

**Evaluación del manejo postproducción de
granos en la Compañía Avícola de
Centroamérica (CADECA, S. de R.L.)**

Juan Angel Dubón Guerra

ZAMORANO
Departamento de Agronomía
Diciembre, 1999

Evaluación del manejo postproducción de granos en la Compañía Avícola de Centroamérica (CADECA, S. de R.L.)

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

Presentado por

Juan Angel Dubón Guerra

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

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.

Juan Angel Dubón Guerra.

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

**Evaluación del Manejo Postproducción de Granos en la Compañía
Avícola de Centro América (CADECA, S. de R. L.)**

Presentado Por:

Juan Angel Dubón Guerra

Aprobada:

Raúl Espinal, PhD
Asesor principal

Juan C. Rosas, PhD
Jefe de Departamento

Pablo Paz, PhD
Asesor

Antonio Flores, PhD
Decano Académico

Jorge Ulloa, MsC.
Asesor

Keith Andrews, PhD
Director

Ana M. Andrews, PhD
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Edna Anabella Guerra y Juan Angel Dubón A. que sembraron y cuidaron de esta semilla que comienza a dar frutos

A mis hermanos, Ana Georgina y Francisco Javier

A Honduras

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mi maestro, Raúl Espinal, PhD. por la confianza depositada en mi persona para la realización de este trabajo y por todos sus consejos y enseñanzas durante mi estadía en Zamorano.

Al Ingeniero Jorge Ulloa, por los conocimientos que me ha transmitido y el apoyo brindado para la realización de este proyecto.

A Oscar Oberholzer ('86), de quien he aprendido mucho en el campo personal y profesional.

A Efraín Banegas, por su colaboración en el trabajo de campo de este estudio.

A mis amigos por todo el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco a la Compañía Avícola de Centroamérica (CADECA, S. de R.L.), por el financiamiento brindado para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica

Agradezco al estado de Honduras que mediante la Secretaría de Agricultura y Ganadería, financió en parte mi carrera en Zamorano.

Agradezco a la Fundación W.K. Kellogg por contribuir financieramente en la realización de mis estudios en el Programa Agrónomo.

RESUMEN

Dubón, Juan Angel 1999. Evaluación del manejo postproducción de granos en la Compañía Avícola de Centroamérica (CADECA, S de R.L). Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo. El Zamorano, Honduras.

La Compañía Avícola de Centroamérica dedica parte de sus esfuerzos a la producción y almacenamiento de materia prima para la elaboración de sus alimentos balanceados. En el presente estudio se evaluó el rendimiento potencial y pérdidas al momento de la cosecha en dos fincas de producción de sorgo rojo. Los resultados indicaron rendimientos potenciales de 110 qq/ha. Las pérdidas calculadas figuraban entre un 10-15% del rendimiento potencial. Se realizó además una evaluación del manejo postcosecha de maíz y sorgo en las de plantas de producción de alimentos balanceados, ubicadas en San Pedro Sula y Tegucigalpa, para determinar las causas principales de pérdidas durante el almacenamiento. Los daños totales para maíz alcanzaron un 14% presentando un incremento a medida transcurre el tiempo de almacenamiento; el efecto de los hongos y el calentamiento son las principales causas de deterioro del grano de maíz almacenado. El daño por insectos en el grano de maíz almacenado en Tegucigalpa fue de 1.80% y de 0.54% en el de San Pedro Sula. En la evaluación de sorgo se encontró que los daños totales son iguales para los dos sitios de almacenamiento, y que el incremento de estos a medida transcurre el tiempo no fue significativo, encontrándose también, que los principales factores causales de daños son hongos y calentamiento. Se realizó además una evaluación de pérdida de peso para el maíz almacenado en Tegucigalpa y San Pedro Sula causada por daños al grano, en la que se encontró una merma de peso de 3.87% y de 1.65%, respectivamente. Esto representa una pérdida monetaria de US\$ 326.24 por cada 1,000 qq de maíz almacenado en Tegucigalpa durante seis meses y de US\$ 139.09 para el maíz almacenado en San Pedro Sula. Al extrapolar las pérdidas de campo al momento de la cosecha, se obtuvo una pérdida económica promedio de US\$ 142.12/ha de sorgo rojo cosechado.

Palabras claves: Rendimiento potencial, hongos, insectos, calentamiento.

Nota de Prensa

¿ QUE TAN IMPORTANTES SON ECONOMICAMENTE LAS PERDIDAS POSTPRODUCCION DE GRANOS EN LA COMPAÑÍA AVICOLA DE CENTROAMERICA, CADECA S. de R.L.?

Una forma de incrementar las utilidades en una empresa es mediante la reducción de las pérdidas económicas. En este caso, las pérdidas económicas son debido a pérdidas de la materia prima utilizada (maíz y sorgo), tanto en las labores de cosecha como durante el almacenamiento de la misma.

Pérdidas promedio de 14.9 qq/ha de sorgo rojo, encontradas en las fincas de producción La Lama y Pavón en los departamentos de Cortes y Yoro, respectivamente, durante el ciclo de primera de 1999, representan desde el punto de vista económico una pérdida de US\$ 145.12/ha cultivada, lo cual es un valor muy alto considerando el nivel de tecnología utilizado al momento de la cosecha.

En la evaluación de daños de sorgo y maíz almacenado en Tegucigalpa y San Pedro Sula se encontraron valores superiores al 10%, lo que ubica a todo el grano almacenado en la clasificación “Según Muestra” (S/M). Los principales factores causantes de estos daños son el calentamiento del grano, daño por hongos, insectos y germen café.

Estos daños causaron una disminución de peso en el grano de maíz almacenado en Tegucigalpa de 3.87% y de 1.65% en San Pedro Sula. Económicamente hablando, por cada 1,000 qq de maíz almacenado por un período de seis meses, estos daños causan una pérdida de US\$ 139.09 en San Pedro Sula y de US\$ 326.24 en Tegucigalpa.

CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimiento a patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Nota de prensa.....	ix
Contenido.....	x
Indice de Cuadros.....	xiii
Indice de Figuras.....	xv
Indice de Anexos.....	xvi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 COSECHA	3
2.2 RECEPCION DE GRANOS	4
2.3 AIREACION Y SECADO	4
2.4 METODOS DE SECADO	5
2.4.1 Secado en capas.....	5
2.4.2 Secadores portátiles por tandas	5
2.4.3 Secadores de flujo continuo.....	5
2.5 DESCARGA.....	6
2.6 LIMPIEZA	6
2.7 ALMACENAMIENTO	7
2.8 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LOS GRANOS ALMACENADOS	8
2.8.1 Factores físicos	8
2.8.2 Factores biológicos.....	9
2.9 CAMBIOS FISICOS Y QUIMICOS DURANTE EL DETERIORO	11
2.9.1 Materia seca.....	11
2.9.2 Alteración de carbohidratos.....	11
2.9.3 Compuestos nitrogenados.....	11
2.9.4 Lípidos.....	12
2.10 MERMAS Y PERDIDAS EN EL ACOPIO DE GRANOS	12
2.10.1 Pérdidas por respiración de los granos	12
2.10.2 Pérdidas por secados inadecuados.....	13
2.10.3 Pérdidas por errores de medición de humedad.....	13
2.10.4 Pérdidas por movimiento de granos	13
2.10.5 Pérdidas por limpieza de granos.....	14
2.11 CONTROL DE CALIDAD DE LOS GRANOS.....	15

2.11.1 Densidad del grano	16
2.11.2 Impurezas	16
2.11.3 Contenido de humedad	16
2.12 MUESTREO.....	16
2.12.1 Muestra global	17
2.12.2 Muestra parcial	17
2.12.3 Muestra reducida	17
2.12.4 Muestra representativa.....	17
2.12.5 Muestra para análisis	17
2.12.6 Porción analítica	17
2.13 CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS	17
2.13.1 Insecticidas líquidos o en polvo	18
2.13.2 Fumigantes	19
2.14 CONTROL DE HONGOS	20
2.15 CONTROL DE ROEDORES.....	20
3. MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADOS.....	21
3.1.1 Materiales y equipo utilizados en el campo.....	21
3.1.2 Materiales y equipo utilizados en el laboratorio.....	21
3.2 EVALUACION DE PERDIDAS EN EL CAMPO.....	22
3.2.1 Evaluación de rendimiento potencial del cultivo	22
3.2.2 Metodología para la evaluación de pérdidas de pre-cosecha	22
3.2.3 Metodología para evaluación de pérdidas post-cosecha.....	23
3.3 EVALUACION DE PERDIDAS EN ALMACENAMIENTO	23
3.3.1 Toma de muestras en vehículos a granel.....	23
3.3.2 Muestreo de silos.....	23
3.3.3 Manipuleo y manejo de la muestra.....	24
3.4 ANALISIS DE CALIDAD.....	24
3.4.1 Análisis organoléptico	24
3.4.2 Análisis fitosanitario.....	24
3.4.3 Homogenización de la muestra.....	25
3.4.4 Pesaje de las muestras	25
3.4.5 Análisis físicos.....	25
3.4.6 Determinación de la densidad.....	26
3.4.7 Determinación de impurezas	26
3.4.8 Determinación del contenido de humedad.	26
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 PÉRDIDAS DE CAMPO	28
4.2 PÉRDIDAS EN EL ALMACENAMIENTO	29
4.2.1 Pérdidas en almacenamiento para maíz.....	29
4.2.2 Pérdidas en almacenamiento para sorgo.....	32
4.3 CLASIFICACIÓN DE DAÑOS PARA SORGO.....	35
4.4 CLASIFICACIÓN DE DAÑOS PARA MAÍZ.....	37
4.5 PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE PESO	39

4.6 RESUMEN DE PÉRDIDAS	40
4.7 PÉRDIDAS MONETARIAS.....	41
5. CONCLUSIONES.....	43
6. RECOMENDACIONES	44
8. BIBLIOGRAFIA	45
9. ANEXOS	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimiento potencial, pérdidas por acame, pérdidas por derrame y rendimiento esperado, evaluados en los campos de producción de sorgo rojo de la empresa CADECA en las fincas La Lama y Pavón, Cortes, Honduras. -----	28
Cuadro 2. Porcentaje de pérdidas por acame, pérdidas por derrame y pérdidas totales, con respecto al rendimiento potencial evaluado, en los campos de producción de sorgo rojo de CADECA, en las fincas de La Lama y Pavón. -----	29
Cuadro 3. Eficiencia de la maquina cosechadora, en la cosecha de sorgo de los proyectos de producción de CADECA en las fincas La Lama y Pavón, para el ciclo de primera de 1999. -----	29
Cuadro 4. Daño total (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y el sexto mes de almacenamiento, en 1999.-----	30
Cuadro 5. Daño por insectos (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999.-----	31
Cuadro 6. Daño por hongos (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999. -----	31
Cuadro 7. Daño por calentamiento (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999. -----	32
Cuadro 8. Daño total (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.-----	32

- Cuadro 9. Daño por insectos (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.----- 33
- Cuadro 10. Daño por hongos (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.-----34
- Cuadro 11. Daño por calentamiento (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.----- 34
- Cuadro 12. Pérdida de peso, para grano de maíz en San Pedro Sula y Tegucigalpa, durante seis meses de almacenamiento.-----39
- Cuadro 13. Pérdidas monetarias/ha (US\$), durante la cosecha de sorgo rojo en las fincas La Lama y Pavón, en el ciclo de primera, 1999.-----41
- Cuadro 14. Pérdidas monetarias (US\$) por cada 1,000 qq de maíz almacenado en las plantas receptoras de grano de San Pedro Sula y Tegucigalpa durante seis meses promedio de almacenamiento.-----42

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Clasificación de daño por insectos, hongo, calor y otros en grano de sorgo en San Pedro Sula al momento del recibo, a un mes y a seis meses de almacenamiento.-----35
- Figura 2. Clasificación de daño por insecto, hongo, calor y otros en grano de sorgo rojo en Tegucigalpa al momento del recibo, a un mes y a seis meses de almacenamiento.----- 36
- Figura 3. Clasificación de daños por insecto, hongo, germen café, calor y otros en grano de maíz amarillo en San Pedro Sula, a un mes y seis meses de almacenamiento.----- 37
- Figura 4. Clasificación de daños por insecto, hongo, germen café, calor y otros en grano de maíz en Tegucigalpa, a un mes y seis meses de almacenamiento. ----- 38

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Operaciones básicas para el manejo de granos en una planta de almacenamiento comercial.-----	48
Anexo 2. Diagrama de flujo de las operaciones comúnmente aplicadas para la limpieza de granos en una planta de almacenamiento comercial.-----	49
Anexo 3. Proceso progresivo de deterioro de granos en almacenamiento-----	50
Anexo 4. Metodología para la evaluación de pérdidas precosecha.-----	51
Anexo 5. Metodología para la evaluación de pérdidas postcosecha.-----	52
Anexo 6. Esquema de la metodología para análisis de calidad en maíz-----	53
Anexo 7. Esquema de la metodología para el análisis de calidad en sorgo.-----	54

1. INTRODUCCION

Las pérdidas en producción, transporte, almacenamiento y procesamiento de granos, son de suma importancia en la economía de una empresa dedicada a este rubro; por lo que la identificación y corrección de los factores críticos de pérdidas durante todo este proceso debe de realizarse muy cuidadosamente.

En 1987, Schneider documentó que en Honduras existían pérdidas postcosecha de 6.5-8.7 % en el campo y de 7.4-13.9 % en el almacenamiento. Estas pérdidas son muy significativas y producen un grave daño a la economía nacional en general, y particularmente a una empresa que dedica gran parte de su capital a esta actividad.

La Compañía Avícola de Centroamérica (CADECA, S. de R.L.), es una empresa dedicada a la producción y comercialización de carne de pollo y sus derivados, siendo una de las empresas líderes en este rubro a nivel nacional. CADECA ha creado una estructura vertical en su funcionamiento como empresa; por una parte se maneja la producción de granos básicos que le sirven de materia prima para la elaboración de sus alimentos balanceados, y por otra, se encarga de la distribución o venta de sus propios productos.

Los proyectos de granos básicos se encuentran dispersos en una amplia área del territorio nacional, con el propósito de facilitar el transporte a las plantas de producción de alimentos balanceados, localizadas en San Pedro Sula y Tegucigalpa.

El maíz y sorgo son granos que forman parte fundamental en la dieta de la población latinoamericana, y su uso en la agroindustria alimentaria es sumamente importante a nivel mundial. En Honduras se puede observar dos picos de producción anual de granos, que dependen básicamente de la distribución de lluvias. El problema radica en que su uso como alimento humano o para la fabricación de piensos para animales, es relativamente constante durante todo el año; por lo existe la necesidad de almacenar grano para su posterior uso.

Actualmente, la producción de granos básicos en Honduras se caracteriza por una baja productividad y rentabilidad. Los rendimientos de maíz oscilan entre 25-40 qq por hectárea y los de sorgo entre 15-40 qq por hectárea. En ambos casos existe una relación directa entre el tamaño de la explotación y el rendimiento obtenido; esto se debe principalmente a que los productores comerciales poseen el capital necesario para hacer uso de prácticas (semilla mejorada, fertilización, riego y control de plagas, entre otras) que incrementan considerablemente los rendimientos (Nuñez, 1995).

Además de la baja productividad, el otro factor que reduce grandemente la disponibilidad de grano para el abastecimiento nacional es la pérdida postcosecha. Según datos de la FAO (1993), en América Latina esta pérdida varía entre 20 - 50% debido principalmente a que el clima favorece el crecimiento de plagas de almacén y dificulta el control del contenido de humedad del grano.

En el presente estudio se evaluaron las pérdidas de cosecha y postcosecha del maíz y sorgo, fuente principal de materia prima para la producción de alimentos balanceados de CADECA.

Objetivo general

- ◆ Evaluación del manejo postproducción de granos en la Compañía Avícola de Centroamérica.

Objetivos específicos

- ◆ Determinar las principales causas de pérdidas de grano al momento de la cosecha, en los campos de producción de sorgo rojo de CADECA.
- ◆ Evaluar e identificar los principales daños que ocurren en el grano almacenado en las plantas de almacenamiento de CADECA.
- ◆ Determinar la causa de los daños en el almacenamiento y recomendar soluciones que reduzcan la magnitud del problema.
- ◆ Evaluar y comparar la deterioración del grano en las plantas de almacenamiento de San Pedro Sula y Tegucigalpa, a medida transcurre el tiempo de almacenado.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 COSECHA

En cualquier tipo de cultivo y a medida que este madura hay un momento óptimo de cosecha donde se logra la máxima eficiencia. En el caso de maíz, para evitar grandes pérdidas es aconsejable cosechar cuando el grano tiene entre el 20-24% de humedad y 18-20 % en sorgo. El maíz llega a la madurez fisiológica cuando el grano tiene aproximadamente 35% de humedad. A partir de este punto, el grano se seca a un ritmo aproximado de 3-4% por día hasta llegar al 25% de humedad. Hasta aquí el cultivo no es afectado por el clima. Por debajo de este nivel de humedad las condiciones climáticas juegan un rol fundamental en el secado natural en la planta; a tal punto que si las condiciones son favorables (baja humedad relativa), el maíz se seca a un ritmo promedio de aproximadamente 0.5% por día. En cambio, si la humedad relativa es alta puede tomar más de un mes para llegar al 16% de humedad del grano. En ese período las pérdidas pueden ser muy significativas, en cantidad y calidad del grano. Además, es importante mencionar que si la cosecha se realiza con el 22-24% de humedad, el secado debe efectuarse durante las próximas 24 horas. Luego de este período comienza un proceso acelerado de descomposición, cuyos efectos son irreversibles y se acentúan con temperaturas ambiente elevadas (25-30° C) (Casini, 1992).

Según Bragachini (1992), los dos factores más importantes causantes de pérdidas en el campo son las pérdidas por causas naturales que ascienden a un 3.12%, las cuales se deben principalmente al retraso en el momento de la cosecha. Cuando la cosecha se realiza con un porcentaje de humedad mayor al recomendado (22%), se produce pérdidas por aplastamiento de granos, y cuando la humedad es menor la mayor parte de pérdidas es por desgrane en la máquina cosechadora. El otro factor es las pérdidas debidas a factores relacionados con la máquina cosechadora, que alcanzan valores de 8.28% ya que en muchas ocasiones no se encuentra bien calibrada o esta operando a una velocidad muy alta, que trae como consecuencia derrame de grano en el campo. Además, cuando el operario de la cosechadora trabaja en un lote enmalezado, trata de evitar obstrucciones por exceso de flujo de material vegetal con el objetivo de disminuir el riesgo de roturas en el cabezal y el cilindro. Para ello, aumenta la separación entre el cilindro y el cóncavo lo que trae como consecuencia un mayor desgrane en el cabezal, porque los rollos entran en contacto directo con las espigas y un aumento en las pérdidas de cola por una ineficiente trilla del cilindro y separación del sacapajas. Una vez realizada la cosecha, se procede al traslado del grano al sitio de secado y almacenamiento, donde se llevan a cabo una serie de actividades las cuales se describen a continuación y se presentan de una manera resumida en el anexo 1.

2.2 RECEPCION DE GRANOS

Antes o durante la admisión en los depósitos centrales, los granos deben ser objeto de varias observaciones y mediciones; entre ellas la determinación de humedad, la evaluación del grado de infestación por insectos, el recuento de los sacos, la clasificación y determinación de daños y el pesado.

El local de almacenamiento debe estar acondicionado para dicho propósito, mediante la reparación, limpieza y desinfección del lugar. Además, se deben tener bien definidas las normas de recepción de grano y de acuerdo a ello determinar su rechazo o aceptación. Una vez recibido el grano, se procede a su acondicionamiento que consiste en eliminar impurezas, o en su defecto recibirlo con un máximo de 1.5 % de impurezas como lo especifican las normas. Si el grano recibido tiene una humedad mayor al 14% se procede al secado, luego se procede a su almacenamiento donde el manejo debe ser adecuado a través de las observaciones de temperaturas, humedad, y plagas (Sauer, 1992).

Según Hall (1971), cada tipo de grano debe satisfacer ciertas normas mínimas de calidad antes de ser admitido. Además, el precio que se pague por el dependerá de la calidad del lote, por lo que cada carga tendrá que ser objeto de muestreo y clasificación, operaciones que se deben llevar a cabo cuidadosamente y siguiendo los métodos estipulados por las disposiciones oficiales.

2.3 AIREACION Y SECADO

La recolección del maíz puede realizarse mecánica o manualmente. El contenido de humedad al momento de la cosecha fluctúa entre 18 - 24 %. Los daños ocasionados al grano (normalmente durante la operación de trilla) guardan relación con el contenido de humedad en el momento de la recogida; cuanto menor sea la humedad, menor será el deterioro (FAO, 1993).

El propósito principal del secado es reducir la humedad del grano de tal manera que se conserve dentro de los límites recomendados. La velocidad del aire y la temperatura dentro de los secadores varían con el volumen del grano por secar, la humedad inicial y la final deseada, el grado de rotación o movimiento del granel y finalmente con la velocidad deseada de deshidratación. El aire se inyecta a aproximadamente 1m³ por tonelada y se calienta eléctricamente o con otros combustibles. Existen programas de secado rápido y lento, la selección del más apropiado dependerá de la capacidad del almacén, del uso final del grano y de la velocidad deseada de secado. El grano debe tratarse a bajas temperaturas para evitar fisuras en el endospermo y daños en el germen. Los granos destinados al consumo animal pueden ser secados más rápidamente y con una mayor temperatura, generalmente hasta 60°C. Para un secado lento, se recomienda que la temperatura del aire inyectado sea aproximadamente de 12° C por encima de la temperatura ambiental promedio o como máxima de 44° C (Othón, 1996).

La cosecha mecánica y el proceso de desgrane dan lugar en ocasiones a daños externos, como la ruptura del pericarpio y de partes en torno al germen, lo cual facilita el ataque de insectos y hongos. El secado, en cambio, no ocasiona daños físicos marcados, pero si es demasiado rápido y se efectúa a temperaturas elevadas, puede hacer que se formen quebraduras por la tensión, así como ampollas y descoloramiento que tendrán repercusiones en la eficiencia de la molienda en seco y en otros procesos (FAO, 1993).

2.4 METODOS DE SECADO

2.4.1 Secado en capas

Este método consiste en colocar el grano recolectado en un recipiente, una capa tras otra. Cada capa de grano se seca parcialmente antes de colocar la siguiente. El grano se seca introduciendo aire a través de un fondo perforado o por un conducto situado en el fondo del recipiente. Para aumentar la eficacia, se agita y mezcla con la nueva capa el grano ya parcialmente seco. Uno de los problemas de este método de secado es el de encontrar la forma de mezclar granos de poca humedad con granos de mucha humedad para conseguir que el producto final tenga el equilibrio deseado. Este equilibrio se alcanza en una proporción de más de 80% al cabo de 24 horas (FAO, 1993).

2.4.2 Secadores portátiles por tandas

Los secadores portátiles por tandas son útiles porque pueden llevarse de una finca a otra, funcionan mediante aire calentado a temperaturas de 60 a 82° C. Generalmente se utilizan para secar bajos volúmenes de grano (FAO, 1993).

2.4.3 Secadores de flujo continuo

El principio del funcionamiento de estos secadores consiste en hacer pasar un flujo continuo de granos por secciones calentadas y no calentadas, gracias a lo cual se obtienen granos secos y a baja temperatura. Son el elemento central de los silos de grano (FAO, 1993).

La estabilidad del grano almacenado depende de la humedad relativa de los gases intersticiales, que obedece tanto al contenido de humedad del grano como a la temperatura. Un contenido de humedad bajo y bajas temperaturas de almacenamiento disminuyen las posibilidades de deterioro y propagación de microbios (FAO, 1993).

La aireación tiene como objetivo preservar la calidad de grano mediante el mantenimiento de una temperatura uniforme a través de todo el grano, y sobre todo para prevenir la migración de humedad que causa focos de calentamiento. Los sistemas de aireación consisten en ductos subterráneos en forma de X, Y o lineal paralelo alimentados con abanicos localizados en el exterior de la bodega. El aire que fluye aproximadamente a 1m³ por tonelada de grano, sale a través del piso perforado y rompe la microatmósfera que rodea al grano y evita la condensación de humedad y la generación de focos calientes. Para hacer más eficiente el proceso, el grano sujeto a aireación y ventilación es rotado o movido.

Muchas bodegas cuentan con gusanos helicoidales que mueven el grano dentro del mismo almacén. El objetivo primordial del movimiento del grano es evitar focos de calentamiento y uniformizar el cereal almacenado (Othón, 1996).

2.5 DESCARGA

Una vez que el grano pasa la inspección del control de calidad, se descarga y se deposita dentro del almacén. Los cereales procedentes del campo en camiones de carga o barcos se reciben, descargan y conducen a los silos o bodegas para almacenarlos. El lote previamente identificado se descarga por gravedad en tolvas con sistemas de conducción con gusanos helicoidales o con bandas de conducción. Los barcos generalmente se descargan con bazucas, que mueven el grano a una alta velocidad o presión. Los almacenes de baja capacidad se cargan y descargan con gusanos helicoidales inclinados, montados en un sistema móvil (Othón, 1996). En Honduras esta actividad se realiza mediante un sistema de almejas.

Los cereales con un contenido de humedad mayor a 14% son castigados en su precio, ya que requieren un manejo adicional, en el que son parcialmente deshidratados con sistemas de secado artificial de aireación y/o ventilación con aire caliente. La temperatura del aire no deberá exceder de 40-45° C, ya que un exceso de la misma incrementará las fisuras en el grano. Esto es especialmente importante en el arroz y maíz de semillas duras, ya que se descascaran y/o muelen antes de ser procesados en alimentos (Othón, 1996).

2.6 LIMPIEZA

La limpieza incluye una gran variedad de operaciones, que se refieren a la separación de las semillas de malezas y otras impurezas del grano. Los granos que se destinan a mercados para la alimentación animal generalmente se almacenan sin someterse a procesos de limpieza. Sin embargo, este proceso es casi obligatorio cuando el grano se destina para la alimentación humana. La limpieza del grano incrementa su categoría pues uniformiza su calidad, decreciendo sustancialmente la tasa de deterioro y cantidad de micotoxinas, material extraño, piedras, cuerpos metálicos y semillas o granos extraños. El grano limpio y libre de todos estos contaminantes tendrá un mayor valor económico y sobre todo rendirá y producirá mejores productos intermedios y terminados. Además, el grano libre de piedras e impurezas metálicas no dañará el equipo de las plantas procesadoras de alimentos y harinas. La limpieza se practica con sistemas de aspiración, mesas cribadoras simples y mesas cribadoras de gravedad. Los sistemas de aspiración pueden ser individuales o integrados a las mesas cribadoras. Su objetivo es remover material vegetativo, glumas, granos vanos y otros contaminantes que son más ligeros que la semilla, mediante un procedimiento que permite al material menos denso ser removido por medio de un flujo de aire forzado. Los equipos de limpieza así como las bandas de conducción de grano contienen imanes para atrapar todo material metálico. En el anexo 2 se muestra el diagrama de flujo de operaciones comunmente aplicadas para la limpieza de granos (Othón, 1996).

2.7 ALMACENAMIENTO

La estructura de la instalación que conviene elegir para el almacenamiento varía según la región, las cantidades de productos que hayan de conservarse, las variedades de cereales, los métodos de manipulación (grano ensacado o a granel), limpieza, desecación y clasificación, los tratamientos, la fuente de energía, los materiales de construcción disponibles, la duración del almacenamiento y los recursos monetarios (FAO, 1993).

Según Hall (1971), el almacenamiento a granel se recomienda cuando son pocos los productos diferentes que se tienen en almacén al mismo tiempo, si existe suministro de energía para la mecanización, si las carreteras son accesibles todo el tiempo, si se dispone de materiales de construcción y si se conserva durante todo el año alguna que otra clase de grano. El edificio debe estar acondicionado de modo que sea posible la lucha contra los insectos y los roedores. Además, tiene que hallarse protegido contra el calor, el viento, la lluvia y demás fenómenos meteorológicos.

La conservación eficaz de los granos se basa esencialmente en las condiciones ecológicas prevalecientes durante el almacenamiento, en las características físicas, químicas y biológicas del grano, en la duración del almacenamiento y por último, en el tipo y características funcionales del local de almacenamiento. Los factores de importancia que influyen al respecto son de dos clases; en primer lugar, los de **origen biótico**, que comprenden todos los elementos vivos que -encontrándose en condiciones favorables para su desarrollo- utilizarán el grano como fuente de nutrición y con ello ocasionarán su deterioro. Se trata fundamentalmente de insectos, microorganismos, roedores y aves. En segundo lugar están los factores **no bióticos**, que comprenden la humedad relativa, la temperatura y el tiempo transcurrido. Las características físicas y bioquímicas del grano influyen en los efectos de dichos factores bióticos y no bióticos. La baja conductividad térmica del grano, su capacidad de absorción de agua, su estructura, su composición química, su ritmo de respiración y calentamiento, la textura y la consistencia del pericarpio, el método y las condiciones de secado influyen en los cambios que tienen lugar en el almacenamiento (FAO, 1993).

Según Hall (1971), las estructuras de almacenamiento deben ser completamente impenetrables por el agua, herméticas para que la fumigación alcance a todo el contenido, dotadas de ventilación regulable y protegida contra la entrada de roedores y pájaros, sin salientes ni rincones en que puedan depositarse el polvo y los residuos de producto. También deben estar carentes de lumbreras u otras zonas por las que pueda penetrar la luz a través de la cubierta; a fin de evitar que se creen lugares de elevadas temperaturas en la parte superior de los productos almacenados, y preparadas para que puedan instalarse algunos ventiladores que lancen aire hacia el interior, a través de orificios murales, así como provistas de canalizaciones en el suelo para las necesidades especiales del almacenamiento a granel.

2.8 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO DE LOS GRANOS ALMACENADOS

2.8.1 Factores físicos

2.8.1.1 Humedad. La humedad es el factor que más influye en la velocidad de deterioro. El daño puede ocurrir en granos que inicialmente son almacenados con un adecuado contenido de humedad. Esto es porque el grano es higroscópico y tenderá a equilibrarse con la humedad relativa del ambiente. Las fluctuaciones en temperatura dentro del almacén propician que se condense la humedad del aire en la superficie del grano, ocasionando que paulatinamente se incremente su contenido de humedad, debido a la migración de esta dentro del almacén. Esta migración de humedad se debe a diferencias de temperatura entre el grano almacenado y la temperatura externa al silo de almacenamiento (Sauer, 1992).

El exceso de humedad se traduce en un incremento del proceso respiratorio, decoloración, fermentación, elevación de temperatura y creación de condiciones apropiadas para la reproducción de los hongos y bacterias que normalmente acompañan al grano. Además, la humedad tiene un valor monetario en el comercio de granos siendo favorable para algunos comprar grano, lo mas barato posible con el más mínimo contenido de humedad encontrado (Schneider, 1992).

2.8.1.2 Temperatura. La temperatura es un factor decisivo para el desarrollo de todos los microorganismos y su efecto guarda relación con la cantidad de humedad ambiental. La cantidad relativa de humedad existente en la atmósfera disminuye a medida que sube la temperatura. Si la humedad es muy alta, la respiración del grano aumenta al extremo de producirse la germinación. Cuanto más baja es la temperatura, mayor es su influencia retardadora sobre la intensidad de la respiración. La tasa de crecimiento de los hongos y los insectos difiere según la temperatura (Hall, 1971).

La elevación de la temperatura de los granos almacenados por encima de la que tenían al principio del periodo de almacenamiento es una señal de deterioro. Se ha demostrado que dada la débil conductividad térmica de los granos, el aumento de la temperatura dentro de un lote de ellos se debe a la respiración del propio grano o a que dentro de el se han desarrollado insectos, hongos o bacterias. En las zonas tropicales, cabe examinar la posibilidad de hacer que descienda la temperatura del producto mediante ventilación nocturna si el punto de rocío es bajo; pero en zonas cálidas y húmedas se requiere gran cuidado para que este movimiento de aire quede restringido a las horas del día en que la humedad relativa permite la desecación (Hall, 1971).

2.8.1.3 Cantidad de oxígeno. La respiración de los granos y de los microorganismos asociados a ellos, involucra un consumo de oxígeno y liberación de gas carbónico. Estos procesos tienden a reducirse si la cantidad de oxígeno disminuye; es decir, que una alta disponibilidad de oxígeno activa la respiración, generando calor que en casos extremos puede causar una combustión espontánea de la masa de grano. El problema es complejo, cuando el grano se está calentando y es aireado, se puede reducir la temperatura, pero su efecto benéfico puede verse afectado por la disminución de la concentración de gas carbónico y el incremento del contenido de oxígeno dentro del silo, trayendo consigo que se estimule nuevamente la respiración y por lo tanto el calentamiento espontáneo. Este efecto, se puede contrarrestar parcialmente ventilando cuando la humedad relativa es lo suficientemente baja que permita realizar a la vez un proceso de secamiento con lo cual se restringe la tasa de respiración de los granos (Schneider, 1992).

2.8.1.4 Condición del grano. La actividad respiratoria y la tendencia de los granos a deteriorarse durante el almacenamiento son influenciados por las condiciones en que se encuentra el grano. Esto hace difícil llegar a establecer un límite máximo de seguridad en cuanto al contenido de humedad del grano para ser almacenado. Se ha demostrado que la tasa de respiración bajo condiciones controladas de temperatura, cantidad de oxígeno y contenido de humedad, es superior en un grano en malas condiciones que en uno que se encontraba en buen estado. Se considera que en un grano en condiciones inadecuadas (dañado, partido, mohoso, etc.) los nutrientes y la cantidad de agua se encuentran más a disposición de los mohos e insectos que en un grano sano; por consiguiente, es mucho más susceptible al deterioro aun cuando tenga bajos porcentajes de humedad (Schneider, 1992a).

2.8.2 Factores biológicos

2.8.2.1 Insectos. Las plagas insectiles de granos almacenados son importantes por las pérdidas que estas ocasionan; deterioro del valor nutritivo y reducción de la calidad de los granos y sus derivados entre otras. Estudios realizados en Centroamérica confirman que los insectos representan la principal causa de daños en los granos básicos, contribuyendo en un 70% de las pérdidas en los granos almacenados. En Honduras, se han reportado 12 especies de insectos que atacan granos almacenados; los géneros de mayor importancia son: *Sithophilus sp*, *Prostephanus sp*, *Rhizopertha sp*, *Sitotroga sp* y *Plodia sp*. Los cuales se conocen como gorgojos, barrenadores, y palomillas, respectivamente (Schneider, 1995a).

Los insectos no se reproducen bien en un ambiente de temperatura inferior a 10 °C y una humedad relativa por debajo del 40% (es decir, por debajo de la humedad relativa en equilibrio con un contenido de humedad de 8 % en los cereales). Cada especie requiere un conjunto característico de condiciones físicas para su desarrollo óptimo. A medida que las condiciones de temperatura y humedad se separan de los valores óptimos, la transformación del huevo en insecto adulto exige más tiempo y la puesta de huevos es menos numerosa. El período de desarrollo de los insectos, es también influenciado por la clase de producto que le sirve como sustento (Hall, 1971).

Los insectos pueden vivir y reproducirse a temperaturas comprendidas entre 15°C y 35°C. Sin embargo, el desarrollo óptimo se sitúa entre 25°C y 30°C (de Lucia, 1993).

2.8.2.2 Hongos. Según Schneider (1995b), los hongos son los microorganismos más importantes en el grano. Estos pueden invadir el grano durante su formación en la planta, durante la cosecha, transporte, acondicionamiento y almacenamiento. Debido a las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan los hongos se clasifican en hongos de campo y hongos de almacén.

Los hongos de campo invaden el producto antes de la cosecha. Se desarrollan a humedades relativas del 90%, equivalente a una humedad de grano de 22-23 % o más. Estos normalmente no continúan creciendo durante el almacenamiento, debido a que el contenido de humedad del grano está debajo de sus requisitos. Sin embargo después de la cosecha ya han hecho daño. Los géneros más comunes de hongos de campo son *Alternaria*, *Fusarium*, *Diplodia*, *Cladosporium* y *Mucor* (Schneider, 1995b).

Los hongos de almacén infectan la semilla o el grano durante el almacenamiento. Para desarrollarse necesitan humedades relativas en un rango de 70 - 90% y temperaturas de 25-35°C. El factor más importante en su desarrollo es la humedad interna del grano, la cual debe estar arriba del 14%. Una diferencia de 1% puede determinar que una especie sea la predominante y la velocidad desde el principio del daño en el grano. Las especies más importantes provienen de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, cada una con requerimientos nutricionales y ambientales definidos (Schneider, 1995b).

El crecimiento de los hongos de almacén puede controlarse disminuyendo la humedad en el grano y en el acondicionamiento adecuado del almacén. Después de la cosecha, se debe efectuar un secado rápido y eficaz, previniendo el daño al pericarpio o rotura de las semillas. Durante el almacenamiento debe de mantenerse el grano con contenidos de humedad apropiados, medir continuamente la humedad en el almacén, y en caso de aumento se debe investigar las causas y secar el grano nuevamente si es necesario (Schneider, 1995b).

2.8.2.3 Roedores. Los roedores se instalan y se multiplican en el interior de las inmediaciones de los lugares de almacenamiento, ya que allí encuentran alimento en abundancia. Los daños importantes que ocasionan conciernen no solo a los productos conservados sino también a los embalajes e incluso a las estructuras de almacenamiento. Los roedores principales y más comunes que pueden atacar los productos almacenados pertenecen a las especies *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*. La acción prolongada de estos animales se traduce inevitablemente en graves pérdidas cuantitativas de productos almacenados (de Lucia, 1993).

Según Hall (1971), el principal daño que causan los roedores a los productos almacenados además de consumir parte de ellos y dañar las estructuras de almacenamiento, es la cantidad de grano que ensucian con sus excrementos, lo que reduce significativamente la calidad del grano al momento de procesarlo.

2.9 CAMBIOS FISICOS Y QUIMICOS DURANTE EL DETERIORO

Durante su proceso de deterioro, el grano sufre un sinnúmero de cambios en sus propiedades físicas y químicas, que se traducen en pérdidas en cantidad y calidad. Las mermas resultan de la evaporación de humedad en el grano y de las pérdidas ocasionadas por ataques de insectos, hongos, roedores y aves. Los cambios en la calidad son la base para el sistema de asignación del grado en los cereales (Othón, 1996).

Los cambios en color, apariencia, cantidad de polvo y presencia de olores desagradables se incluyen dentro del sistema de clasificación de cereales, junto con los cambios más específicos como son acidez de grasa, humedad, presencia de micotoxinas, hongos, insectos y otros. Los granos dañados pierden calidad debido a cambios químicos importantes que ocurren dentro de las células; en el anexo 3 se muestra un diagrama del proceso de deterioración de granos almacenados (Othón, 1996).

2.9.1 Materia seca

Durante su deterioro, el grano tiende a perder peso por alteraciones físicas y químicas. Las pérdidas físicas incluyen materia consumida por insectos, hongos y roedores; también hay pérdidas de tipo secundario ocasionadas por el deterioro en las condiciones del producto. Los granos dañados son más susceptibles a quebrarse y fisurarse durante el manejo, transporte y distribución. Las mermas en peso por cambios químicos ocurren durante el proceso de respiración, donde los compuestos orgánicos se desdoblan en elementos más simples y dan como producto final bióxido de carbono que se libera en forma de gas. En las primeras etapas de deterioro, el grano tiende a incrementar su peso porque absorbe agua resultante de la hidrólisis de compuestos orgánicos (Othón, 1996).

2.9.2 Alteración de carbohidratos

El grano, así como los hongos de almacén tienen sistemas enzimáticos capaces de hidrolizar el almidón en unidades más sencillas como dextrinas y maltosa. El método más común para estimar cambios en los polisacáridos es el de la actividad diastásica, que consiste en la capacidad que tienen las enzimas amilolíticas de desdoblar o hidrolizar el almidón. El detrimento de los granos trae consigo un aumento inicial en la cantidad de azúcares reductores debido a la hidrólisis del almidón. Posteriormente, la cantidad de azúcares solubles se reduce paulatinamente porque es catabolizada para la generación de energía (Othón, 1996).

2.9.3 Compuestos nitrogenados

La fracción proteica es la menos propensa a cambios durante el almacenamiento. El contenido de proteína generalmente se mantiene estable o se incrementa ligeramente, si hay pérdidas de carbohidratos durante el proceso de respiración. La concentración de enzimas, nitrógeno soluble o aminoácidos libres se incrementa en cereales almacenados por mucho tiempo. Aparentemente, la solubilidad de las fracciones proteicas también se ve ligeramente afectada durante un mal almacenamiento y esto conlleva a una baja en la calidad del gluten de los trigos panaderos (Othón, 1996).

2.9.4 Lípidos

Los cambios más evidentes en la deteriorización de granos ocurren en los lípidos. Los granos mal preservados o fuertemente contaminados con hongos tienden a contener menos grasa que sus similares bien almacenados. Una mayor humedad y altas temperaturas aceleran la actividad enzimática como el desarrollo de hongos. La hidrólisis de las grasas ocurre más rápidamente que la de los carbohidratos y proteína. Por lo mismo, la cuantificación del deterioro de grasa, por medio de su valor de acidez titulable, pH o cantidad de ácidos grasos libres, es el índice más sensitivo para determinar la condición del grano almacenado. El sistema de clasificación incluye también la evaluación subjetiva del olor del grano, ya que los ácidos grasos rancios o en forma libre no esterificada, producen olores indeseables u ofensivos (Othón, 1996).

Se han detectado pérdidas de nutrientes en maíz almacenado en condiciones deficientes. Quackenbush (1963) constató pérdidas de caroteno en el maíz a distintas temperaturas y condiciones de humedad. A pesar de que las pérdidas causadas por los insectos y las aves son considerables, se ha prestado mayor atención a los problemas causados por las infecciones microbianas; no solo por las pérdidas de grano ocasionadas, sino fundamentalmente a causa de los efectos tóxicos que los subproductos metabólicos de esos microorganismos tienen sobre la salud de los seres humanos y de los animales.

2.10 MERMAS Y PERDIDAS EN EL ACOPIO DE GRANOS

Uno de los problemas que más preocupan a los acopiadores de granos son las pérdidas y mermas que se originan en las plantas de acopio, las que representan un elevado perjuicio económico; algunas de estas pérdidas son inevitables o casi inevitables, y constituyen un riesgo que debe afrontarse. Pero hay otras que pueden ser reducidas considerablemente pues son producidas por prácticas de manejo no del todo correctas (de Dios, 1987).

Según de Dios (1987), las pérdidas o mermas se clasifican dentro de los siguientes tipos:

2.10.1 Pérdidas por respiración de los granos

Todo grano almacenado respira, lo que significa la eliminación de CO_2 , gas que se pierde en el aire. La pérdida es tanto mayor cuanto más húmedo y caliente esté el grano, pues la respiración se acelera. Solo por la respiración, un grano almacenado por seis meses puede perder un 3% de su peso si su temperatura se incrementa unos 10°C , aun estando seco. Todo ello indica la importancia de mantener el grano seco a la más baja temperatura posible; hay que tener en cuenta también que si se airea grano húmedo, la pérdida por respiración se acelera, pues se le está suministrando mayor cantidad de O_2 . El airear favorece la respiración; pero si al mismo tiempo se enfría el grano, esta última puede ser casi totalmente controlada.

2.10.2 Pérdidas por secados inadecuados

Es uno de los aspectos más conflictivos, por los altos costos que significa el secado de los granos. En general se suelen emplear temperaturas de secado demasiado elevadas o tiempos de secado prolongados en exceso, o las secadoras son poco eficientes o están mal reguladas. Todo ello ocasiona un sobre cargo de los granos con la pérdida de peso correspondiente, un mayor consumo de combustible y energía, y un deterioro en la calidad del grano (de Dios, 1987).

2.10.3 Pérdidas por errores de medición de humedad

Un error frecuentemente observado en las plantas de acopio es la forma de medición de los granos cuando se emplean los humidímetros eléctricos comunes, donde se encuentran fallas como no efectuar las correcciones por temperatura de los granos ya que si un grano está caliente, y no se corrige por temperatura, el valor que indica el humidímetro puede ser hasta un punto mayor que la realidad y viceversa. Otro problema es no tener en cuenta el revenido del grano (incremento de humedad del grano después de salir de la secadora), puesto que el humidímetro indica la humedad del exterior del grano, pero este, al salir de la secadora suele estar más húmedo en el interior (unos o dos puntos más). Luego de varias horas de reposo esta humedad interna se desplaza hacia fuera y entonces, al volver a medir, el grano puede tener hasta un punto más. Por ello se aconseja, cuando sea posible, medir la humedad de una muestra luego de varias horas de salir de la secadora. El medidor de humedad debe estar correctamente calibrado puesto que si no se hace periódicamente, por medio de controles con hornos o otros procedimientos se corre el riesgo de confrontar problemas con la humedad del grano. Hay que destacar también que existe una contracción o encogimiento del maíz cuando es secado. Se puede decir que dicha reducción de volumen del maíz en un depósito es en promedio del 0.3% por cada punto de reducción de humedad (de Dios, 1987).

2.10.4 Pérdidas por movimiento de granos

Es casi imposible evitar que en el manejo de los granos durante el acopio se produzca un porcentaje de rotura debido a diversos factores, como es la altura de la caída de los granos, el rozamiento y frotamiento en los mecanismos de transporte, secados violentos, etc. Sin embargo, hay un límite considerado normal o aceptable, que constituye uno de los costos del acopio. Es posible mencionar que las pérdidas por rotura de grano no debieran superar un 1-2%. A las pérdidas señaladas hay que agregarles las producidas por la producción de polvo. Este se genera sobre todo cuando se mueve grano secado artificialmente; el grano de secado natural produce poco polvo. El polvo además presenta el peligro de las explosiones y de los incendios. Normalmente en una planta hay en promedio menos de 1 g de polvo por m³; pero en algunas estructuras de almacenamiento se puede encontrar de 10 a 1000 g/m³. La mínima concentración explosiva es de 50 g/m³, y por arriba de esto aumentan los riesgos (de Dios, 1987).

2.10.5 Pérdidas por limpieza de granos

También llamadas “pérdidas por zarandeo”, se refiere a los materiales que se eliminan en las máquinas limpiadoras, y que están constituidos por granos rotos, cuerpos extraños, semillas de malezas, impurezas, etc. En general estas mermas por rotura y zarandeo no deberían de superar un valor de 2% en una planta de acopio. Si dentro de este rubro los llamados “cuerpos extraños o impurezas” presentaran valores muy elevados, la causa puede ser los lotes de grano muy sucios que llegan del campo (de Dios, 1987).

2.10.5.1 Pérdidas por deficiente conservación. Es conveniente separarlas en:

- Pérdidas por insectos y hongos.

El control de insectos es una práctica habitual en los depósitos de granos, y para ello existen métodos preventivos y curativos que deben ser aplicados en los momentos oportunos. Además de las mermas de peso por consumo de los granos que hacen los hongos y bacterias, existen las pérdidas por las costras o copetes que se producen en la parte superior de la masa de granos, o en las paredes de los silos, o en el fondo de los mismos o en otras partes. La condensación de humedad es la causa inicial de estos procesos de descomposición; por ello es importante contar con buenos extractores de humedad en el techo de los silos y en otros lugares, sobre todo cuando está funcionando la aireación (de Dios, 1987).

- Pérdidas por empleo inapropiado de la aireación.

Cuando la aireación se usa excesivamente, se produce una merma o pérdida de peso por dos razones. La primera se origina por un secado lento pero constante, sobre todo si se practica durante las horas más cálidas del día; esto es económicamente perjudicial si el grano estaba ya en el contenido de humedad de la base de comercialización. La segunda por demasiada aireación, que acelera la respiración normal de los granos, lo que aumenta las pérdidas por este factor (de Dios, 1987).

2.10.5.2 Pérdidas por cálculos incorrectos. Las normas o estándares de comercialización y las reglamentaciones respectivas establecen como se deben calcular las mermas de los granos húmedos por parte de los acopiadores luego de la recepción de un lote de granos. Estas disposiciones permiten que los cálculos para establecer dichas mermas se hagan tomando como humedad final unos valores que son entre 0.5 y 1.5 puntos menores que las bases o tolerancias fijadas en los estándares. Esa diferencia de puntos tiene como objetivo compensar las pérdidas de “manipuleo” (como producción de polvo, rotura de los granos, entre otros). Por ello, al hacerse los respectivos cálculos a cada productor o partida deben ser empleados dichos valores, pues en caso contrario la diferencia la tiene que soportar los acopiadores, siendo entonces un beneficio que se pierde (de Dios, 1987).

2.11 CONTROL DE CALIDAD DE LOS GRANOS

Según Gaviria (1989) la calidad se define como un conjunto de atributos que identifican y definen un determinado producto y cuya medida permite relacionarlos con otros productos o determinar patrones y normas de graduación. En los granos, la calidad esta definida por los atributos que identifican y definen las características de la especie vegetal, por lo tanto, la determinación de la calidad, consiste en relacionar la cuantificación de determinados factores con los parámetros definidos por una norma. La calidad de los granos debe ser determinada en diversas circunstancias, durante la comercialización, y en los diferentes pasos que han de darse durante el proceso de conservación. Los principales eventos en los que es necesaria la determinación de la calidad de un lote de granos incluye:

1. Compra inicial al agricultor, para definir el valor real a pagar por el producto en condiciones iniciales de cosecha.
2. Recepción, en los centros de acopio y acondicionamiento, para determinar el destino del producto (secamiento, almacenamiento, rechazo).
3. Al inicio de cualquier proceso (secamiento, almacenamiento, limpieza, fumigación, clasificación, trilla); para determinar las condiciones del grano a tratar.
4. Durante los procesos (secamiento, almacenamiento, limpieza, trilla, etc.); para controlar el desarrollo de los mismos, poder realizar ajustes, y determinar la calidad del mismo.
5. Al terminar los procesos (secamiento, almacenamiento, limpieza, clasificación, fumigación): para conocer la calidad final del producto, y determinar las condiciones del proceso.
6. Al iniciar el procesamiento industrial, durante y al final del mismo.
7. En las operaciones de comercialización: para obtener las bases sobre las cuales se fijan las condiciones del mercado.

Algunos de los parámetros físicos que según Gaviria (1989) son determinantes para identificar la calidad del grano son las siguientes: Olor característico, temperatura, sabor característico, estado sanitario, contenido de impurezas, contenido de humedad, granos defectuosos por diversos conceptos, presencia de granos contrastantes, grado de madurez, granos vaneados y otras condiciones particulares.

Un lote de granos es un conjunto de semillas reunidas de tal manera que no es posible determinar su calidad en forma precisa e individual, por lo que los parámetros para definir la calidad se establecen sobre muestras. Las muestras representativas, se analizan mediante procedimientos definidos por las normas que se utilicen como punto de referencia; estas normas determinan también los equipos de laboratorio que han de utilizarse en cada caso y el procesamiento correcto de calibración y uso. Para que todo lo anterior sea posible, es indispensable que la muestra esté correctamente compuesta, que haya sido envasada y conservada adecuadamente, que sea tomada y analizada por personal idóneo y que sea procesada en equipos adecuados, calibrados y operados conforme a las instrucciones de uso de cada uno. Los resultados de las determinaciones son comparados con los estándares de la norma y con base en ellos el lote es calificado (Gaviria, 1989).

2.11.1 Densidad del grano

La determinación de la densidad de un grano, expresada generalmente como peso hectolítrico, se utiliza para conocer el peso del grano en relación con su volumen, definir algunos factores de rendimientos, y poder efectuar comparaciones de muestras tomadas en el transcurso de la historia de un grano almacenado. De esta manera, se pueden determinar pérdidas de peso por el metabolismo, por ataque de hongos e insectos, por cambios en la humedad, etc. La densidad se usa también para el cálculo de espacios en los silos (Gaviria, 1989).

El peso hectolítrico o densidad del grano es una prueba práctica y de mucho valor porque está fuertemente asociada con la condición del grano, por lo tanto con su valor comercial. Los granos dañados tienen un menor peso hectolítrico que los granos sanos. El problema principal de esta prueba es que el valor cambia con los distintos contenidos de humedad; a menor contenido de humedad, mayor peso hectolítrico (Othón, 1996).

2.11.2 Impurezas

Un lote de granos está compuesto por granos propiamente dichos y materiales extraños. Se consideran impurezas o materias extrañas la tierra, arena, piedras, pedazos de hojas, tallos, cápsulas, vainas, granos vanos, semillas de malezas, cabuyas, soporte de los granos como espigas, panojas y en general todo material o grano diferente al analizado. Las impurezas causan una serie de fenómenos en la masa de grano como favorecer el desarrollo de insectos, dificultar el movimiento homogéneo del aire intergranular y favorecer el desarrollo de hongos (Gaviria, 1989).

2.11.3 Contenido de humedad

El contenido de agua de un producto se expresa en forma de porcentaje. En las operaciones comerciales es usual expresar el contenido de humedad de los granos en base húmeda; es decir, que el porcentaje de humedad expresado se refiere a la proporción de humedad relacionada con el peso total del grano formado por la materia seca y el agua contenida en el (Gaviria, 1989).

2.12 MUESTREO

El muestreo se lleva a cabo porque es imposible realizar el análisis de calidad en la totalidad del lote. En consecuencia la determinación de la calidad de un lote debe ser hecha a partir de porciones tomadas con arreglo a un sistema estadístico que garantice su representatividad. Los resultados del análisis de tal muestra deben permitir definir y catalogar el lote de donde ella fue extraída. A continuación se describen los tipos de muestras que según Gaviria (1989), se realizan para el análisis de calidad.

2.12.1 Muestra global

Es la suma de las muestras parciales, o sub-muestras, tomadas de diferentes partes del lote, y de la cual se obtendrán las porciones analíticas, mediante procedimientos de homogenización y división.

2.12.2 Muestra parcial

Es la proporción de grano obtenida de un punto del lote. Corresponde a la porción obtenida con la sonda, o con el equipo de muestreo que se esté utilizando, cada vez que dicho equipo se introduce en la masa de granos.

2.12.3 Muestra reducida

Es la porción de la muestra obtenida de la muestra global por fraccionamiento mediante un método de homogenización y división adecuado.

2.12.4 Muestra representativa

Es la suma de porciones colectadas en un lote obtenida por métodos estadísticamente representativos, por personal debidamente entrenado, y que ha sido protegida adecuadamente de adulteraciones hasta su análisis. En ella se realizan las determinaciones de calidad que sirven de base para calificar el lote de donde ha sido extraída.

2.12.5 Muestra para análisis

Es la porción de la muestra obtenida de la muestra global o de la muestra reducida, que se envía al laboratorio para la determinación de las condiciones de un producto.

2.12.6 Porción analítica

Es la porción del grano extraída de la muestra, sobre la cual se practica un determinado análisis. La cantidad de la porción analítica varía según la determinación a realizar y el equipo utilizado. Existen diferentes aparatos para obtener una muestra representativa del cargamento de grano; esto es esencial para su posterior clasificación y para determinar su valor económico-comercial.

2.13 CONTROL DE INSECTOS EN GRANOS ALMACENADOS

El control de los insectos es el factor más importante en el manejo de granos almacenados. El prevenir la infestación mediante una adecuada selección y muestreo del grano por almacenar, es la forma más eficaz y económica para impedir su deterioro. Las bodegas deben limpiarse y fumigarse antes de que el grano entre al almacén; se debe tener cuidado especial con aquellas bodegas con pisos perforados, ya que los residuos del granel previo se

acumulan en el piso subterráneo. Es recomendable, aplicar insecticidas en todas las áreas externas del almacén para prevenir la entrada de insectos. Además, todo el equipo empleado para manejar los cereales debe limpiarse y asperjarse previamente con insecticidas protectores como metoxicloro (1:10 agua), piretrina al 6% combinada con butóxido de piperonil al 60 % (0.8:10 agua) o malatión al 57 % (0.5:10 agua). La limpieza del grano es crítica, ya que las semillas quebradas, dañadas y/o con residuos vegetativos constituyen importantes fuentes de contaminación. Una buena práctica es no mezclar lotes viejos con nuevos, ya que los primeros pueden ser una fuente de contaminación. Los granos con alto contenido de humedad son mas propensos a sufrir daños por insectos y microorganismos, por lo que muchas veces se somete el granel a un secado artificial a temperaturas mayores de 40° C. Este tratamiento térmico reducirá significativamente la población de insectos y la viabilidad de sus huevecillos. La temperatura de secado empleada para granos destinados al consumo humano es menor de 40° C, y generalmente mayor para los que se utilizarán en la alimentación animal (Othón, 1996).

Según Othón (1996), existen dos alternativas básicas para proteger al grano: insecticidas líquidos o en polvo y fumigantes.

2.13.1 Insecticidas líquidos o en polvo

Estos tienen algunas ventajas sobre los fumigantes porque su efecto es mas prolongado, son fáciles de utilizar, menos peligrosos y pueden aplicarse para prevenir el desarrollo de una colonia de insectos, o para destruir una población ya establecida. Los insecticidas en polvo o talco tienen como base tierra de diatomáceas, sílica, óxido de magnesio o arcillas activadas. Estos agentes son abrasivos y absorben lípidos que son esenciales para la supervivencia de los insectos. La combinación de estas sustancias con insecticidas como el malatión (O,O dimetil fosforoditiodato o dietil mercaptosuccinato) es muy efectiva; sin embargo, el uso de polvos abrasivos puede dañar la maquinaria del almacén.

El malatión es uno de los insecticidas más efectivos, porque tiene alta toxicidad para los insectos y baja toxicidad para el hombre. Además, es efectivo contra casi todos los insectos y tiene buen poder residual, lo cual lo hace ideal para tratar las estructuras y equipos. Este insecticida organofosforado se puede aplicar en forma líquida emulsificada o con agentes sólidos como polvos o talcos y se usa en concentraciones de 8-10 ppm. Un alto contenido de humedad en el grano (15%) baja la efectividad del malatión y es necesario ajustar su concentración.

Las piretrinas naturales (ésteres de piretrolones de ácido carboxílico extractado de crisantemos) y las sintéticas (permetrín, biorresmetrin), son las más populares, seguras y menos tóxicas. Son de acción rápida, actúan como insecticidas y como repelentes y resultan particularmente efectivas para los insectos adultos. Las piretrinas generalmente se aplican combinadas con butóxido de piperonil en forma de aerosol (0.5% de piretrinas y 5% de butóxido de piperonil), aumentando notablemente su poder. Aunque pierden con rapidez su toxicidad, mantienen su poder repelente por mucho tiempo.

2.13.2 Fumigantes

Othón (1996) define a los fumigantes como compuestos químicos que a temperatura ambiente producen un gas que penetra en todas las áreas del almacén y mata prácticamente a toda la población de insectos, por la acción que ejerce sobre el sistema nervioso de los mismos. Estos químicos se emplean para tratar el grano infestado ya que su acción es rápida y su poder residual pobre. La desventaja principal para el uso de fumigantes es que las instalaciones deben diseñarse y construirse para ese fin, porque requieren equipo especial para su aplicación y son peligrosos para quienes los aplican. Las características de un fumigante ideal son: alta volatilidad y toxicidad para los insectos, fácil de oler y percibir, anticorrosivo, inexplorivo y poco inflamable. Además, debe tener una buena vida de almacén, no dañar el poder de germinación de la semilla, no ser tóxico para los humanos y no dejar olores o sabores indeseables.

El bromuro de metilo (CH_3Br) es un fumigante que se emplea ampliamente desde 1930; es tóxico y altamente eficaz contra todos los insectos en estado adulto y larval. Es también muy tóxico para los humanos porque se absorbe a través de la piel y los pulmones; puede causar conjuntivitis, visión anormal, parálisis respiratoria y paros cardíacos. Por estas circunstancias se recomienda que sólo personal capacitado y bien entrenado realice labores de fumigación. Actualmente el uso de este producto ha sido prohibido.

Otro fumigante popular es el gas fosfina (PH_3) que proviene de tabletas de fosforo de aluminio. El fosforo de aluminio se combina con carbonato de amonia y parafina para formar tabletas de más fácil aplicación. Los comprimidos se distribuyen conforme se va almacenando el grano o se introducen en graneles (3 a 6 pastillas/ton) ya establecidos con sondas especiales. Las pastillas se descomponen aproximadamente en 36 horas a 25°C . Cuando la tableta entra en contacto con la humedad del grano se liberan paulatinamente tres gases: fosfina o fosforo de hidrógeno, bióxido de carbono y amonia, los cuales son fumigantes, antiinflamables y oloroso preventivos, respectivamente. La fosfina o fosforo de hidrógeno es uno de los químicos más tóxicos, tiene una rápida difusión y penetración en el grano, es de fácil aplicación e ideal para bodegas cerradas, furgones de ferrocarril, barcos y camiones de carga. La fosfina es también tóxica para los humanos, su inhalación puede causar desde un simple dolor de cabeza hasta convulsiones y muerte. Sin embargo, el peligro del fumigante es mucho menor si se aplica en forma de tabletas. Este fumigante también puede mezclarse con el bromuro de metilo (Othón, 1996).

2.14 CONTROL DE HONGOS

El manejo de hongos es mas que todo por prevención. Durante el almacenamiento se debe mantener el grano con contenidos de humedad apropiados (13%). Medir continuamente la humedad en todo el almacén, en caso de aumento, investigar la causa y secar el grano nuevamente si es necesario. Un techo con goteras puede crear áreas de humedad en el almacén propicias para el desarrollo de hongos. El control de insectos de almacén es muy importante, porque pueden alterar el contenido hídrico del grano y dañar el pericarpio provocando la invasión de hongos. Los insectos transportan esporas de hongos a granos no infectados previamente (Schneider, 1995b).

Lugares frescos, ventilados y secos ofrecen las mejores condiciones de conservación del grano contra el ataque de hongos. Los hongos tienden a crecer mas lentamente a 25°C (Schneider, 1995b).

2.15 CONTROL DE ROEDORES

Según Schneider (1995c), existen diversos tipos de control: mecánico, biológico y químico. El tipo de control a implementar dependerá de la cantidad de grano almacenado, tipo de estructura de almacenamiento, tiempo de almacenamiento, entre otros; aunque lo más recomendable es la implementación de un manejo integrado, utilizando los diversos tipos de control. El control químico es el mas utilizado, ya que es el de mayor impacto a corto plazo. El éxito de un roenticida depende de varios factores como ser, el conocimiento básico del comportamiento y la ecología de la especie a controlar, la efectividad del roenticida, la habilidad del aplicador para saber como y cuando aplicar el producto y, el tipo de formulación contra la especie.

Las formulaciones más utilizadas comercialmente son los cebos. Los intoxicantes agudos son sumamente venenosos, los roedores solo necesitan comer pequeñas cantidades para morir, esto ocurre en unas 12-24 horas. Su utilización es recomendable en casos extremos de ataque de roedores y deben ser manejados únicamente por personal debidamente entrenado. Entre los materiales usados se encuentra el arsénico, fosfuro de zinc, estricnina, talio (Brodifacoun), maki (Bromadiolone) y otros. No tienen antídoto y tienen efectos concatenados porque un animal que se come a otro que murió debido al consumo de estos productos puede tambien morir como consecuencia (Schneider, 1995c).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADOS

3.1.1 Materiales y equipo utilizados en el campo

- ◆ Cinta métrica
- ◆ Bolsas plásticas (2 kg)
- ◆ Tijeras
- ◆ Sacos
- ◆ Cuadro para muestreo (0.25m²)
- ◆ Psicrómetro
- ◆ Muestreador para sacos
- ◆ Muestreador para grano a granel
- ◆ Marcador/Etiquetas
- ◆ Medidor de humedad portátil (Samap)

3.1.2 Materiales y equipo utilizados en el laboratorio

- ◆ Termómetros
- ◆ Cribas de orificios triangulares (5/64")
- ◆ Cribas de orificios circulares (12/64" y 8/64")
- ◆ Bandejas
- ◆ Divisor Boerner
- ◆ Balanza Ohaus (2,610 gr)
- ◆ Balanza Ohaus para peso bushel.
- ◆ Determinador de humedad Motomco 919
- ◆ Separador de impurezas.

3.2 EVALUACION DE PERDIDAS EN EL CAMPO

Esta evaluación se llevó a cabo en los campos de producción de sorgo rojo para grano de los productores que mantienen una relación de coinversión con CADECA. S de R.L, en las localidades de Pavón y La lama, cercanas a los campos bananeros de Choloma, Cortés, las cuales presentan una precipitación promedio anual de 1211 mm; temperatura promedio anual de 26 °C; temperatura mínima de 21.5 ° C y temperatura máxima de 31.8 ° C (FAO, 1985).

3.2.1 Evaluación de rendimiento potencial del cultivo

Se realizó con el objetivo de conocer el rendimiento máximo que se podría obtener, sin incurrir en las pérdidas por cosecha ineficiente, acame u otros factores que podrían causar una disminución del mismo. Las muestras se tomaron utilizando un muestro simple aleatorio, donde cada muestra consistía en un área de 4m². Una vez realizada la medición de la parcela se procedió a la cosecha total del grano en esa área; esto incluía espigas normales, acamadas y las que estaban tiradas en el suelo. Luego al grano cosechado se le determinó el peso a una humedad de 14% para efectos de comparación, esto se realizó utilizando la fórmula de pérdida de peso recomendada por Bragachini (1992). El peso del grano obtenido en esta área se extrapoló para una hectárea.

$$\text{Porcentaje de pérdida de peso} = \frac{H_i - H_f}{(100 - H_f)} * 100$$

H_i: Humedad inicial

H_f: Humedad final

3.2.2 Metodología para la evaluación de pérdidas de pre-cosecha

Se realizó con el objetivo de determinar la cantidad de espigas o panojas desprendidas de la planta o plantas acamadas que no podían ser alcanzadas por el cabezal de la cosechadora. Esta actividad se realizó con el propósito de restar esta pérdida de campo a las pérdidas totales para el cálculo de la eficiencia de cosecha, ya que esta pérdida no es debido a una mala calibración o uso de la cosechadora.

Para realizar estas determinaciones se utilizó la metodología recomendada por Bragachini (1992), la cual consistió en:

- ◆ En una zona representativa del lote y en la dirección del surco se determinó un rectángulo de 80 m², tomando como un lado del rectángulo el ancho del cabezal.
- ◆ Recolección y pesado de las panojas del área medida.
- ◆ Los datos obtenidos en los 80 m², se extrapolaron para una hectárea. En el anexo 4 se encuentra un esquema detallado de la metodología utilizada.

3.2.3 Metodología para evaluación de pérdidas post-cosecha

Una vez que pasó la máquina y en el mismo rectángulo delimitado con anterioridad (80m²), se lanzó al azar cuatro veces un aro de 0.25 m², tres veces fuera de la cola de la cosechadora y una vez dentro de la misma, totalizando 1m² (Anexo 5). Luego se procedió a juntar los granos sueltos y a desgranar los trozos de espigas mal trilladas, que se encontraron dentro de los cuadros; el total de grano se pesó y se extrapoló para una hectárea.

Para el cálculo de la eficiencia de la cosechadora, el derrame a causa de la máquina se obtuvo de restar las pérdidas por acame del derrame total encontrado. Esto por considerar que las plantas acamadas están fuera del alcance del rodillo cosechador de la máquina.

3.3 EVALUACION DE PERDIDAS EN ALMACENAMIENTO

3.3.1 Toma de muestras en vehículos a granel

Se realizó la toma de muestra a los camiones que llegaban a las plantas de almacenamiento de Tegucigalpa y San Pedro Sula, mediante el uso de una sonda de 1.60 m. La sonda utilizada está formada por ventanillas con compartimentos separados, esta se introdujo cerrada en la masa de granos; las ventanillas se abrieron dentro del granel moviendo un poco la sonda para facilitar la entrada del grano a las celdas; después de cerrar las ventanillas se retiró la sonda y se depositó la muestra sobre una bolsa de muestreo. Las porciones obtenidas se unieron en una muestra global.

Los puntos en los cuales se introdujo la sonda se seleccionaron siguiendo el patrón de muestro descrito por Gaviria (1989). Vehículos de hasta 15 t, 5 puntos de muestreo; de 15-30 t, 8 puntos; y de 30- 50 t, 11 puntos de muestreo.

3.3.2 Muestreo de silos

Para este muestreo se utilizó el procedimiento del muestreo simple aleatorio, el cual implica efectuar un procedimiento al azar y ejercer controles efectivos para garantizar la toma de una muestra realmente representativa del lote de grano (Gaviria, 1989).

El muestreo realizado en los silos se llevó a cabo también usando sondas de muestreo; no se contaba con un sistema de recirculación o trasiego que son más recomendables porque proporcionan una muestra más representativa de la masa de grano en general.

El muestreo con sondas consiste en tomar muestras de la parte superior, de los costados cuando es posible, y del cono. En este caso, las muestras se tomaron solo de la parte superior del silo con una sonda de 1.60 m; por lo tanto, la representatividad de la muestra se circunscribe al volumen contenido hasta la máxima profundidad de muestreo lograda en forma uniforme. Cabe mencionar, que la confiabilidad de este sistema se ve afectado también por la segregación de las impurezas, durante los procesos de carga y descarga del silo, hecho que puede ocasionar errores apreciables en la determinación final.

3.3.3 Manipuleo y manejo de la muestra

La muestra tomada fue de 2 kg. Para su manejo se utilizaron bolsas de plástico para transportarla del campo o del almacén al laboratorio de análisis; el material plástico es recomendado porque no altera las condiciones de la muestra. Antes de introducir la muestra a la bolsa, se le practicó la prueba de humedad porque este factor puede variar considerablemente del lugar de toma de la muestra al laboratorio de análisis.

El análisis de calidad se realizó en el Laboratorio de Granos del Centro Internacional de Tecnología de Semillas y Granos (CITESGRAN), ubicado en las instalaciones de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano.

3.4 ANALISIS DE CALIDAD

En los anexos 6 y 7, se presenta la metodología del análisis de calidad para maíz y sorgo respectivamente, en los que se describe paso a paso la secuencia del mismo y los materiales utilizados en cada caso.

3.4.1 Análisis organoléptico

Los siguientes análisis se realizaron sobre la muestra global, pues algunas de las condiciones analizadas pueden cambiar al dividirse la muestra.

3.4.1.1 Olores objetables. A moho, fermentación, rancidez, pesticidas, podredumbre, excrementos, orín, fertilizantes, combustibles, o cualquier otro olor no característico del producto.

3.4.1.2 Temperatura. Este factor se determinó mediante el uso de termómetros, y varía con el manipuleo de la muestra. La temperatura en una masa de granos puede dar idea de su contenido alto de humedad, o procesos de desarrollo de hongos o insectos.

3.4.1.3 Color. El color de la masa de grano debe ser uniforme, y de acuerdo a la variedad o clase de producto analizado; se comparó con el color normal de esa variedad. Cuando hay recalentamientos, el color del grano varía hacia tonos amarillos a marrón.

3.4.2 Análisis fitosanitario

Se determinaron las condiciones sanitarias de la muestra, principalmente las relacionadas con la infestación e infectación, utilizando el procedimiento descrito por Gaviria (1989).

3.4.2.1 Infestación. Mediante este análisis se determinó la presencia de insectos en la muestra, por medio del siguiente procedimiento: de la muestra global se obtuvo una porción de 1000 g por medio de homogenización y cuarteo o división, luego se depositó esta muestra en una criba de orificios triangulares de 5/64" o circulares de 1/12", se colocó una

bandeja en la parte de abajo y se realizó un movimiento de 60 a 70 vaivenes por minuto, que produjo la caída de los insectos a la bandeja de fondo.

3.4.2.2 Infección. Por medio de este análisis se determinó el porcentaje de granos dañados por podredumbre o hongos. El procedimiento utilizado fue el siguiente: de la muestra global se obtuvieron 25 g para el análisis de sorgo y 250 g para el de maíz, por medio de homogenización y división; luego se separaron por procedimiento manual los granos afectados por hongos y podredumbre causada por descomposición de bacterias. El peso de estos granos se relacionó porcentualmente con la porción analítica.

3.4.3 Homogenización de la muestra

La muestra global obtenida en el proceso de muestreo estaba compuesta por la suma de las proporciones tomadas de los diversos puntos del lote, y era generalmente mayor que la muestra reducida sobre la cual se realizaron las determinaciones. Para obtener la muestra reducida que se utilizó en el laboratorio, fue necesario dividir la muestra global y tomar de ella una porción representativa.

3.4.3.1 Uso del divisor Boerner. Este aparato se utilizó para homogenizar y dividir en partes iguales la muestra global y obtener la muestra reducida para realizarle el análisis de calidad respectivo. Durante la utilización del divisor Boerner se comprobó que este se encontrara libre de granos, el obturador del embudo completamente cerrado, y los recipientes que estuvieran totalmente limpios de granos, materias extrañas, e insectos, y colocados en su sitio, debajo de cada conducto de descarga. Luego, se depositó la muestra global en el embudo superior, cuya capacidad es de aproximadamente de 2 kilos. Al abrir el obturador, el grano fluye de los lados del cono interno, en cuya base existen 36 canales por donde penetra el grano; se tienen así 36 distintos flujos de grano que posteriormente se reúnen en dos de mayor tamaño, hacia los recipientes inferiores. Las porciones que llegan a los recipientes inferiores son aproximadamente iguales; si se quiere obtener proporciones más pequeñas se continúa dividiendo hasta el tamaño requerido.

3.4.4 Pesaje de las muestras

Para esta actividad se utilizó una balanza Ohaus con capacidad de 2,610 g, la cual es muy utilizada por su confiabilidad y precisión.

3.4.5 Análisis físicos

Estos análisis están relacionados con los conceptos de conformación del lote como contenido de impurezas, contenido de humedad, forma y tamaño de los granos, cantidad de granos por gramo, mezclas de grano, etc. Para la determinación de la calidad de los granos, se utilizaron el contenido de humedad, el contenido de impurezas, y la densidad. Además se determinaron condiciones de sanidad relacionadas con la presencia y el ataque de insectos, de hongos, de contaminantes, malos olores, etc.

3.4.5.1 Cribas. Las cribas son zarandas con fondo perforado con orificios de diversa forma y tamaño, según el tipo de grano en que han de ser utilizadas y la determinación para la cual han sido fabricadas. Para la determinación de la infestación por insectos se utilizó una criba de perforaciones triangulares de 5/64". Se utilizaron de 12/64" y 8/64" de huecos circulares para la determinación de granos partidos de maíz y sorgo, respectivamente.

3.4.6 Determinación de la densidad

Para la determinación del peso hectolítrico se utilizó la balanza marca Ohaus, diseñada para este propósito y una de las más usadas en nuestro medio. Este equipo consta de una tolva receptora de grano, una base donde esta apoyada la tolva, un recipiente de volumen conocido, la base del recipiente y una bandeja triangular para recibir el exceso de grano. Antes de realizar el pesado se debe nivelar la superficie de la tolva receptora de grano, teniendo cuidado de no presionar o hacer vibrar el grano pues si esto sucede la lectura del peso volumétrico se verá alterada.

3.4.7 Determinación de impurezas

Para los propósitos de este estudio, se consideró como impurezas o materias extrañas la tierra, granos vanos, granos partidos, semillas de malezas, cabuyas, tusas, panojas o sus pedazos, y en general todo material o grano diferente al analizado.

El contenido de impurezas se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de impurezas} = \frac{(\text{Peso muestra sucia} - \text{Peso muestra limpia}) \times 100}{\text{Peso de la muestra sucia}}$$

3.4.8 Determinación del contenido de humedad.

La determinación de humedad se realizó mediante el uso del determinador de humedad Motomco 919. La calibración de este aparato se debe realizar antes de tomar cada muestra pues las condiciones del ambiente, como la temperatura y la humedad relativa, influyen en la lectura. Esta calibración es de acuerdo a los pasos descritos en las instrucciones de la carta de calibración que incluye el fabricante al momento de la compra. Para determinar la humedad del grano se tomó una porción de la muestra, que consta de 250 gramos, tanto para maíz como para sorgo.

Las lecturas obtenidas con este aparato son indirectas por lo que se debe ajustar el valor obtenido para conocer el contenido de humedad del grano. El funcionamiento del Motomco es en base a la resistencia que opone la humedad del grano al paso de la corriente eléctrica. La lectura de humedad obtenida es en base húmeda, lo que significa que el porcentaje de humedad expresado se refiere a la proporción de humedad relacionada con el peso total del grano formado por la materia seca y el agua contenida en el (Gaviria, 1989).

Se realizó además, un análisis de pérdida de peso por grano dañado, mediante la fórmula de “porcentaje de pérdida de peso”, descrita por Kenton *et al.* (1976).

$$((\text{PGS} * \text{NGD} - \text{NGS} * \text{PGD}) / (\text{PGS} * 1000)) * 100 = \text{Porcentaje de pérdida de peso}$$

PGS= peso de grano sano

NGS= numero de grano sano

NGD= numero de grano dañado

PGD= peso de grano dañado

El principio de la fórmula es el de establecer una relación entre el peso de los granos dañados (insectos, hongos, calentamiento, germen café) y el de los granos sanos. Mediante la diferencia encontrada se determina el porcentaje de pérdida de peso.

3.5 Análisis estadístico

Para la evaluación de los datos de campo (rendimiento potencial, pérdidas pre-cosecha, pérdidas post-cosecha) se realizó una comparación de medias de muestras independientes, para determinar diferencias estadísticas entre los datos obtenidos en las fincas La Lama y Pavón. Se utilizó una prueba t usando el programa estadístico SAS ® 6.12.

La comparación de daños (insectos, hongos, calentamiento, germen café) se realizó entre el grano almacenado en San Pedro Sula y el almacenado en Tegucigalpa. Para estas mismas muestras se hizo la comparación entre tiempos promedios de almacenamiento (1 mes, 6 meses para maíz y recibo, 1 mes y 6 meses para sorgo). En éstas comparaciones se realizó un Análisis de Varianza y una prueba de diferencia de medias (DMS), utilizando un Alpha= 0.10. También, se realizó una comparación de pérdida de peso a causa de los daños antes mencionados. Esta comparación se obtuvo entre las medias de pérdida de peso para el grano almacenado en Tegucigalpa y el grano almacenado en San Pedro Sula. Se utilizó el programa computarizado SAS ® 6.12 para analizar los datos obtenidos en este estudio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pérdidas de campo

En el Cuadro 1, se observa que el rendimiento potencial, calculado para sorgo fue significativamente mayor para la finca La Lama, la cual muestra una producción potencial de 34.25 qq/ha superior a la finca Pavón, esto se debió probablemente a las diferencias en el factor suelo entre las dos localidades. Las pérdidas evaluadas (acame y derrame) fueron similares estadísticamente en ambas fincas. El rendimiento esperado, muestra una variación entre ambas fincas; producto del diferencial de rendimiento potencial existente y la igualdad entre las pérdidas observadas.

Cuadro 1. Rendimiento potencial, pérdidas por acame, pérdidas por derrame y rendimiento esperado, evaluados en los campos de producción de sorgo rojo de la empresa CADECA en las fincas La Lama y Pavón, Cortes, Honduras, 1999.

Localidad	Rendimiento potencial calculado (qq/ha)	Pérdidas por acame (qq/ha)	Pérdidas por derrame (qq/ha)	Rendimiento esperado (qq/ha)
La Lama	133.00 a	4.72 a	7.18 a	121.10
Pavón	98.75 b	3.65 a	14.25 a	80.85

* Promedios seguidos por letras distintas en una misma columna, son estadísticamente diferentes $P \leq 0.10$.

Las pérdidas encontradas son estadísticamente iguales en ambas fincas, pero el porcentaje que estas representan con respecto al rendimiento potencial de cada una difiere considerablemente. Como se observa en el cuadro 2, el porcentaje de pérdidas totales de Pavón es un poco más del doble que el porcentaje de pérdidas encontradas en La Lama. Los porcentajes promedio de pérdidas por acame y por derrame oscilan en el rango de valores reportados por Bragachini (1992), quien encontró 3.12% de pérdidas por acame y 8.12% de pérdida por efecto del derrame en la cosechadora. Por consiguiente, no se encontró mejora alguna en la disminución de pérdidas a la cosecha entre las pérdidas reportadas en la literatura y las encontradas en este estudio.

Cuadro 2. Porcentaje de pérdidas por acame, pérdidas por derrame y pérdidas totales, con respecto al rendimiento potencial evaluado, en los campos de producción de sorgo rojo de CADECA, en las fincas de La Lama y Pavón, Cortes, Honduras, 1999.

Localidad	Rendimiento potencial calculado (qq/ha)	Pérdidas por acame (%)	Pérdidas por derrame (%)	TOTAL (%)
La Lama	133.00	3.54	5.40	8.94
Pavón	98.75	3.70	14.43	18.13

Se encontró una marcada diferencia en la eficiencia de cosecha entre las dos fincas evaluadas (Cuadro 3). Este patrón de comportamiento está directamente relacionado con la infestación de malezas en el campo de cosecha, ya que en la finca Pavón, se encontró el mayor problema de enmalezamiento, lo que causó una grave disminución de la eficiencia de cosecha y por consiguiente una disminución del rendimiento total. El promedio de eficiencia en la cosecha entre la finca La Lama y Pavón (85.5%), es congruente con el 89% reportado por Bragachini (1992), por lo tanto, al igual que las pérdidas antes evaluadas no se encontró mejora alguna entre la eficiencia de cosecha en este estudio y el reportado en estudios anteriores.

Cuadro 3. Eficiencia de la máquina cosechadora, en la cosecha de sorgo de los proyectos de producción de CADECA en las fincas La Lama y Pavón, para el ciclo de primera de 1999.

Localidad	Rendimiento (qq/ha)	Derrame de la cosechadora (qq/ha)	Eficiencia (%)
La Lama	133.00	5.41	96
Pavón	98.75	14.48	75

4.2 Pérdidas en el almacenamiento

4.2.1 Pérdidas en almacenamiento para maíz

No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre el grano almacenado en San Pedro Sula y el almacenado en Tegucigalpa (Cuadro 4), el porcentaje de daño total fue estadísticamente igual en ambas localidades. Existe una diferencia estadística significativa entre los daños totales encontrados a un mes y los de 6 meses de almacenamiento, lo que indica que no se mantiene la calidad inicial del grano de maíz almacenado en las dos localidades.

Los porcentajes promedio de daños totales observados en el cuadro 4, sobrepasan el límite de la categoría más baja de clasificación de granos utilizada, en donde se clasifica como grano "Según Muestra" (S/M) pues el porcentaje total de daño supera el 10%. El incremento en daños observado, trae consigo cambios en cantidad y calidad del grano

almacenado, ya que según Othón (1996), los granos dañados pierden calidad debido a cambios químicos importantes que ocurren dentro de las células.

Cuadro 4. Daño total (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y el sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento	
San Pedro Sula	Tegucigalpa	1 Mes	6 Meses
15.68 a	13.89 a	10.91 b	16.38 a

* Promedios seguidos de la misma letra en la columna localidad, son estadísticamente iguales $P \geq 0.10$. Promedios seguidos de letras distintas en la columna tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente diferentes $P \leq 0.10$.

La diferencia de porcentaje de daño por insectos (Cuadro 5), es significativa tanto para las localidades como para los diferentes tiempos de almacenamiento. Se observa un incremento de 1.27% en el daño causado por insectos desde el primer mes de almacenamiento hasta los 6 meses, lo que indica problemas en el control de estos puesto que los daños van incrementando en el transcurso del tiempo de almacén. Los daños por esta causa fueron aproximadamente tres veces mayores para el maíz almacenado en Tegucigalpa, ya que se encontraron mayores infestaciones de insectos comparado con el grano almacenado en San Pedro Sula.

Es muy posible que esta diferencia de daños se deba a una ineficiente fumigación de las estructuras de almacenamiento, causada básicamente por el mal estado en que estas se encuentran, permitiendo el ingreso de agua, insectos y lo más importante, no brindan los requisitos de hermeticidad necesarios para una buena fumigación y control de insectos. Aun cuando el grano de maíz almacenado en San Pedro Sula y Tegucigalpa procede de diferentes zonas y es diferente entre sí (maíz amarillo importado en San Pedro Sula y maíz blanco nacional en Tegucigalpa), la diferencia de daño por insectos encontrada se le atribuye al efecto de la localidad por las altas infestaciones de insectos encontradas en el maíz almacenado en Tegucigalpa, las cuales en San Pedro Sula fueron mucho menor.

Cuadro 5. Daño por insectos (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento	
San Pedro Sula	Tegucigalpa	1 Mes	6 Meses
0.54 b	1.80 a	0.37 b	1.64 a

* Promedios seguidos de letras distintas para las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente diferentes entre sí $P \leq 0.10$.

Respecto al daño causado por hongos (Cuadro 6), se encontró la presencia de estos sobre la superficie del grano, producto de las altas temperaturas y alta humedad pues el agua de lluvia penetraba las laminas perforadas de los silos de almacenamiento, es posible que estos hongos aun no hayan causado síntomas de daño en los granos por lo que el análisis resulto no significativo. Estas deficiencias del almacén se encontraron más que todo en el grano almacenado en Tegucigalpa, no así en el grano almacenado en San Pedro Sula, en donde las estructuras de almacenamiento se encontraban en mejores condiciones.

La diferencia encontrada referente a daños por hongos (Cuadro 6) no fue significativa tanto para las zonas como para los tiempos promedio de almacenamiento. Es decir que aun cuando las diferencias de daño encontradas para Tegucigalpa y para 6 meses de almacenamiento son casi el doble que las encontradas en San Pedro Sula y a un mes de almacenamiento consideramos que son iguales para las condiciones del estudio. Es importante hacer notar que aún cuando no existe diferencia estadística significativa entre los valores evaluados, la apreciación económica es muy diferente debido a que el daño es considerablemente mayor en Tegucigalpa, además de que existe un alto incremento del mismo a partir de un mes de almacenamiento.

Cuadro 6. Daño por hongos (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento	
San Pedro Sula	Tegucigalpa	1 Mes	6 Meses
0.76 a	1.60 a	0.58 a	1.53 a

* Promedios seguidos de la misma letra, para las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente iguales entre sí $P \geq 0.10$.

Aun cuando las diferencias de daño por calentamiento, entre las dos localidades y entre los dos tiempos de almacenamiento (Cuadro 7) no resultó significativa se puede observar que este es el daño más importante en porcentaje. En el caso de los silos de Tegucigalpa, el sistema de termocuplas o sensores de temperatura dentro de la estructura de almacenamiento no se encuentra funcionando, por lo que no se puede registrar los cambios bruscos de temperatura en la masa de grano en general y poder tomar una decisión de ventilación para reducir el daño causado por calor. En San Pedro Sula, el sistema de registro de temperatura si funciona y se utiliza y aunque no se registran las temperaturas tomadas se procede a la ventilación tomando en cuenta dicho factor, el mayor problema en esta localidad se debe básicamente a que el grano muestreado era importado y contenía altos daños por calentamiento.

Cuadro 7. Daño por calentamiento (%) en almacenamiento de maíz en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula durante el primer y sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento	
San Pedro Sula	Tegucigalpa	1 Mes	6 Meses
5.66 a	2.53 a	3.10 a	4.26 a

* Promedios seguidos de la misma letra, para las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente iguales entre sí $P \geq 0.10$.

4.2.2 Pérdidas en almacenamiento para sorgo

En el Cuadro 8, se presentan los daños totales para el sorgo almacenado en San Pedro Sula y Tegucigalpa cuya comparación resultó no significativa, al igual que la diferencia en la comparación de medias de los tiempos de almacenamiento, por lo tanto, los daños totales para sorgo, observados en tres tiempos de almacenamiento son iguales en los dos centros de acopio, es decir, que no se existe un incremento significativo a partir del momento recibo hasta los 6 meses de almacenamiento, aunque es importante hacer notar el alto porcentaje de daño al recibo.

Cuadro 8. Daño total (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento		
San Pedro Sula	Tegucigalpa	Recibo	1 mes	6 meses
13.27 a	9.06 a	10.35 a	9.69 a	13.09 a

* Promedios seguidos de la misma letra en las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente iguales $P \geq 0.10$.

Los daños causados por insectos al grano de sorgo almacenado fueron igual de significativos para Tegucigalpa y San Pedro Sula, mostrando significancia estadística para las diferencias encontradas entre los distintos tiempos promedios de almacenamiento (Cuadro 9). Se puede observar que existe un incremento de daños por insectos entre el grano al momento del recibo y el grano de un mes de almacenado, igual relación se encontró entre el grano de un mes de almacenado y el de 6 meses. La relación que muestra la comparación de daños entre el grano al momento del recibo y a los 6 meses de almacenamiento es un tanto contradictoria y el resultado se le atribuye al efecto del muestreo.

Cuadro 9. Daño por insectos (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento		
San Pedro Sula	Tegucigalpa	Recibo	1 mes	6 meses
0.45 a	0.30 a	0.13 b	0.97 a	0.34 b

* Promedios seguidos de la misma letra en la columna localidad, son estadísticamente iguales $P \geq 0.10$. Promedios seguidos de distinta letra en la columna tiempo promedio de almacenamiento son estadísticamente diferentes $P \leq 0.10$.

En la evaluación del daño causado por hongos, no se encontró diferencia significativa entre el grano almacenado en San Pedro Sula y Tegucigalpa. De la misma forma, la diferencia de daño encontrada entre los tres tiempos de almacenamiento tampoco fue significativa (Cuadro 10). Esto nos indica que la diferencia de temperatura y humedad relativa entre las dos localidades no causaron diferencias significativas en lo que a daño por hongos corresponde, por consiguiente bajo las condiciones de almacenamiento actual en ambas localidades, no existen incrementos alarmantes de daño por hongos a medida transcurre el tiempo de almacenamiento, ya que el ambiente de almacenaje no es el adecuado para su desarrollo. Resulta necesario aclarar que los daños por hongos evaluados son desde el punto de vista físico del grano, sin incluir variaciones químicas en la composición del grano como ser el incremento en la producción de micotoxinas.

Cuadro 10. Daño por hongos (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento		
San Pedro Sula	Tegucigalpa	Recibo	1 mes	6 meses
2.48 a	1.57 a	2.26 a	1.90 a	1.88 a

* Promedios seguidos de la misma letra en las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente iguales $P \geq 0.10$.

Las diferencias de medias para daño por calor son iguales para San Pedro Sula y Tegucigalpa y para los diferentes tiempos de almacenamiento, es decir que el manejo en ambas plantas de almacenamiento es igual. Por esta razón se puede afirmar que el sorgo no presenta mayores cambios en el porcentaje de daños durante el proceso de almacenamiento, tanto en la planta de procesamiento de Tegucigalpa como en la de San Pedro Sula.

Cuadro 11. Daño por calentamiento (%) en almacenamiento de sorgo en CADECA, en las plantas receptoras de Tegucigalpa y San Pedro Sula, al momento del recibo, al primer y al sexto mes de almacenamiento, en 1999.

Localidad		Tiempo promedio de almacenamiento		
San Pedro Sula	Tegucigalpa	Recibo	1 mes	6 meses
3.37 a	4.08 a	3.86 a	3.39 a	3.78 a

* Promedios seguidos de la misma letra en las columnas Localidad y Tiempo promedio de almacenamiento, son estadísticamente iguales $P \geq 0.10$.

4.3 Clasificación de daños para sorgo

En la Figura 1, se observa la ilustración gráfica del comportamiento de las diferentes causas de pérdidas en el sorgo almacenado en San Pedro Sula.

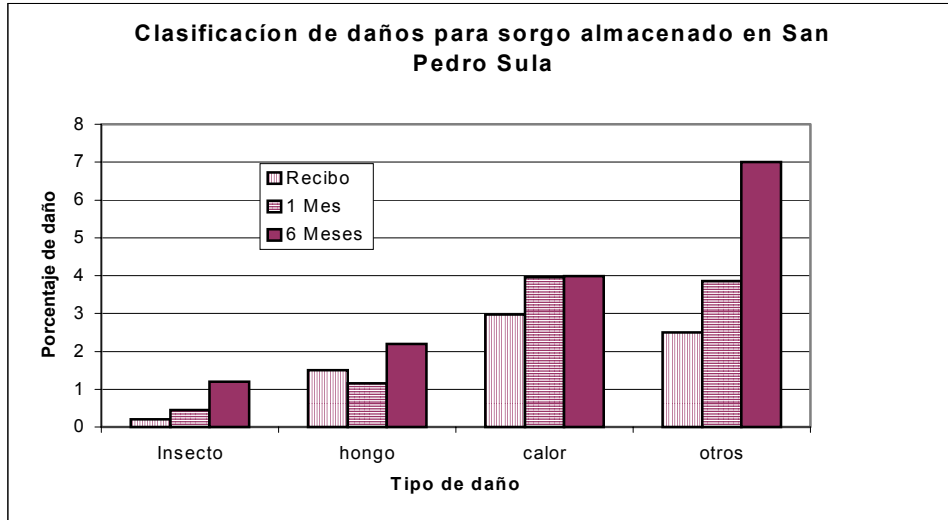


Figura 1. Clasificación de daño por insectos, hongo, calor y otros en grano de sorgo en San Pedro Sula al momento del recibo, a un mes y a seis meses de almacenamiento.

El mayor porcentaje de daño se debe al efecto del calor, el cual alcanza valores de 4%. El sorgo es muy susceptible a este tipo de daño, mas aún cuando se cosecha a contenidos altos de humedad (>22%), como fue el caso de las fincas evaluadas; esto explica el alto porcentaje de este daño al momento del recibo. Los daños causados por insectos y hongos son menores en porcentaje, pero muestran una tendencia creciente a medida transcurre el tiempo de almacenado, pues las estructuras de almacenamiento no son del todo herméticas por lo que permiten el desarrollo de estos agentes causantes de daño.

La Figura 2, muestra el comportamiento de los daños encontrados en el sorgo almacenado en Tegucigalpa.

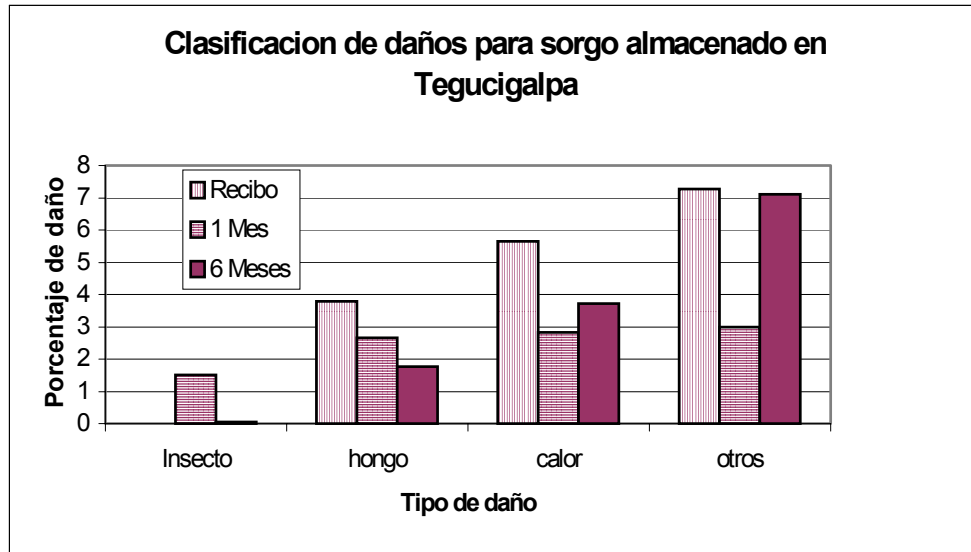


Figura 2. Clasificación de daño por insecto, hongo, calor y otros en grano de sorgo rojo en Tegucigalpa al momento del recibo, a un mes y a seis meses de almacenamiento.

Al igual que el sorgo almacenado en San Pedro Sula, los daños más importantes en el sorgo almacenado en Tegucigalpa (Figura 2) son los causados por hongos y por calentamiento. Un dato importante de observar es el alto porcentaje de daños al momento de recibir el grano del campo, esto se debe a que se cosecha el sorgo a un contenido de humedad muy alto ($> 22\%$) por lo que se incrementa rápidamente la temperatura del grano. Esto, combinado con altas temperaturas, la humedad relativa prevaleciente y el tiempo que transcurre desde que se cosecha hasta que el grano llega a la planta de almacenamiento, son los factores principales para que el grano comience su proceso de deterioración, lo que causa daños irreversibles aun cuando el tiempo que permanezca en estas condiciones sea corto.

En general, los tipos de daños evaluados, presentan un incremento en porcentaje a medida transcurre el tiempo de almacenamiento, es decir, que no se cumple el principio básico de almacenamiento que es el de mantener la calidad del grano hasta el momento de su procesamiento.

4.4 Clasificación de daños para maíz

En la Figura 3, se observa en forma gráfica los promedios de daño para maíz almacenado en San Pedro Sula, a un mes y a seis meses de almacenamiento.

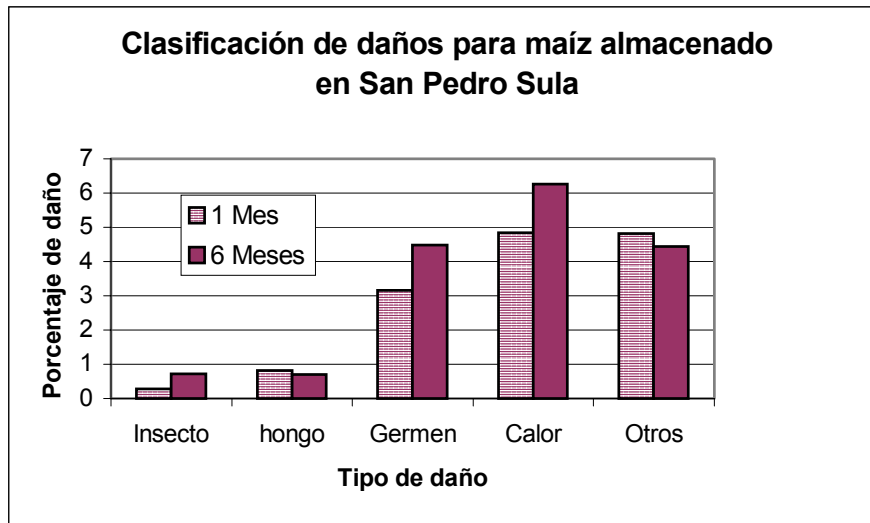


Figura 3. Clasificación de daños por insecto, hongo, germen café, calor y otros en grano de maíz amarillo en San Pedro Sula, a un mes y seis meses de almacenamiento.

En el maíz a diferencia del sorgo, no se realizó análisis de calidad al momento del recibo pues no hubo la oportunidad de tomar muestras a ese tiempo; la comparación de daños se limitó a granos que tenían un mes y seis meses de almacenamiento promedio. Los daños causados por germen café y calentamiento fueron los más importantes, los cuales se encuentran en un rango de 3-6 % (Figura 3).

La Figura 4, muestra el comportamiento gráfico de los promedios de daños para el maíz do en Tegucigalpa, a un mes y seis meses de almacenamiento

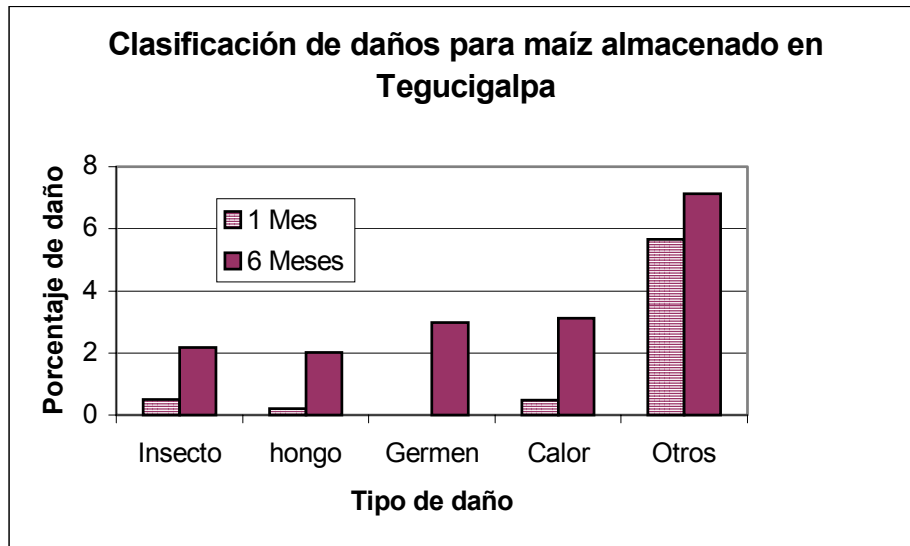


Figura 4. Clasificación de daños por insecto, hongo, germen café, calor y otros en grano de maíz en Tegucigalpa, a un mes y seis meses de almacenamiento.

Al igual que el maíz almacenado en San Pedro Sula (Figura 3), los mayores daños encontrados en Tegucigalpa se deben al efecto del calor y de germen café (Figura 4). Es importante contrastar el comportamiento de estos daños en las dos localidades ya que se puede ver que el incremento en daño a partir de un mes de almacenado a los 6 meses es muy poco en el grano almacenado en San Pedro Sula, esto comparándolo con el incremento de esos daños en el grano almacenado en Tegucigalpa. Es decir, que el incremento en daño debido a estos factores es mayor en Tegucigalpa que en San Pedro Sula.

Un punto importante a considerar es que las muestras de maíz tomadas en San Pedro Sula, eran de maíz amarillo proveniente de los Estados Unidos de Norteamérica, clasificado como calidad US # 2, pero los daños por calentamiento y hongos eran bastante altos al momento de muestreo. Es decir que estos daños no deben considerarse como causados por un mal almacenamiento. Sin embargo en Tegucigalpa, donde el grano almacenado provenía de producción nacional, la situación de almacenamiento es diferente pues en el muestreo de un mes los daños por estos factores (germen café, calentamiento y hongos) son bastante bajos, lo que nos lleva a concluir que la diferencia de daño encontrada a seis meses de almacenamiento se debe a factores de manejo en la respectiva planta de almacenamiento.

4.5 Porcentaje de pérdidas de peso

Se calculó el porcentaje de pérdida de peso en grano almacenado, a causa de los daños que ha recibido durante el proceso de deterioración en almacenamiento. Esto se realizó mediante la fórmula descrita por Kenton *et al.*, 1976.

$$((\text{PGS} * \text{NGD} - \text{NGS} * \text{PGD}) / (\text{PGS} * 1000)) * 100 = \text{Porcentaje de pérdida de peso}$$

PGS= peso de grano sano

NGS= número de grano sano

NGD= número de grano dañado

PGD= peso de grano dañado

El Cuadro 12, muestra los resultados de la evaluación estadística de los datos promedios de pérdida de peso para maíz almacenado en las plantas de acopio de San Pedro Sula y Tegucigalpa.

Cuadro 12. Pérdida de peso, para grano de maíz en San Pedro Sula y Tegucigalpa, durante seis meses de almacenamiento.

Localidad	Número de muestras	Promedio de pérdidas de peso (%)	Probabilidad
San Pedro Sula	7	1.65	P ≤ 0.10
Tegucigalpa	11	3.87	

Se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de pérdida de peso promedio para el grano de maíz almacenado durante seis meses en San Pedro Sula (1.65%) y Tegucigalpa (3.87%). Cabe mencionar que la pérdida de peso se determina mediante la comparación de pesos entre grano dañado y grano sano.

Las pérdidas de granos encontradas en este estudio, tanto en el campo como en el almacén, han sido clasificadas en pérdidas físicas y pérdidas de calidad.

En las evaluaciones realizadas en las fincas de producción, las pérdidas encontradas son muy altas y traen como consecuencia pérdidas económicas muy importantes, pues en uno de los casos asciende a 21% de la producción total. Las pérdidas por acame encontradas, figuran entre un 3-4% del total de pérdidas.

La siguiente evaluación realizada corresponde a pérdidas por derrame en el suelo, es decir la cantidad total que queda en el campo después de cosechado el grano. El principal factor de estas pérdidas es la máquina cosechadora, pues aunque el cultivo presentaba una buena

uniformidad de altura de panoja, se presentaron factores como la alta infestación de malezas en el campo de cultivo, malas condiciones del suelo para cosecha (exceso de humedad) y defectos en la calibración de la maquinaria que favorecían el derrame de grano.

La importancia de los análisis de calidad realizados al grano en almacenamiento, radica en el hecho de que este grano es utilizado para la formulación de raciones alimenticias, el cual al ser dañado por los factores evaluados reduce su calidad y trae como consecuencia resultados inesperados en la producción animal. Bajo circunstancias adecuadas pueden causar graves daños, como es el caso de hongos y la producción de sus toxinas, en muchas ocasiones se encontró en los silos importantes brotes de hongos a causa de la penetración de humedad al grano almacenado. Aun cuando no se realizaron análisis de micotoxinas en el estudio, los daños que estos microorganismos causan en la alimentación animal son muy importantes y se deben manejar con mucho cuidado.

Los daños por insectos son otro factor de mucha importancia para este estudio. Se encontró que estos daños son mayores en los almacenes de Tegucigalpa, aun cuando las dosis de fumigación utilizadas son las recomendadas. La baja eficiencia de estas fumigaciones se debe a la poca capacidad de hermetismo que tienen las estructuras de almacenamiento, requisito indispensable para una eficiente fumigación y control de insectos.

El otro factor causante de importantes daños es el calor, que provoca cambios en la composición química de los granos y al igual que los daños por insectos su efecto es mayor en el grano almacenado en Tegucigalpa producto también del mal funcionamiento del sistema del monitoreo de temperatura por lo que no se puede determinar el momento oportuno de aireación.

4.6 Resumen de pérdidas

En la realización de estudio, se encontró que las pérdidas físicas en el campo al momento de la cosecha eran bastante altas. Promediando las pérdidas encontradas en cada finca obtenemos una pérdida de 15 qq/ha de grano sano, al extrapolar esta pérdida para toda el área sembrada observamos que las pérdidas en el campo son muy altas. Lo cual afecta directamente a CADECA porque deja de recibir gran cantidad de materia prima para la fabricación de alimentos balanceados.

Mediante los análisis de calidad realizados a lo largo del estudio se determinó una serie de daños (insectos, hongos, calentamiento) que figuran en un rango de 10-15% del grano total almacenado, estos daños traen consigo la deterioración de la calidad general del grano almacenado. Estos daños son fáciles de clasificar y separar en la muestra de grano y proyectarlo para el volumen total almacenado, pero es muy difícil determinar las pérdidas económicas incurridas por cada daño en particular ya que el grano físicamente es utilizado en la fabricación de alimentos balanceados pero la calidad final del producto obtenido no será igual a que si lo hubiéramos realizado con materia prima en perfectas condiciones.

Se realizó una evaluación de pérdidas de peso en el grano almacenado, a causa de los daños antes mencionados. Esto considerando el diferencial de peso existente entre un grano dañado por cualquier factor y un grano sano, ambos procedentes del mismo lote de almacenamiento.

4.7 Pérdidas monetarias

Los niveles de pérdidas encontrados en el campo durante la cosecha de sorgo rojo en los campos de producción de CADECA; ascienden a US\$ 115.91/ha para la finca La Lama y a US\$ 174.34/ha para la finca Pavón (Cuadro 13). Estas pérdidas son altas considerando el nivel de tecnología utilizado. Se deben tomar medidas para reducir el impacto económico negativo que estas pérdidas causan a la empresa.

Cuadro 13. Pérdidas monetarias/ha (US\$), durante la cosecha de sorgo rojo en las fincas La Lama y Pavón, en el ciclo de primera, 1999.

Localidad	Pérdida/ha (qq)	Precio/qq (US\$)*	Pérdida monetaria (US\$/ha)
La Lama	11.90	9.74	115.91
Pavón	17.90	9.74	174.34

* Fuente: Sistema de información de precios de mercado de productos agrícolas de Honduras (SIMPAH). 1 US\$ = 14.60 Lempiras.

Durante el almacenamiento de 6 meses se encontró una disminución de peso debido a daños en el grano (insectos, hongos, calentamiento, germen café) de 3.87% en el maíz almacenado en Tegucigalpa, y de 1.65% para el maíz almacenado en San Pedro Sula, en el mismo período de tiempo. En el cuadro 14, se observa que por cada 1,000 qq de maíz almacenado durante 6 meses se pierde US\$ 139.09 en la planta de San Pedro Sula y US\$ 326.24 en la planta de Tegucigalpa, tomando como base un precio de US\$ 8.43/qq.

Cuadro 14. Pérdidas monetarias (US\$) por cada 1,000 qq de maíz almacenado en las plantas receptoras de grano de San Pedro Sula y Tegucigalpa durante seis meses promedio de almacenamiento.

Localidad	Pérdida de peso (%)	Pérdida (qq) por cada 1000 qq almacenados	Precio/qq* (US\$)	Pérdida monetaria (US\$)
San Pedro Sula	1.65	16.5	8.43	139.09
Tegucigalpa	3.87	38.7	8.43	326.24

* Fuente: Sistema de información de precios de mercado de productos agrícolas de Honduras (SIMPAH). 1 US\$= 14.60 Lempiras.

Considerando las pérdidas monetarias observadas por qq, la empresa CADECA deja de percibir una cantidad significativa de efectivo debido a las pérdidas de campo y almacén. Por lo cual, deben tomarse acciones inmediatas tanto preventivas como correctivas para minimizar el impacto económico de las pérdidas.

5. CONCLUSIONES

1. Los rendimientos esperados, calculados para sorgo rojo, son un 15% menor que los rendimientos potenciales observados en las fincas de Pavón y La Lama. Aún con esta disminución superan en un 100% el rendimiento promedio a nivel nacional, que es de 40 qq/ha. Es importante mencionar que existe una amplia diferencia en la tecnología de cosecha utilizada por pequeños productores y la utilizada por CADECA; sin embargo, las pérdidas representan porcentajes similares en ambos casos.
2. Las pérdidas encontradas en la finca La Lama fueron de 8.94% con respecto al rendimiento potencial, resultando en un rendimiento real de 121.1 qq/ha. Para la finca Pavón, el porcentaje de pérdidas fue de 18.13% lo que produjo un rendimiento esperado de 80.85 qq/ha.
3. La mayor causa de pérdidas al momento de la cosecha de sorgo, se debe a la dificultad de la labor por la alta incidencia de malezas, lo que provoca un mayor derrame de grano.
4. La cosecha con contenidos de humedad en el grano muy altos (>22%) en la finca Pavón, combinado con la tardanza en el transporte del grano del campo a la planta de almacenamiento, provocó una rápida deterioración del mismo por efecto de sobrecalentamiento.
5. Los daños totales en almacenamiento de maíz son de 15%, conformados en su mayor parte por germen café y calentamiento. En el sorgo, los daños totales suman un 11%, debiéndose en su mayoría a efectos del calor y los hongos.
6. Los granos almacenados en Tegucigalpa presentan un mayor incremento de daños a partir del momento de recibo, debido a que las estructuras de almacenamiento no se encuentran en las condiciones óptimas.
7. La pérdida de peso evaluada por grano dañado fue mayor en el maíz almacenado en Tegucigalpa (3.87%) comparada con la de San Pedro Sula que fue de 1.65%.

6. RECOMENDACIONES

1. Realizar un mejor control de malezas en los campos de cultivos, ya que no solo causan pérdidas físicas en el campo, sino también contaminan el grano y reducen su calidad.
2. Supervisar las calibraciones de la máquina cosechadora junto a los operadores, ya que son máquinas viejas que generalmente fallan muy frecuentemente, ocasionando pérdidas innecesarias.
3. Sincronizar mejor las siembras para evitar cosechar el grano a alta humedad (>22%) debido a condiciones lluviosas, puesto que las zonas evaluadas son fácilmente inundadas por las inundaciones.
4. Realizar un análisis de calidad a las muestras de grano al momento de almacenarlo, para llevar un mejor registro y determinar mejor las causas de deterioro.
5. Las muestras de humedad que se toman para recibir el grano en el almacén deben realizarse con un aparato más confiable, ya que el medidor portátil que se utiliza en San Pedro Sula muestra mucha variación en las lecturas.
6. Reparar las estructuras físicas de almacenamiento y los sistemas de control de temperatura, principalmente en los almacenes de Tegucigalpa, que son los que presentan mayores daños.
7. Es necesario reforzar las estructuras de almacenamiento para brindar una mayor seguridad al operario, ya que presentan problemas para realizar un buen manejo y manipulación del grano.
8. Mejorar el control y registro de los cambios en el grano una vez almacenado, mediante análisis de calidad realizados mensualmente.
9. Resulta necesario la realización de estudios posteriores en las áreas de control de insectos, hongos, manejo de la aireación para reducir el daño por calor, y cosecha. Estos son los factores que se han encontrado con mayores deficiencias en este estudio y que causan las mayores pérdidas económicas.

8. BIBLIOGRAFIA

- BRAGACHINI, M. 1992. Maíz: cosecha, secado y almacenamiento. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Córdoba, Argentina. 40 p.
- CASINI, C. 1992. Cosecha anticipada y secado. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Córdoba, Argentina. 39 p.
- De LUCIA, 1993. La ingeniería agraria en el desarrollo, manejo y tratamiento de granos postcosecha. FAO. Roma, Italia. 160 P
- De DIOS, 1987. Encuentro Latinoamericano sobre el almacenamiento y conservación de granos básicos. 1987. México, D.F. 369 p.
- FAO, 1993. El maíz en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y el Desarrollo. Roma, Italia. 172 p.
- FAO, 1985. Datos Agroclimatológicos para América Latina y El Caribe. Roma, Italia. 400 p.
- GAVIRIA, J. 1989. Control de calidad de granos. Ediagro Ltda. Bogotá, Colombia. 199 p.
- HALL, D.W. 1971. Manipulación y almacenamiento de granos alimenticios en las zonas tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y el Desarrollo. Roma, Italia. 400 p.
- KENTON, H. CARL, L. 1976. Postharvest grain loss assessment methods. American Association of Cereal Chemist. Slough, England. 191 p.
- NUÑEZ, R. 1995. El mercado de maíz y sorgo en Honduras. Proyecto de Análisis y Ejecución de Políticas Económicas, Secretaria de Recursos Naturales. Tegucigalpa, Honduras, C.A. 67 p.
- OTHON, S. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. México D.F, Instituto de Estudios Superiores de Monterrey. 521 p.
- QUACKENBUSH, F.W. 1963. Corn carotenoids: effects of temperature and moisture on losses during storage. FAO. Roma, Italia. 269 p.
- SAUER, D.B. 1992. Storage of cereal grains and their products. Cuarta edición. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota 615 p.

SCHNEIDER, K. 1987. Pérdidas postcosecha. Proyecto Poscosecha. EAP-COSUDE. 32 pg.

SCHNEIDER, K. 1992. Factores relacionados con los cambios de los granos almacenados. Proyecto Postcosecha. EAP-COSUDE. 6 p.

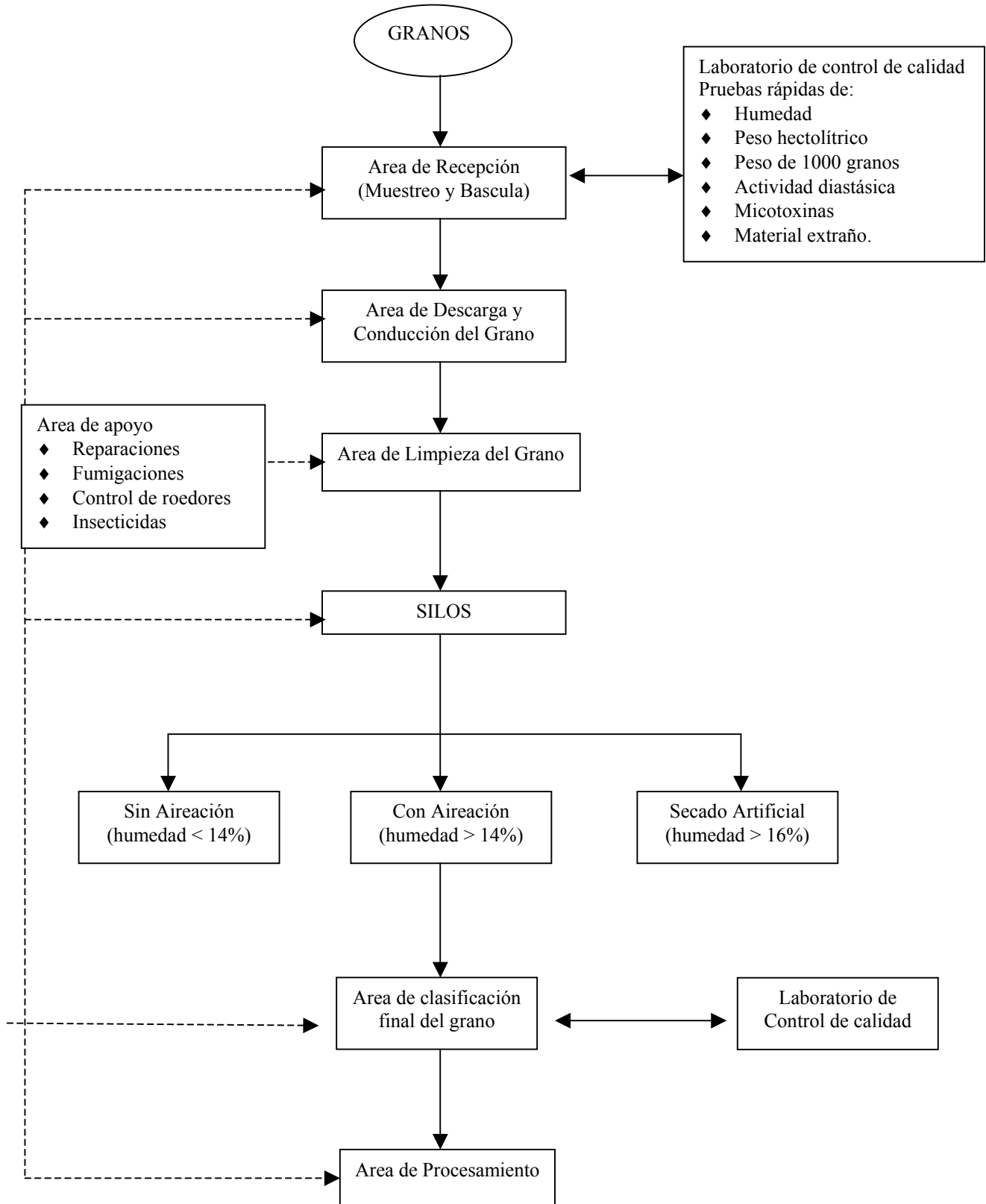
SCHNEIDER, K. 1995a. Insectos. Proyecto Postcosecha. EAP-COSUDE. 26 p.

SCHNEIDER, K. 1995b. Microorganismos, su importancia y control. Proyecto Postcosecha. EAP-COSUDE. 13 p.

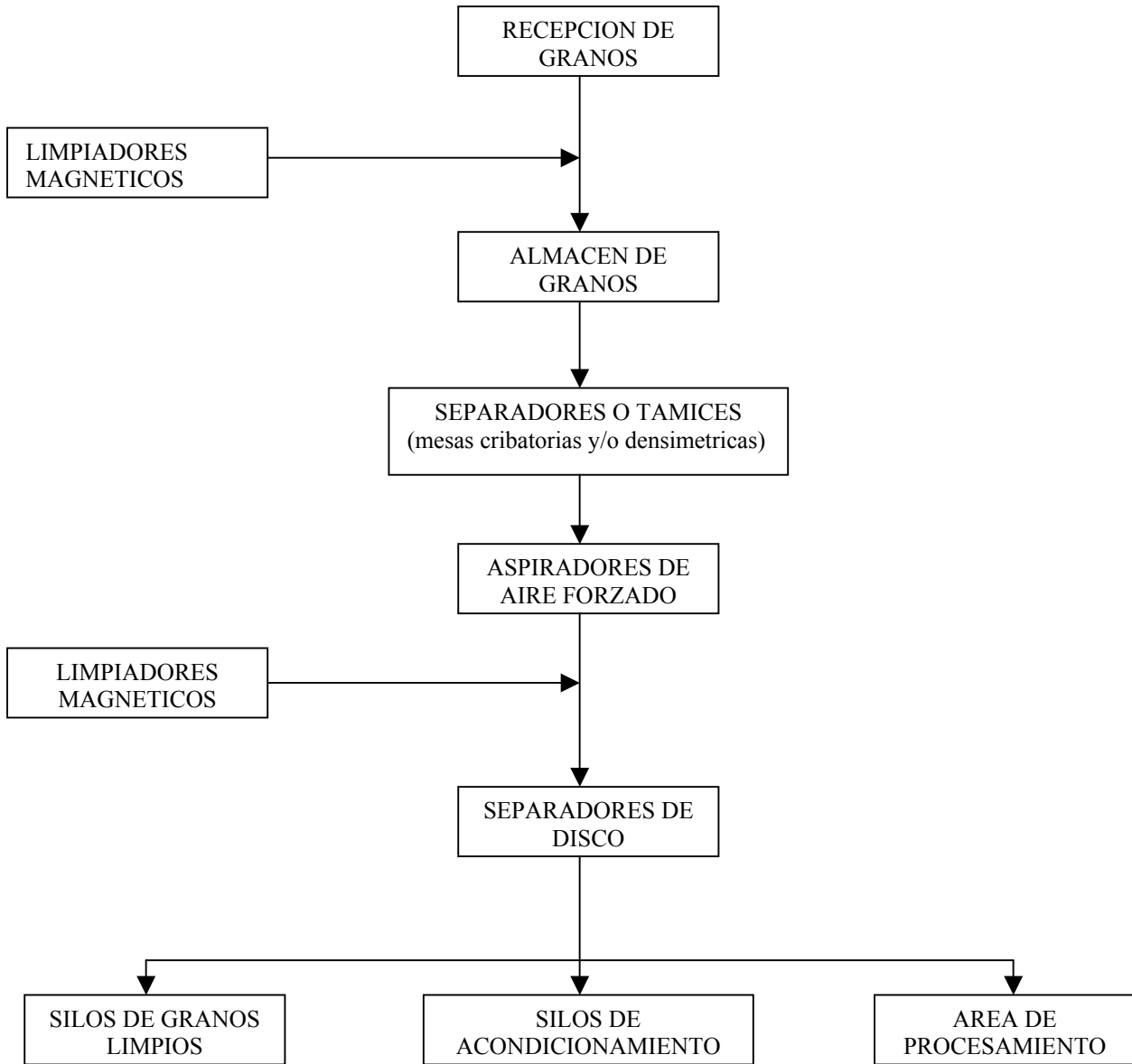
SCHNEIDER, K. 1995c. Roedores. Proyecto Postcosecha. EAP-COSUDE. 30 p.

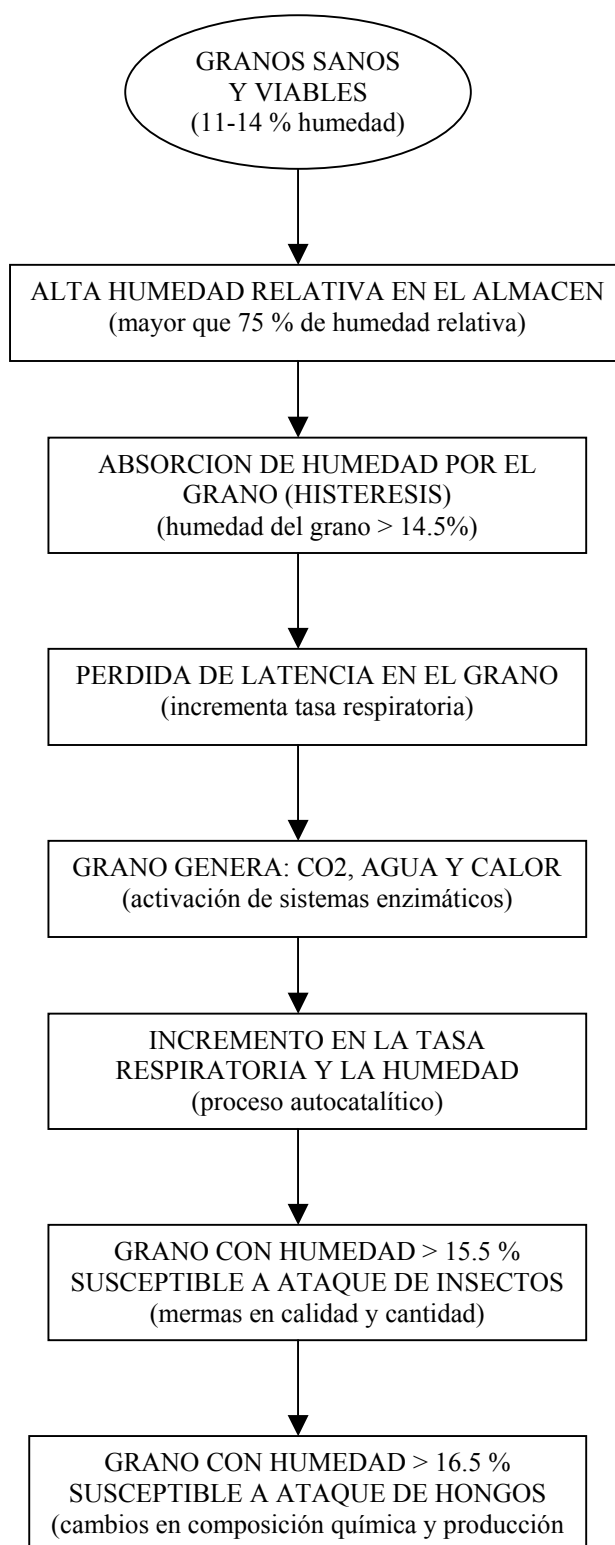
ANEXOS

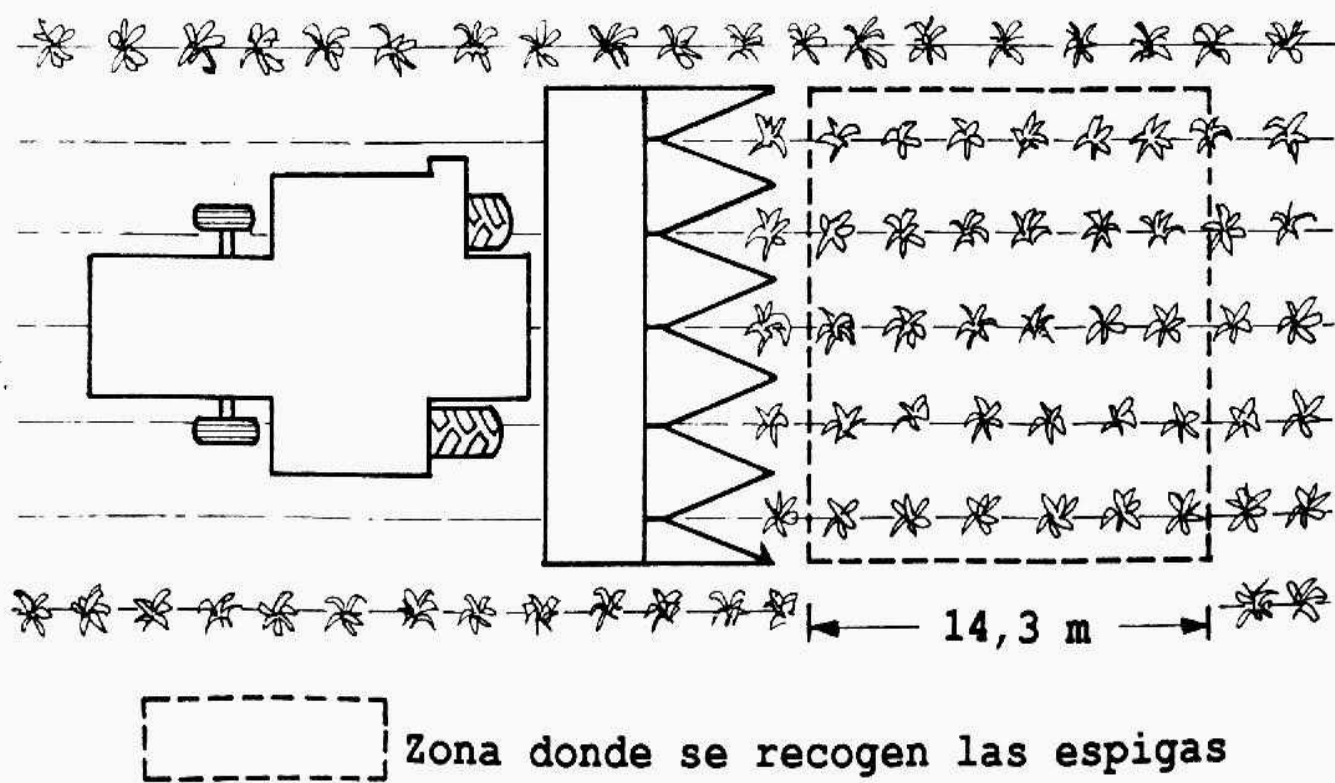
Anexo 1. Operaciones básicas para el manejo de granos en una planta de almacenamiento comercial.



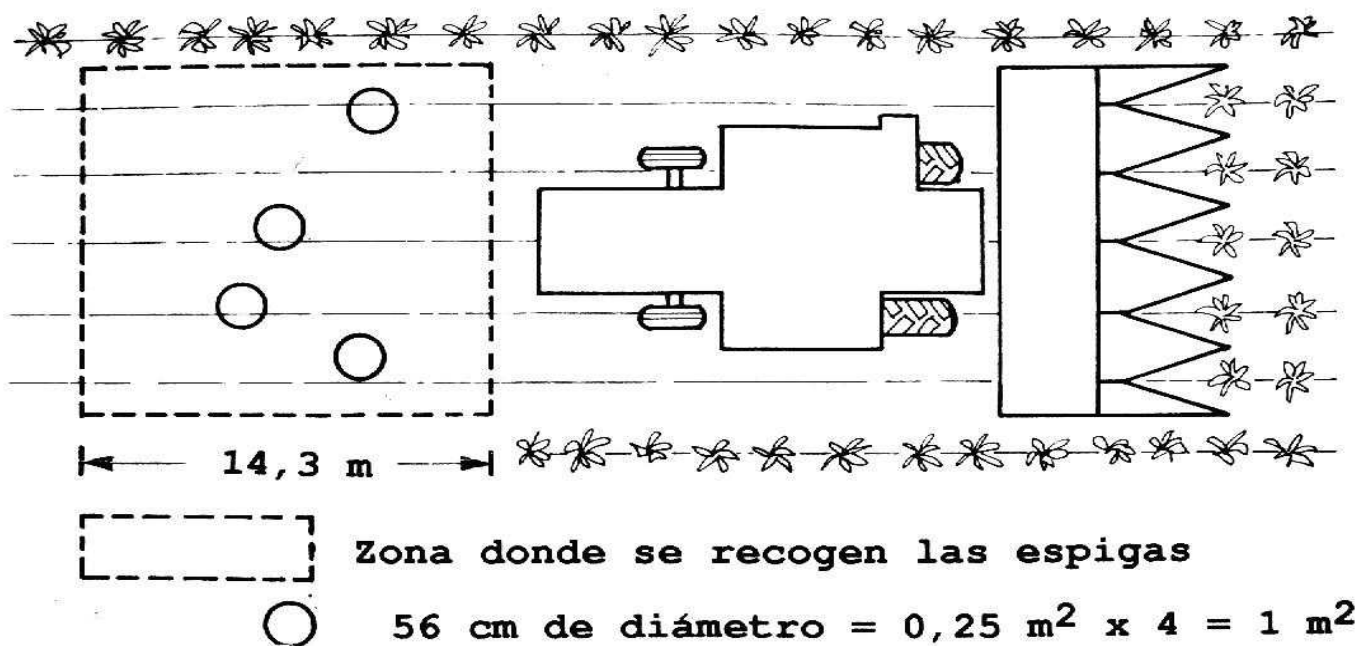
Anexo 2. Diagrama de flujo de las operaciones comúnmente aplicadas para la limpieza de granos en una planta de almacenamiento comercial.



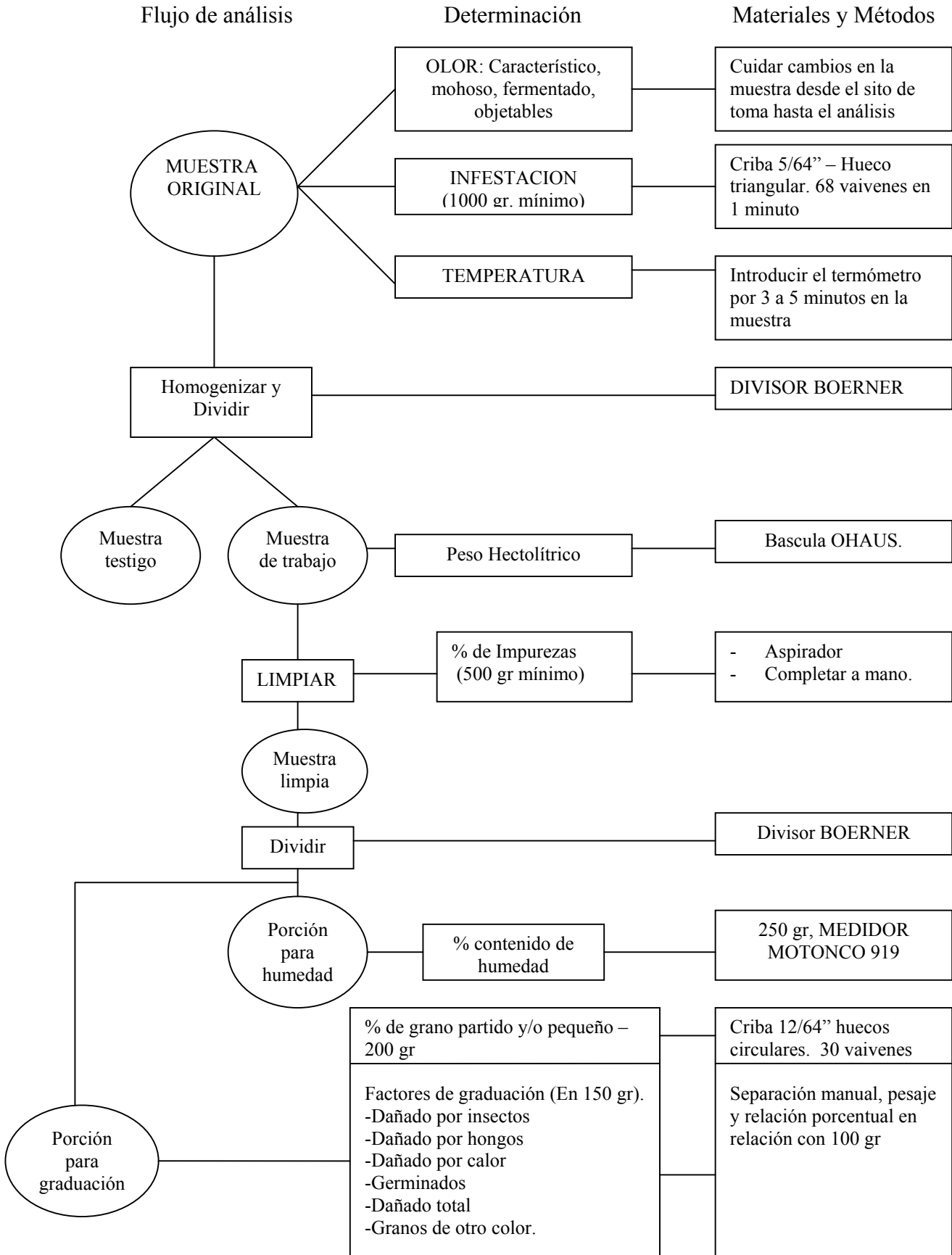
Anexo 3. Proceso progresivo de deterioro de granos en almacenamiento

Anexo 4. Metodología para la evaluación de pérdidas precosecha.

Anexo 5. Metodología para la evaluación de pérdidas postcosecha.



Anexo 6. Esquema de la metodología para análisis de calidad en maíz



Anexo 7. Esquema de la metodología para el análisis de calidad en sorgo.

