillas Hondugenet.

Para el diagnóstico se realizó un flujo de proceso (figura 2) donde se identificaron los posibles factores que puedan afectar la calidad física y fisiológica de las semillas.

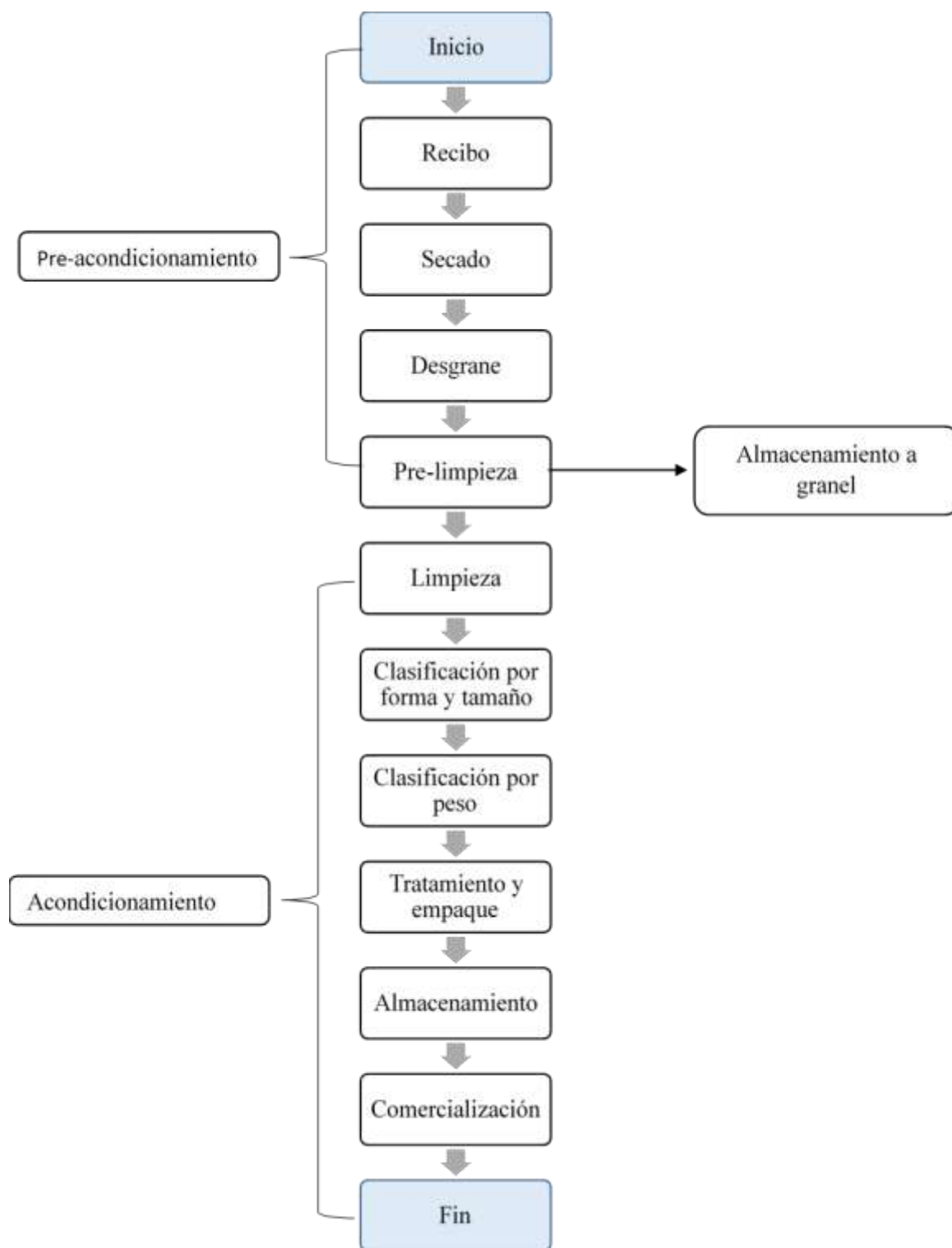


Figura 2. Diagrama del flujo de proceso de la planta de Hondugenet.

Descripción del flujo de proceso.

Recibo. Al momento de la recepción se realizar diferentes actividades como el pesado, identificado (origen del producto, lote, material, fecha de ingreso) y humedad. Durante el recibo, el transporte del material lo realizan personas usando sacos. El material recibido generalmente está a una humedad entre 25 a 30%.

Secado. La semilla ingresa a una humedad entre 25 a 30% y se debe llevar a una humedad del 12%. Para lograr la remoción de humedad la planta utiliza dos tipos de secadoras: cuatro secadoras de tipo alberga con una capacidad de 190 a 200 quintales por alberga de maíz en mazorca y dos secadoras tipo silo con una capacidad de 1000 a 1100 quintales por silo de maíz en mazorca. Para la operación de secado se utiliza una temperatura entre 38 a 40°C, si se sobrepasa este rango de temperatura se compromete la calidad fisiológica de la semilla por muerte del embrión. Para la remoción de un punto de humedad se necesitan de 10 horas.

Desgrane. El desgrane se hace una vez la semilla alcanza una humedad del 12%, esto con el objetivo de evitar daño mecánico. La planta de semillas de Hondugenet utiliza una desgranadora marca Clipper® con una capacidad de 60 a 70 quintales por hora.

Pre-limpieza. La pre-limpieza consiste en la eliminación de materiales de gran tamaño como rastrojo, terrones de tierra y otros materiales. Esa labor se realiza con la intención de facilitar la manipulación y almacenamiento previo al acondicionamiento a granel.

Almacenamiento a granel. El almacenamiento a granel se realiza cuando se tiene un excedente de material o la planta está procesado otro tipo de material. El almacenamiento se realiza en bodegas a temperatura ambiente.

Limpieza. Para la limpieza se utiliza una máquina de aire y zaranda marca Clipper®. En este proceso las semillas pasan por un flujo de aire que elimina todas las partículas livianas, luego pasan por un conjunto de cuatro zarandas que separan las semillas más pequeñas y las semillas más grandes que están fuera del rango de tamaño requerido por la planta.

Clasificación por forma y tamaño. Para la separación de las semillas por forma y tamaño, estas deben de pasar a través de un sistema de cilindros (Cilindros Carter) que las separa en seis presentaciones diferentes: plano chico (PCH), bola chica (BCH), plano medio (PM), bola media (BM), plano grande (PG) y bola grande (BG).

Clasificación por peso. Este proceso se realiza con un equipo denominado mesa gravimétrica que separa las semillas según su peso específico. La separación se realiza utilizando un flujo de aire a través de una plataforma inclinada y perforada que suspende las semillas según su peso y las separa. Las semillas con mayor peso son semillas en buen estado y las semillas con menor peso son semillas que presentan algún tipo de daño y son descartadas.

Tratamiento y empaque. El tratamiento se realiza con Maxim (fungicida) y K-obiol (insecticida) y son empacadas en bolsas de papel con una cubierta interior de nylon para evitar el intercambio de gases y humedad. Se empacan 25 libras por bolsa.

Almacenamiento. Las semillas empacadas se almacenan en cámaras climatizadas con 60% de humedad relativa y un rango de temperatura de 18 a 24 °C.

Comercialización. Las decisiones de comercialización son tomadas por las personas encargadas.

Resultados sobre calidad física.

Los resultados presentados en el cuadro 4, fueron analizados a través de una prueba t estudiante. Se evaluaron seis tipos de daños, mediante los cuales se observó una disminución en la calidad física de la semilla de maíz en uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 4. Evaluación del porcentaje de daños en los lotes de semillas de dos plantas diferentes.¹

	Zamorano Media $\pm$ D.E.	Hondugenet Media $\pm$ D.E.	P < 0.1
Corte de seda	1.13 $\pm$ 0.77	1.15 $\pm$ 0.98	0.925
Semilla manchada	0.24 $\pm$ 0.25	0.22 $\pm$ 0.20	0.728
Daño mecánico	0.25 $\pm$ 0.24	0.37 $\pm$ 0.18	0.063
Daño por hongos	0.06 $\pm$ 0.13	0.24 $\pm$ 0.49	0.046
Daño por insectos	0.13 $\pm$ 0.12	0.17 $\pm$ 0.23	0.357
Impurezas	0.42 $\pm$ 1.00	0.80 $\pm$ 1.74	0.299

¹Resultados expresan los promedios $\pm$ la desviación estándar de cada planta con respecto a la variable evaluada.

Daño por silk cut. En los lotes de semillas evaluados, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.10$) en la presencia de silk cut entre ambos tratamientos. Esto se puede atribuir a que los lotes en campo pudieron estar expuestos a estrés hídrico durante un tiempo determinado.

El silk cut es un problema físico que consiste en aperturas o divisiones laterales en el pericarpio que exponen el embrión o el endospermo, que a menudo es colonizado por hongos. Este problema es considerado poco frecuente ya que se presenta únicamente en algunos híbridos comerciales que crecen bajo condiciones de estrés hídrico (Odvody *et al.* 1997).

Según Odvody *et al.* (1997), la afección causada por este problema puede dar lugar a una colonización de hongos donde predominan los géneros *Fusarium moniliformes* y *Aspergillus flavus*. La presencia de estos hongos puede causar contaminación cruzada en semillas sanas ya que la semilla afectada con silk cut no se puede remover totalmente durante el proceso de acondicionamiento.

Daño por manchado. No se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.10$) en la presencia de semilla manchada entre ambos tratamientos. Esto se puede atribuir a que los lotes fueron expuestos a las mismas condiciones de temperatura durante el secado.

El secado es un proceso crucial en la calidad de la semilla. Herter y Burris (1989), demostraron que el maíz en mazorca como el maíz desgranado secado a 35 y 42 °C presentó una germinación de al menos 95% usando una prueba estándar de germinación. También demostraron que el maíz secado a una temperatura entre 42 y 50 °C presentó una germinación del 64% y daños visibles en la semilla como el cambio de color y agrietamiento. El CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) (2016), afirma que los daños por calor en la semilla de maíz y sus partes, son identificados por una coloración café oscura o rojiza.

La semilla de maíz tiende a volverse más tolerante a las altas temperaturas de secado conforme va perdiendo humedad progresivamente en el campo (Harter 1987). Esto quiere decir que a menor humedad presente la semilla antes del secado, está será más resistente a las altas temperaturas. Semillas cosechadas en la etapa masosa blanda (50-60% humedad) y secadas a temperaturas mayores a 35 °C presentan daños considerables (Harter 1987). Moratinos (2012) recomienda mantener la temperatura de secado a menos de 40 °C, y si el contenido de humedad de la semilla es mayor al 18% mantener la temperatura de secado por debajo de los 35 °C.

Según el diagnóstico realizado, las dos plantas evaluadas cumplen con los parámetros de temperatura de secado mencionados en la literatura citada. Ambas plantas usan una temperatura de secado de 35 °C y luego la aumentan a 40 °C para remover los últimos cinco puntos de humedad para llegar al 12%.

Daño mecánico. Para la presencia de semilla con daño mecánico se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.10$) entre ambos tratamientos. Mediante la prueba t estudiante se observó que la panta de semillas de Zamorano presentó menor porcentaje de daño mecánico con un promedio de 0.25% a diferencia de Hondugenet que mostró un promedio de 0.37%.

Las operaciones de cosecha y post cosecha en plantas modernas de procesamiento, modifican de forma negativa la calidad de la semilla. Las maquinas usadas en operaciones como el transporte, secado, desgranado y acondicionado causan daños mecánicos significantes como rupturas y fracturas (Gregg y Billups 2010). De acuerdo con Khazaei (2009), la mayor parte del daño mecánico en las semillas ocurre durante el periodo de transporte y manipulación. Bonilla (2014) afirma que la mayor parte del daño mecánico en maíz es causado por el transporte del mismo a través del sistema de acondicionamiento, lo cual concuerda con Khazaei (2009).

El daño mecánico causa bajo vigor, afecta la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla, traduciéndose en una baja vida de almacén. El daño mecánico causado por impacto depende de varios factores como: contenido de humedad, madurez fisiológica y tamaño y forma de la semilla (Rico *et al.* 2007).

Durante el diagnóstico realizado se observó que el transporte de material en la planta de Hondugenet se realiza de forma manual, es decir, personas utilizan sacos y palas para transportar el maíz de los camiones al área de recibo y del área de secado hacia la desgranadora. Esta situación puede estar causando una mayor presencia de daño mecánico en las semillas, por lo cual, existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.10$) en la presencia de daño mecánico entre ambas plantas.

Daño por hongos. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.10$) para la presencia de daño por hongos entre ambos tratamientos. Mediante una prueba t estudiante se observó que la planta de semillas de Zamorano presentó menor porcentaje de daño por hongos con un promedio de 0.06% a diferencia de Hondugenet que mostró un promedio de 0.24%.

Varios hongos y algunas bacterias infectan las mazorcas y los granos causando pudrición. Muchos de los hongos que atacan el tallo son responsables por la pudrición de la mazorcas y granos (FAO 2019b). Según Hernández *et al.* (2014), *Fusarium verticillioides* es el principal hongo patógeno que afecta la productividad del maíz en el mundo.

La proliferación de los hongos depende en gran medida de las condiciones climáticas. Martínez *et al.* (2010), encontró que la combinación de alta humedad relativa y temperatura era el factor clave para el crecimiento de hongos en pre y/o post cosecha, en especial de *F. verticillioides*.

A pesar de que la prevalencia de hongos en los lotes de semillas depende netamente del campo, se lograron encontrar diferencias significativas entre ambas plantas. Una de las razones principales puede ser que los lotes en campo no recibieron el manejo adecuado contra plagas y enfermedades.

Daño por insectos. La ocurrencia de daños por plagas en los lotes de maíz de ambas plantas no presentó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.10$), esto puede ser debido a que ambas plantas presentan un plan de manejo contra plagas.

Existen 13 especies de insectos que están perfectamente adaptados para vivir en los granos de maíz almacenado y son responsables de la mayor parte de daños en semillas de maíz, tanto en campo como en condiciones de almacenamiento (FAO 2019c). El gorgojo de maíz *Sitophilus zeamais* Motsch es la principal plaga de maíz almacenado y puede causar daños severos si no se controla. Se estima que las pérdidas de grano almacenado son aproximadamente del 25% debido al ataque de plagas como el gorgojo del maíz (Juárez *et al.* 2010).

De acuerdo con Nolasco (2019), el límite crítico para el gorgojo de maíz en la planta de semillas de Zamorano es de un insecto, debido a que, por cada insecto presente en un lote, existen de 300 a 350 más. Para el control de plagas en Zamorano se hace uso de los servicios de la empresa ECOLAB, que se encarga de programar todas las aplicaciones de insecticidas correspondientes. En el caso de Hondugenet, no manejan un límite crítico para esta plaga y el personal de la planta realiza aplicaciones de insecticidas cuando les parece pertinente.

Daño por impurezas. Para el análisis de impurezas realizado en los lotes de semillas de las plantas evaluadas, no se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.10$).

Generalmente, los lotes de semillas que vienen de campo contienen materiales que disminuyen la calidad del mismo. En efecto, muchos lotes de semillas contienen semillas de malezas u otro cultivos y material inerte que los hace inadecuados para la venta sin antes ser acondicionados (Gregg y Billups 2010). De acuerdo con Bonilla (2014), las operaciones de limpieza se pueden dividir en dos etapas según la planta y equipos que posean, estas etapas son, pre-limpieza y limpieza. La separación de esta operación depende netamente de la capacidad instalada de la planta y el tipo de flujo que crean más conveniente. Otros expertos como Gregg y Billups (2010) sostienen que para el proceso de limpieza es necesario únicamente el equipo de aire y zaranda para separar todo tipo de material no a fin a las semillas y que aquellos materiales no deseados que logren pasar por esta etapa serán removidos con equipos especializados como las mesas gravimétricas.

Mediante el diagnóstico realizado en ambas plantas se pudo observar que en la planta de Zamorano solo posee una máquina para la limpieza de las semillas mientras que la planta de Hondugenet posee dos máquinas, una pre-limpiadora y una limpiadora. A pesar de tener diferentes equipos no se encontró diferencia estadística significativa ($P < 0.10$) en la cantidad de impurezas.

Resultados sobre calidad fisiológica.

Los resultados presentados en el cuadro 5, fueron analizados a través de una prueba t estudiante. Se evaluaron los parámetros de germinación y vigor, mediante los cuales se observó una disminución en la calidad fisiológica de la semilla de maíz en uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 5. Evaluación del porcentaje de germinación y vigor de los lotes de semillas de dos plantas diferentes.¹

Análisis	Zamorano Media ± D.E.	Hondugenet Media ± D.E.	P < 0.1
Germinación	97.15 ± 1.35	95.95 ± 2.58	0.029
Vigor	94.97 ± 1.40	93.19 ± 2.64	0.002

¹Resultados expresan los promedios ± la desviación estándar de cada planta con respecto a la variable evaluada.

Germinación. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.10$) en el porcentaje de germinación entre ambas plantas. Mediante una prueba t estudiante se observó que la planta de semillas de Zamorano presentó mayor porcentaje de germinación con un promedio de 97.15% a diferencia de Hondugenet que mostró un promedio de 95.95%.

El parámetro más importante en la industria de las semillas es el porcentaje de germinación. Este parámetro es esencial para evaluar los lotes de producción, ya que es usado para la certificación y comercialización del producto (Martínez *et al.* 2010). De acuerdo con Doria (2010), la germinación de las semillas se puede ver afectada por distintos factores. Dentro de estos factores, el daño mecánico, producto del uso excesivo e inadecuado de maquinarias, causa lesiones que se manifiestan en un rápido descenso de la germinación debido a que hace más vulnerable la semilla a infecciones secundarias por hongos e insectos. La diferencia en el porcentaje de germinación encontrado entre ambas plantas se puede atribuir a que en la planta de Hondugenet existe mayor afección por daño mecánico, lo cual incurre en una disminución de la germinación de las semillas procedentes de esta planta.

Vigor. Se observó diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.10$) en el porcentaje de vigor entre ambas plantas. Mediante una prueba t estudiante se encontró que la planta de semillas de Zamorano presentó mayor porcentaje de vigor con un promedio de 97.15% a diferencia de Hondugenet que mostró un promedio de 93.19%.

El vigor es un parámetro esencial para la determinación de la calidad de un lote de semillas, ya que mediante éste se evalúa la uniformidad y emergencia de la semilla en un amplio rango de condiciones (Navarro *et al.* 2015). Según Doria (2010) y Rico *et al.* (2007), el vigor de una semilla se puede ver afectado por distintos factores.

Uno de los principales factores que causa un descenso del vigor de las semillas es el daño mecánico, debido a que esto causa una exposición de la semilla a ataque por hongos e insectos. Herter y Burris (1989), afirman que los excesos de temperatura durante el secado disminuyen el vigor de las semillas.

La diferencia de los porcentajes de vigor encontradas entre ambas plantas se le puede atribuir al mayor porcentaje de daño mecánico encontrado en la planta de Hodugenet. En menor medida el vigor puede verse afectado por los sistemas de secado usados, ya que durante el diagnostico se observó que el sistema de secado de Zamorano es mucho más eficiente en comparación con el de Hondugenet.

Plan de mejora. Durante el análisis de las dos plantas de semillas se encontró que existía una serie de problemas que estaban afectando y comprometiendo la calidad física y fisiológica de las semillas de maíz. El diagrama de Pareto demostró que existen tres problemas principales los cuales son: silk cut, impurezas y daño mecánico para ambas plantas (figura 3 y 4).

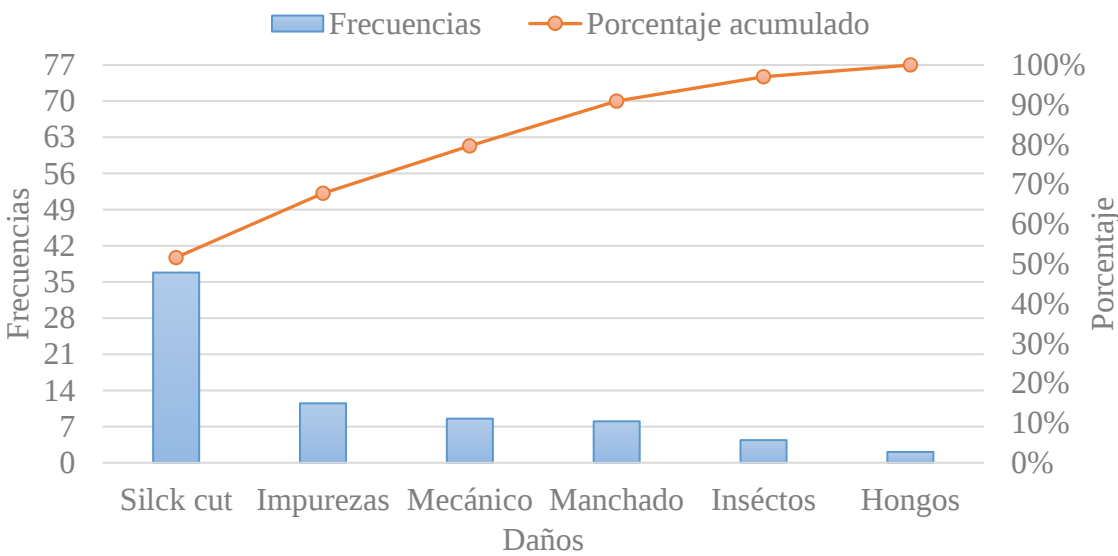


Figura 3. Diagrama de Pareto de los daños en la planta de semillas de Zamorano.

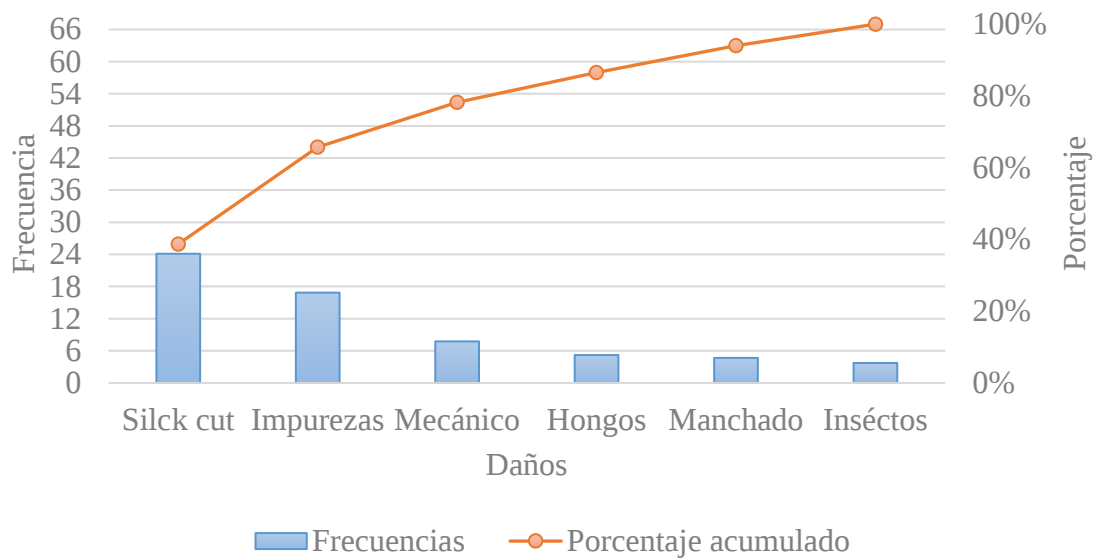


Figura 4. Diagrama de Pareto de los daños presentes en la planta de semillas de Hondugenet.

Los análisis de acciones correctivas y preventivas se detallan en los cuadro 6, 7 y 8.

Cuadro 6. Análisis de acciones correctivas y preventivas para corte de seda

Problema identificado	N°	Acciones inmediatas	Análisis de la Causa Raíz	Acciones a Largo Terminio	Responsable
Corte de seda	1	Zamorano y Hondugenet: Mantener una lámina de riego adecuada en los cultivos de maíz para evitar estrés hídrico y por ende el desarrollo de corte de seda.	Zamorano y Hondugenet: La presencia de corte de seda en maíz se desarrolla debido al estrés hídrico que sufren algunos materiales de maíz en el campo.	Zamorano y Hondugenet: Determinar que materiales están propensos a desarrollar corte de seda por estrés hídrico.	Zamorano y Hondugenet: Encargado de manejo y monitoreo de los cultivares de maíz.

Cuadro 7. Análisis de acciones correctivas y preventivas para impurezas.

Problema identificado	N°	Acciones inmediatas	Análisis de la Causa Raíz	Acciones a Largo Plazo	Responsable
Impurezas	2	Zamorano: Realizar una revisión y reparación de la máquina de aire y zaranda (MAZ). Hondugenet: Revisar y reparar los posibles daños en la máquina de pre-limpieza y MAZ de la planta.	Zamorano y Hondugenet: La incidencia de impurezas se deriva del mal funcionamiento de los equipos de limpieza.	Zamorano y Hondugenet: Determinar si es factible seguir reparando y usando la MAZ o si es más factible realizar la compra de un equipo nuevo.	Zamorano y Hondugenet: Gerente de la planta de semillas.

Cuadro 8. Análisis de acciones correctivas y preventivas para daño mecánico.

Problema identificado	N°	Acciones inmediatas	Análisis de la Causa Raíz	Acciones a Largo Plazo	Responsable
Daño mecánico	3	Zamorano: Reducir el impacto de la semilla entre el proceso de separación por tamaño y forma y el área de almacenamiento previo a la mesa gravimétrica. Hondugenet: Realizar un cambio en el transporte y manipulación del maíz en los procesos de recepción, secado y desgrane en la planta de semillas de Hondugenet	Zamorano: El daño mecánico probablemente se debe a un espacio de caída entre la separación por forma y tamaño y el área previa a la mesa gravimétrica. Hondugenet: La incidencia de daño mecánico se debe al mal transporte y manipulación (uso de palas y sacos) del maíz en el área de recepción, secado y desgrane.	Zamorano: Considerar el rediseño del área de almacenamiento previa a la mesa gravimétrica. Hondugenet: Considerar la compra de bandas de transporte de producto entre las líneas de recepción, secado y desgrane. Rediseñar el flujo de proceso entre las líneas de recepción, secado y desgrane.	Zamorano y Hondugenet: Gerente de la planta de semillas.

4. CONCLUSIONES

- El pre-acondicionamiento realizado en la planta de semillas de Hondugenet disminuye la calidad física y fisiológica de las semillas de maíz.
- En el diagnóstico de ambas plantas se encontró que la manipulación y transporte realizado en la planta de Hondugenet causa daño mecánico en las semillas de maíz, afectando la calidad física y fisiológica.
- Se desarrolló un plan de mejora donde se identificó que el silk cut, impurezas y daño mecánico son los problemas más frecuentes en ambas plantas.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar una evaluación de tiempos y movimientos dentro de las líneas de producción en el área de pre-acondicionamiento para identificar mejoras en ambas plantas.
- Considerar el rediseño del flujo de proceso del área de pre-acondicionamiento para mejorar las condiciones de transporte y manipulación del maíz.

6. LITERATURA CITADA

- Bonilla N. 2014. Guía técnica de buenas prácticas de acondicionamiento de semillas de granos básicos; infraestructura y equipamiento. Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria; [consultado 21 de may de 2019]. 132 p. https://images.engormix.com/externalFiles/6_BominllaBird-GuiaTecnica-semillas.pdf.
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 2016. Calidad de granos para técnicos postcosecha. México: [sin editorial]; [consultado 10 de sep de 2019]. 52 p. http://conservacion.cimmyt.org/en/component/docman/doc_view/2022-calidad-de-grano-para-tecnicos-postcosecha-.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales; [consultado 9 de sep de 2019]. 31(1):74–85. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011.
- FAO, Food and Agricultural Organization. 2016a. Manual de Procedimientos para la Certificación Oficial de Semillas (TCP/HON/3501). Tegucigalpa: FAO; [consultado 21 de may de 2019]. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAO-countries/Honduras/docs/manual-de-procedimientos-para-la-certificacion-oficial-de-semillas.pdf
- FAO, Food and Agricultural Organization. 2019b. Enfermedades del maíz. Roma, Italia: FAO; [consultado 10 de sep de 2019]. <http://www.fao.org/3/x7650s/x7650s10.htm>.
- FAO, Food and Agricultural Organization. 2019c. Inséctos del maíz. Roma, Italia: FAO; [consultado 10 de sep de 2019]. <http://www.fao.org/3/x7650s/x7650s11.htm>.
- Gregg B, Billups G. 2010. Seed Conditioning. 2ª ed. Boca Raton, Florida: Science Publisher; [consultado 9 de sep de 2019]. 959 p. https://books.google.hn/books?hl=es&lr=&id=NwankEgG2eQC&oi=fnd&pg=PP1&dq=seed+conditioning+books&ots=i8OD-O0txb&sig=IH60Yx_oII_bPt0DyIJQzgmZnKE.
- Harter U. 1987. Effect of drying on corn seed quality [Ph.D]. Ames, Iowa: Iowa State University, Agronomy. 265 p; [consultado 7 de sep de 2019]. <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=9543&context=rtd>.
- Hernández E, Sánchez D, Galeana E, Plasencia J. 2014. Fumonisin –síntesis y función en la interacción Fusarium verticillioides-maíz. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas; [consultado 7 de sep de 2019]. 17(1):77–91. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2014/cqb141f.pdf>.

- Herter U, Burris JS. 1989. Effect of drying rate and temperature on drying injury of corn seed. Seed Science Center; [consultado 7 de sep de 2019]. 69:763–774. <https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjps89-092>.
- Juárez B, Jasso Y, Aguirre J, Jasso I. 2010. Efecto de polvos de asteráceas sobre el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motsch). Polibotánica; [consultado 6 de sep de 2019]. (30):123–135. file:///D:/OneDrive%20-%20Zamorano/Desktop/literatura_peg/gorgojo.pdf.
- Khazaei. 2009. Influence of impact velocity and moisture on mechanical damage in beans. Investigación agronómica en Moldavia; [consultado 9 de sep de 2019]. 42(1):5–18. <https://pdfs.semanticscholar.org/b8d5/f18c97081fd5ff2e500934cbe1cc6f77ba77.pdf>.
- Martínez J, Virgen J, Peña M, Romero A. 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas; [consultado 9 de sep de 2019]. 1(3):289–304. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000300002&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Martínez M, Moschini R, Barreto D, Bodega J, Comercio R, Forjan H, Piatti F, Presello D, Valentinuz O. 2010. Factores ambientales que afectan el contenido de fumonisina en granos de maíz. Tropical Plant Pathology; [consultado 7 de sep de 2019]. 35(5):277–284. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-martinez_tropical.pdf.
- Méndez E. 7 agosto de 2019. Diagnóstico general de la planta de semillas de Zamorano. Entrevista con Nolasco J. Zamorano, Valle de Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras. 7 ago de 2019.
- Moratinos H. 2012. Proceso de acondicionamiento de semillas. Venezuela: Facultad de agronomía, UCV; [consultado 7 de sep de 2019]. https://www.academia.edu/5078679/PROCESOS_DE_ACONDICIONAMIENTO_DE_SEMILLAS_.
- Navarro M, Febles G, Herrera R. 2015. El vigor, elemento indispensable de la calidad de las semillas. Cuban Journal of Agricultural Science; [consultado 9 de sep de 2019]. 49(4):447–458. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/486>.
- Odvody GN, Spencer N, and Remmers J. 1997. A Description of Corte de seda, a Stress-Related Loss of Kernel Integrity in Preharvest Maize. Plant Disease; [consultado 8 de sep de 2019]. 81(5):439–444. doi://10.1094/pdis.1997.81.5.439.
- Rico A, García G, Carballo A, Villaseñor C, Martínez A, Estrada V. 2007. Calidad fisiológica y daño físico en semilla de maíz sometida a impacto. Agricultura Técnica en México; [consultado 8 de sep de 2019]. 33(2):125–133. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000200002.
- Sáenz NK. 2018. Elaboración de manuales de calidad para el laboratorio de granos y semillas de la Escuela Agrícola Panamericana basado en la normativa ISTA [Tesis de pregrado]. Zamorano, Valle de Yeguaré, Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana; [consultado 5 de oct de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6288/1/AGI-2018-T054.pdf>.

Tarí JJ. 2000. La dirección de la calidad: prácticas implantadas en las empresas certificadas. España. [consultado el 21 de may de 2019]. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/4075/1/Tari-Guillo-Juan-Jose.pdf>

7. ANEXO

Anexo 1. Formato de entrevista para el diagnóstico de las plantas de semillas.

1. ¿Qué tipo de máquinas está utilizando para el secado y desgranado del maíz?
2. ¿Cuál es el flujo de proceso de la planta?
3. ¿A qué humedad reciben el maíz de campo?
4. ¿Cuál es el tiempo promedio de secado del maíz?
5. ¿Cuál es la temperatura utilizada para el secado del maíz?
6. ¿Cuál es el tiempo promedio de desgrane de maíz?
7. ¿Cuenta con algún sistema anti plagas como fumigación u otros?
8. ¿Las maquinas utilizadas para el acondicionamiento del maíz funcionan al 100%?
9. ¿Han tenido algún tipo de problema anteriormente con el equipo utilizado?
10. ¿Cuáles son las condiciones de temperatura y humedad para el almacenamiento de material procesado y sin procesar?
11. ¿El personal que opera en la planta está capacitado para realizar el trabajo?
12. ¿Posee algún tipo de control de calidad interno?