

BIBLIOTECA WILSON PORRINO
ESCUELA AGRICOLA PANAMBUQUANA
APARTADO 88
TEGUCIGALPA, HONDURAS

Eficiencia de la maquinaria durante el acondicionamiento de semilla de maíz en la Planta de Zamorano, Honduras

Bertha Alicia Hernández Rodríguez

300952

MICROISIS:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____
ZAMORANO	

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Abril, 2000

1098

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCION AGROPECUARIA

**Eficiencia de la maquinaria durante el
acondicionamiento de semilla de maíz en la
Planta de Zamorano, Honduras**

Tesis presentada como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado académico de Licenciatura

Por:

Bertha Alicia Hernández Rodríguez

Honduras, Abril, 2000

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Bertha Alicia Hernández Rodríguez

Zamorano, Honduras
Abril, 2000

DEDICATORIA

A DIOS por estar siempre conmigo. en todo momento, y darme la sabiduría para culminar con éxito mi carrera.

A mis queridos padres, Marco Antonio Hernández y Bertha Alicia de Hernández Por darme todo el apoyo necesario, y por todos los esfuerzos que tuvieron que hacer para que mi sueño se hiciera realidad, por esa comprensión y confianza que depositaron en mí.

A mis queridos hermanos, Esly, Allan, Nery, Mireya, Yaquelin, Marco Antonio, Russbel y Henry, por su amor, comprensión y darme ánimos para seguir adelante.

A mis sobrinos, Jasiel Nabí, Allan Eliel, Esly Naobí, Allan Daniel, Beyesmine, Marco Slavenk y Alionka Estefanía los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias al que me fortaleció, a CRISTO JESÚS nuestro SEÑOR, por ser mi luz, guía a mi camino y darme fuerzas para continuar.

Agradezco a mis padres por todo el amor que han demostrado, al estar siempre pendiente de mí y por sus consejos sabios, dándome fuerzas para seguir adelante en esta carrera de la vida.

A mis hermanos por darme siempre el todo el amor y apoyo necesario, durante todo este tiempo.

Al Ing. Edward Moncada por su tiempo, comprensión y estar siempre pendiente de la realización de este trabajo.

Al Ing. Rommel Reconco, Ing. David Moreira y el Dr. Raúl Espinal por el tiempo dedicado, y apoyo necesario en todas las etapas de este estudio.

Al Ing. Edgardo Varela y el Ing. Rodolfo Pacheco por su ayuda en la parte estadística de este trabajo.

A Elena María Aguilar, por su amistad, la cual he valorado mucho y el apoyo que me brindó cuando más lo ocupé.

A Dania María Baca, Erick Naranjo, Hector Santos, Karina Lalama y Xiomara Gómez por ser unos excelentes amigos, por su apoyo y todos los momentos agradables que pase con ustedes.

A Laura Del Pino, Luwbia Arianda, Mónica Garcés, Beatriz Pozo, Isabel Estrada y Carlos Ramos por su apoyo en todo momento

A David Landa, Polo, César Cáliz, Camilo Valerio, Olman Moncada y Deysi de Flores por su amistad y colaboración durante todo este estudio.

A la Lic. Johana Padget de Hidalgo por brindarme su ayuda para financiar mis estudios.

A Zamorano por todos los conocimientos adquiridos.

A todas las personas que quedaron sin mencionar, que depositaron su confianza en mí y hacer que mi estadía en Zamorano fuera más agradable, fácil y divertida, les agradezco mucho.

AGRADECIMIENTO ● A PATROCINADORES

Agradezco a mis padres que contribuyeron en gran manera para que yo pudiera culminar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Secretaría de Agricultura y Ganadería por el financiamiento brindado para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Zamoempresa de Cultivos Extensivos por brindarme su colaboración para llevar a cabo este estudio.

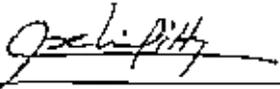
Agradezco al fondo dotal hondureño por el financiamiento parcial de mis estudios en el Programa Agrónomo.

RESUMEN

Hernández R., Bertha A. 2000. Eficiencia de la maquinaria durante el acondicionamiento de semilla de maíz en la Planta de Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 47 p.

La eficiencia en el acondicionamiento permite que el maíz salga con la mínima cantidad de semilla buena rechazada, reduciendo costos para maximizar utilidades. El objetivo del estudio fue evaluar la eficiencia de la maquinaria durante el acondicionamiento de semilla de maíz. Se midió el rendimiento y eficiencia en la máquina de aire y zarandas, cilindros Carter, mesa gravimétrica, tratamiento y embolsado. La máquina de aire y zarandas actual procesó 52.56 qq/hr y la planta antigua 16.86 qq/hr, o sea 2.11 veces más eficiente la actual. En los cilindros Carter el mayor rendimiento fue 30.60 qq/hr de semilla grande, indicando que las mazorcas eran de un tamaño grande, con una mayoría de semilla plana. En las mesas gravimétricas el porcentaje de fracción liviana (15.12%), era mayor del 7% recomendado, pudiendo atribuirse a que no se realizó una buena clasificación al recibo, encontrándose semilla dañada por hongos. En el tratamiento con fungicida se tuvo un rendimiento de 86 qq/hr, y se mantuvo fijo por el tipo de cucharas que se utilizó. El embolsado de semillas fue 45.89 qq/hr, éste fue muy variable y principalmente dependió de la experiencia de los trabajadores y del mal manejo. La producción total fue de 100.65 y de semilla rechazada 24.29 ton, con una eficiencia de 76% en todo el proceso. El porcentaje de germinación mínimo fue 89%, arriba del requerido (> 85%). El mayor porcentaje de daño mecánico visible fue después del desgrane (0.76%), éste se considera bueno, ya que una buena desgranadora como máximo ocasiona 1% de daño.

Palabras claves: Cilindros Carter, daño mecánico, germinación, máquina de aire y zarandas, mesa gravimétrica, tratamiento.



 Dr. Abelino Pitty

Nota de Prensa

EFICIENCIA EN EL ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLA DE MAÍZ, EXISTENTE EN LA PLANTA DE ZAMORANO

La industria de semillas mejoradas en Honduras actualmente se está transformando en una industria que ofrece semilla de alta calidad, debido a al incremento de la competencia entre empresas comercializadoras de este rubro, que pretende ganar un segmento de mercado cada vez más grande, o una mayor participación de su marca.

La calidad de la semilla depende del manejo que se le dé en todo su ciclo de producción comenzando desde la selección del terreno y actividades culturales de la fase de campo hasta el manejo postcosecha durante el proceso de acondicionamiento.

El acondicionamiento de semillas aparte de ser un requisito imprescindible en la producción comercial de semillas, incrementa su valor agregado desde el punto de vista de calidad, si se tiene en cuenta que los lotes de semilla tal como son cosechados, suelen contener grandes cantidades de materiales no deseados. Recientemente, se realizó un estudio descriptivo sobre el acondicionamiento de semilla de maíz, desde la etapa de limpieza hasta embolsado, en Zamorano, Honduras.

El estudio se realizó desde noviembre de 1999 hasta principios de enero del 2000, con el objetivo de evaluar la eficiencia de la maquinaria en el acondicionamiento (limpieza hasta embolsado) de semilla de maíz. Esta semilla se obtuvo en los terrenos de Zamorano (Zavala, San Nicolás, Santa Inés).

En limpieza se evaluaron las salidas de la Máquina de Aire y Zarandas (MAZ), luego se midió la cantidad de semilla que daba en un cierto período de tiempo estipulado, igualmente sucedió con el resto de máquinas como: los cilindros de precisión Carter (clasificado por tamaño y forma), mesas gravimétricas (clasificado por gravedad de la semilla), tratadoras y el embolsado. Además, se realizaron pruebas de germinación y daño mecánico para demostrar el efecto que tenían las máquinas sobre la calidad de semilla.

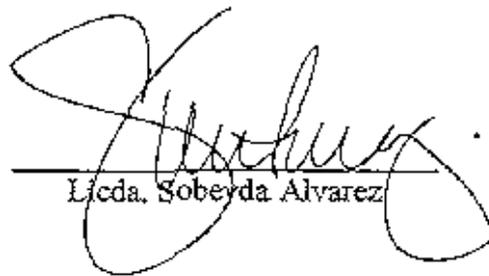
Los resultados demostraron que la nueva MAZ es más eficiente que la que existe en la planta antigua de Zamorano, pero la eficacia de la última resultó mejor, ya que tiene siete salidas, que le da mejor precisión. Se tuvo como promedio de semilla 51.64 qq/hr y 0.93 qq/hr subproducto, obteniendo un 99% de eficiencia.

En los cilindros de precisión Carter se encontró que la mayor cantidad de semilla que se obtiene es plano grande (P28) y plano mediano (P22), siendo estas las que mayor demanda tiene en el mercado.

Para la separación por gravedad se usaron dos mesas gravimétricas (MG), una para separar sólo semilla plana (MG grande), y la otra para semilla redonda (MG pequeña). El porcentaje de material rechazado (fracción liviana) que se encontró en estas máquinas, fue mayor que el recomendado (7%). Esto se debe a que existió mayor grano liviano, por daño de insecto, hongo, o que el grano era muy pequeño con un menor peso específico, destinándolo como subproducto.

En el tratamiento y el embolsado, un buen rendimiento por hora dependía mucho de los trabajadores, ya que variaban entre los lotes evaluados la cantidad sacada. Como máximo 46 qq/hr. Se obtuvo una eficiencia del 100%, la cantidad de ingreso fue igual a la obtenida.

En los porcentajes de germinación y daño mecánico estos concordaban, el lote con mayor daño fue el que tenía menos germinación; en la etapa después de acondicionamiento, se encontró el mayor porcentaje de daño mecánico no visible y el daño visible se obtuvo más en la etapa de desgrane. Como conclusión del estudio, la producción total fue de 100.65 ton. y de semilla rechazada 24.29 ton., teniendo un total de eficiencia del 76% en todo el proceso.



Licda. Soberda Alvarez

CONTENIDO

	Portadilla	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimiento.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	x
	Indice de Cuadros.....	xii
	Indice de Figuras.....	xiii
	Indice de Anexos.....	xiv
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Definición del problema.....	1
1.3	Limitantes del estudio.....	3
1.4	Objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
2	REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1	Importancia del acondicionamiento.....	4
2.1.1	Razones para procesar.....	4
2.1.2	Principios del acondicionamiento de semillas.....	4
2.1.3	Secuencia del acondicionamiento.....	5
2.1.4	Bases de la separación.....	6
2.1.4.1	Tamaño.....	6
2.1.4.2	Anchura y grosor.....	6
2.1.4.3	Longitud.....	6
2.1.4.4	Forma.....	7
2.1.4.5	Textura superficial.....	7
2.1.4.6	Color.....	7
2.1.4.7	Afinidad por los líquidos.....	7
2.1.4.8	Peso.....	7
2.1.4.9	Conductividad.....	8
2.2	Equipo básico para el acondicionamiento.....	8
2.2.1	Equipo para limpieza de semillas.....	8
2.2.2	Equipo para clasificación dimensional.....	10

2.2.3	Equipo para clasificar por gravedad específica.....	10
2.2.4	Equipo para mover semilla.....	12
2.2.5	Tratadora.....	12
2.2.5.1	Justificación para el tratamiento de semillas.....	13
2.2.6	Embolsado.....	13
3	MATERIALES Y METODOS.....	15
3.1	Localización del estudio.....	15
3.2	Manejo de los lotes de semilla de maíz al ingresar a acondicionamiento	15
3.3	Análisis estadístico.....	15
3.4	El lote de semilla de maíz en la Máquina de Aire y Zarandas (MAZ)....	16
3.5	El lote de semilla de maíz en los cilindros de precisión Carter.....	16
3.6	El lote de semilla de maíz en la Mesa Gravimétrica (MG).....	17
3.7	El lote de semilla de maíz en la tratadora.....	18
3.8	El lote de semilla de maíz al momento del embolsado.....	18
3.9	Análisis de germinación.....	19
3.10	Análisis de daño mecánico.....	19
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
4.1	Eficiencia en la máquina de aire y zarandas.....	20
4.2	Eficiencia en los cilindros de precisión Carter.....	21
4.3	Eficiencia en las mesas gravimétricas.....	22
4.4	Eficiencia del proceso de tratamiento y embolsado.	25
4.5	Germinación durante el acondicionamiento.....	26
4.6	Daño mecánico visible y no visible en tres fases de acondicionamiento.	29
4.7	Punto crítico del acondicionamiento.....	30
4.8	Eficiencia total del acondicionamiento en tiempo.....	31
4.9	Análisis del costo de acondicionamiento de limpieza hasta embolsado..	32
5	CONCLUSIONES.....	34
6	RECOMENDACIONES.....	35
7	BIBLIOGRAFIA.....	36
8	ANEXOS.....	38

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Tamaño de grano y su correspondiente cilindro de precisión Carter...	17
2.	Rendimiento promedio en tres salidas de la máquina de aire y zarandas en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999.....	20
3.	Análisis de varianza en los cilindros de precisión Carter. Zamorano, Honduras, 1999.....	21
4.	Porcentajes de cada fracción (pesada, intermedia, liviana) de semilla que salía de la mesa gravimétrica pequeña y grande, en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999.....	23
5.	Rendimiento de las tres fracciones de la mesa gravimétrica (pesada, intermedia, liviana) en qq/hr y porcentajes, de lotes de maíz. Zamorano, Honduras, 1999.....	24
6.	Cantidad de semilla y subproducto al final de acondicionamiento de cada lote proveniente de Zamorano, Honduras, 1999.....	25
7.	Rendimiento en el embolsado en qq/hr y bolsas de 50 lb/hr, en maíz de un productor independiente del municipio de San Juan de Flores, Francisco Morazán, Honduras, 1999.....	26
8.	Análisis de varianza en el ensayo de germinación. Zamorano, Honduras, 1999.....	26
9.	Porcentajes de daño mecánico visible y no visible en cada uno de los lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999.....	29
10.	Tiempos promedios para cada máquina en min/qq y en hr/30qq. Zamorano, Honduras, 1999.....	31
11.	Análisis de costos desde limpieza hasta embolsado. Zamorano, Honduras, 1999.....	33

INDICE DE FIGURAS

Figuras

1.	Rendimiento de la máquina de aire y zarandas en qq/hr, en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	21
2.	Rendimiento en cada cilindro de precisión Carter (qq/hr), en lotes maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	22
3.	Porcentajes de germinación en tres fases de acondicionamiento en lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	27
4.	Porcentajes de germinación en cada uno de los lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	28
5.	Porcentajes de germinación por lote en cada etapa de acondicionamiento. Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	28
6.	Porcentajes de daño mecánico visible y no visible en tres etapas de acondicionamiento en lotes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).....	30
7.	Rutas del proceso de acondicionamiento en la planta de acondicionamiento de Zamorano, Honduras, 1999.....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexos

1.	Secuencia del procesamiento para la limpieza completa y la clasificación por tamaño de la semilla de maíz.....	38
2.	Máquina de Aire y Zarandas (MAZ).	39
3.	Tipos de perforaciones de zarandas de la MAZ.....	40
4.	Zarandas para calibrar anchura y espesor en los cilindros Carter.....	41
5.	Estratificación de la semilla por pesos en la mesa gravimétrica..	42
6.	Descripción de los lotes de maíz (variedad Guayape) que ingresaron a la planta de acondicionamiento de Semillas de Zamoran en diciembre de 1999.....	42
7.	Modelo de la mesa gravimétrica Oliver N° 160 y 80, y sus especificaciones.....	43
8.	Modelo de etiqueta colocada en las bolsas de semilla emitida por la Secretaría de Agricultura y Ganadería.....	44
9.	Categorías de evaluación de la semilla de maíz al momento de hacer el análisis de germinación.....	45
10.	Análisis de varianza para la Máquina de Aire y Zarandas (MAZ).	45
11.	Análisis de varianza para la mesa gravimétrica pequeña.....	46
12.	Análisis de varianza para la mesa gravimétrica grande.....	46
13.	Análisis de varianzas para los porcentajes de daño mecánico visible y no visible.....	47

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Zamorano instaló la primera planta de acondicionamiento de semillas en el año de 1957 a través de donaciones de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (USAID), convirtiéndose en el pilar del desarrollo de la industria semillera de Honduras (Cardona, 1999).

En respuesta a la necesidad de modernizar la educación y mejorar la industria semillera hondureña, El Zamorano, a través de donaciones de la USAID, inició en 1993 la construcción de una nueva planta de semillas, que consta de estructura adecuada y equipo moderno para el buen manejo postcosecha de semillas y granos.

La construcción e instalación del equipo de la nueva planta de semillas duró dos años. Sin embargo, fue hasta en 1999 que comenzó a funcionar, acondicionando semilla proveniente de lotes de Zamorano y de productores independientes a las que Zamorano vende el servicio.

Tradicionalmente toda la semilla producida en el país era acondicionada por tres plantas de semilla, dos de las cuales eran propiedad de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la otra propiedad de Zamorano. Consecuentemente varias empresas privadas iniciaron actividades para instalar sus propias plantas de acondicionamiento, de las cuáles por diversas causas solo dos de ellas se encuentran en funcionamiento hoy en día, la planta de acondicionamiento de HONDUGENET (anteriormente propiedad de la SAG), ubicada en Tegucigalpa y la de Zamorano.

La capacidad instalada de la Planta de Acondicionamiento de semillas de Zamorano es de 28,800 qq anuales. Durante el año se puede trabajar diez meses, pero solo se cubre 50% de su capacidad, dos meses se usa para mantenimiento. Sin embargo en educación que es el principal servicio que presta la planta de Zamorano, es utilizada al 100% por los estudiantes de la Zamoempresa de Cultivos Extensivos.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La industria de semillas mejoradas en Honduras actualmente se está transformando en una industria que ofrece semilla de alta calidad, dada la gran competencia entre empresas comercializadoras de este rubro, compitiendo por el posicionamiento de un segmento de mercado cada vez más grande y una mayor participación de su marca.

La calidad de la semilla es el resultado del manejo recibido en todo su ciclo de producción comenzando desde la selección del terreno y actividades culturales de la fase de campo hasta el manejo postcosecha durante la fase de acondicionamiento.

El acondicionamiento de semillas aparte de ser requisito imprescindible en la producción comercial de semillas incrementa su valor agregado desde el punto de vista de calidad, si se tiene en cuenta que los lotes de semilla tal como son cosechados, suelen contener grandes cantidades de materiales no deseados en el mercado.

Es importante determinar la eficiencia en el sistema de producción y competir en el mercado de semilla, mediante ensayos de control de la calidad y programas de operaciones que permiten poner a disposición del consumidor, semilla de calidad. Estos estándares de calidad varían mucho, pero conviene que siempre respondan a altos valores de pureza física, de la especie y el cultivar, al estar exenta de malezas (especialmente nocivas), la capacidad de germinación, el vigor, el tamaño, la uniformidad, la sanidad y la humedad que contienen.

Las características de las semillas como su forma, tamaño, longitud, peso, textura superficial, color, afinidad por los líquidos o conductividad, son las que dan origen a métodos de separación basadas en peculiaridades como invención de dispositivos y equipos para efectuar las diversas operaciones, cuyas funciones principales son: la prelimpieza, el secado, la limpieza, la clasificación y el tratamiento. Las secundarias: recepción, pesaje, transporte interno, almacenamiento intermedio, envase, pelletización, manipulación y el almacenamiento definitivo.

La eficiencia en el acondicionamiento, permite que el maíz salga con la mínima cantidad de semilla buena rechazada, en cualquiera de sus operaciones, reduciendo los costos para maximizar las utilidades, logrando una mayor participación en el mercado.

La calidad de un lote de semilla en el acondicionamiento depende del proceso que haya sido sometida, que abarca desde la cosecha hasta su almacenamiento. Las semillas son procesadas para quitarles las impurezas, clasificarlas en tamaños, aumentar su calidad por medio de la separación de las semillas dañadas o deterioradas y para aplicarles fungicidas e insecticidas como tratamiento sanitario. La demanda de los productores y consumidores de semillas requieren que estos cuatro objetivos sean ejecutados efectiva y eficientemente, con un daño mecánico mínimo de las semillas (Vaughan *et al.*, 1970).

El propósito de este estudio fue medir la eficiencia del proceso actual de acondicionamiento de semillas implementando un programa de mejoramiento continuo y mostrar aspectos que involucran el control de calidad en semillas en su acondicionamiento.

1.3 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Durante este estudio se evaluó la eficiencia de la maquinaria utilizada en el acondicionamiento de semillas en el cultivo de maíz a finales de 1999. Se tuvo problemas para comenzar el acondicionamiento en la nueva planta ya que hacían falta zarandas para la máquina que hace la limpieza, llamada Máquina de Aire y Zarandas (MAZ). La evaluación de la eficiencia de la maquinaria utilizada en el acondicionamiento fue realizada en diferentes lotes de maíz provenientes de Zamorano.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de la maquinaria en el acondicionamiento (limpieza hasta embolsado) de semilla de maíz en la Planta de Acondicionamiento de semillas de Zamorano.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la disminución de calidad de la semilla de maíz ocasionado por daño mecánico.
2. Determinar las etapas críticas del proceso de acondicionamiento.
3. Analizar los porcentajes de germinación antes y después de cada etapa del acondicionamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DEL ACONDICIONAMIENTO

Según Delouche (a) (1969), la semilla tal como sale del campo nunca está en las mejores condiciones requeridas para la siembra. Nunca está libre de contaminación, nunca está pura, la mayoría de ellas contienen basura, material inerte, semilla mojada y semilla de otros sembríos. Si se desea mejorar la calidad de la semilla, hay muchos procedimientos a través de los cuales debe pasar desde que se cosecha hasta que está lista para ser sembrada. Se enfatiza que el procesamiento de la semilla se está volviendo más importante cada día. Se gastan enormes sumas de dinero cada año en el desarrollo de nuevas y superiores variedades. Estas nuevas variedades serán de beneficio para los agricultores, solamente cuando los lotes de semilla se conserven libres de semillas húmedas, materiales inertes, semillas de otras variedades y sean puras.

El acondicionamiento de semillas es una parte integral de la tecnología implicada en la transformación del mecanismo genético seguido por el productor y genetista, en el mejoramiento de semilla. En el sentido amplio de la palabra, el acondicionamiento de semillas abarca todos los pasos comprendidos en la preparación de la semilla cosechada para su venta: acarreo, desgranado, preacondicionamiento, secado, limpieza, clasificación, selección de las semillas, tratamiento y embolsado.

2.1.1 Razones para procesar

Según Zuñiga (1995), la semilla es procesada por una o más de las siguientes razones:

- a. Mejorar las propiedades físicas de las semillas
- b. Eliminar contaminantes
- c. Eliminar semillas de baja calidad
- d. Cumplir con estándares o normas de calidad
- e. Protección (tratamiento) contra plagas y enfermedades
- f. Facilitar mercadeo.

2.1.2 Principios del acondicionamiento de semillas

El procesador necesita conocer la semilla que desea procesar. Las características físicas de las semillas del cultivo como las de sus contaminantes, pueden ser aprovechadas para una separación eficiente.

El acondicionamiento se interesa básicamente en cinco aspectos, citados por Vaughan *et al.* (1970; citado por Guamán, 1994) y son:

1. Separación completa: removiendo todos los contaminantes indeseables.
2. Pérdida mínima de semilla: algunas semillas son removidas junto con las impurezas a lo largo del proceso, pero esta pérdida debe reducirse al mínimo.
3. Mejoramiento de la calidad: mejorando la calidad de la semilla no solo con la eliminación de impurezas, sino también eliminando las semillas de cultivo que estén podridas, rajadas, quebradas, dañadas por insectos o perjudicadas de otra manera o que sean de baja calidad.
4. Eficiencia: la más alta capacidad con una separación efectiva.
5. Trabajo mínimo requerido: la mano de obra es un costo directo de operación que no puede ser reemplazado.

2.1.3 Secuencia del acondicionamiento

El flujo de acondicionamiento en una planta de semillas varía según el cultivo a procesar, pero hay operaciones que deben realizarse para todo cultivo (Anexo 1). Las operaciones de prelimpieza y limpieza, son básicas en toda planta de semillas, independientemente del cultivo; la clasificación, exige equipo que varía según las características de cada cultivo. Básicamente el acondicionamiento de semillas está dado por un proceso de limpieza y otro de clasificación de la semilla (Guamán, 1994).

Según Vaughan *et al.*, (1970), las operaciones en el acondicionamiento de semillas pueden ser clasificadas en varias operaciones definidas, que siguen una secuencia específica. El primer paso es la recepción: las semillas llegan a la planta de beneficio en sacos, en remolques o a granel.

El siguiente paso es el acondicionamiento y la prelimpieza. En la limpieza previa se extraen muestras para determinar la germinación de la semilla, la pureza física y la ausencia de enfermedades de la semilla.

El primer paso realmente efectivo en la limpieza o selección, es la limpieza básica, aumentando el valor comercial logrando que el almacenamiento y el manejo sean más fáciles. En el grano sin limpiar se acelera la infestación de insectos, porque los insectos atacan los granos quebrados y el polvo proveniente del grano mismo más rápidamente que a los granos enteros. El calor de la respiración y la humedad no pueden escapar rápidamente de grandes pilas de granos sin limpiar, por lo que favorece el desarrollo de hongos.

El grano con alto contenido de humedad debe limpiarse antes de ser secado, porque es un desperdicio secar la fracción de basura y las pequeñas impurezas impiden el flujo de aire a través de la cama de grano.

El grano reservado para semilla debe ser más puro que los grados comerciales normales. Todo material que no sea grano, debe ser removido además la semilla pequeña o dañada (FAO, 1996).

La Máquina de Aire y Zarandas (MAZ), es probablemente la limpiadora básica más común. Después continua la clasificación, el equipo de calibración o clasificación que separa la semilla de acuerdo con el tamaño, grandes, medianos o pequeños, formas redondas y planas en caso del maíz. Después de clasificar o directamente después de la limpieza y separación, la semilla se lleva a una mesa de gravedad que separa la semilla en varias fracciones, cada una de las cuales contiene semilla homogénea de acuerdo con el peso.

Algunas veces se aplica un tratamiento de fungicida o insecticida antes de ser envasadas. Las semillas pueden enseguida embarcarse directamente a otras compañías de semillas o ser conservadas en el almacén hasta que se necesiten (FAO, 1984).

2.1.4 Bases de la separación

El acondicionamiento de semillas está basado en las diferencias de las propiedades físicas deseables y las impurezas de hierbas o semillas de otros cultivos. Si la diferencia existe entre las semillas y está disponible una máquina que pueda diferenciarlas de una manera conveniente, podrán ser separadas. Los beneficiadores de semillas pueden escoger dentro de una amplia selección de máquinas que diferencian las semillas en cuanto a tamaño, longitud, forma, peso, textura superficial, color afinidad por los líquidos o conductividad (Vaughan *et al.*, 1970).

2.1.4.1 Tamaño. el descascarar o limpiar fuertemente, es el término usado para separar las pajas, basuras y partículas extrañas como material pulverizado de la planta y suciedades de la semilla escogida.

El tamaño es la diferencia más común entre las semillas y el material indeseable. Las separaciones por tamaño son básicas en el acondicionamiento de semillas (Delouche (a), 1969).

2.1.4.2 Anchura y grosor. son medidas de tamaño especial, usadas en operaciones tales como la clasificación de semillas de maíz dentro de dimensiones específicas para su espaciamiento en la siembra (Vaughan *et al.*, 1970).

2.1.4.3 Longitud. según Delouche (a) (1969), que las diferencias de longitud son comunes entre diferentes semillas para sembrar y entre éstas, semillas de malezas. Las separadoras de longitud son usadas por varios procesadores para mejorar la apariencia general de un lote de semillas. Los implementos más usados para hacer separaciones por

longitud son los separadores de discos y cilindros dentados, estos son utilizados en arroz y algunos híbridos de maíz que son largos.

2.1.4.4 **Forma.** la forma varía ampliamente entre la semilla. Las separaciones hechas por la MAZ a menudo se relaciona con la diferencia en forma, especialmente cuando se usan las zarandas de perforaciones triangulares. El cilindro dentado y la separadora de discos tienen ventajas sobre las diferencias en forma, particularmente cuando son una función de la longitud. Hay, sin embargo, una máquina diseñada especialmente para separar las semillas redondas de las aplanadas – la separadora espiral (Vaughan *et al.*, 1970).

2.1.4.5 **Textura superficial.** la relativa dureza o suavidad de la cáscara de la semilla es una diferencia común entre semilla. El molino de rodillo y las correas revestidas son las máquinas más comúnmente usadas para separar las semillas que difieren en su textura superficial. Sin embargo, algunas otras máquinas usan también la diferencia de la textura superficial para alguna actividad.

2.1.4.6 **Color.** como muchas semillas difieren en color, clasificadores electrónicos de color se usan para separar por colores en las cosechas grandes de semillas. Esta máquina tira cada semilla separadamente ante un sensitivo dispositivo electrónico que compara la semilla con electrónico con un fondo de color dado. Las semillas son aceptadas o rechazadas de acuerdo a la intensidad de su color (Delouche (a), 1969).

2.1.4.7 **Afinidad por los líquidos.** la medida en la cual las diferentes semillas absorben el agua no es la misma. Algunas semillas absorben la humedad y se humedecen rápidamente mientras que otras no.

Un método para determinar la absorción de humedad por las semillas fue descrito por Vaughan *et al.* (1970), después que cada semilla haya tenido la oportunidad de absorber humedad, dentro de la cámara mezcladora, se añade limadura de hierro finalmente pulverizada, de manera que cada semilla pueda entrar en contacto con la limadura de hierro. Si la superficie de la semilla esta húmeda, la limadura se adhiere a su testa. Si la superficie de la semilla no esta mojada, la limadura no se adherirá. La mezcla de semillas se pasa después sobre un tambor o cilindro imantado. Las semillas que retienen la limadura son atraídas por el imán, adheridas al tambor y separadas de la corriente de semillas, las que no retuvieron la limadura no son atraídas por el campo magnético, siendo descartadas por la máquina.

2.1.4.8 **Peso.** Muchas semillas difieren en peso, gravedad específica o densidad relativa por unidad de volumen dado. Para hacer una separación por gravedad específica con aire, mezcla la semilla o alta o baja gravedad específica se colocan sobre una superficie perforada a través de la cual pasa una corriente de aire.

La semilla liviana es aspirada y sostenida por la corriente de aire mientras que la semilla más pesada cuya velocidad terminal es mayor que la corriente de aire se asienta en la superficie perforada a través de la cual el aire pasa. Esto estratifica la semilla en zonas de peso vertical. La estratificación es el peso fundamemal o separación de gravedad específica (Delouche (a), 1969).

2.1.4.9 Conductividad. Según Vaughan *et al.* (1970), las semillas también difieren en su capacidad para retener o transmitir una carga eléctrica. Aunque son muchas las condiciones que afectan las propiedades eléctricas de una semilla, las diferencias notables pueden aprovecharse para efectuar algunas separaciones difíciles. La máquina que separa basándose en propiedades eléctricas se llama separadora electrostática

2.2 EQUIPO BÁSICO PARA EL ACONDICIONAMIENTO

2.2.1 Equipo para limpieza de semillas

Máquina de Aire y Zaranadas (MAZ)

La máquina de aire y zarandas se considera el equipo básico en la mayoría de las plantas procesadoras. Nombres comerciales o de fábrica son Crippen y Clipper. Casi todas las semillas deben ser limpiadas por una MAZ antes de intentar hacer alguna separación o clasificación específica (Anexo 2).

Según USDA (1962), las limpiadoras grandes, usadas en plantas comerciales para Beneficio de Semilla son hasta de siete zarandas y tres corrientes de aire con una capacidad de hasta 66 qq/hr.

La maquinaria de limpieza de grano puede separar y remover partículas sólidas en un amplio rango de tamaños, formas y densidades. Una máquina utilizará uno o más de los cuatro principios básicos: arrastre aerodinámico, gravedad, tamaño y características de la superficie (FAO, 1996).

Partes de la máquina

Tolva alimentadora: con mecanismos de alimentación que permita regular la cantidad de semilla entrada, estos son rodillos estriados, cepillos alimentadores, etc. Las tolvas que se encuentran en la mayoría de las MAZ son de dos tipos generales: tolva alimentadora de rodillo y la de cepillo.

La tolva alimentadora de rodillo: consiste en tres partes básicas: a) un depósito para recibir la semilla; b) guías y tornillos sin fin para extender la semilla a lo ancho de la tolva, y c) un rodillo giratorio estriado

La tolva alimentadora de cepillo: recomendada para manejar semilla con abundante hojarasca, consiste de cuatro partes principales: a) un depósito para recibir la semilla, b) un eje rotatorio con clavos transversales para remover las semillas y hojarasca hacia el rodillo giratorio estriado, c) un rodillo giratorio estriado, y d) un cepillo de fibra dura (Vaughan, *et al.*, 1970).

Zarandas: efectúan las funciones de desbrozado y clasificación. Existen más de 200 tipos de cribas diferentes. Estas se identifican por un número que indica, el tamaño y forma de perforación. Las zarandas pueden ser de metal perforado, o malla de alambre. Los tipos de orificio pueden ser: redondos, oblongos (de ranura u de tajo) y triangulares. Las mallas de alambre son de utilificio cuadrado o rectangular.

Las zarandas se identifican por un número indicando el tamaño y forma de perforación.

Perforaciones redondas: se designan por el diámetro del orificio, expresado en milímetros (sistema internacional) las aberturas más grandes, se indican desde 6, hasta 80/64 avos de pulgada (sistema inglés). Se les denomina 6, 7...64...80, generalmente sólo el numerador de la fracción.

Las aberturas menores a 5.5/64 se designan en las fracciones de pulgadas: 1/12; 1/14;... 1/25.

Se puede expresar también en milímetros: una pulgada, equivale a 25.4 mm.

Por ejemplo:

Zaranda 7, es decir 7/64

$$\frac{7 * 25.4}{64} = 2.778 \text{ mm}$$

Zarandas 1/13; expresado en mm:

$$\frac{1 * 25.4}{13} = 1.95 \text{ mm}$$

Las perforaciones redondas de una zaranda de lámina perforada de metal están medidas por el diámetro de esas aberturas (Vásquez, s.f.).

Según Aguirre y Peske (1988), estas zarandas separan los materiales con base a diferencia de anchura; cuando la diferencia entre los materiales es muy grande, también puede hacer separaciones con base a longitud.

Perforaciones oblongas: se designan por dos dimensiones: ancho y longitud de la perforación. Al igual que las anteriores, las de mayor tamaño a 6/64, se expresan en 64 avos de pulgada y suelen denominarse sólo con el numerador de la fracción. Las menores, se expresan en fracciones de pulgada.

La cifra primera, indica el ancho; la segunda la longitud. Por ejemplo: 5 ½ 3/4 ó 6*3/4.

Las zarandas de perforaciones mayores, pueden ser transversales o perpendiculares, a la corriente de semillas. A diferencia de la zaranda de orificios redondos, las semillas largas pasan fácilmente a través de la zaranda de orificios rectangulares. Las investigaciones han mostrado que son más eficientes las zarandas cuyas perforaciones rectangulares están orientadas en el sentido del flujo de la semilla (Vásquez, s.f.).

Perforaciones triangulares: se especifica por la longitud de un lado del triángulo equilátero o por el diámetro del círculo inscrito en el triángulo. Estas zarandas son poco utilizadas; su uso más común es para separar los materiales pequeños en semillas de cebolla (Anexo 3).

Selección de las zarandas: para hacer un buen trabajo, la MAZ sólo necesita de dos zarandas. Sin embargo, para aumentar la capacidad se utilizan normalmente cuatro zarandas (la primera y la tercera desbrozadora y la segunda y la cuarta clasificadora). Las zarandas con perforaciones más grandes se coloca de primera y las perforaciones más pequeñas se colocan de segunda. Con este arreglo, la semilla cae a través de la primera zaranda, pasa sobre la segunda cae a través de la tercera, y pasa sobre la cuarta zaranda. Los contaminantes más grandes (hojas, tallos, vainas, piedra, tusas) quedan retenidos en la primera zaranda, y los más pequeños (polvo, tierra, graos partidos) se separan al pasar a través de la segunda (Aguirre y Peske, 1988).

2.2.2 Equipo para clasificación dimensional

Según Vaughan *et al.* (1970), las separadoras por anchura y espesor se conocen comúnmente como "clasificadoras" o "calibradoras" en el negocio de semillas. Aunque sustancialmente exactos, estos términos son engañosos, ya que llevan a formarse el concepto de que las máquinas tienen una aplicación muy limitada. Las separadoras por anchura y espesor se emplean en la industria de semillas más ampliamente de lo que generalmente se aprecia. Ellas son tan efectivas para separar las semillas de hierbas contaminadoras y otros cultivos, como lo son para clasificar por tamaño maíz o cacahuete.

Las separadoras por anchura y espesor están capacitadas de una extrema sensibilidad u precisión para separar partículas de acuerdo a su forma y tamaño. La separación es similar, pero generalmente más exacta, que la ejecutada por las zarandas de la MAZ convencional. Los siguientes principios se aplican en las separadoras dimensionales:

- a) Las semillas son clasificadas por anchura usando zarandas de perforaciones redondas.
- b) Las semillas son clasificadas por espesor usando zarandas de perforaciones ranuradas (Anexo 4).

2.2.3 Equipo para clasificar por gravedad específica

Mesa gravimétrica

Según Vásquez (s.f.), luego que el lote ha pasado por el clasificado en los cilindros de precisión, pueden quedar muchas semillas aparentemente iguales, pero que difieren en su peso, densidad relativa, u gravedad específica.

Para separar estas semillas, se utilizan las mesas gravimétricas, que consisten en plataformas perforadas, que permiten el pasaje de corriente de aire. Tienen movimientos vibratorios y es posible cambiar la inclinación de esta mesa.

La mayoría es capaz de separar: semillas inmaduras, dañadas por insectos, malezas y materiales extraños como partículas de tierra con igual tamaño que la semilla, pero diferente en peso.

La corriente de aire provoca la estratificación vertical de las semillas, con las más livianas arriba y con las más pesadas abajo. Una estratificación de las semillas en diferentes capas, separadas por acción de movimientos vibratorios de la plataforma y por la propia fuerza de gravedad que las hace caer. Estas acciones ocurren simultáneamente, a medida que las semillas se mueven sobre la mesa (Anexo 5).

La cubierta esta revestida con un material poroso a través del cual corriente de aire pueden pasar. Montada sobre palancas inclinadas que le dan un movimiento hacia arriba y adelante y hacia abajo y atrás cuando esta en movimiento. Está levantada en la dirección del movimiento hacia arriba y adelante (esto es conocido como levante del extremo) e inclinado hacia abajo desde el lado trasero al lado de descarga (esto es conocido como levante atrás). En una mesa rectangular, el levante de atrás será desde la zona de alimentación hasta el lado donde se descarga el material liviano.

En operación, la cubierta está vibrando de adelante hacia atrás al mismo tiempo que corrientes de aire, de un abanico que está por debajo, pasan a través de ella.

La mezcla de semillas que va a ser separada es alimentada sobre la cubierta de la esquina más lejana al lado de descarga. La fuerza de la corriente de aire se ajusta para obtener una estratificación de la mezcla en capas. Estas capas son entonces separadas por el movimiento de la cubierta y por la gravedad. Las semillas pesadas que están en contacto con la superficie de la mesa son tiradas hacia arriba y adelante por el movimiento recíproco. La mesa entonces se mueve hacia abajo y atrás en el movimiento de retorno y agarra la semilla en un punto más arriba en la cubierta. Esta acción rápida mantiene a la semilla más pesada moviéndose hacia el lado alto de la cubierta. Las semillas livianas, que se hacen flotar encima de la capa más pesada de semillas por las corrientes de aire, fluirán por gravedad a la parte más baja de la cubierta.

Hay cinco ajustes principales provistos en una mesa de gravedad (Mississippi State University, 1969):

- 1) Cantidad de aire
- 2) Levante del extremo (elevación de la cubierta en la dirección del movimiento hacia arriba y adelante).
- 3) Levante de atrás (elevación del lado de atrás).
- 4) Viaje del excéntrico
- 5) Tasa de abastecimiento

La mesa de gravedad se debe ubicar siempre en el lugar donde finaliza el flujo de las semillas a través de la planta, pero antes de la tratadora. Debido a la estrecha relación entre el peso volumétrico de las semillas y su calidad fisiológica, la mesa de gravedad es la máquina que, además de limpiar el lote, puede mejorar su calidad fisiológica mediante la separación de las semillas o materiales de menor peso específico (Aguirre y Peske, 1988).

2.2.4 Equipo para mover la semilla

Según Jugenhcimer (1990), existe una gran variedad de equipo para recibir, transportar y elevar la semilla. La elección del equipo depende del tipo de semilla manejada, de la capacidad deseada y de la distancia que la semilla debe moverse horizontal y verticalmente. Estos factores tienen un efecto directo sobre el costo relativo y la eficiencia de las operaciones de acondicionamiento. La facilidad de la limpieza y el daño reducido a la semilla son consideraciones importantes.

El equipo de elevación puede clasificarse en mecánico o neumático, dependiendo de la fuerza usada por mover la semilla:

1. El equipo mecánico para mover semilla a granel incluye:
 - a. Elevador de cubos
 - b. Transportadora de banda continua o sinfín.
 - c. Transportadora de banda plana.
 - d. Transportadoras y elevadores de flujo masivo en masa.
 - e. Transportadora vibradora.
 - f. Transportadora de gusano.
2. Transportadoras neumáticas
 - a. Transportadoras neumáticas de presión negativa.
 - b. Transportadoras neumáticas de presión positiva.
 - c. Combinación de sistemas de presión negativa-positiva.

2.2.5 Tratadora

Según Aguirre y Peske (1988), las tratadoras se utilizan para tratar la semilla con productos químicos que la protegen contra hongos, bacterias, insectos, y otras plagas. Debido a problemas de toxicidad y de manejo con los productos en polvo, las tratadoras que utilizan líquidos o polvos mojables son ahora las más comunes.

Gran parte de la semilla híbrida se trata con compuestos químicos. Estos fungicidas se usan para proteger a la semilla entre la siembra y la germinación. La semilla de maíz tiene una reacción alcalina después de que absorbe agua, pero antes de la germinación. Esto representa un buen medio de cultivo para varios hongos presentes en el suelo. El fungicida proporciona una capa protectora alrededor de la semilla que ayuda a retardar el

crecimiento de mohos y enfermedades hasta que las condiciones son satisfactorias para la germinación.

Un buen tratamiento con fungicida a la semilla debe ser:

- 1) Efectivo contra todas las enfermedades que atacan generalmente a la plántula de ese cultivo.
- 2) Barato y de fácil aplicación.
- 3) No dañino para la semilla, aún cuando se aplique en exceso, y con almacenamiento prolongado.
- 4) No dañino para el usuario y no corrosivo para la maquinaria.
- 5) Estable en el empaque, sobre la semilla y en el suelo.
- 6) Compatible con los inoculantes de las legumbres.
- 7) No tóxico cuando se alimente a los animales.

Un equipo tratador de semilla ideal debe tener los siguientes componentes:

- 1) Un dispositivo para la medición de la semilla.
- 2) Un dispositivo para la medición de la sustancia química.
- 3) Los medios para la aplicación del tratamiento a la semilla.
- 4) Una cámara de mezcla para la semilla y el tratamiento.
- 5) Los medios para desaljar la semilla tratada (Jugenheimer, 1990).

2.2.5.1 Justificación para el tratamiento de semillas. Según Delouche (b) (1969), los beneficios de los tratamientos de semillas, definidos por investigaciones comerciales y públicas son tan excelentes que es difícil el no justificar el tratamiento. Las investigaciones públicas dan el beneficio del tratamiento de semillas, algunas con mejor posición, calidad, producción y el reembolso del capital invertido a través del control contra insectos. Se ha dicho que ninguna otra práctica en la agricultura da más beneficio por lo invertido que el tratamiento de semillas. Sin embargo, una gran parte de las semillas plantadas en la actualidad no son tratadas.

El tratamiento de protección de la semilla debe ser económico. Es importante distribuir el producto químico protector lo más uniformemente posible sobre la superficie de la semilla y debe también adherirse bien (FAO, 1984).

2.2.6 Embolsado

El empaque moderno recurre a docenas de métodos y materiales para conservar la calidad original de las semillas, de la fecha en que sean tratadas, a la fecha en que se siembran.

La forma en que se empaacan las semillas afecta sus características físicas de tamaño, peso, contenido de humedad, pureza (ausencia de semillas de hierbas, material inerte y de otras semillas), ausencia también de organismos patógenos, insectos, roedores y daño mecánico. Se afectan aspectos fisiológicos tales como viabilidad, vigor, y estado latente; no se afectan, sin embargo, las cualidades genéticas, excepto bajo condiciones anormales.

Todo el manejo de las semillas debe hacerse con cuidado, ya que puede tener algún efecto sobre sus cualidades físicas debido a impactos o presión excesiva (USDA, 1962).

La mayoría de los sacos se cierran con máquinas de coser. Cada saco debe marcarse con una etiqueta que lleve la información que satisfaga todas las leyes sobre las semillas.

Los paquetes de semilla deben ser rotulados para mostrar la especie, variedad, porcentaje de semilla viva, pureza, contenido de hierbas nocivas, así como el tratamiento que se dio a la semilla. La información podrá ser impresa en una etiqueta pegada al saco o estampando directamente (Jugenheimer, 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO

Se realizó un estudio descriptivo en la planta de acondicionamiento de semillas de Zamorano, ubicada en el Valle Zamorano, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras. A 14° latitud norte y 82° 2' longitud oeste, con una temperatura media anual de 26.5°C, precipitación anual de 1100 mm, y a una altitud aproximada de 800msnm. Se utilizaron lotes de maíz que ingresaron en los meses de noviembre y diciembre de 1999, provenientes de lotes de semilla de Zamorano (Anexo 6).

3.2 MANEJO DE LOS LOTES DE MAIZ AL INGRESAR A ACONDICIONAMIENTO

El grano se recibió en mazorcas en los patios de la planta de acondicionamiento a una humedad promedio de 22%, se hizo una clasificación de mazorcas al momento de recibo, eliminando aquellas que tenían daño por hongo, daño por insecto y biparidad, las mazorcas consideradas como buenas se ingresaban a la secadora para iniciar el secado. Después de haber secado las mazorcas hasta 12-13% de humedad, se desgranó, y se trasladaron a la Máquina de Aire y Zarandas (MAZ) para su limpieza; tomando en cuenta los datos de daño mecánico y germinación que resultaron de los pasos anteriores a la limpieza (recibo, secado y desgrane), haciéndose las respectivas comparaciones.

3.3 ANALISIS ESTADISTICO

Se usó el programa "Statistical Analysis System" (SAS[®]), versión 6.12 para el análisis estadístico de las variables evaluadas, que fueron:

- Eficiencia de la maquinaria utilizada en acondicionamiento expresado en qq de semilla por hora (qq/hr).
- Porcentaje de germinación al inicio y final del acondicionamiento
- Porcentaje de daño mecánico al inicio y final del acondicionamiento.

En el análisis de varianza se utilizó una significancia con una probabilidad menor a 0.05 dentro de las etapas de acondicionamiento, los porcentajes de germinación y daño mecánico. Cuando se encontró significancia se utilizó la prueba Student-Newman-Keuls (SNK), con una probabilidad menor a 0.05 para la separación de medias.

3.4 EL LOTE DE SEMILLA DE MAIZ EN LA MÁQUINA DE AIRE Y ZARANDAS (MAZ)

En la MAZ se utilizaron tres pasos de limpieza: aspiración, zarandas de prelimpieza y zarandas de clasificación. Las zarandas utilizadas para la limpieza fueron los números 28/64, 16/64 y 18/64.

Para la medición de la eficiencia se cuantificó la cantidad de maíz obtenido en las tres salidas principales de la MAZ, de las cuales, dos salidas correspondían a material de desperdicios (Salida número 1 y 2) y en una tercer salida (salida número 3) se obtuvo la semilla de maíz que pasaba a los cilindros Carter, el cual es siguiente paso en el acondicionamiento.

En la salida número uno salía desperdicio como ser: granos muy grandes, considerados no comerciales que no pasaban para la clasificación correspondiente (mayor que 11.11 mm) y restos de tusas y olores. En la salida dos correspondía a pedazos de granos (grano pequeño menor que 6.35mm), polvillo y tusas. En la salida tres se obtuvo la semilla comercial.

La máquina es eficaz, cuando tiene la capacidad de hacer la operación deseada; en este caso, una MAZ es eficaz si la semilla sale de la máquina con un mínimo de contaminación. Por otro lado, la máquina es eficiente si puede hacer la operación deseada con el mínimo de pérdidas; en este caso una MAZ es eficiente si hay pocas semillas en la fracción descartada. La producción de la máquina se refiere a la cantidad de producto en cierto período de tiempo (en este caso, qq/hr). Con base en estos términos, lo que se busca en el beneficio de semillas es utilizar la máquina más eficaz con la máxima eficiencia y rendimiento (Aguirre y Peske, 1988).

3.5 EL LOTE DE SEMILLA DE MAIZ EN LOS CILINDROS DE PRECISION CARTER

Después de la limpieza, el maíz pasó a la clasificación por tamaño a través de cilindros Carter, se tomaron en cuenta los siguientes datos: tiempo de realización de la actividad, cantidad de semilla comercial de acuerdo a su forma y tamaño (semilla plana y redonda 28,19 y 22), tomándose en cuenta su eficiencia en qq/hr. Las especificaciones de la máquina indican lo siguiente: estilo DDR2 ("solid shell") y DDS2 ("split shell"), número del manual 602-2EC y año de manufactura 1996.

En el Carter se clasificó la semilla de acuerdo a su ancho, espesor y longitud. Para la clasificación por tamaño se realizó para obtener tres tamaños de semilla plana y tres tamaños de semilla redonda. Las zarandas o cilindros Carter utilizados para clasificar la semilla por tamaño y forma se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tamaño de grano y su correspondiente cilindro de precisión Carter.

Número de cilindro	Tamaño de grano
1	Redondo 22
2	Redondo 19
3	Plano 19 (13 ½)
4	Plano 28 (12 ½)
5	Plano 22 (13)

Cuando se trabajo con los cilindros Carter se tuvo cuidado en tener siempre tolvas en cada una de las salidas (seis salidas) para no atrasar el proceso. Se cerraron las salidas cuando alguna tolva estaba llena y se transportaba a otro punto de la planta de acondicionamiento, ya sea directamente a la mesa gravimétrica, para continuar el proceso o se dejaba en bodega para su posterior acondicionamiento.

Se determinó la eficacia, eficiencia y rendimiento de la máquina recogiendo muestras durante 10 segundos de cada una de las salidas de la máquina, repitiendo esta actividad tres veces. Se usó un cronómetro para la medición de los tiempos en cada etapa que indicó las horas de operación de la máquina. Esto facilitó realizar la programación del mantenimiento y calcular la capacidad de la máquina.

3.6 EL LOTE DE SEMILLA DE MAIZ EN LA MESA GRAVIMÉTRICA (MG)

El lote de maíz que iba saliendo de los Carter, pasó a la MG. Para la toma de datos en las MGs, los modelos usados fueron, para MG grande y pequeña eran Oliver N° 160 y N° 80 respectivamente (Anexo 7). Se calibró antes de operar la máquina a su máxima capacidad, se hicieron ajustes del aire, inclinación lateral, velocidad de vibración, y tasa de alimentación en el transcurso que el lote de maíz pasaba por la MG.

Para determinar la eficiencia y eficacia de separación, se dividió la parte final de la plataforma en tres salidas de semilla que permitió determinar el peso de semillas con mayor peso volumétrico obtenido por la salida con mayor grado de inclinación de la MG, una fracción intermedia con semillas y algún material indeseable, y otra fracción, la más liviana, donde se concentraba el material de menor peso volumétrico (Anexo 5).

Se tomaron dos muestras de cada una de las tres salidas durante 15 segundos y se determinó el porcentaje de cada salida, así como el porcentaje de separación del material indeseable.

Los pesos volumétricos de la salida con semilla y de la fracción liviana debe tener una diferencia entre ellas de 7% o más si la máquina esta bien calibrada, si la diferencia es menor de 7%, indica que el lote es homogéneo, es imposible mejorarlo o que la máquina no esta bien calibrada.

3.7 EL LOTE DE SEMILLA DE MAIZ EN LA TRATADORA

La semilla de maíz fue tratada con el fungicida Busan 30A, con una dosis de 7mL de agua con 1 mL de Busan para 2.5 kg de semilla. Se usó este fungicida ya que es recomendado para el control de hongos y bacterias fitopatógenos en la semilla y provenientes del suelo. Tiene acción erradicante por contacto y por fumigación, la acción fumigante es esencial en un producto para tratar semillas porque no todas las semillas son uniformemente cubiertas con el producto químico durante la operación de tratamiento. La semilla tratada con Busan 30A muestra una coloración roja característica, por lo que puede ser distinguida fácilmente de semilla sin tratar. Se tomó en cuenta lo siguiente:

- La cantidad de producto químico que se aplica por 2.5 kg. de semilla, esto es la capacidad de las cucharas (se pueden cambiar, para que tengan más capacidad), estas son las que miden el producto de la tratadora.
- La cantidad de semillas que se va a tratar, la cual se regula ajustando el contrapeso, este mecanismo es el de las cucharas que van dentro de la tratadora.

La cantidad de agua dependió del área superficial de las semillas, determinada por el número de semillas por kilogramo. La dosis se puede expresar también en litros de producto por tonelada de semilla o su equivalente en mililitros o centímetros cúbicos de solución por kilogramo de semilla. Las observaciones se realizaron en intervalos regulares (cada 30 min) para saber si la semilla quedó bien cubierta con el producto y si había uniformidad en su aplicación.

La capacidad de la máquina (qq/hr) se podía aumentar o disminuir, abriendo o cerrando la compuerta de la tolva que alimenta la máquina.

3.8 EL LOTE DE SEMILLA DE MAIZ AL MOMENTO DEL EMBOLSADO

El último paso fue el embolsado donde se determinó la eficiencia del embolsado expresado en qq/hr.

La bolsa usada fue de papel con una capacidad de 50 lb que es la bolsa en que Zamorano comercializa la semilla. A cada bolsa se le colocó una etiqueta que tiene impresa la información de la calidad de semilla, y que es requisito en su comercialización y que a su vez es controlado por la Oficina de Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (Anexo 5).

3.9 ANALISIS DE GERMINACION

Se realizaron análisis de germinación al momento de recibo, después de desgrane y al final de acondicionamiento de cada uno de los lotes de maíz de la siguiente manera: se sembraron un total de 400 semillas que se tomaron al azar, divididas en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una.

El sustrato utilizado fue papel toalla. Las semillas se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 80%. Los conteos se hacían basándose en las siguientes categorías:

- A.- Plántulas normales
- B.- Plántulas anormales
- C.- Semillas muertas (Anexo 9).

El porcentaje de germinación se determinó por el número promedio de plántulas normales presentes en cada una de las repeticiones.

3.10 ANALISIS DE DAÑO MECANICO

El método utilizado se conoce como Prueba de Verde Rápido (verde de malaquita) y es específico para maíz. El procedimiento utilizado fue el siguiente:

- a. Se pesó una muestra de 200 gramos para cada uno de las fases en el proceso de acondicionamiento que estas eran: recibo, desgrane y después de haber pasado por la mesa gravimétrica.
- b. De la muestra, se separó toda semilla con daño perceptible.
- c. La semilla sin aparente daño visual se colocó en una solución de verde rápido al 0.1% por un período de tres minutos.
- d. Al terminar los tres minutos, la semilla se enjuagó.
- e. Luego se procedió a separar las semillas dañadas, que se identificaron por tener pintado de verde en las fisuras presentes.

El resultado final fue el daño perceptible y el daño imperceptible de la semilla expresándose en porcentaje.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 EFICIENCIA EN LA MAQUINA DE AIRE Y ZARANDAS (MAZ)

El rendimiento total de semilla que se determinó de la MAZ fue de 52.56 qq/hr, que comparado con la MAZ antigua que tenía un rendimiento de 16.86 qq/hr, según Zúñiga (1995) resultando eficiente en 2.11 veces más la MAZ de la nueva planta. El rendimiento promedio en semilla obtenida de la MAZ de la nueva planta fue de 51.64 qq/hr y 0.93 qq/hr para los subproductos de las salidas 1 y 2 (S1, S2). Al comparar las eficiencias de la MAZ antigua con la nueva observando mayor precisión en limpieza en la MAZ antigua, porque contaba con seis salidas de productos, cinco de las cuales eran de subproducto y una de semilla limpia. En el cuadro 2 se puede observar la eficiencia de la nueva planta. Podemos decir con 99% de certeza, que entre las salidas de la MAZ existió diferencia significativa, al comparar las dos salidas de subproducto con la salida principal de semilla limpia. Esta diferencia se debió a que el material que ingreso a la MAZ tenía muy poco subproducto o que el material que ingresó a la MAZ era de buena calidad (Anexo 10). La MAZ nueva cuenta con tres zarandas y dos corrientes de aire, existen limpiadoras de hasta siete zarandas y tres corrientes de aire, que son usadas solo para limpieza de granu.

Cuadro 2. Rendimiento promedio en tres salidas de la máquina de aire y zarandas en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. *

Salida	Concepto	Rendimiento promedio (qq/hr)
SP	Salida principal (semilla)	51.64 a
S1	Subproducto (semilla supergrandes, tusas)	0.35 b
S2	Subproducto (polvillo, tusas)	0.57 b
	Eficiencia total	52.56

* Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

En la Figura 1, se observó las diferencias significativas entre lotes en la MAZ ($P \leq 0.05$), en los maíces provenientes de tres lugares diferentes (Zavala, Santa Inés, San Nicolás). Además de los lotes que entraron al acondicionamiento, el mayor rendimiento se obtuvo en el lote 5 de San Nicolás y el lote 8 de Santa Inés, ambos con 57 qq/hr. El lote que presentó la menor cantidad de semilla limpia fue el 3 de San Nicolás con 43.50 qq/hr. Esto pudo deberse a que el tamaño de la semilla era más grande de 28 mm o más pequeña de 19 mm que es el rango de tamaño a que se calibró la MAZ o pudo deberse a que la cantidad de olote u otros desperdicios fueron mayor que los lotes con mayor eficiencia.

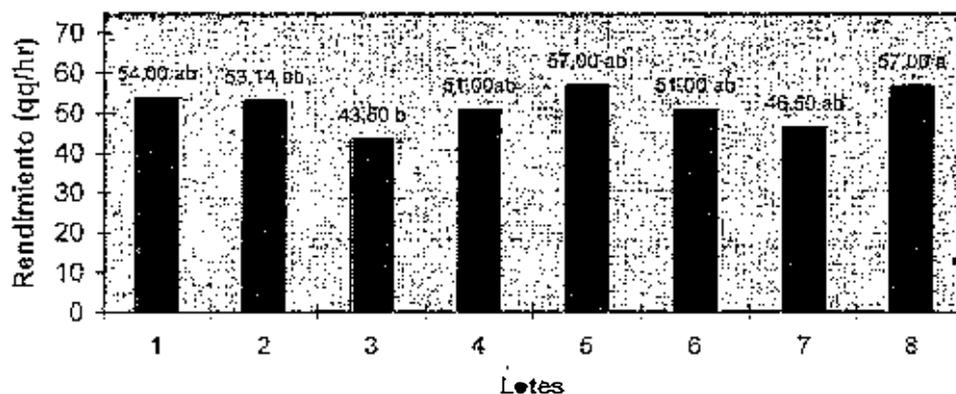


Figura 1. Rendimiento de la máquina de aire y zarandas en qq/hr, en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

La cantidad inicial de los ocho lotes que entraron a acondicionamiento fue de 2213.83 qq, la MAZ removió 20.5 qq de subproducto, obteniendo una eficiencia de 99%. En resumen el total de semilla limpiada en promedio en un turno de 8 hrs es 422.72 qq.

4.2 EFICIENCIA EN LOS CILINDROS DE PRECISION CARTER

En el Cuadro 3 se observa que el lote, la salida y la interacción lote por salida son altamente significativas ($P \leq 0.05$). El promedio que se obtuvo de semilla en las seis salidas juntas fue de 10.20 qq/hr.

Cuadro 3. Análisis de varianza en los cilindros de precisión Carter, Zamorano, Honduras, 1999.

Variabes	Pr > F
Lote	0.0001
Salida	0.0001
Lote*salida	0.0001
Modelo	0.0001
Promedio	10.20 qq/hr
R ²	0.99
CV %	11.49

De los lotes que ingresaron a la planta, el mayor rendimiento que se obtuvo en los cilindros Carter fue de 30.60 qq/hr siendo este de semilla grande (P28), del lote 7 (Anexo 6), de la semilla mediana (P22) la mayor producción fue de 24.60 qq/hr del lote 2 (Anexo 6), estos rendimientos se pueden observar en el Figura 2, los cilindros que sacaron la mayor cantidad de semilla (P28 y P22). El cilindro que tuvo el rendimiento más bajo fue por el que salía la semilla redonda pequeña (R19), ya que las mazorcas utilizadas en el estudio eran de un tamaño adecuado (20-25 cm), donde más o menos el 20% de los granos son redondos pequeños. Además se observa en la Figura 2 que entre lotes existen diferencias significativas.

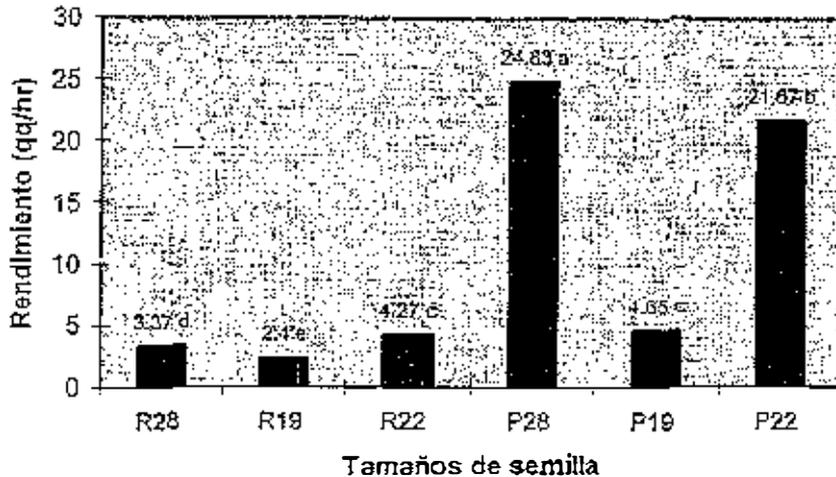


Figura 2. Rendimiento en cada cilindro de precisión Carter (qq/hr), en lotes de maíz provenientes de Zamotano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

La eficiencia en estos cilindros era del 100%, ya que la cantidad de semilla ingresada de la MAZ era igual, simplemente que salía separada en tres tamaños y dos formas.

4.3 EFICIENCIA EN LAS MESAS GRAVIMÉTRICAS

Se determinó la eficiencia de las dos mesas gravimétricas para las tres salidas de material que tiene cada una de ellas (fracción pesada, intermedia y liviana). Se puede apreciar en el Cuadro 4, que los porcentajes de la fracción liviana fueron mayor al porcentaje considerado como normal que según Zuñiga (1995), no debe ser mayor a 7%. En la MG pequeña y grande este porcentaje fue mayor (Anexo 7), pudiendo deberse a que existía demasiado grano liviano, con menor densidad específica, debido al daño por hongo o insecto ocasionado en el campo y al momento del recibo no se realizó una buena selección de mazorcas. Este resultado también pudo deberse a:

- Una alta densidad de plantas en el campo (>60,000 plantas/ha), ocasionando que la cantidad de semilla por mazorca fuera mucho y como resultado de menor peso.

- Un riego no adecuado dando como resultado un mal llenado de granos en madurez fisiológica.
- Baja fertilidad en el suelo o la mala aplicación de los fertilizantes, haciendo que la planta no tenga todos los nutrientes necesarios, ocasionando también grano de menor peso y densidad específica.

Además se encontró que en la mayoría de los lotes que entraron, la cantidad de fracción intermedia (semilla de reciclaje) era mayor que la fracción pesada y liviana, esto pudo deberse a:

- 1.- Una deficiente preclasificación de la semilla por tamaño originando que la mesa de gravedad separe las semillas por tamaños y produzca abundante producto intermedio de semillas grandes ligeras y pequeñas pesadas.
- 2.- Cuando dos fracciones de semillas son muy similares en gravedad específica, su estratificación y separación son lentas y el producto intermedio es abundante, porque queda disponible poca superficie de separación.
- 3.- Cuando la velocidad de alimentación es demasiado grande, para que la separación se realice, la zona de estratificación cubre un área mayor que la plataforma, quedando poca superficie para la separación de las semillas en estratos. Estos no serán separados en su totalidad antes de llegar a la orilla de descarga, y el producto intermedio será mucho mayor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentajes de cada fracción (pesada, intermedia, liviana) de semilla que salía de la mesa gravimétrica pequeña y grande, en lotes de maíz provenientes de Zamorano, Honduras, 1999.

Lote	Mesa gravimétrica pequeña			Mesa gravimétrica grande		
	Fracciones			Fracciones		
	Pesada	Intermedia	Liviana	Pesada	Intermedia	Liviana
	(%)			(%)		
1	29.41	52.94	17.65	46.48	44.26	9.25
2	26.06	58.04	15.90	40.26	46.40	13.34
3	33.18	47.73	19.09	48.90	41.31	9.79
4	21.22	59.07	19.70	33.37	56.10	10.53
5	26.28	60.99	12.73	48.27	43.24	8.50
6	26.43	64.11	9.46	53.34	36.99	9.67
7	28.33	59.44	12.22	44.62	44.93	10.45
8	24.54	61.22	14.24	42.72	40.30	16.98
Promedio	26.93	57.94	15.12	44.75	44.19	11.06

Los lotes que pasaron por la MG no presentaron diferencias significativas, siendo la eficiencia de la máquina la misma ($P \leq 0.05$). Respecto a las salidas en la MG pequeña (fracción pesada, intermedia, liviana) podemos decir con un 99% de probabilidad que fueron diferentes. Al comparar las MG's, se encontró menor porcentaje de subproducto en la MG pequeña que en la MG grande (Anexo 11 y 12). Debido que en la MG pequeña pasaba solamente la semilla redonda 22 y 28, teniendo mucho subproducto porque el daño por hongo e insecto que tenían las mazorcas eran mayor en los extremos, donde existe mayor cantidad de estos granos (Cuadro 4). En la MG grande la cantidad de semilla fue 1.3 veces más que la MG pequeña, ya que esta es de mayor capacidad. En la fracción liviana fueron resultados similares en ambas máquinas.

Las especificaciones del modelo de la MG grande Oliver N° 160 (Anexo 7), dice que tiene una capacidad de 13 qq en peso neto y 21.05 qq de peso bruto, como se observa en el cuadro 5, de peso neto se obtuvo 15.01 qq (fracción pesada más liviana), y peso bruto de 27.28 qq (sumada las tres fracciones). Según el manual de la máquina, la capacidad que tiene esta puede variar en un 10% más o menos, y como se puede observar, existió más del 10 % de la capacidad. Para el caso del peso neto, hubo una diferencia de 15.6%, en peso bruto 26.8%, siendo más de la capacidad indicada por el fabricante, pudiendo deberse a que no se hizo buen los ajuste a la MG, existiendo mucha cantidad de fracción intermedia, ocasionando que la máquina trabajara doble, porque nuevamente clasificaba mucha semilla que no definía su gravedad específica.

Para la MG pequeña Oliver N° 80 (Anexo 7), esta indica que tiene una capacidad de 11.10 qq de peso neto y 15.60 qq de peso bruto como se observa igualmente en el Cuadro 5, de peso neto se obtuvo 8.02 qq (fracción pesada más liviana), en peso bruto 19.89 qq (sumada las tres fracciones). El peso neto fue un 27.74% menos que el indicado por el fabricante (10%), y de peso bruto 27.5 % más del indicado, esto es en respuesta de las calibraciones que se hacen en las máquinas, como regular el aire, la inclinación etc., ocasionando que esta diferencia sea relativa.

Cuadro 5. Rendimiento de las tres fracciones de la mesa gravimétrica (pesada, intermedia, liviana) en qq/hr y porcentaje, de lotes de maíz Zamorano, Honduras, 1999. *

Salida	MG pequeña		MG grande	
	Rendimiento (qq/hr)	%	Rendimiento (qq/hr)	%
Fracción pesada	5.21 b	26.20	12.00 a	43.98
Fracción intermedia	11.87 a	59.70	12.24 a	44.87
Fracción liviana	2.81 c	14.10	3.04 b	11.15

* Médias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

La cantidad de semilla y subproducto real que salieron al final del acondicionamiento de las dos mesas gravimétricas y de la MAZ, concuerdan con los porcentajes de los cuadros 4 y 5 anteriores. El peso de subproducto en la MAZ no fue mucho (promedio de 0.92

qq/hr). solo era tusa, polvillo, semilla muy grande y pelillo. Esta cantidad se sumó de una vez con el subproducto de las dos MG al final haciendo las comparaciones respectivas con los Cuadros 4 y 5, determinando así la eficiencia (Cuadro 6).

Los porcentajes de rechazo fueron mayores al 7% que las citadas en la literatura como aceptable, eso se pudo deber a que había demasiada semilla con menos densidad específica que la normal (un bushel de maíz es igual a 56 lbs), pudiendo ser ocasionado por el daño de los insectos y hongos o por la alta densidad sembrada en el campo.

Cuadro 6. Cantidad de semilla y subproducto al final de acondicionamiento de cada lote proveniente de Zamorano, Honduras, 1999.

Lote	Cantidad semilla total (qq)	%	Cantidad de subproducto (qq)	%
1	183.00	79.22	48.00	20.78
2	239.00	73.99	88.86	26.01
3	291.00	80.17	75.08	19.83
4	196.00	68.53	92.60	31.47
5	254.83	84.43	51.23	15.57
6	205.00	71.18	86.20	28.82
7	128.00	82.05	28.55	17.95
8	183.00	74.69	63.98	25.31
	Promedio	76.78		23.22

Algunos estudios en otros cultivos han indicado la relación estrecha entre gravedad específica (o densidad) con la calidad de la semilla. Cortés (1987; citado por Guamán, 1994) reporto en sus estudios la relación entre calidad y densidad de sorgo, que el porcentaje de germinación decrece claramente cuando baja su gravedad específica de 1.26, esto puede compararse con maíz, observando los cuadros 4, 5 y 6 la calidad pudo disminuirse por el daño por hongo ocasionando grano de menor peso.

La cantidad promedio que ingresó a la mesa era de 283.60 qq y el subproducto era de 73.62 qq, teniendo una eficiencia 75%.

4.4 EFICIENCIA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO Y EMBOLSADO

La cuchara de la tratadora de semillas daba 26 caídas por minuto, significando que se trataban 86 qq/hr, con una eficiencia del 100%, ya que toda la semilla tratada se embolsaba.

La capacidad de tratamiento obtenida es baja si se compara lo que según Vaughan *et al.* (1970), que hay tratadoras con una rendimiento entre 240-480 qq/hr, según las especies de semillas que se envasan y la pericia de los operarios. El promedio en bolsas de 50 lb fue de 92 bolsas/hr. Se pudo lograr embolsar como máximo 288 bolsas/hr, esto se pudo

deber a que no hubo tanto desperdicio pudiendo ocasionar un paro en el proceso, además que siempre existían contratiempos, por calibración del equipo o falta de mano de obra, como pudo suceder en el resto de lotes, o que los operarios hicieron su trabajo muy eficiente. La eficiencia al momento del embolsado era de un 100% ya que la cantidad tratada era la misma que se embolsaba (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento del embolsado en qq/hr y bolsas de 50 lb/hr, en maíz de un productor independiente del municipio de San Juan de Flores, Francisco Morazán, Honduras, 1999.

Lote	Rendimiento qq/hr	Rendimiento en bolsas de 50lb/hr
1	144.00	288.00
2	15.04	30.08
3	10.48	20.97
4	7.00	14.00
5	60.00	120.00
6	112.00	224.00
7	17.20	34.40
8	12.00	24.00
9	80.00	160.00
10	11.00	22.00
11	34.00	108.00
12	28.00	56.00
Promedio	45.89	91.78

4.5 GERMINACION DURANTE EL ACONDICIONAMIENTO ●

No se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de germinación de cada lote de semilla en cada una de las etapas post-producción (recibo, después de secado, desgrane y después de acondicionamiento), esto significa que el manejo dado a la semilla durante el acondicionamiento no afecta estadísticamente la germinación, se puede observar en el Cuadro 8 un resumen del Análisis de Varianza.

Cuadro 8. Análisis de varianza en el ensayo de germinación. Zamorano, Honduras, 1999.

Variables	Pr > F
Lote	0.0001
Modelo	0.0126
Promedio	92.42%
R ²	0.76
CV (%)	2.34

Después de secado y desgrane (DSyD) se obtuvo una germinación mayor que al recibo (R) y después de acondicionamiento (DA), existiendo una diferencia de 0.55 y 1.37% respectivamente.

La disminución de la germinación que existió al final del proceso (DA) pudo deberse al daño mecánico, además existiendo la posibilidad que otros factores no estudiados hayan también afectado la germinación en cualquier etapa. El daño en la semilla ocasionado cuando esta pasaba por cada máquina.

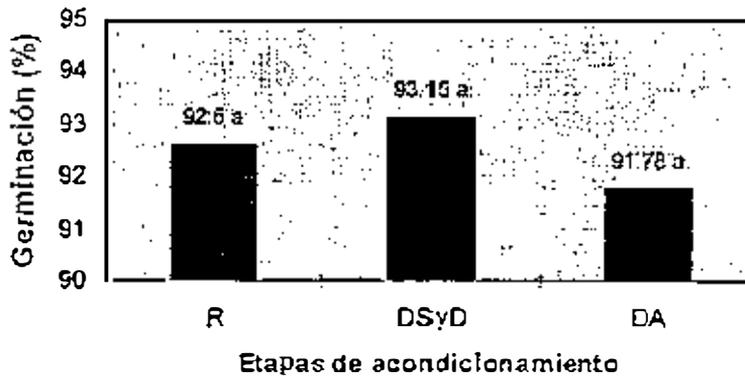


Figura 3. Porcentajes de germinación en tres fases de acondicionamiento en lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

Las diferencias de germinación entre lotes fueron altamente significativa ($P < 0.0001$), siendo el mejor lote el 6 y el peor el 5 (Anexo 7), no encontrando ninguna diferencia en el resto de los lotes. La germinación del mejor lote pudo deberse a mejores condiciones de manejo y menos incidencia de plagas, y que en el proceso de acondicionamiento no existiese mucho daño mecánico visible (0.27%) y no visible (9.41%).

El mayor porcentaje de germinación que se obtuvo fue de 95% y el mínimo de 89%, para ambos lotes respectivamente (Figura 4).

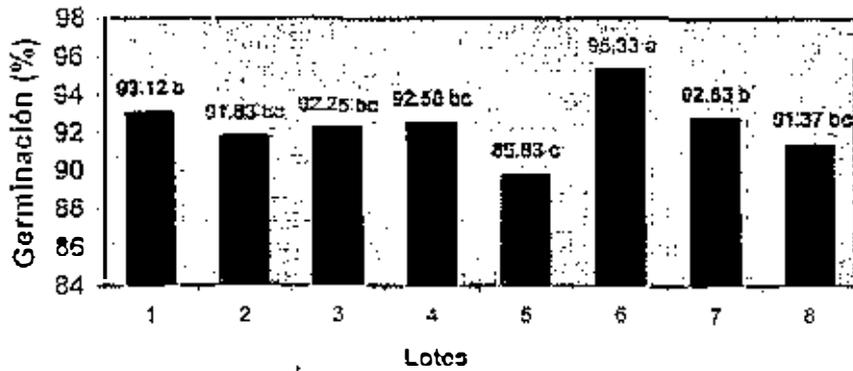


Figura 4. Porcentajes de germinación en cada uno de los lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. SNK= Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

En la Figura 5, se pueden observar las fluctuaciones de los dos lotes el mejor y el peor (6 y 5), en tres etapas de acondicionamiento. Se puede recalcar que aún el peor lote, el porcentaje de germinación es mayor que el mínimo aceptado (85%). En los lotes 1, 3 y 8 en la etapa después de secado y desgrane (DSyD), no se realizó muestreo, por eso existe esas disminuciones.

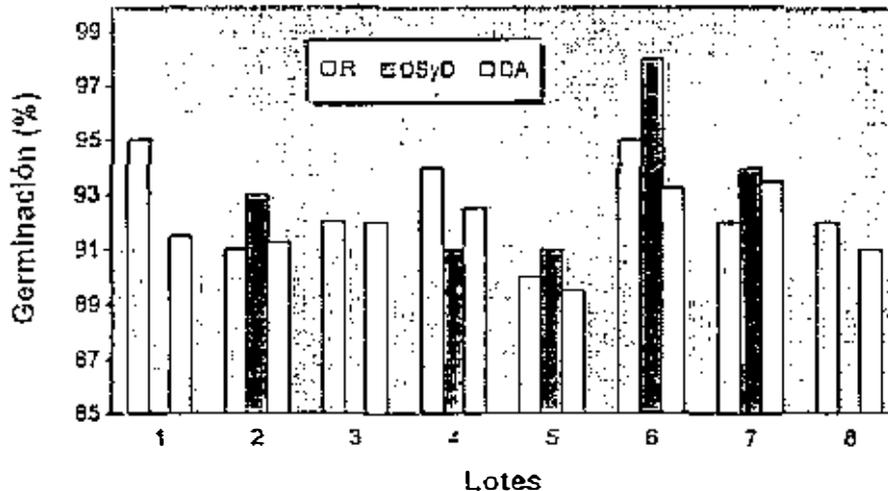


Figura 5. Porcentajes de germinación por lote en cada etapa de acondicionamiento, Zamorano, Honduras, 1999.

4.6 DAÑO MECÁNICO VISIBLE Y NO VISIBLE EN TRES FASES DE ACONDICIONAMIENTO

Se encontró diferencia altamente significativa ($P \leq 0.001$) en el daño mecánico visible (DMV), en las variables lote, etapa de acondicionamiento y la interacción lote por etapa de acondicionamiento (Anexo 13).

El mayor porcentaje de DMV, fue de 0.65% del lote 5, concordando que éste, fue el lote con el menor porcentaje de germinación, pero no tuvo mucha influencia este porcentaje, ya que el máximo que se espera en todo el proceso es de 10% de daño mecánico total, y esta cantidad que salió es menor (Cuadro 9).

En el daño mecánico no visible (DMNV), el máximo porcentaje correspondió al lote 2 (17.75%), que al hacer se le análisis de germinación salió entre los tres últimos que tuvieron menor porcentaje, el mejor fue el lote 6 con 9.41%, este en germinación fue el que tuvo mayor porcentaje. El daño mecánico es uno de los factores que afectan la germinación, y en este caso se pudo demostrar al comparar el lote 6 en los dos análisis.

Cuadro 9. Porcentajes de daño mecánico visible y no visible en cada uno de los lotes provenientes de Zamorano, Honduras, 1999. *

Lote	Daño mecánico visible (%)	Daño mecánico no visible (%)
1	0.17 d	12.50 ab
2	0.31 cd	17.75 a
3	0.25 cd	12.87 ab
4	0.41 bc	16.58 ab
5	0.65 a	13.41 ab
6	0.27 cd	9.41 b
7	0.48 b	10.08 b
8	0.23 d	16.50 ab
Promedio	0.35	13.64

* Medias con letra diferente son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$)

En las etapas de postproducción (recibo, después de secado y desgrane, después de acondicionamiento) en DMV el mayor porcentaje ocurrió después de secado y desgrane (0.76%), siendo significativamente diferente con la etapa de recibo y después de acondicionamiento.

Según la FAO (1984), la rotura y el daño del grano durante el desgranado deben representar menos del 5% y en una buena desgranadora este porcentaje es incluso inferior, solo del 1%, en este caso significa que se realizó una buena calibración de la desgranadora reduciendo el porcentaje de semilla dañada.

En el porcentaje de DMNV se encontró también diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las etapas de postproducción (Anexo 13). El mayor porcentaje de DMNV encontrado fue en la etapa después de acondicionamiento (21%), esto pudo deberse a que existe un mayor manejo físico y mecánico de la semilla en el acondicionamiento, pero el daño no afectó el porcentaje de germinación de la semilla, ya que en cada una de las etapas de postproducción, este porcentaje fue mayor al porcentaje permitido para su comercialización como semilla (mínimo 85%) (Moreira y Reconco, 1997).

En la etapa de recibo se encontró el menor porcentaje, tanto en DMV y DMNV, ya que el maíz fue cosechado manualmente, esto ratifica lo que dice Delouche y Jolmson (1982; citado por Zuniga, 1991), acerca de la cantidad de semilla cosechada manualmente, el daño mecánico ocasionado durante la cosecha y trilla manual es mínimo (Figura 6).

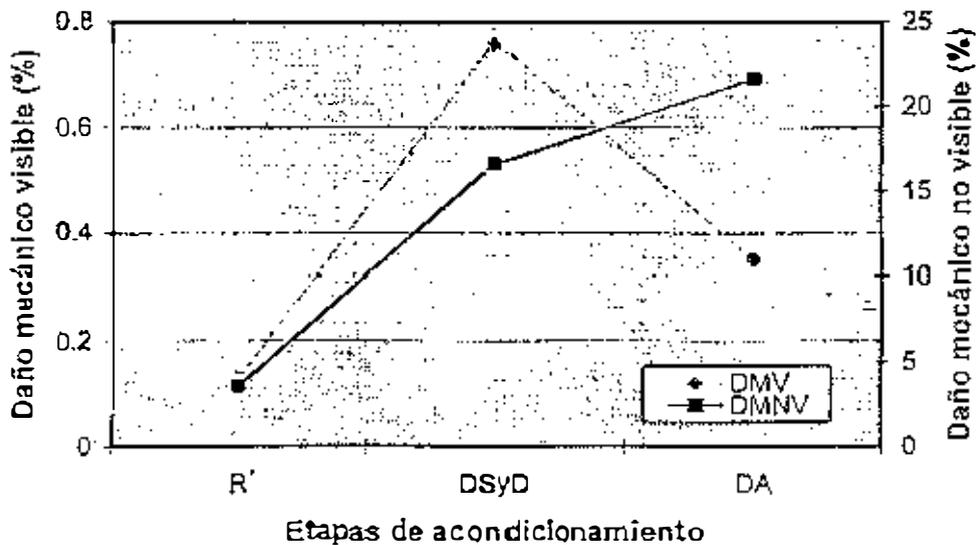


Figura 6. Porcentajes de daño mecánico visible y no visible en tres etapas de acondicionamiento en lotes de Zamorano, Honduras, 1999.

4.7 PUNTO CRITICO DEL ACONDICIONAMIENTO

La etapa donde se tuvieron mayores problemas fue al momento de pasar los lotes de maíz por la mesa gravimétrica, donde siempre se tenía acumulación de semilla, provocando que el proceso fuera lento. En ocasiones se trabajó hasta las 24 hrs del día, para no detener el proceso, y así poder salir a tiempo con todos los lotes que estaban entrando a acondicionamiento.

Aunque se tenían dos MG, estas no abastecían por la cantidad de maíz que entraba, una se usaba para semilla plana (MG grande) y la otra para semilla redonda (MG pequeña), siendo la que más trabajaba la primera por existir mayor cantidad de semilla plana.

4.8 EFICIENCIA TOTAL DEL ACONDICIONAMIENTO EN TIEMPO

Para saber la eficiencia en tiempo se utilizó como base 80 qq, se determinó en que tiempo pasaba esta cantidad por todas las máquinas. Esta cantidad de 80 qq se usó debido a que es la capacidad que tiene la tolva que alimenta la MAZ, que es la primera máquina en el acondicionamiento.

Se determinó de acuerdo a al rendimiento de cada máquina, la cantidad de quintales obtenidos por hora, de acuerdo a este parámetro se le tomó en cuanto tiempo tardaba en pasar un quintal en cada máquina y luego se transformó para los 80 qq (Cuadro 10).

Cuadro 10. Tiempos promedio para cada máquina en min/qq y en hr/80qq. Zamorano, Honduras, 1999.

Máquina	Tiempo (min/qq)	Tiempo (hr / 80 qq)
MAZ	1.14	1.52
Cilindros Carter	1.14	1.52
MG pequeña	37.63	50.17
MG grande	29.70	39.60
Tratadora	0.70	0.93
Embolsado	1.67	2.23

De acuerdo al Cuadro 10 se determinó la ruta de todo el proceso y el tiempo determinado (Fig. 7)

Se calculó el tiempo de trabajo para una jornada de ocho horas que es lo normal que se trabaja, para la ruta 1 (→) se tardaba 6.85 días, si se trabaja las 24 horas del día este tiempo se reduce a 2.28 días, para la ruta 2 (→) en 24 hrs de trabajo se podía realizar todo el proceso en 1.84 días, para ocho horas era de 5.53 días, si se trabaja con las dos MG al mismo tiempo esta es la ruta 3 (→), el tiempo que se tardaría es el de la ruta 1. El tiempo de la MAZ y los cilindros Carter era simultáneo. La ruta más eficiente en cuanto al pago de salarios y horas extras es la ruta 3 ya que se está trabajando de un solo con las dos MG, acondicionando rápidamente todo el lote de semilla que ha entrado. Al sacar 80 qq se requieren como mínimo 55 hrs, para tener una eficiencia del 90% se trabajaría ocho horas diarias requiriendo un total de siete personas en todo el proceso.

La capacidad instalada de la planta es de 131 ton/mes. En diciembre se acondicionaron 119.41 ton/mes, obteniendo así un 91 % de eficiencia.

La producción de los ocho lotes del estudio en total fue de 100.65 ton y de semilla rechazada 24.29 ton, teniendo un total de eficiencia del 76%.

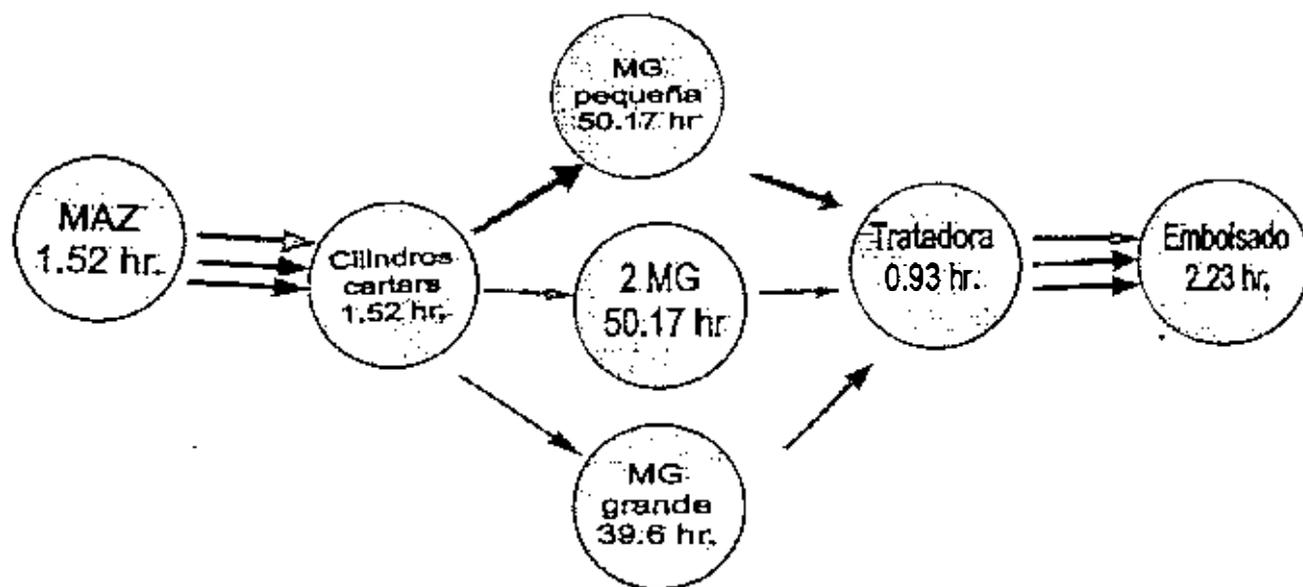


Figura 7. Rutas del proceso de acondicionamiento en la planta de semillas de Zamorano, Honduras, 1999.

4.9 ANALISIS DEL COSTO DE ACONDICIONAMIENTO DE LIMPIEZA HASTA EMBOLSADO

Este análisis consistió en calcular el costo por quintal también para 80 quintales. El valor monetario de los costos está expresado en lempiras (L.) y dólares (US\$) usando una tasa de cambio de L. 14.70 por US\$ 1.00. El análisis se muestra en el Cuadro 11.

El costo por acondicionar un quintal de semilla desde la limpieza hasta el embolsado es de Lps. 74.97, sin considerar los costos administrativos, depreciación del equipo ni otros costos indirectos que existen en la planta de acondicionamiento de semillas.

Cuadro 11. Análisis de costos desde limpieza hasta embolsado. Zamorano, Honduras, 1999.

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo/unidad	Costos totales			
				1 qq		80 qq	
				l	US\$	l	US\$
Costos variables							
Electricidad	Kw/hr	15.49	1.26	19.52	1561.60	1.30	104.00
Montacarga (Hyster)**	Hora	40 qq/tolva	400.00	10.00	800.00	0.67	\$3.60
Insumos							
Busan 30 A	Galón	0.0048	783.86	3.76	300.80	0.25	20.00
Bolsa de papel*	Unidad	2	4.77	9.54	763.20	0.64	51.20
Etiqueta	Unidad	2	8.25	16.50	1320.00	1.10	88.00
Hilo para sellar la bolsa	mt	3.26	0.07	0.25	20.00	0.02	1.60
Mano de obra							
Temporales (3 personas)	Hora	0.14	5.25	2.21	176.80	0.15	12.00
Costo fijo							
Mano de obra							
Permanentes (4 personas)	Hora	0.14	23.55	13.19	1055.04	0.88	70.40
Total							
				74.97	599.44	5.10	407.98

* Su dimensión es de 84*36 cm, con capacidad de 50 Lbs.

** Este montacarga es usado para trasladar las tolvas de un lugar a otro dentro de la planta de acondicionamiento. Se determinó que en una hora lleva 40 qq, y la hora tiene un valor de L.400.00, se dividió para sacar el valor por quintal.

5. CONCLUSIONES

1. La eficiencia de la máquina de aire y zarandas, cilindros de precisión Carter y en la mesa gravimétrica, depende de la calidad del lote de semilla de maíz que ingrese a la planta de acondicionamiento.
2. La eficiencia en el tratamiento determinada por el tipo de cucharas que existe en la tratadora, en el embolsado está determinada por la pericia de los trabajadores y el desperdicio que pudiese ocurrir en ese momento.
3. El bajo porcentaje de germinación observado, no se debió al daño mecánico en la semilla solamente, sino también a otros factores (bióticos y abióticos) no medidos en el estudio.
4. La producción de los ocho lotes del estudio en total fue de 100.65ton, correspondiendo 24.29ton de semilla rechazada, teniendo un total de eficiencia del 76%.

6. RECOMENDACIONES

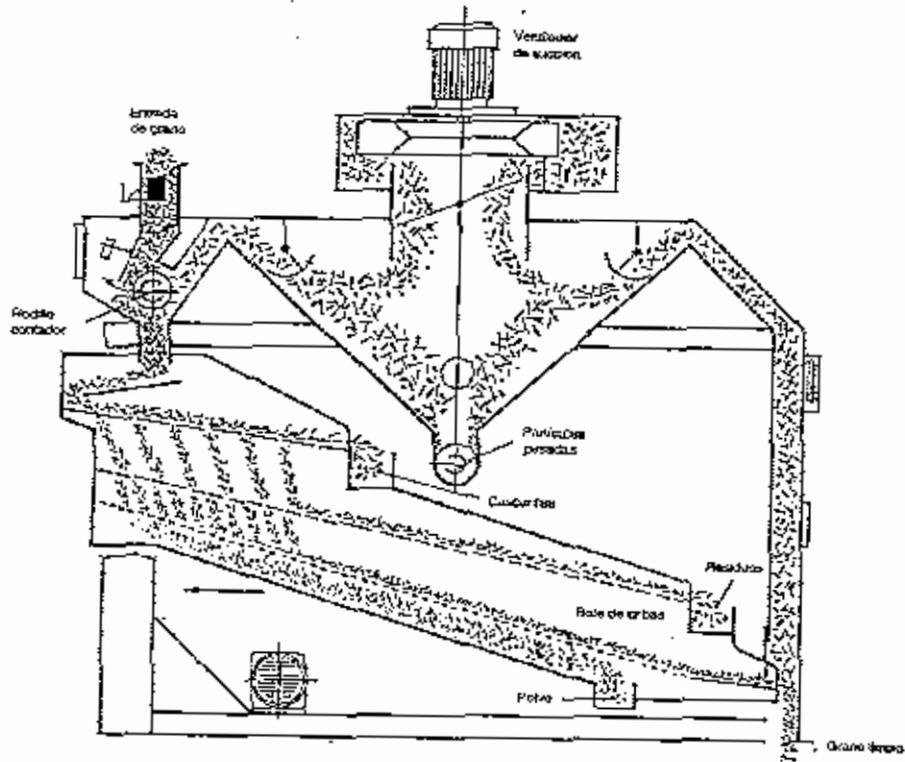
1. Continuar este estudio con semillas de frijol, arroz, sorgo, por tener diferencia en tamaños, formas y densidad.
2. Hacer uso de una MG con más capacidad que las actuales existentes, para que el proceso no sea tan lento al momento de separar la semilla por gravedad.
3. Se recomienda un estudio que determine con que densidad se obtienen los tamaños de semilla que necesite el mercado.
4. Se debe de supervisar cuidadosamente el funcionamiento y la calibración de todas las máquinas de acondicionamiento para evitar pérdidas por desperdicio y daño mecánico. Particularmente en la mesa gravimétrica pues es esta donde la semilla tarda más en pasar.
5. Se debe habilitar la báscula existente en la planta nueva, para pesar antes de que el lote ingrese a limpieza, determinando así la cantidad inicial de semilla, y sacar mejor una eficiencia. En este caso se realizaba, de acuerdo a la cantidad final de semilla que salía, sumándole los subproductos descartados. Esta báscula estaba habilitada en la planta antigua.
6. Para no tener mucho daño a la semilla se deben colocar protectores de hule donde exista mayor impacto de las semillas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, R. Y.; PESKE, S. 1988. Manual para el beneficio de semilla. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. p.18-33.
- CARDONA, D. 1999. El mercado de semilla mejorada de maíz, frijol y sorgo en Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano. Honduras. 41 p.
- DELOUCHE, J. 1969. (a) Procesamiento, manejo y empaque de semillas. En Memoria de Cursos sobre Tecnología de Semillas Realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p.422-431.
- DELOUCHE, J. 1969. (b) Tratamiento de semillas y el vendedor. En Memoria de Cursos sobre Tecnología de Semillas Realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p.432-445.
- FAO. 1982. Producción y Protección Vegetal. Semillas. Conferencia técnica en mejoramiento de la producción de semillas 2-6 Junio 1981. 569 p.
- FAO. 1984. Guía técnica sobre la tecnología de la semilla del maíz. Roma, Italia. 172 p.
- FAO. 1996. Mantenimiento y funcionamiento de silos. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma, Italia. 127 p.
- GUAMAN, F.I. 1994. Mejoramiento de la eficiencia y rendimiento de la mesa gravimétrica en clasificación de semillas de maíz y sorgo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano. Honduras. 80 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS Y PLANTAS DE VIVERO. 1966. Reglas internacionales para ensayos de semillas. Madrid, España. Ministerio de Agricultura. 175 p.
- JUGENHEIMER, R.W. 1990. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. del inglés por Rodolfo Piña García. 4 ed. México, D.F. Editorial Limusa. 334 p.
- MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY. 1969. Manual de procesamiento de semillas. Mississippi, Estados Unidos. 51 p.

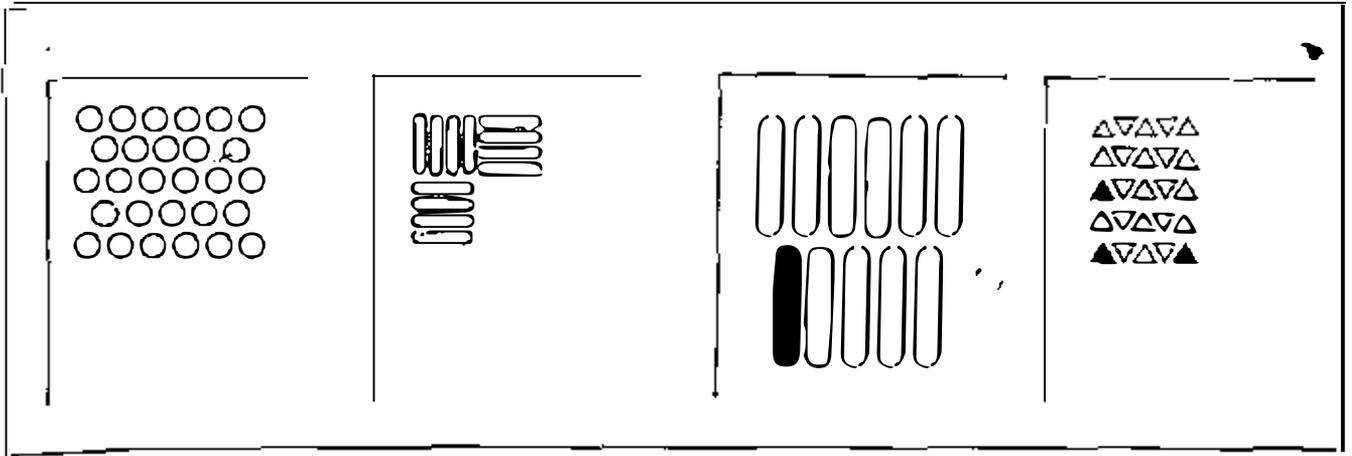
- MOREIRA, D.; RECONCO, R. 1997. Producción de cultivos de granos básicos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 110 p.
- OLIVER MFG. Co., INC. 1990. Gravity operating instructions manual. Oliver MFG. Co., INC., Rocky Ford, CO., USA. 6 p.
- VASQUEZ, E. s.f. Certificación de semillas. N° 2 A.M.A.F. 350 p.
- VAUGHAN, C.; GREGG, C.; DELOUCHE, J. 1970. Procesamiento Mecánico y Beneficio de Semillas. Trad. del inglés por Daniel Nicolás Guerrero. México, D.F., Mississippi State University, 285 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1962. Semillas. Trad. por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. México, D.F., Continental. p.556-608.
- ZUNIGA, E.M. 1991. Comparación de la calidad física y fisiológica de la semilla de maíz obtenida bajo tres sistemas de producción. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 57 p.
- ZUNIGA, E.M. 1995. Folleto de Módulo de Procesamiento de Semillas: Introducción a la Tecnología de Semillas y Granos. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 9 p.

Anexo 2. Máquina de Aire y Zarandas (MAZ).



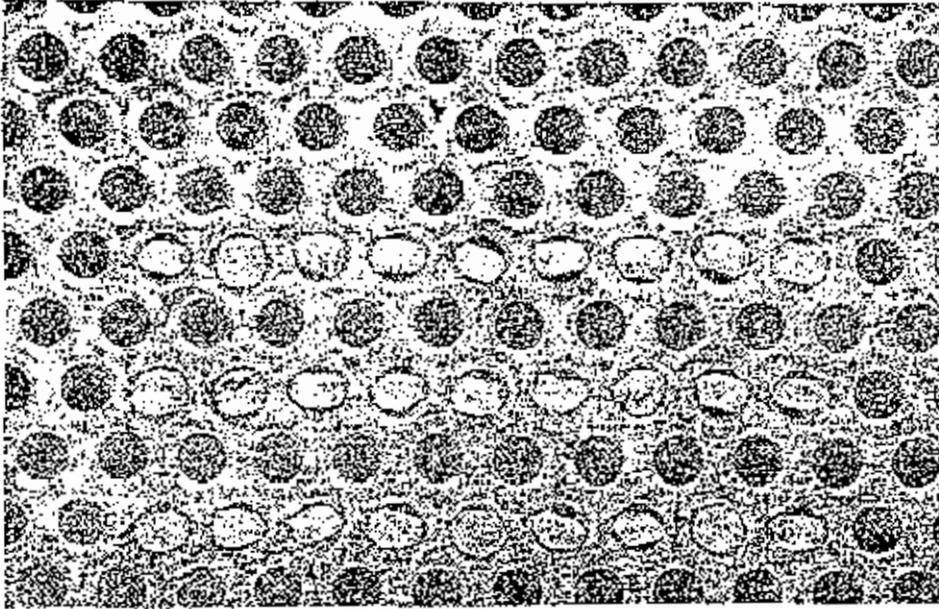
Fuente: Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Mantenimiento y Funcionamiento de silos.FAO. 1996.

Anexo 3. Tipos de perforaciones de zarandas de la MAZ.

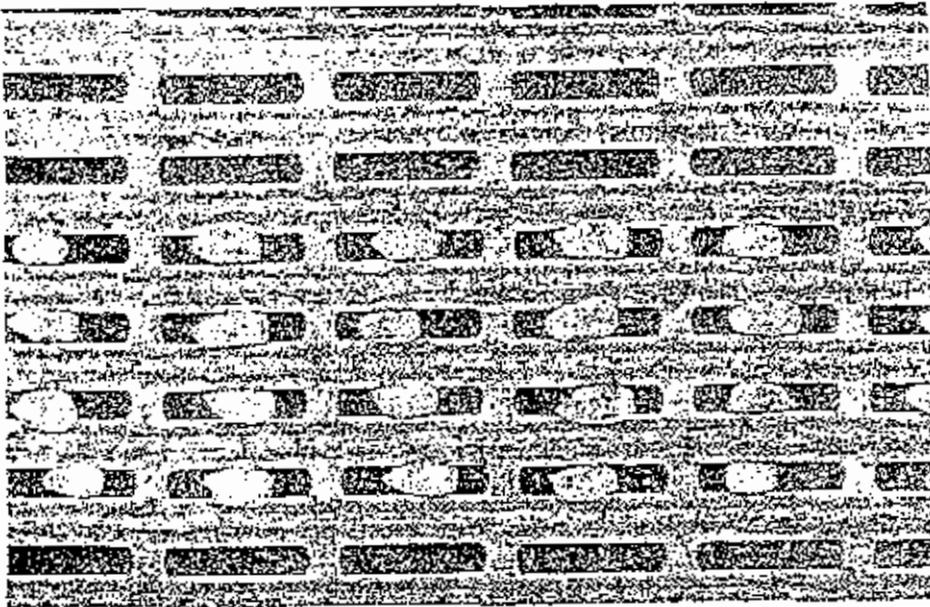


Fuente: Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Mantenimiento y Funcionamiento de Silos. FAO. 1996.

Anexo 4. Zarandas para calibrar anchura y espesor en los cilindros Carter.



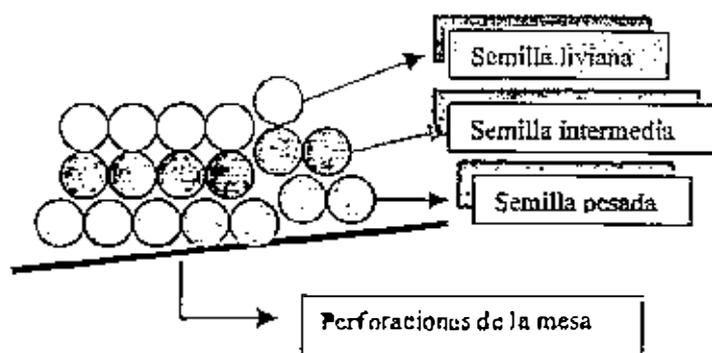
Semilla de maíz en una zaranda para calibrar anchura



Semilla de maíz en una zaranda para calibrar espesor

Fuente: Procesamiento mecánico y beneficio de semillas. Mississippi State University, Mississippi. 1970.

Anexo 5. Estratificación de la semilla por pesos en la mesa gravimétrica.



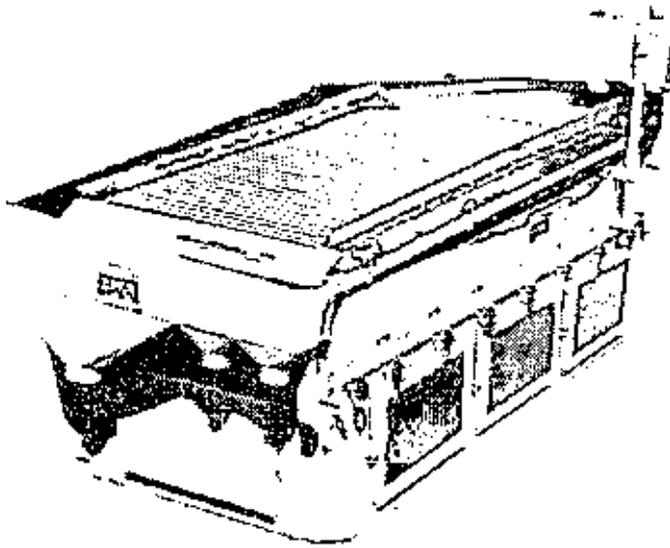
La mesa se mueve constantemente hacia los lados: ← →

Anexo 6. Descripción de los lotes de maíz (variedad Guayape) que ingresaron a la planta de acondicionamiento de Semillas de Zamorano en diciembre de 1999.

LOTES	DETALLE	% Germinación	% daño mecánico visible	% daño mecánico no visible
1	SN T1L1	93.12	0.17	12.5
2	SN T1L5	91.83	0.31	17.75
3	SN T1L2	92.25	0.25	12.87
4	SN T1L4	92.58	0.41	16.58
5	SN T1L3	89.83	0.65	13.41
6	SI T1L1	95.33	0.27	9.41
7	Zav T1L1	92.83	0.48	10.08
8	Zav T1L2	91.37	0.23	16.5

SN	San Nicolás
SI	Santa Inés
Zav	Zavala

Anexo 7. Modelo de la mesa gravimétrica Oliver N° 160 y 80, y sus especificaciones.



CARACTERISTICA	Oliver N° 160	Oliver N°80
Tamaño de la cubierta	42" X 90"	36" X 72"
Peso de transporte	1700 Lbs.	1435 Lbs
DIMENSIONES TOTALES		
Longitud	105"	87"
Ancho	55"	49"
Altura (variable)	54"	54"
Altura de la alimentación	65 ½"	65 ½"
HP (motor)	10	7 ½
DIMENSIONES DE LA CAJA		
Longitud	113" (287 cm)	93 ½" (237 cm)
Ancho	61" (155 cm)	53 ½" (136 cm)
VOLUMEN		
Pies cúbicos	224	161
Metros cúbicos	6.4	4.6
Peso neto	1300 Lbs (590 kg)	1110 Lbs (504 kg)
Peso bruto	2105 Lbs (955 Kg)	1560 Lbs (708 kg)

CAPACIDAD DE LA MAQUIN.

Tamaño de la partícula	Ejemplo de producto	Oliver N° 160 Libras por hora	Oliver N° 80 Libras por hora
¼" – 3/8"	Frijol, maíz, guisantes Cubierta de 10 mesh "A"	10,000 (100 qq/hr)	6,000 (600 qq/hr)

Fuente: Manual de la mesa gravimétrica Modelo 80 y 160, Oliver Manufacturing Company, Inc. Colorado, U.S.A., 1992.

Anexo 8. Modelo de etiqueta colocada en las bolsas de semilla emitida por la Secretaria de Agricultura y Ganaderia.



REPUBLICA DE HONDURAS
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA



CERTIFICACION DE SEMILLAS

P.R.

No. EAP-RACA-3-99 B

Semilla certificada de: MAIZ

Variedad: GUAYAPE

Producida por: E. A. P.

Registro No.: 1

Lugar: Cantarranas

Fecha cosecha: NOV.-99

Fecha Analisis: 17-12-9

Validez: SEIS MESES

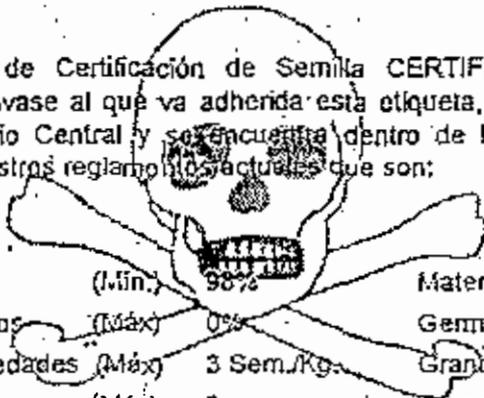
NOTA: Solicite al vendedor de esta semilla los resultados exactos de los analisis de laboratorio correspondiente a este lote y registrados en nuestra oficina. El Departamento de Certificación no se responsabiliza por acciones fuera de nuestro control ni alteraciones en el etiquetado.



SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

SEMILLA CERTIFICADA

El Departamento de Certificación de Semilla CERTIFICA: que la Semilla contenida en el envase al que va adherida esta etiqueta, ha sido analizada en nuestro Laboratorio Central y se encuentra dentro de los límites de calidad requeridos por nuestros reglamentos actuales que son:



Semilla pura	(Mín.)	98%	Materia Inerte (Máx.)	2%
Semilla otros cultivos	(Máx)	0%	Geminación	85%
Semillas otras variedades	(Máx)	3 Sem./Kg.	Grano picado	2%
Semillas de malezas	(Máx)	0	Humedad	14%

Anexo 9. Categorías de evaluación de la semilla de maíz al momento de hacer el análisis de germinación.

Plántulas normales	Plántulas anormales	Semillas muertas
a. Sistema radicular bien desarrollado	a. La que carecía de alguna de sus estructuras principales.	a. Semillas hinchadas.
b. Coleóptilo intacto y bien desarrollado	b. Cuando alguna de sus estructuras estaba tan dañada o atrofiada que no podría dar origen a una planta normal.	b. Semillas infectadas por hongo
c. Plúmula intacta y desarrollada a la mitad del coleóptilo.		c. Semillas descoloridas

Fuente: Reglas internacionales para ensayos de semillas. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Ministerio de Agricultura, Madrid, España, 1966.

Anexo 10. Análisis de varianza para la máquina de Aire y Zarandas (MAZ).

Fuente	DF	SC	CM	Valor F	Pr > F
Modelo	43	42547.36	989.47	134.94	0.0001
Error	28	205.32	7.33		
Total	71	42752.69			
	R ²	CV	MSE	Media Eficiencia	
	0.99	15.45	2.70	17.52	
Fuente	DF	Típ. SS	CM	Valor F	Pr > F
Lote	7	153.03	21.86	2.98	0.0181
Salida	2	41905.73	20952.86	2857.37	0.0001
Lote*Salida	14	324.30	23.16	3.16	0.0046

Anexo 11. Análisis de varianza para la mesa gravimétrica pequeña

Fuente	DF	SC	CM	Valor F	Pr > F
Modelo	42	144.45	3.44	4.14	0.0005
Error	21	17.46	0.83		
Total	63	161.91			
	R ²	CV	MSE	Media eficiencia	
	0.89	22.72	0.91	4.01	
Fuente	DF	Tipo III SS	CM	Valor F	Pr > F
Salida	1	92.16	92.16	110.85	0.0001

Anexo 12. Análisis de varianza para la mesa gravimétrica grande

Fuente	DF	SC	CM	Valor F	Pr > F
Modelo	42	1439.91	34.28	16.64	0.0001
Error	21	43.26	2.06		
Total	63	1483.17			
	R ²	CV	MSE	Media eficiencia	
	0.97	19.09	1.43	7.52	
Fuente	DF	Tipo III SS	CM	Valor F	Pr > F
Lote	7	32.28	4.61	2.24	0.0723
Salida	1	1285.22	1285.22	623.79	0.0001
Repetición	3	37.64	12.55	6.09	0.0038

Anexo 13. Análisis de varianzas para los porcentajes de daño mecánico visible y no visible

Fuente	DF	SC	CM	Valor F	Pr > F
Modelo	50	10.84	0.22	11.03	0.0001
Error	33	0.65	0.02		
Total	83	11.49			
	R ²	CV	MSE	Media DMV	
	0.94	38.14	0.14	0.37	
Fuente	DF	Tipo III SS	CM	Valor F	Pr > F
Lote	7	1.15	0.16	8.41	0.0001
Acond	2	4.15	2.07	105.82	0.0001
Lote*acond	11	4.18	0.38	19.36	0.0001

Fuente	DF	SC	CM	Valor F	Pr > F
Modelo	50	8826.14	176.52	6.32	0.0001
Error	33	922.42	27.95		
Total	83	9748.57			
	R ²	CV	MSE	Media DMNV	
	0.90	38.95	5.28	13.57	
Fuente	DF	Tipo III SS	CM	Valor F	Pr > F
Lote	7	815.18	116.45	4.17	0.0022
Acond	2	5481.67	2740.84	98.05	0.0001
Lote*acond	11	1272.62	115.69	4.14	0.0007