

ALTERNATIVAS DE SECADO Y ALMACENAMIENTO
DE SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y SU EFECTO
EN LA CALIDAD

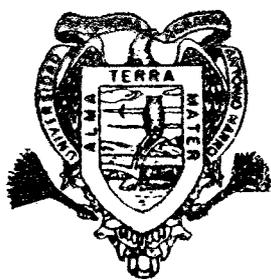
MARIANELA DEL SOCORRO KAUFFMANN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo, Coah.

AGOSTO DE 1999

**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"**

Subdirección de Postgrado

**ALTERNATIVAS DE SECADO Y ALMACENAMIENTO DE SEMILLA
DE MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD**

TESIS

POR

MARIANELA DEL SOCORRO KAUFFMANN

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

Comité Particular

Asesor Principal:

M.C. Federico Facio Parra

Asesor:

M.C. Antonio Valdés Oyarvide

Asesor :

M.C. Leticia A. Bustamante García

Asesor:

M.C. José Luis Quemé de León

Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto de 1999

AGRADECIMIENTOS

Al Pueblo de Nicaragua, por haberme otorgado la beca para realizar mis estudios de maestría a través del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.

Al Ing. M.C. José Manuel Bravo Oporta por depositar su confianza en mí como profesional.

Al Maestro Federico Facio Parra por sus valiosos aportes al presente trabajo, lo cual hizo posible que la presente investigación llegara a su culminación, y por su gran amistad que me brindó.

Al Ing. MC José Luis Quemé por su invaluable apoyo técnico científico, reconociendo su capacidad profesional.

A la Maestra Leticia A. Bustamante García por su gran calidad humana y profesional.

Al Maestro Antonio Valdés Oyervides por su gran ayuda en la revisión y la ejecución de este trabajo.

Al Maestro José Angel Daniel González y estudiantes de la generación primavera- verano 1998, por su colaboración durante la ejecución de este trabajo

A la Sra. Nelly de Quemé por su amistad y su apoyo incondicional.

A la familia Hernández Gutiérrez por abrirme las puertas de su casa cuando llegué a este país.

A la Lic. Martha Ruiz Alvarez por sus gestiones y apoyo brindado durante mis estudios.

A mi amigos Juan Manuel Piña, José Angel Lezcano y Rocío Parada por brindarme su amistad, respeto y cariño.

Al pueblo Mexicano por haberme dado la oportunidad a través de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” de aprender los conocimientos transmitidos por sus maestros.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en mi formación profesional.

A todos, Gracias.

DEDICATORIA

A Dios, por sobre todas las cosas,

por concederme salud y fortaleza para poder llevar a cabo otra meta más en mi vida.

A mi querido esposo Fernando,

por compartir mis aspiraciones y brindarme todo su amor y su apoyo para que yo pudiera culminar mis estudios.

A mi madre Fanny,

ese ser tan noble que una vez más me ha demostrado su inmenso amor.

A mis hijos, Carlos Fernando y Génesis,

que me han servido de motivación para seguir adelante.

A mis queridos hermanos, Carlos, Abraham y Elman (+)

COMPENDIO
ALTERNATIVAS DE SECADO Y ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS
DE MAIZ (*Zea mays* L.) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD
POR
MARIANELA DEL SOCORRO KAUFFMANN
MAESTRIA
TECNOLOGIA DE SEMILLAS
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, AGOSTO DE 1999
M.C. Federico Facio Parra -Asesor-

Palabras clave: semillas de maíz, sistemas de secado, calidad de semilla, almacenamiento.

La presente investigación fue realizada con el objetivo de identificar una alternativa de secado y almacenamiento mediante la evaluación de diferentes sistemas de acuerdo a la calidad fisiológica, física y sanitaria de semilla de maíz, así como determinar el tiempo de secado para cada método.

El trabajo consistió en secar la semilla bajo los sistemas de secado artificial (SA), caseta de secado (CS), secado solar (SS) y el secado en el campo (AM).

Estos cuatro tratamientos de secado dieron origen a siete tratamientos relacionados con el almacenamiento, de los cuales cuatro fueron envasados en sacos de polipropileno (AP) provenientes de los cuatro sistemas de secado (AP-SA, AP-CS, AP-SS y AP-AM) y los otros tres tratamientos permanecieron almacenados en las mismas condiciones en donde se dio el tratamiento de secado (A-CS, A-SS y A-AM).

El presente estudio tuvo una duración de 120 días, monitoreando la calidad de la semilla en diferentes períodos.

Los resultados indican que el menor tiempo de secado (dos días) fue bajo el sistema artificial, seguido por la caseta de secado y el secado solar; (26 y 33 días respectivamente) siendo el amonado el que tuvo mayor duración en el secado de 53 días.

Los métodos de secado artificial, solar y caseta de secado resultaron ser adecuados, por no tener efecto en los componentes de calidad fisiológica en cuanto a germinación estándar, vigor mediante el envejecimiento acelerado y el peso seco de plántula. Los cuatro métodos de secado influyeron en la disminución de la humedad del grano lo cual se reflejó en el peso de mil semillas y peso volumétrico al inicio y final del secado, así

también se determinó que los métodos de secado disminuyeron la incidencia de *Fusarium* spp, siendo muy leve esta disminución para el amonado.

Los sistemas de almacenamiento más adecuados resultaron ser el AP-SA y AP-CS y A-CS; los dos primeros corresponden a tratamientos que se envasaron en sacos de polipropileno con semillas a granel provenientes de los sistemas de secado artificial y caseta de secado respectivamente y el último corresponde al almacenamiento en mazorcas en la caseta de secado (A-CS), puesto que no influyeron en los componentes de calidad fisiológica relacionados con la germinación estándar, el vigor mediante el envejecimiento acelerado y el primer conteo.

A los 120 días fue más relevante el deterioro de calidad en los sistemas de almacenamiento en saco de polipropileno con semilla proveniente del campo (AP-AM) y la semilla que permaneció en el campo (A-AM).

Se determinó que la caseta de secado es una alternativa de secado y almacenamiento en la producción de semillas de maíz.

ABSTRACT

ALTERNATIVES FOR DRYING AND STORING MAIZE SEED (*Zea mays* L.) AND THE INFLUENCE UPON SEED QUALITY

BY

MARIANELA DEL SOCORRO KAUFFMANN

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. AUGUST 1999

M.C. Federico Facio Parra- Advisor-

Key words: maize seed, drying systems, seed quality, storage.

The objective of this research work was to identify an alternative for drying and storing maize seeds by the evaluation of different systems in relation to the physiological, physical and sanitary seed quality, as well as to determine the drying time for each method.

The comparison of different drying systems included artificial drying (AD), drying shelter (DSh), solar drying (SD), and drying under field conditions (FD).

These, combined with the storage methods after the drying process resulted in seven drying- storing treatments: Those for seed packaged in polypropylene bags (AD-PB, DSh-PB, SD-PB, and FD-PB) and three additional whose seed remained stored in the same conditions where the drying process occurred (DSh- S, SD-S and FD-S).

Soon after the drying procees and during a storage period of 120 days, the seed quality was assessed for germination, vigor, physical attributes and health condition.

The results indicate that the shortest drying time (2 days) was under the artificial system, followed by the drying shelter, and the solar drying (26 and 33 days respectively) while the drying under field conditions required the longest period of time (53 days).

The artificial drying, solar drying and drying shelter resulted adequate since they had not detrimental effects upon the physiological quality as for standard germination and vigor measured by accelerated aging technique, and seedling dry weight. These drying systems influenced the seed moisture content which was reflected in the thousand and volumetric seed weight at the initial and final seed quality assessment. It was also evident that the drying systems reduced the incidence of *Fusarium* spp, being the reduction very slight under field drying conditions.

The most suitable storage systems were AD-PB, DSh-PB, and DSh-S. For the first two treatments the seed was packaged in polypropylene bags after artificial drying and shelter drying respectively. The last one refers to ear storage in the drying shelter (DSh-S), since they did not influence the components of physiological quality related to standard germination and vigor as assessed in the accelerated aging test and first count in standard germination.

At 120 days the damage in seed quality was more relevant for the seed dried under field conditions and stored in polypropylene bags, as well as for seed which stayed in the field the whole period of time.

It was concluded that the drying shelter was the most adequate alternative for maize seed drying -storing in maize seed production for small farm conditions.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	<i>xiv</i>
INDICE DE FIGURAS.....	<i>xvii</i>
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis.....	4
II. REVISION DE LITERATURA.....	5
Secado.....	5
Concepto.....	5
Propiedades del Aire y su Efecto en el Secado.....	6
Importancia del Secado.....	8
Calidad de las Semillas.....	9
Secado y su Relación con Calidad.....	12
Sistemas de Secado.....	13
Secado Artificial.....	13
Secado con Aire Natural.....	16
Secado Solar.....	20
Almacenamiento.....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
Localización y Descripción de las Localidades.....	27
Material Genético.....	28
Producción de la Semilla.....	29
Preparación del Terreno.....	29
Siembra.....	29
Fertilización.....	29
Riegos.....	30
Control de Malezas.....	30
Control de Plagas.....	30
Desmezcles.....	31
Cosecha.....	31
Tratamientos.....	32
Secado.....	32
Almacenamiento.....	32

Descripción de los tratamientos de secado	33
Secado Artificial.....	33
Caseta de Secado.....	36
Secado Solar.....	38
Amonado.....	42
Descripción de los Tratamientos para el Almacenamiento	44
Variables Evaluadas	45
Contenido de Humedad.....	45
Calidad Física.....	46
Calidad Fisiológica.....	47
Análisis Estadístico	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	56
Tiempo de Secado	56
Efecto del Secado Sobre la Calidad de la Semilla	62
Calidad Fisiológica.....	62
Calidad Física.....	70
Calidad Sanitaria.....	74
Efecto del Almacenamiento Sobre la Calidad de la Semilla	78
Calidad Fisiológica.....	78
Calidad Física.....	90
Calidad Sanitaria.....	94
V. CONCLUSIONES	99
VI. RESUMEN	102
VII. LITERATURA CITADA	105
VIII. APENDICE	113

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
4.1.	Tiempo de secado en los diferentes sistemas de secado.	57
4.2.	Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del secado de semilla de maíz.	63
4.3.	Medias de tratamientos para las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del secado de semillas de maíz.	64
4.4.	Comparación de las variables evaluadas de calidad fisiológica inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz bajo diferentes sistemas.	66
4.5.	Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad física evaluadas al final del secado de semillas de maíz.	71
4.6.	Medias de tratamientos para las variables de calidad física evaluadas al final del secado de semillas de maíz.	71
4.7.	Comparaciones de las variables evaluadas de calidad física inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz, bajo diferentes sistemas.	73
4.8.	Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de la variable de calidad sanitaria evaluada al final del secado de semillas de maíz.	74
4.9.	Medias de tratamientos para la variable relacionada con <i>Fusarium</i> spp. evaluada al final del secado de semillas de maíz.	75

Cuadro No.	Página
4.10. Comparaciones de la variable evaluada de calidad sanitaria inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz, bajo diferentes sistemas.	76
4.11. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad fisiológica al final del almacenamiento de semillas de maíz, a los 120 días.	78
4.12. Medias de tratamientos para las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del almacenamiento de semillas de maíz, a los 120 días.	81
4.13. Análisis de regresión lineal simple para primer conteo (%) por tratamiento.	82
4.14. Análisis de regresión lineal simple para germinación estándar (%) por tratamiento.	84
4.15. Análisis de regresión lineal simple para el envejecimiento acelerado (%) por tratamiento.	87
4.16. Análisis de regresión lineal simple para el peso seco (mg/ plántula) por tratamiento.	89
4.17. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad física al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.	91
4.18. Medias de tratamientos para las variables de calidad física evaluadas al final del almacenamiento a los 120 días.	91
4.19. Análisis de regresión simple para el peso de mil semillas (g) por tratamiento.	92
4.20. Análisis de regresión simple para el peso volumétrico (kg/hl) por tratamiento.	94
4.21. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de la variable	

Cuadro No.		Página
	de calidad sanitaria al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.	95
4.22.	Medias de tratamientos para la variable de calidad sanitaria evaluada al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.	95
4.23.	Análisis de regresión simple para la variable de calidad sanitaria (<i>Fusarium</i> spp) (%) por tratamiento.	96

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
3.1.	Secador artificial.	35
3.2.	Caseta de secado, utilizada para secar mazorca.	37
3.3.	Caseta de secado con colector solar, utilizada en el experimento.	40
3.4.	Secado en la planta (amonado).	43
4.1.	Resultados de germinación estándar (a), envejecimiento acelerado (b) y peso seco (c) antes y después del secado.	68
4.2.	Presencia de <i>Fusarium</i> spp antes y después del secado.	77
4.3.	Comportamiento del primer conteo a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.	83
4.4.	Comportamiento de la germinación estándar a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.	85
4.5.	Comportamiento del envejecimiento acelerado a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.	88
4.6.	Comportamiento del peso seco a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.	90
4.7.	Comportamiento del peso de mil semillas para los diferentes sistemas de almacenamiento a través del tiempo.	93
4.8.	Comportamiento de la presencia de <i>Fusarium</i> spp para los diferentes sistemas de almacenamiento a través del tiempo.	97

I. INTRODUCCION

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas, su nombre científico es *Zea mays* L. Es un cultivo importante dado que constituye la base de la dieta para gran parte de la población humana la cual lo consume en forma directa. En forma indirecta los productos y subproductos del maíz son utilizados por la población urbana y rural, para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros. Se conoce que el maíz participa en la elaboración de más de 2400 productos industriales.

En México, la importancia del maíz se le atribuye a su papel como elemento básico en la dieta alimenticia, una segunda condición es que el rastrojo es utilizado como fuente de forraje lo que contribuye al mantenimiento de la ganadería y una tercera condición es la mayor superficie que ocupa con alrededor de ocho millones de hectáreas sembradas anualmente.

No obstante que este cultivo seguirá siendo el más importante en el país, existen factores que repercuten en la baja productividad, entre los que se puede mencionar el poco uso de semilla de buena calidad en apenas un siete por ciento de la superficie total cultivada, debido a la poca disponibilidad de semilla de buena calidad y falta de programas de

transferencia que promuevan su uso, variedades con bajo potencial de rendimiento, deficiente manejo agronómico y un desconocimiento de tecnología apropiada en la etapa posproducción, bajo el sistema de agricultores de bajos recursos.

La semilla de maíz, constituye una tecnología con un valor estratégico en los paquetes tecnológicos, puesto que es uno de los insumos más baratos que permiten obtener una mayor eficiencia productiva de los recursos productivos.

Para constituir una tecnología altamente productiva, la semilla debe reunir los atributos de calidad genética, fisiológica, física y sanitaria, los cuales se logran mediante metodologías apropiadas en el mejoramiento genético, en la agronomía de producción, la cosecha, secamiento, acondicionamiento y el almacenamiento.

El problema de no tener acceso a la semilla mejorada, debido a factores técnicos, sociales y económicos, ha ocasionado que los pequeños agricultores en la mayoría de los casos produzcan su propia semilla sin un manejo adecuado que requiere el proceso de producción de semillas en las diferentes etapas, por desconocimiento de tecnología adecuada principalmente en la posproducción, sobre todo en las fases de secado y almacenamiento. Como ejemplos de prácticas deficientes se pueden mencionar el secado en la propia planta hasta que ésta alcance contenidos de

humedad relativamente bajos, o bien, cuando alcanza la madurez fisiológica, cortan la planta, completa con la mazorca, tirándola al suelo por algunos días, para secarla en el campo bajo diferentes arreglos siendo el amonado uno de ellos, dejando expuesta la semilla a condiciones adversas de conservación y con el deterioro correspondiente en la calidad de la semilla; al igual que el secado también en el almacenamiento existen prácticas de manejo inadecuado.

Dada esta problemática se propuso la presente investigación la cual está relacionada con la producción de semillas de maíz, incluyendo las etapas de secado y almacenamiento, las cuales se consideran de gran importancia bajo el sistema artesanal, y que deben considerarse en las estrategias agrícolas de los países en desarrollo.

Debido a lo anterior se planteó el presente estudio bajo los siguientes objetivos:

Objetivo General

Determinar una alternativa de secado y almacenamiento para la producción de semillas de maíz.

Objetivos Específicos

- Identificar el método más adecuado de secado y almacenamiento de acuerdo a la calidad fisiológica, física y sanitaria.

- Determinar el tiempo requerido de cada método de secado para disminuir la humedad de la semilla hasta un contenido de humedad seguro (12 por ciento) para su conservación.

Hipótesis

- Los métodos de secado y almacenamiento tienen efectos similares en la calidad de la semilla de maíz.
- No hay diferencia entre métodos de secado en cuanto al número de días que se requiere para disminuir el contenido de humedad de la semilla hasta el 12 por ciento.

II. REVISION DE LITERATURA

Secado

Concepto

El secado es un proceso en que hay intercambio simultáneo de calor y masa, entre el aire del ambiente de secado y los granos. En cambio en casos generales se define el secado como la operación unitaria responsable de la reducción del contenido de humedad de un producto, hasta un nivel que se considera seguro para el almacenamiento (Dalpasquale *et al.*, 1991).

Según Facio y Dávila (Sin fecha) mencionan que el secado es un proceso de vaporización donde el aire que pasa a través de la masa de semillas tiene dos funciones: es la fuente de calor para evaporar el agua de la semilla y sirve además como vehículo para transportar el agua evaporada fuera de la masa de semilla.

El objetivo fundamental del secado es la disminución del contenido de humedad de granos húmedos hasta dejarlos en un límite conveniente para garantizar su conservación en el almacenamiento. Es una forma indirecta para combatir plagas que atacan los granos almacenados y

asegurar su mejor conservación cuando se realiza de manera apropiada (Ramírez, 1984).

Así mismo, el secado se define como la remoción por medios térmicos del agua contenida dentro de los sólidos (Castillo, 1984).

Por secado se entiende la fase del sistema de operaciones de poscosecha durante la cual el producto se deshidrata rápidamente hasta una tasa de humedad llamada “de seguridad” (FAO, 1998).

Propiedades del Aire y su Efecto en el Secado

Humedad Relativa (HR)

Está definida como la relación que existe entre el peso del vapor de agua por metro cúbico de aire, con relación al peso de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire saturado a la misma temperatura y es expresada en forma de porcentaje.

Si la HR del aire es alta, la presión de vapor es alta también, generalmente las semillas absorberán humedad o se equilibrarán con el medio ambiente a muy altos contenidos de humedad. Para que el secado se lleve a cabo, es necesario que la HR del aire sea baja (CIAT, 1985).

Contenido de Humedad en Equilibrio (CHE)

La semilla como cualquier otro material higroscópico tiene la habilidad natural de absorber, retener o ceder la humedad.

Al momento en que el aire a una temperatura y humedad relativa dada, pase a través de las semillas habrá un intercambio de humedad en la semilla con el aire, a menos que exista un equilibrio entre ellas. Esta transferencia de humedad está determinada por el tipo de semilla, temperatura y humedad relativa del aire de secado.

Si la presión de vapor dentro de la semilla es mayor que la del aire que la rodea, la acción molecular hará que el vapor se mueva desde la semilla, si la del aire es mayor, la semilla tomará la humedad atmosférica para equilibrarse con ella. Cuando ambas presiones son iguales no habrá movimiento y se dice que la semilla está en equilibrio con su contenido de humedad. El contenido de humedad al cual pueden ser secadas las semillas, depende de la humedad relativa y temperatura del aire (Facio y Dávila, Sin fecha).

Cuando la velocidad a la que el producto pierde humedad con la circulación del aire del medio ambiente es idéntica a la velocidad con la que absorbe la humedad del aire que circula; se dice que está en equilibrio. El contenido de humedad presente en el producto en equilibrio es conocido como

contenido de humedad en equilibrio o equilibrio higroscópico (Sodha *et al.*, 1987).

Cuando un grano se encuentra durante un tiempo prolongado en un ambiente con determinada humedad relativa y temperatura, adquiere un contenido de humedad en equilibrio con dicho ambiente, es decir, no absorbe ni pierde agua, mientras el ambiente, por supuesto, no varíe su humedad y temperatura (de Dios, 1996).

Importancia del Secado

Al llegar a la madurez fisiológica los granos y/o semillas presentan además del contenido máximo de materia seca, un elevado porcentaje de agua. Esta condición acarrea algunas dificultades, pues las semillas no resisten procedimientos mecánicos de recolección y demás operaciones de acondicionamiento y almacenamiento, lo que implica la necesidad de reducir esta humedad a niveles seguros para su almacenamiento a través del secado (Dalpasquale *et al.*, 1991).

Según Aguirre y Peske (1992) cuando la semilla alcanza la madurez fisiológica por lo general ésta tiene un contenido de humedad superior al 13 por ciento, no obstante con este contenido de humedad no se logra un eficiente acondicionamiento y un mayor potencial de almacenamiento, por lo que se hace necesario realizar el secamiento a la mayor brevedad posible.

El secamiento de grano se debe realizar lo más pronto posible, después de la trilla, especialmente en lotes de semillas con alta humedad (mayor del 15 por ciento) si se quiere garantizar un almacenamiento seguro. Este paso es de importancia en el proceso de obtención de calidad y preservación de la calidad de la semilla (Camargo *et al.*, 1989).

Las semillas recién cosechadas, venidas del campo, pueden presentar en la mayoría de los casos un contenido de humedad inadecuado para ser almacenadas con seguridad por lo que se requiere ser secadas. Esta operación es importante porque un alto contenido durante el almacenamiento es una de las principales causas de pérdida del poder germinativo y del vigor de las semillas (Carvalho y Nakagawa, 1983).

Calidad de las Semillas

La calidad de la semilla es el conjunto de cualidades genéticas, fisiológicas, sanitarias y físicas, que dan a la semilla su capacidad para dar origen a plantas productivas. La debilidad de cualquiera de estos componentes no permiten que la semilla pueda expresar su verdadero potencial.

Dentro del componente genético se incluyen los atributos como productividad, precocidad, calidad del grano, resistencias y otros; en el fisiológico está la facultad de la semilla de germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas, así como, el nivel de madurez alcanzado,

humedad, tamaño, dormancia, peso específico/densidad y otros; en la calidad sanitaria se incluyen las características de resistencias y tolerancias a enfermedades; la calidad física típicamente se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto a la semilla, aspectos como color, tamaño, fracturas, uniformidad y otros, por ser visibles tienen un alto valor a la vista del agricultor (Garay, Sin fecha).

Las características de calidad son agrupadas en factores genéticos, principalmente pureza varietal; factores físicos, atributos que van desde el concepto tradicional de pureza, a la incidencia y severidad de daño mecánico y tamaño de la semilla; factores patológicos, tipo e incidencia de enfermedades; y factores fisiológicos, como germinación y vigor (Delouche,1986).

La pureza varietal, poder germinativo, el vigor, pureza física, la sanidad y el contenido de la humedad definen la calidad de semillas. (Arregocés *et al.*, (Sin fecha) y Moreno, 1996).

La calidad de la semilla puede expresarse como un nivel o grado de excelencia el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. De ahí que la semilla pueda ser superior, buena, mediana o pobre en calidad.

La calidad de una semilla se puede expresar como la integral de tres componentes (genético, fisiológico y sanitario) y las características físicas.

Componente genético, material genético superior; componente fisiológico, que la semilla sea viable, tenga alta capacidad de germinación y vigor; componente sanitario, libre de organismos portados en la semilla; características físicas, pureza analítica, peso de la semilla que es otro indicador de calidad, ya que el tamaño y peso influyen en el vigor y en la efectividad de las operaciones de acondicionamiento, éste puede ser medido por el peso de las semillas en cierto volumen (hectolitro) y el peso de mil semillas (Bustamante, 1998). La inclusión del peso hectolítrico se considera una medida racional, porque ha demostrado ser un parámetro muy significativo para señalar la calidad del maíz (de Dios, 1996).

La semilla es un insumo clave para el mejoramiento de la producción agrícola. Los atributos de la semilla son los que, en conjunto, constituyen la calidad de la misma y, por consiguiente, se les debe dar importancia. Estos atributos son de tipo analítico y de conjunto (Echandi, 1981).

El conocimiento o la determinación de la calidad de los granos está relacionado con el uso final de los mismos. Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que puedan tener los granos son muy diferentes. No es lo mismo la calidad demandada de un grano de maíz destinado a semilla que uno reservado para forraje (de Dios, 1996).

Secado y su Relación con Calidad

El secamiento es una operación esencial para el almacenamiento; en las circunstancias en que se lleva a cabo es también una operación muy riesgosa, pues se puede causar daño a la semilla, por temperaturas altas, por sobresecado, por secado muy rápido o muy lento, por daño mecánico durante el manejo, o por la mezcla de variedades (Aguirre y Peske,1992).

Una de las formas para conservar la calidad de los granos es a través del secado y del enfriamiento, ya que los granos secos y fríos mantienen la calidad nutritiva y tecnológica (valor de panificación, poder germinativo y otros) (Lasseran,1994).

Se ha encontrado que los granos de maíz secados artificialmente con un sistema de aire natural, no experimentaron ningún deterioro, el poder germinativo permanece inalterable (Rodríguez, 1991).

Las técnicas usadas para secar semillas no difieren mucho de aquellas usadas para secar granos. Sin embargo es necesario, tener un manejo más especializado si se pretende obtener un alto poder germinativo. En el secado, la temperatura de secado, velocidad de secado y el contenido de humedad inicial son los factores más críticos que afectan la germinación (Copeland,1976).

Moreno *et al.*, (1995) mencionan que la práctica de dejar los granos en el campo es la manera más favorable para el inicio acelerado de las pérdidas postcosecha tipo cuantitativo y cualitativo. El grano que se seca en el campo siempre tendrá daño físico y la calidad mermada.

Sistemas de Secado

Secado Artificial

Según Aguirre y Peske (1992) el secado artificial consiste en alterar las propiedades físicas del aire, aumentar su velocidad y temperatura y en algunos casos reducir su contenido de humedad para secar las semillas. Se pueden considerar tres sistemas de secamiento dependiendo de la forma que fluyan las semillas en el secamiento: secado estacionario, secado continuo y secado intermitente.

En el secamiento estacionario las semillas no se mueven durante el secado. Las variables que más influyen en este método son: humedad relativa, temperatura de secado, flujo de aire y volumen de aire. Al respecto, de Lucia y Assennato (1993) mencionan que en el secado estacionario, el secado de la masa de granos no se realiza de manera uniforme, a medida que se desplaza de abajo hacia arriba, el aire cede calor a los granos y absorbe humedad de éstos, perdiendo así su “poder secante”. Las capas inferiores se secarán más rápidamente que las superiores.

El secado continuo, a pesar de no ser recomendable para el secado de semilla por estar todo el tiempo que permanece en el secador en contacto con el aire caliente, si se puede llegar a utilizar, si se toman algunas precauciones tales como: temperatura, descarga, determinación de la humedad y limpieza del secador.

En el secado intermitente, la ventaja que ofrece es que las semillas entran en contacto con el aire caliente durante períodos cortos.

El secado artificial se realiza en un depósito para contener los granos con un sistema mecánico, de acuerdo al tipo de secador, que permite pasar un flujo de aire forzado por un ventilador con o sin fuente de calor a través del grano hasta que alcance el nivel de humedad requerido. Existen varios tipos de secadores que funcionan bajo este principio, como son los secadores estacionarios y de flujo continuo (Dávila, 1994).

El secado artificial es un método que permite secar los productos en plazos relativamente cortos, cualesquiera que sean las condiciones ambientales, no obstante este método resulta ser muy costoso para productores de escasos recursos.

En el secamiento artificial la temperatura de la semilla no debe estar por encima de los 40°C; por esta razón se debe controlar la temperatura del aire de secamiento con el fin de mantener este límite. Entre menor sea el contenido de humedad de la semilla, mejor soportará las altas temperaturas.

Si el contenido de humedad de la semilla es alto (>18 por ciento), no es aconsejable calentarla por encima de los 35°C; si la humedad es inferior al 18 por ciento, se puede calentar la semilla hasta los 40°C (Aguirre y Peske, 1992).

Facio y Dávila (Sin fecha) mencionan que aumentando la temperatura del aire se incrementa su capacidad para retener más agua, al mismo tiempo que aumenta su efectividad para secar semillas. Debido a esto es muy común calentar el aire de secado durante el proceso; sin embargo; existen restricciones en el manejo de la temperatura del aire dado que las semillas no pueden ser mantenidas arriba de 43°C, sin una disminución en germinación y vigor. Una temperatura de secado de 52°C, mata el germen de la mayoría de las especies.

Es universalmente aceptado que la temperatura de secado para semillas a altas temperaturas, no debe subir de 40°C. Esta afirmación, por sí sola, es incompleta, pues el tiempo de exposición del producto al aire de secado es un elemento que hay que considerar (Dalpasquale *et al.*, 1991).

Secador Experimental

El secador experimental diseñado por Dávila (1981) está formado por tres módulos individuales conectados entre sí por una tubería de PVC de 7.62 cm de diámetro. La fuente de calor y control de temperatura es independiente para cada módulo. La fuente de aire consiste en un ventilador

centrífugo, tipo aspas rectas atrasadas, con un motor trifásico de ½ H.P, 220/440 voltios, 50/60 Hertz. Con capacidad de soportar una presión estática de 12.7 a 15.2 cm de columna de agua.

Soto et al., (1995) construyeron este silo secador experimental basado en las recomendaciones de Dávila (1981) con el objetivo de evaluar diferentes temperaturas de secado artificial y su efecto en la germinación de semillas de sorgo.

Secado con Aire Natural

Se considera el secado dentro de este sistema, el secado en la propia planta, en patios o asoleaderos y depósitos abiertos que permiten el paso del aire natural a través de los granos. El uso de éstos se restringe a nivel de pequeños agricultores (trojes rústicos o metálicos para mazorcas) muy utilizados en el centro de México (Dávila, 1994).

Caseta de Secado

Es una estructura rústica la cual se utiliza en climas tropicales para el secado de mazorcas al aire libre aprovechando la ventilación natural y para almacenar mazorcas durante unos 3 ó 4 meses.

Consta de patas, piso, paredes y techo. El ancho de la caseta es de 70 centímetros, el alto varía de 1.5 a 2 metros, y el largo depende de la cantidad

de mazorcas que se quieran introducir (Programa Poscosecha –Poscosecha-, 1995).

Es una secadora eficaz, fácil de manejar, de bajo costo y de poco trabajo para construirse con cualquier material apropiado y local.

Es un almacén por 4-6 meses que protege bien el grano contra factores bióticos y abióticos cuando se siguen las recomendaciones de manejo, lo que permite disminuir las pérdidas ocasionadas por estos agentes (Programa Poscosecha –Poscosecha-, 1995).

Arias (1995) la define como una estructura simple construida a base de troncos de árboles o arbustos que crecen en la localidad o de tablas de desecho y malla de alambre.

En algunas regiones cálidas y húmedas, la proliferación de insectos puede ser tan grave, que aún los insecticidas son incapaces de controlar su multiplicación, en este caso se recomienda utilizar la caseta solamente para secar y no para almacén.

Está diseñada para almacenar mazorcas de maíz, con contenido de humedad superior al 30 por ciento. La humedad final del grano, será aquella que está en equilibrio con la humedad del medio ambiente. Los continuos humedecimientos y secamientos ocasionan fisuras en algunos granos, sin

que esto afecte considerablemente la calidad general del grano almacenado (FAO, 1998).

Según Arias (1995) menciona que las condiciones climáticas son muy importantes para determinar el ancho máximo que deberá tener la caseta, a mayor humedad relativa del ambiente menor ancho y a menor humedad relativa el ancho máximo de la troja puede ser de hasta 1.50 m.

Sin embargo, cuando se utilizan estos depósitos abiertos al viento para que en forma natural el aire pase a través de las semillas y elimine la humedad, el tiempo de secado es muy largo, éste depende de la intensidad y velocidad del viento y de la humedad relativa ambiental, si ésta es muy alta las semillas nunca alcanzarán un contenido de humedad seguro para almacenarse (CIAT, 1985).

Cuando el maíz se cosecha en mazorca con cierto porcentaje de humedad, se debe almacenar en depósitos especiales, llamados trojes, para su secado natural. En la actualidad son de forma rectangular, largos y angostos. Suelen tener una altura útil de 4 a 6 m, un espesor de 0.80 a 0.90 m y un largo variable, que depende de la producción cosechada, pero pueden llegar a 50 m. En Francia y Estados Unidos el sistema suele ser utilizado por aproximadamente 15 por ciento de los agricultores, que generalmente destina la cosecha al autoconsumo (de Dios, 1996).

Secado en Planta

Se llama así el secado del grano que se produce naturalmente en la planta en el campo, y que llega a la humedad apropiada para su conservación posterior.

Se origina en países o regiones donde las condiciones climáticas son estables y más bien secas en la época de maduración y cosecha del grano. Esta situación se presenta en Australia y Canadá (de Dios, 1996).

El secado en la planta está afectado por agentes naturales como el sol y el viento. Sin embargo dicho método es inadecuado por las elevadas pérdidas que produce, causada por efectos como lluvias que a posteriori facilitan la contaminación microbiana (Giner, 1994).

El secado en la planta es el método más utilizado cuando no se tienen recursos, algunos agricultores estiman que es más económico dejar secar en el campo las semillas, sin embargo es necesario analizar que en la producción de semillas la pérdida de los atributos de calidad (vigor, viabilidad, germinación, sanidad) ocurre durante su “almacenamiento” en el campo (CIAT, 1985).

En el medio rural la mayoría de los agricultores secan su grano en el campo de producción, hasta que éste alcance un contenido de humedad alrededor del 14 por ciento. En algunas zonas doblan la planta del maíz,

quedando la mazorca inclinada hacia el suelo; o bien, sin doblar las plantas. En otras regiones cortan las plantas de maíz con todo y mazorcas y las ponen a secar en el campo bajo diferentes arreglos en forma de pirámide, a lo que se le llama comúnmente amonado, por un período de 2 a 24 semanas (Moreno *et al.*, 1995).

Dalpasquale *et al.*, (1991) menciona que el secado natural realizado totalmente en el campo, es el que más se utiliza por los productores de maíz. Por la lentitud del proceso, el producto queda sujeto al ataque de plagas y al efecto de la intemperie lo que contribuye a aumentar las pérdidas.

En el secado natural, la exposición de los granos a los agentes atmosféricos y por consiguiente a la acción de animales dañinos (insectos, roedores, aves) y de microorganismos (moho) puede causar pérdidas al producto. Sin embargo, el secado natural se justifica bajo los contextos siguientes: cuando las condiciones atmosféricas son propicias para una reducción del contenido de humedad en un lapso de tiempo relativamente corto. Cuando las cantidades de grano son modestas y cuando la organización de la producción y las condiciones socioeconómicas no justifican los gastos correspondientes al secado artificial (de Lucia y Assennato, 1993).

Secado Solar

En este proceso de secado natural la diferencia fundamental con los otros métodos naturales es el aprovechamiento mejor de la energía solar.

Según Arkema (1994) el secado solar del grano está afectado por: radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, distribución de la temperatura del suelo y la distribución de la humedad y temperatura de la capa de granos. Cada uno de estos factores se detallan a continuación:

Radiación solar. Antes de calcular la radiación solar disponible en una localidad particular y el tiempo de secado solar de los granos se tienen que considerar algunas definiciones las cuales se describen de manera concisa: radiación directa la cual es recibida directamente del sol, radiación difusa es recibida indirectamente por el sol y radiación total o global que es la suma de la directa e indirecta.

Humedad relativa y temperatura del aire. La distribución diurna de la temperatura del bulbo seco en la tierra seguida por la radiación solar, con la máxima ocurre alrededor de 1.86 horas después del mediodía. La distribución de la temperatura de una localidad en particular puede ser predicha con precisión a partir de la temperatura máxima.

Velocidad del viento y la temperatura del suelo. La velocidad del viento varía con la altura arriba del suelo y se incrementa con la elevación. La distribución de la temperatura dentro del suelo depende de las condiciones climáticas, tipo de suelo y características del mismo.

Distribución de la capa de granos. En el secado solar el grano está distribuido sobre una superficie de 3 a 15 cm de espesor.

El uso de la energía solar para secar granos ha sido una práctica general en muchos países para cantidades pequeñas o medianas. Esta técnica es ventajosa para volúmenes reducidos, pues el ahorro de energía es considerable, la inversión escasa, y no afecta mayormente la calidad de los granos (Daspalquale *et al.*, 1991).

Nicol (1993) menciona que el secado solar está basado en el principio de conducir aire calentado por el sol a través de un colector y que atraviesa el producto.

Las ventajas que ofrece este sistema son que es posible controlar la temperatura, proteger la semilla de condiciones climáticas adversas y de la infestación por plagas, no obstante los costos son relativamente altos, capacidad limitada, así mismo el problema técnico de crear una suficiente corriente de aire en los secadores aún no ha sido resuelto.

Almacenamiento

Uno de los factores en la producción de semillas que tiene relevancia es el almacenamiento correcto de la semilla.

La conservación de los granos o semillas depende de su buena condición, es decir, sano, limpio y seco, que mantenga la condición del grano

almacenado y lo proteja de los factores adversos, durante un corto o largo período de almacenamiento (Ramírez, 1984 y FAO, 1982).

Arce y Chung (1988) mencionan que bajo condiciones pobres de almacenamiento los cambios físicos y funcionales se aceleran, mientras que bajo condiciones óptimas se retarda, sin embargo estos cambios pueden comenzar antes de que el grano sea cosechado. El objetivo principal del almacenamiento es mantener la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria de la semilla desde la etapa de la cosecha hasta la siembra siguiente. Los factores que influyen en el deterioro son el contenido de humedad, la temperatura, suministro de oxígeno y la condición de la semilla.

El almacenamiento de semillas se considera como una etapa, dentro del proceso de producción de semillas, la cual se inicia desde el momento en que ésta alcanza su madurez fisiológica en el campo, hasta que es sembrada nuevamente. Durante este período, la semilla sufre una serie de eventos deteriorativos, debido a diversos factores, que influyen significativamente sobre la calidad de la semilla, llegando incluso a causar la pérdida de germinación y su muerte (Vázquez, 1992).

El contenido de humedad en la semilla y la temperatura son los factores más importantes para el almacenamiento de la semilla. De los cuales, el contenido de humedad tiene más influencia en la longevidad de la semilla, de aquí la importancia del secado, ya que una semilla secada

apropiadamente podrá guardarse muy bien en temperaturas hasta de 90°F (32°C) bajo condiciones herméticas, y cuando la semilla presenta contenidos de humedad relativamente altos se mantendrán bien, solo si la temperatura es reducida bajo 50°F (10°C) (Delouche, 1978).

En términos prácticos, cada vez que se disminuye el contenido de humedad en uno por ciento, se duplica la longevidad de la semilla. Más que cualquier factor, la sobrevivencia de la semilla en el almacén depende de la humedad de la semilla que de cualquier otro factor (Garay *et al.*, 1989).

Según Moreno (1996) la gran relevancia de la humedad de la semilla radica en que es el factor más importante en su conservación, ya que favorece el desarrollo de insectos y hongos y tiene efectos sobre los procesos fisiológicos de la semilla, de los que dependen su pérdida de vigor y viabilidad. Para evitar el deterioro, se hace necesario disminuir el contenido de humedad mediante el secado.

Un alto contenido de humedad de las semillas causa un aumento significativo en los procesos funcionales de la semilla, lo que provoca una rápida declinación en la germinación y el vigor de las semillas. Las condiciones frías y secas son por tanto las más apropiadas para el almacenamiento de semillas (Baudet y Peske, Sin fecha).

A medida que aumenta el período de almacenamiento bajo condiciones de humedad relativa del 79 por ciento y 25°C de temperatura y

altos contenidos de humedad en la semilla, el porcentaje de germinación decrece hasta llegar a cero por ciento en 92 días en maíz y frijol (Lin, 1988).

En otros estudios similares, se observó en otros cultivos como la soya, que a humedades relativas altas 75 y 85 por ciento hubo pérdida de viabilidad de la semilla, la cual se acentuó a temperaturas más altas (Pardavé y Moreno, 1982). Asimismo, se encontró en soya que a medida que aumentó el contenido de humedad en la semilla, el período de almacenamiento y la humedad relativa, la germinación fue decreciendo (Sánchez *et al.*, 1971).

En otras especies como en el melón, también se ha reportado que el contenido de humedad influye en la invasión de hongos y en la germinación, los hongos de campo predominaron inmediatamente después de la cosecha y desaparecieron completamente después de seis meses de almacenamiento, incrementándose los hongos de almacén. La germinación fue decreciendo a medida que al almacenamiento se prolongó (Bankole, 1993).

Popinigis (1979) reporta que la relación entre el vigor y la germinación de un lote de semillas de maíz, almacenadas por 18 meses, existe una correlación altamente significativa entre el envejecimiento acelerado y la germinación. Cuanto mayor sea la germinación, tanto mayor será el vigor mediante las pruebas de envejecimiento acelerado.

El vigor mediante el envejecimiento acelerado se considera una prueba adecuada, ya que permite separar niveles de calidad (Molina *et al.*, 1992), y también es posible predecir la viabilidad de la semilla en el almacenamiento a través de esta prueba y que lógicamente el potencial de almacenamiento dependerá de las condiciones ambientales; a una alta humedad relativa del 100 por ciento y 40°C de temperatura, el vigor de la semilla mediante la prueba de envejecimiento acelerado tuvo una reducción al cero en 24 días, y bajo condiciones de la prueba a (38°C de temperatura y 75 por ciento de humedad relativa) la pérdida de la germinación a cero fue a los 40 días en maíz (Gowda *et al.*, 1996).

III. MATERIALES Y METODOS

Localización y Descripción de las Localidades

Por las características de la investigación que incluyó diferentes tratamientos relacionados con el secado y almacenamiento de maíz, hubo necesidad de realizar actividades de campo, de laboratorio y de almacenamiento de semillas. Por lo tanto, el estudio se realizó en dos localidades, siendo una de estas el Campo Experimental de Saltillo (CESAL) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la segunda el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

El Campo Experimental de Saltillo, se encuentra localizado en el Ejido Emiliano Zapata, municipio de Arteaga, al sureste del Estado de Coahuila de la República de México, a los 25°16' de latitud norte y 100°46' longitud oeste, a una altitud sobre el nivel del mar de 2040 m.

Se caracteriza por presentar una precipitación media anual de 400 mm, el clima es templado subhúmedo con una temperatura máxima de 34°C

y mínima de menos 10°C, la humedad relativa máxima es de 69 por ciento y la mínima de nueve por ciento.

La segunda localidad de la UAAAN, se encuentra ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a los 25° 23' latitud norte, 101° 00' longitud oeste; a una altura de 1743 msnm. La humedad relativa máxima es del 80 por ciento en los meses lluviosos y la más baja hasta 30 por ciento en promedio en los meses secos. El valor medio apenas alcanza el 60 por ciento en el año (Mendoza,1983).

Material Genético

Se utilizó una variedad de polinización libre (CAFIME) liberada por el Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA) del Estado de Durango en 1958, la cual tiene amplia adaptabilidad a alturas que van desde 1000 hasta 2000 msnm.

Esta variedad tiene una altura de planta de 2.0 m y una altura de mazorca de 0.9-1.0 m, los días a floración femenina es de 60, alcanza su madurez fisiológica en un período de 85 a 95 días, el ciclo vegetativo es precoz, su rendimiento promedio es de 3.0 ton/ha, dentro de otras características es tolerante al carbón de la espiga (*Sphacelotheca reiliana*), resistente al acame y la sequía. Las mazorcas son de forma cónica y con una longitud de 13.5-14.5 cm. El grano es de color blanco y con una textura semidentada (PRONASE, Sin fecha).

Producción de la Semilla

La semilla de la variedad CAFIME se obtuvo de un lote de producción para semilla en categoría registrada en una área de 3 ha en el cual se realizaron las siguientes actividades:

Preparación del Terreno

Consistió en un paso de arado y dos pasos de rastra con el propósito de tener un suelo bien mullido.

Siembra

Se realizó el siete de mayo bajo condiciones de riego en el ciclo agrícola primavera-verano de 1998, con una sembradora de tres surcos, a una distancia entre plantas de 0.20 m y 0.92 m entre surcos, obteniendo aproximadamente la densidad recomendada de 55 mil plantas por hectárea.

Fertilización

Se utilizaron 100 kg/ha de nitrógeno (N) y la misma dosis para P_2O_5 , aplicando al momento de la siembra el P_2O_5 , en su totalidad y sólo el 50 por ciento del N, el otro 50 por ciento de N se aplicó a los 40 días después de la siembra. Como fuente de nitrógeno se utilizó el sulfato de amonio al 20 por ciento y como fósforo, superfosfato simple de calcio al 20 por ciento.

Riegos

Se aplicó un riego de presiembra y posteriormente a la siembra se aplicaron los riegos cada 15 días utilizando el método de aspersión. Las etapas de aplicación fueron desde el desarrollo vegetativo hasta la etapa de llenado de grano.

Control de Malezas

Para evitar la competencia por agua, luz y nutrientes con el cultivo, éste se mantuvo libre de malezas. A los primeros 20 días después de la siembra se realizó la primera escarda y una segunda a los 40 días. El control químico se realizó con el herbicida 2-4 D en dosis de 2 l del producto disuelto en 200 l los cuales se aplicaron a una hectárea en la etapa preemergente del cultivo.

Control de Plagas

Una de las plagas que tuvo mayor presencia durante el desarrollo del cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y para su control se realizaron aplicaciones con carbaril granulado al cinco por ciento en dosis de 12 kg/ha, aplicado de forma manual con un bote tipo “salero” cuando el cultivo tenía una altura de 0.5 m y con un 30 por ciento de plantas dañadas. Una segunda aplicación se realizó con permetrina en dosis de 2 l/ha disuelto en 200 l de agua, para lo cual se utilizó una aspersora de tractor, la

aplicación se realizó cuando el cultivo se encontraba en la etapa de prefloración. Asimismo, se presentó en un tres por ciento de incidencia el carbón común conocido como huitlacoche (*Ustilago maydis*), para lo que se realizó la eliminación de plantas enfermas.

Desmezcles

Con el objetivo de eliminar plantas fuera de tipo y plantas enfermas principalmente se realizaron cinco desmezcles manuales al inicio de la emisión de espigas y antes de jiloteo.

Cosecha

La cosecha se realizó a la madurez fisiológica, cuando la línea de almidón seco de la semilla había avanzado desde la punta de la mazorca hasta sus granos basales formando la capa negra y ésta era visible (Ritchie y Hanway, 1984) y la semilla de maíz alcanzó un contenido de humedad del 30 por ciento.

La cosecha se realizó en forma manual, para lo cual se cortaron las plantas con todo y la mazorca dejándola por unos días en el suelo, después se cortaron las mazorcas, se deshojaron, siendo el contenido de humedad de 27 por ciento, para su posterior secado con diferentes métodos; dejando una porción de plantas para el secado en el campo, el cual consistió en un arreglo en forma de amonado.

En el lote de producción de semillas se obtuvo un rendimiento promedio de 3 ton/ha, calculado a un porcentaje de humedad del 15 por ciento.

Tratamientos

En el estudio se consideraron dos grupos de tratamientos, el primero relacionado con el secado y el segundo con el almacenamiento; cada tratamiento tuvo dos repeticiones.

Secado

T1= Secado artificial (SA)

T2= Caseta de secado(CS)

T3= Secado Solar (SS)

T4= Amonado (AM)

Almacenamiento

T1= En sacos de polipropileno con maíz proveniente del secado artificial (AP-SA)

T2= En sacos de polipropileno con maíz proveniente de la caseta de secado (AP-CS)

T3= En sacos de polipropileno con maíz proveniente del secado solar (AP-SS)

T4= En sacos de polipropileno con maíz proveniente del secado en el campo (AP-AM)

T5= En caseta de secado donde se secó la semilla (A-CS)

T6= En caseta en donde se secó la semilla, pero sin el colector solar (A-SS)

T7= En la planta misma que permaneció en forma de amonado en el campo (A-AM)

Descripción de los Tratamientos del Secado

De los cuatro tratamientos de secado, tres de ellos se realizaron en la localidad del CESAL y únicamente el secado artificial se realizó en la segunda localidad (CCDTS-UAAAN).

Secado Artificial

Se utilizó el secador experimental diseñado por Dávila (1981) y utilizado por Soto *et al.*, (1995) al cual se le hizo una modificación para secar mazorcas, ésta consistió en que la cámara de secado se formó por un depósito rectangular de madera para cada módulo con dimensiones de 0.40 x 0.40 m, 0.60 x 0.60 m y 0.70 x 0.70 m de base y 1 m de altura.

El secador está formado por una torre o cámara de secado, plenum o fuente de calor y la fuente de aire que consistió en un ventilador centrífugo (Figura 3.1).

El volumen de mazorcas que secó fue de 30 kg lo que permitió tener una altura de semilla de 60 cm con un contenido de humedad inicial de 21 por ciento. La razón de iniciar el secado al 21 por ciento y no con el contenido de humedad de cosecha de 27 por ciento, se debió a que inicialmente se realizó una calibración previa del equipo en vista que éste estaba diseñado para secar semilla a granel y no para mazorcas, lo cual ocasionó un atraso de unos días para el inicio del secado artificial.

El proceso de secado de la semilla por este método se llevó hasta que bajó a un contenido de humedad del 12 por ciento, utilizando la electricidad como fuente de energía para calentamiento del aire.

Las condiciones de secado fueron las que prevalecieron en el laboratorio de acondicionamiento, con una temperatura máxima de 25°C y mínima de 21°C, la humedad relativa promedio fue del 40 por ciento (Cuadro A.1)

La temperatura del aire del plenum fue de 35° C cuando se inició a secar con un contenido de humedad en la semilla en mazorca del 21 por ciento y de 40°C cuando el contenido de humedad fue entre 18 y 12 por ciento (Aguirre y Peske,1992).

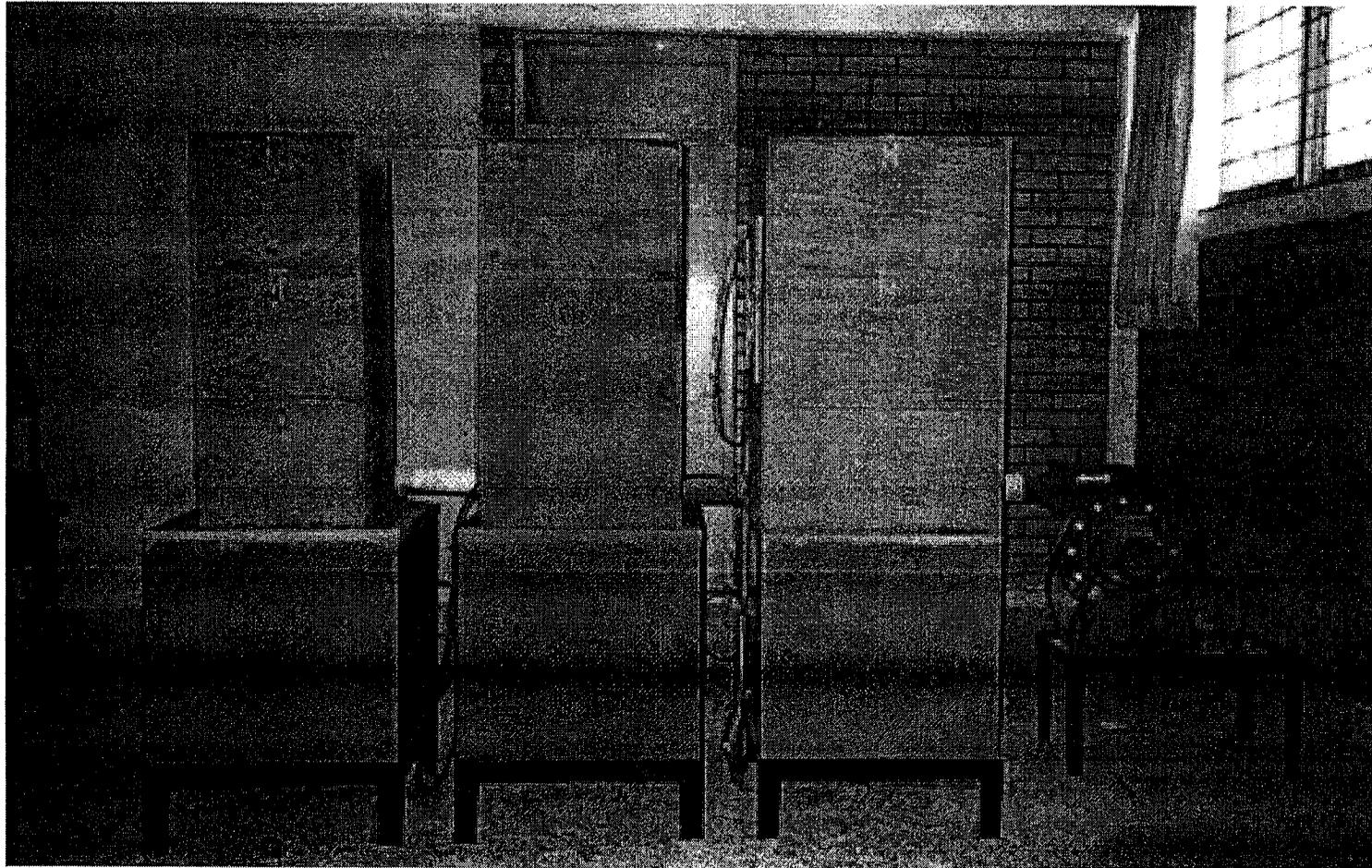


Figura 3.1. Secador artificial.

Caseta de Secado

Se utilizó la caseta de secado como una alternativa a la práctica tradicional que realiza el productor para secar el maíz en el campo.

Esta fue construida bajo las recomendaciones del manual de manejo y construcción de la caseta secadora (Postcosecha, 1995) con la diferencia que se utilizaron los materiales que existen en la región (Figura 3.2).

Las dimensiones de la caseta fueron de 0.70 m de ancho por 1 m de largo y una altura de 2 m en la parte más alta y 1.5 en la parte más baja, por lo tanto su capacidad volumétrica fue de 1.05 m³.

La caseta de secado que se construyó consistió de las siguientes partes: patas, piso, paredes y techo. Las paredes se construyeron con malla de alambre de rombos de 1 cm. Para el piso se utilizó costeras de madera, distanciadas a 3 cm para evitar el paso de las mazorcas, logrando con ello una buena ventilación en la parte inferior; el techo se construyó con láminas de cartón dejando una pendiente de 30 por ciento para el caso de lluvia, así como goterones de 60 cm en cada lado para proteger las mazorcas de los escurrimientos.

Para proteger el maíz de las posibles lluvias con fuertes vientos se colocaron plásticos enrollados alrededor de la caseta, los que se bajaron como protectores cuando fue requerido.

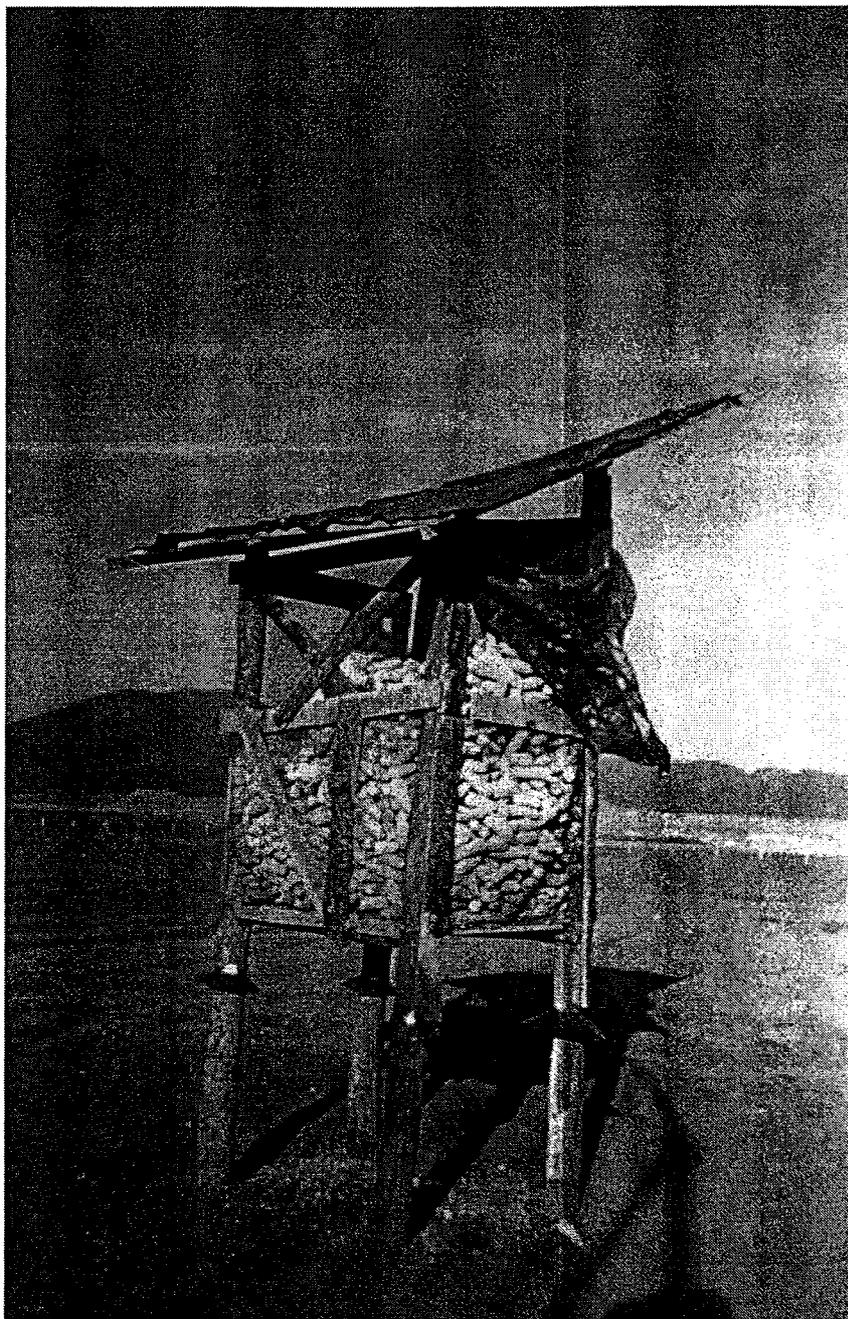


Figura 3.2. Caseta de secado, utilizada para secar mazorca.

Después de la cosecha se procedió a deshojar las mazorcas, separando las mazorcas que presentaron un daño visible de insectos y hongos. El llenado de la caseta se hizo por la parte superior sólo con mazorcas seleccionadas y con un contenido de humedad del 27 por ciento. Para proteger la semilla de los insectos se usó cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ en dosis de 0.5 kg por cada 100 kg de semilla, aplicada uniformemente sobre las capas de mazorcas de 20 cm cada una, la primera se aplicó sobre el piso de la caseta, y así sucesivamente hasta llenarla.

La cantidad de mazorcas que se consideraron en cada caseta fue de 500 kg aproximadamente.

Secado Solar

Este tratamiento consistió en una caseta de secado y un colector solar indirecto, este último sirvió como medio para el calentamiento del aire, y la caseta como cámara de secado, donde la semilla perdió humedad principalmente por el aire que pasó del colector solar. A diferencia de la caseta de secado que se utilizó para el secado natural ésta se construyó de forma hermética, sin dejar espacios entre cada tabla para evitar la pérdida de aire caliente, en la parte inferior se hizo un plenum de 0.30 m de alto, 1 m de largo y 0.70 cm de ancho con el objetivo de captar el aire caliente proveniente del colector solar. Las dimensiones de la caseta de secado fueron las mismas que la de caseta de secado con aire natural.

El colector fue de tipo plano fijo y consistió en dos vertientes, las cuales quedaron orientadas una hacia el oriente y la otra hacia el poniente, para captar mejor la radiación solar de la mañana y tarde respectivamente, lo cual permitió calentar el aire para el secado de semillas. Su construcción se realizó según las especificaciones de Baker y Shove (1977) (Figura 3.3.).

Las dimensiones del colector fueron de una longitud de 1.87 m y 0.70 m de ancho, dimensiones calculadas para propiciar el aire caliente a las mazorcas. Estas se calcularon bajo el siguiente procedimiento:

Según Williams *et al.*, (1977) reportan que se necesita 4/10 de pie² por un buschel de semilla, lo que da como resultado un área de 0.002346 m²/kg de mazorca.

Los cálculos se expresan de la siguiente manera:

$$4 \text{ pie}^2 / 10 \text{ Bu} * 1 \text{ Bu} / 35.24 \text{ l} * 100 \text{ l} / 45 \text{ kg} * 1 \text{ m}^2 / 10.75 \text{ pie}^2 = 0.002346 \text{ m}^2/\text{kg}$$

donde:

$$1 \text{ Buschel} = 35.24 \text{ l}$$

$$1 \text{ m}^2 = 10.75 \text{ pie}^2$$

$$1 \text{ m}^3 = 450 \text{ kg de mazorca}$$

$$100 \text{ litros} = 45 \text{ kg de mazorca}$$

1) Volumen aproximado de mazorca de acuerdo a las dimensiones

$$1.50 \text{ m} * 1.00 \text{ m} * 0.70 \text{ m} = 1.05 \text{ m}^3$$

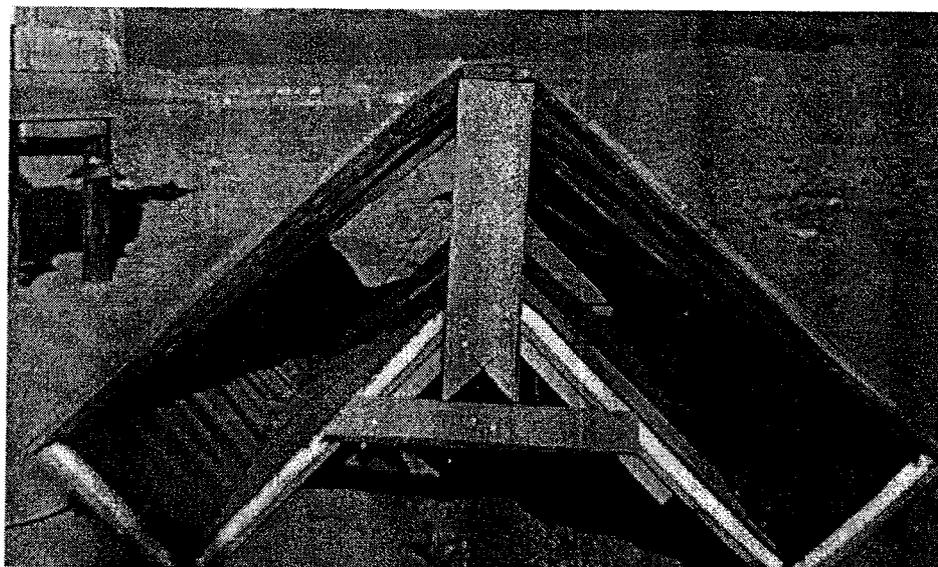
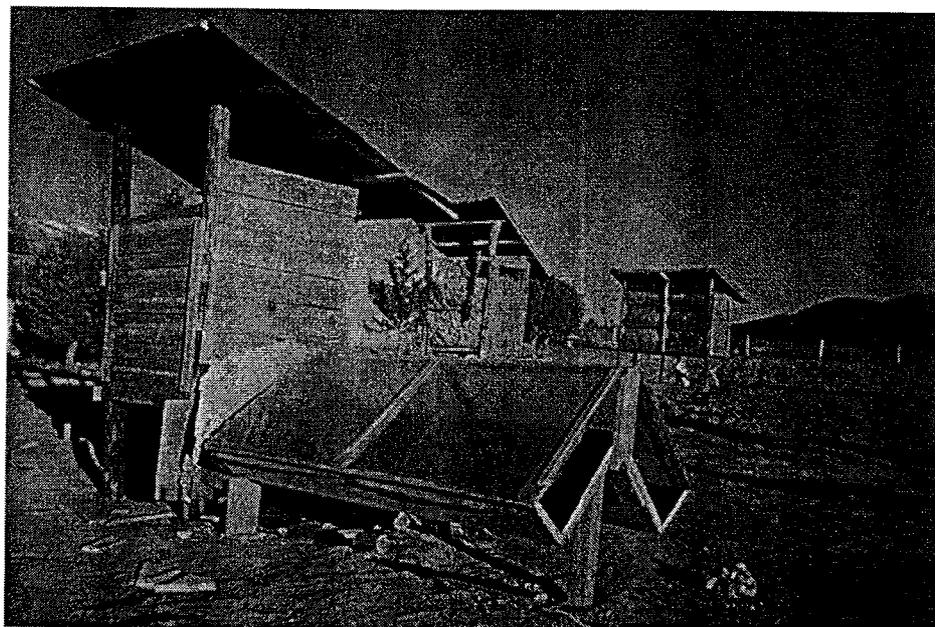


Figura 3.3. Caseta de secado con colector solar, utilizado en el experimento.

$$1.05 \text{ m}^3 * 450 \text{ kg/m}^3 = 472.50 \text{ kg/caseta (cantidad aprox./ caseta)}$$

2) Area requerida de superficie para coleccionar calor.

$$472.50 \text{ kg/ caseta} * 0.002346 \text{ m}^2/\text{kg} = 1.108 \text{ m}^2$$

3) Longitud del coleccionador solar

$$L = A/a$$

donde:

L= longitud

A= área

a = ancho

$$L = 1.108/0.70 = 1.58 \text{ m}$$

La longitud final fue de 1.87 a lo que se incrementó un 18 por ciento por considerar la expansión en las paredes de la caseta secadora.

A continuación se detallan los siguientes materiales que se utilizaron para la construcción del coleccionador solar:

Lámina galvanizada, calibre 32

Pintura negro mate

Nieve seca de 1 pulg de espesor

Triplay de ½ pulg de espesor

Hule o plástico de polietileno de invernadero de alta densidad, 250 micrones de espesor

La caseta usada como cámara de secado y el colector solar se ubicaron de norte a sur a favor de los vientos dominantes para aprovechar la mayor incidencia solar, así como vientos dominantes en su gran mayoría que fuese compatible con la captación de rayos solares.

El volumen a secar fue de 500 kg de mazorca, bajo condiciones ambientales que oscilaron entre -2.8°C a 31.6°C de temperatura y una humedad relativa promedio de 57 por ciento. La temperatura del colector solar fue de 3 a 5°C superior a la de la temperatura ambiente.

El manejo de la caseta, el llenado y las condiciones ambientales para el secado fueron las mismas que el tratamiento anteriormente señalado.

Amonado

Después que se cortaron las plantas con todo y la mazorca, se tomaron 250 plantas al azar para colocarlas en montones con un arreglo en forma piramidal sobre el suelo, debidamente sujetadas a lo que se le llama comúnmente amonado, hasta que alcanzara el 12 por ciento de humedad (Figura 3.4).

Con estos cuatro tratamientos, se cuantificó el efecto que tiene el secado en la calidad fisiológica, física y sanitaria de la semilla, así como el tiempo que se necesitó para pasar de 27 a 12 por ciento de humedad de la semilla.

El acondicionamiento de la semillas se realizó de la siguiente manera: una vez secada la semilla al 12 por ciento bajo los diferentes métodos, se realizó el desgrane de forma manual. Después de este proceso se hizo una limpieza básica y una clasificación en un seleccionador de precisión de laboratorio para maíz, utilizando un cilindro perforado N° 22 para la separación por tamaño, obteniendo un 82 por ciento de semilla con este tamaño de planos y redondos, la cual se utilizó para el almacenamiento. Esto se realizó para los tratamientos de secado artificial, caseta de secado, secado solar y amonado.

Descripción de los Tratamientos para el Almacenamiento

Los cuatro tratamientos de secado dieron origen a siete tratamientos relacionados con el almacenamiento. Cuatro tratamientos fueron envasados en sacos de polipropileno, estos tratamientos provinieron del secado artificial (AP-SA), caseta de secado (AP-CS), secado solar (AP-SS) y con maíz proveniente del secado en campo o amonado (AP-AM). El volumen de maíz a granel por tratamiento fue de aproximadamente 5 kg. Con el objetivo de prevenir el deterioro de la semilla por otros factores como roedores e insectos de almacén se realizó una limpieza en la bodega así como una fumigación con (Fostoxin) antes de almacenarla.

Los restantes tres tratamientos A-CS, A-SS y A-AM consistieron de aquellos en que la semilla permaneció en las mismas condiciones de los

tratamientos de secado, siendo éstos: la caseta de secado, caseta de secado sin el colector solar y en el amonado en el campo respectivamente. En estos tratamientos el almacenamiento se realizó en mazorcas con una cantidad de 500 kg aproximadamente.

Los tratamientos de almacenamiento a granel en sacos de polipropileno, se almacenaron en la localidad de CCDTS-UAAAN, mientras que los últimos tres tratamientos (almacenamiento en mazorcas) en la localidad del CESAL.

Con estos tratamientos de almacenamiento se logró cuantificar el efecto que tiene el secado y almacenamiento sobre la calidad fisiológica, física y sanitaria.

El inicio del almacenamiento varió de acuerdo a la terminación del secado hasta alcanzarse el 12 por ciento, a los 2, 26, 33 y 53 días en los tratamientos de secado artificial, caseta de secado, caseta con colector solar y amonado respectivamente completando un período de 120 días.

Variables Evaluadas

Contenido de Humedad

Para el muestreo de las semillas bajo los tratamientos de secado artificial, caseta de secado, caseta de secado con colector solar y amonado se tomaron cinco muestras primarias (ISTA, 1996) compuestas de 10 mazorcas

al azar de diferentes puntos, que se desgranaron, se les hizo una limpieza básica y se mezclaron en el homogenizador para obtener una muestra uniforme, en la que se determinó la humedad utilizando un aparato que sirve para ese propósito.

La frecuencia con que se realizó el monitoreo del contenido de humedad de la semilla fue cada siete días a excepción del secado artificial que se hizo cada 4 h.

Para los tratamientos del almacenamiento el procedimiento fue igual que en el secado excepto para la semilla que se almacenó en los sacos de polipropileno en donde se muestreó en cinco puntos diferentes del saco, para lo que se utilizó un calador tipo alveolo obteniendo una muestra de 1 kg de semilla.

El muestreo se inició cuando finalizó el secado de cada tratamiento el cual se consideró como el punto de partida para el almacenamiento o bien como el período cero, después se hizo a los 80 y 120 días.

Calidad Física

Peso de Mil Semillas

De la semilla pura se tomaron al azar ocho repeticiones de 100 semillas cada una, contadas en forma manual. Estas se pesaron en gramos en una balanza electrónica de precisión con las ocho observaciones.

Con las ocho observaciones se calculó la varianza (S^2), la desviación típica (S), y el coeficiente de variación (CV), con el objetivo de comprobar que la prueba era aceptada cuando se encontraron los coeficientes de variación menores a un valor de 4.0 (Moreno, 1996).

El peso de 1000 semillas se obtuvo con el peso promedio de las ocho repeticiones multiplicado por 10.

Peso Volumétrico

Este se determinó mediante la balanza de peso volumétrico Ohaus, que consta de un cono, un recipiente graduado y una balanza.

La semilla se vació en el cono, de donde se dejó caer en el recipiente hasta sobrerrebasar, el exceso se eliminó mediante una regla de metal lo cual permitió que la semilla quedara al ras del recipiente. El peso de la semilla se tomó directamente en la balanza, al colocar el recipiente en la escala para su determinación. El peso se expresó en kilogramos por hectolitro.

Calidad Fisiológica

Germinación Estándar

Para ésta se tomaron 200 semillas al azar de la semilla pura, previamente homogeneizada, en ocho repeticiones de 25 semillas cada una;

que se trataron con Captán en polvo al 50 por ciento. Las semillas se colocaron en toallas de papel húmedas bajo el método de entre papel (EP), las que se enrollaron y se introdujeron a una cámara germinadora por un período de siete días, a una temperatura de 25°C, con 8 h de luz y 16 h de oscuridad diariamente. Cada dos días se aplicaron 50 ml de agua por cada repetición para mantener la humedad del sustrato. Al primer conteo el cual se realizó a los cuatro días, se anotaron las plántulas normales considerando aquellas que tenían todas las estructuras bien desarrolladas, con un mínimo de crecimiento de 2.5 cm.

Al conteo final se clasificaron las plántulas normales en fuertes y débiles y se anotaron además las anormales y semillas muertas de acuerdo a las Reglas de Análisis de Semillas (ISTA, 1996).

La capacidad de germinación se obtuvo de la suma de plántulas fuertes y débiles, los resultados se expresaron en porcentaje. Se consideró la prueba aceptada cuando la variación entre las repeticiones no excedió los niveles de tolerancia permitidos, según Moreno (1996).

Primer Conteo de Germinación

Esta evaluación se realizó en la prueba de germinación estándar. Para ello a los cuatro días, se tomaron en cuenta las plántulas que tenían al menos 2.5 cm de longitud, con la raíz primaria bien desarrollada y con la

presencia de tres raíces secundarias. Estas plántulas se consideraron un indicador de vigor y se expresaron en porcentaje.

Envejecimiento Acelerado

Este se realizó en una muestra de 200 semillas, las cuales se colocaron en vasos de precipitado de 600 ml a los que se les agregó 100 ml de agua y se denominó cámara interna, se le colocó una malla de alambre sobre un soporte y en esta se colocaron 50 semillas previamente tratadas con fungicida Captán en polvo al 50 por ciento. Estos recipientes se sellaron con polietileno y papel de aluminio y se introdujeron a la cámara de envejecimiento acelerado (cámara externa) a una temperatura constante de 43°C y una humedad relativa superior al 90 por ciento, que se logró con el volumen de agua en la cámara interna, por un período de 96 h.

Al finalizar el tiempo de envejecimiento se procedió a sembrar las semillas en la prueba de germinación estándar en ocho repeticiones de 25 semillas cada una. La evaluación de germinación se realizó a los siete días. Se consideraron como plántulas vigorosas a las plántulas normales después del envejecimiento. Los resultados de vigor se expresaron en porcentaje de germinación.

Longitud Media de Plúmula

Para esta evaluación se rayaron toallas de germinación desde la parte media hacia arriba, marcando cinco líneas paralelas de 2 cm cada una, colocando en la primera línea una cinta adhesiva enrollada en donde se colocaron 25 semillas a 1 cm de distancia y con el embrión orientado hacia abajo para permitir el desarrollo de la plántula y una adecuada evaluación.

Las toallas de papel con las semillas se sumergieron en agua hasta su saturación total, escurriendo el exceso de agua y se cubrieron con otra toalla adicional igualmente saturada. Enseguida se enrollaron y se colocaron en forma vertical en la cámara germinadora a una temperatura constante de 25°C por un período de siete días.

Al final de la prueba se contó el número de plúmulas que estaban situadas en cada paralela. A los espacios donde quedaron las plántulas se les dio un valor de 1, 3, 5, 7, 9 y 11 cm.

El número de plúmulas que quedaron entre cada línea se multiplicó por la correspondiente distancia y se sumó, dividiendo la longitud total entre el número de semillas puestas que fue de 25. Las plántulas clasificadas como anormales se excluyeron del conteo.

La longitud media de la muestra se calculó con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{n(x_1) + n(x_3) + \dots + n(x_{13})}{25}$$

donde:

L = longitud media de plúmula en centímetros

n = número de plúmulas dentro de dos paralelas

x_1, x_3, \dots, x_{13} = distancia del punto medio entre dos paralelas a la línea central

Peso Seco de Plántulas

Este se determinó utilizando las plántulas normales (fuertes y débiles) obtenidas en el ensayo de germinación estándar, a las plántulas se les eliminó el cotiledón o semilla y el mesocotilo y se pusieron a secar juntamente el vástago y raíces, primeramente al medio ambiente por 24 h, después fueron introducidas a la estufa a 80°C por 24 h, después se pesaron en una balanza electrónica de precisión y los resultados se expresaron en miligramos por plántula, dividiendo el peso seco total obtenido entre el número de plántulas normales y multiplicando por 1000.

Calidad Sanitaria

El medio nutritivo que se utilizó para el desarrollo de hongos asociados con la semilla fue papa dextrosa agar (PDA) el cual se preparó agregando 39 g de agar y 56 g de hipoclorito de sodio en 1000 ml de agua y se esterilizó en el autoclave a una presión de 15 libras por 20 min. Antes del llenado de las cajas petri se le agregó ácido clorhídrico (HCl) y tergitol para evitar que se desarrollaran las bacterias y permitir el crecimiento de los

hongos solamente sobre la propia semilla. El llenado de las cajas petri se hizo con 20 ml del medio de cultivo por caja.

Para esta variable se tomaron en total 160 semillas por tratamiento las cuales se subdividieron en cuatro repeticiones de 40 semillas, que se distribuyeron en 10 semillas por caja. Previo a su siembra las semillas se desinfectaron con hipoclorito de sodio al dos por ciento por 2 min, para prevenir el desarrollo de saprófitos.

Una vez sembradas se incubaron en una cámara a una temperatura de 25°C. Las semillas se examinaron a partir del tercer día hasta los 11 días de su incubación.

La identificación de las colonias de hongos se hizo a nivel de grupos mediante las montas de estructuras reproductivas correspondientes.

Análisis Estadístico

Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos, se hicieron cuatro diferentes tipos de análisis estadísticos: prueba de "T" para grupos sorteados, análisis de varianza, comparación de medias y análisis de regresión lineal simple.

Prueba de T para Grupos Sorteados

Esta prueba se utilizó para comparar dos medias de cada variable considerada en el estudio. La primera media está relacionada con el inicio del experimento en donde se tomaron ocho repeticiones por cada variable y la segunda correspondió al resultado de cada tratamiento (16 repeticiones) al finalizar el período de secado, tratando con ello de establecer si las diferentes formas de secado tenían efecto sobre las diferentes variables. Por lo tanto se compararon las medias de los cuatros tratamientos de secado con la media inicial. El nivel de significancia utilizado para esta prueba fue de 0.05.

Análisis de Varianza

Se utilizó la metodología de análisis de un diseño completamente aleatorio. Se realizaron dos grupos de análisis, el primero relacionado con el efecto del secado, el cual consideró cuatro tratamientos con dos repeticiones; el segundo se realizó al finalizar el experimento (120 días), para medir el efecto del secado y almacenamiento, tomando en cuenta en este análisis siete tratamientos con dos repeticiones. Los análisis se realizaron para las diferentes variables fisiológicas, físicas y sanitaria. El nivel de significancia utilizado fue de 0.01 y 0.05. El modelo lineal del diseño completamente aleatorio es el que describe Martínez (1988):

$$Y_{IJ} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1,2,3,4$ tratamientos

$j = 1,2$ repeticiones

donde:

Y_{IJ} = valor de la característica en estudio sobre la unidad experimental

μ = efecto común a todas las unidades experimentales

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = término de error

Se realizaron algunas transformaciones, siguiendo el criterio propuesto por Gómez y Gómez (1994), de aquí que la variable de calidad sanitaria se transformó por raíz cuadrada y arcoseno.

Comparación de Medias

Para las comparaciones simples entre dos tratamientos se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de significancia de 0.05.

Análisis de Regresión Lineal Simple

Con este procedimiento estadístico se estableció la relación de cada variable (variable dependiente = y) con la variable tiempo (variable independiente = x). Por lo tanto se logró describir la variable en función del tiempo (x) y así poder hacer predicciones de interés. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = ij -ésima observación

β_0 = ordenada al origen (valor de Y cuando $X = 0$)

β_1 = coeficiente de regresión (pendiente de la recta)

X_i = valor de la variable independiente (días de secado y/o almacenamiento)

ε_{ij} = error; siendo la ecuación de la regresión una línea recta $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_i$ siempre y cuando el modelo sea correcto

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico MSTAT-C, desarrollado por la Universidad del Estado de Michigan de los Estados Unidos de América.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se presentan y discuten los resultados relacionados con el tiempo de secado, el efecto de los diferentes tratamientos de secado y almacenamiento en la calidad fisiológica, física y sanitaria de la semilla de maíz.

Tiempo de Secado

El tratamiento que tuvo un mejor comportamiento con respecto al tiempo fue el secado artificial (SA) el cual logró disminuir la humedad de 20.6 a 11.50 por ciento en dos días, lo que indica una tasa de secado del 4.55 por ciento por día. El tratamiento que más tiempo requirió fue el amonado (AM), utilizando 53 días para bajar la humedad de 27.0 a 11.80 por ciento, con una tasa de secado de 0.29 por ciento por día. En forma intermedia se comportaron la caseta de secado (CS) y el secado solar (SS) los cuales necesitaron 26 y 33 días, obteniendo una tasa de secado de 0.61 y 0.44 por ciento por día respectivamente (Cuadro 4.1 y Figura A.1)

Cuadro 4.1. Tiempo y tasa de secado en los diferentes sistemas de secado.

Tratamiento	C.H _i (%)	C.H _f (%)	(C.H _i - C.H _f)	Tiempo (días)	Tasa de secado (% / día)
SA	20.6	11.50	9.1	2	4.55
CS	27	11.23	15.77	26	0.61
SS	27	12.56	14.44	33	0.44
AM	27	11.80	15.20	53	0.29

C.H_i = contenido de humedad inicial de la semilla; C.H_f = contenido de humedad final de la semilla

La temperatura promedio y la humedad relativa del ambiente en el período de secado para el secado artificial (SA) fue de 23°C y 40.5 por ciento respectivamente (Cuadro A.1 y Figura A.2) aunque estas características del ambiente tuvieron muy poca influencia en el secado artificial, tal como lo menciona Dalpasquale *et al.*, (1991) quien señala que estos parámetros tienen poca influencia sobre la tasa de secado a altas temperaturas, pero en cambio si determinan la cantidad de energía necesaria para alcanzar la temperatura de secado.

Es importante señalar, que el contenido de humedad inicial de la semilla es un factor que influye en la tasa de secado en el sistema de secado artificial; cuanto más elevado sea el contenido de humedad, mayor será la cantidad de agua evaporada por unidad de energía, más rápido el secado por lo tanto menor tiempo. Con elevados contenidos de humedad, las fuerzas de adsorción de la estructura celular del material sobre las moléculas de agua, son menores que cuando el contenido de humedad es más bajo. En consecuencia, se utiliza un mayor porcentaje de energía disponible para

evaporar la humedad contenida en los granos más secos (Dalpasquale *et al.*, 1991).

Las condiciones ambientales que prevalecieron durante el secado para los tratamientos caseta de secado y secado solar (CS y SS) fueron aproximadamente de una temperatura media que osciló entre 10.99 y 15.02°C y una humedad relativa entre 52.28 y 63.86 por ciento (Cuadro A.2 y Figura A.3). Con estas condiciones el tiempo de secado para el tratamiento de caseta de secado (CS) fue de 26 días. Quemé *et al.* (1997) en un estudio relacionado con caseta de secado encontraron que para disminuir la humedad del grano de maíz de 24 por ciento a 15 por ciento se requirieron 50 días, para una tasa de secado de 0.18; lo que sugiere que la razón de llevarse más días, pudo deberse a que el ambiente de estudio (Chimaltenango-Guatemala) presenta una humedad relativa de 80 por ciento y una temperatura media de 17.9 °C (Fuentes, 1995).

Gutiérrez *et al.*, (1997) encontró en la zona húmeda de Nicaragua que el contenido de humedad del grano de maíz de 27.5 por ciento se redujo a 16.1 por ciento en 71 días (tasa de secado de 0.16) con una humedad relativa sobre el 80 por ciento; no obstante en la zona seca y semihúmeda (Gutiérrez y Gómez, 1996) encontraron que el tiempo de secado fue de 35 días, logrando reducir el contenido de humedad inicial de 28 por ciento a un 16 por ciento para una tasa de secado de 0.34, con humedad relativa inferior.

Según reporta la FAO (1980) en condiciones de alta humedad relativa entre 70 y 90 por ciento y altas precipitaciones el contenido de humedad de la semilla al 12 por ciento no se puede lograr en la caseta de secado en la época lluviosa, ocasionalmente en la época seca.

En un estudio realizado en Ibadan, zona ecuatorial del centro de África con humedad relativa superior del 80 por ciento y precipitaciones de 100 a 2000 mm, se encontró que el tiempo de secado en la caseta de secado, tuvo una duración de 80 días en la época lluviosa con un contenido de humedad inicial de 30-35 por ciento, lográndose disminuir hasta un contenido del 15 por ciento, para una tasa de secado de 0.18 (FAO, 1980).

Estos estudios revelan que la influencia de la humedad relativa y la temperatura del ambiente son fundamentales en la influencia del tiempo de secado en este sistema, ya que el contenido de humedad en equilibrio de la semilla depende de estos factores, pues a alta humedad relativa la semilla nunca alcanzará el 12 por ciento de contenido de humedad, mientras que a baja humedad relativa es posible alcanzar estos niveles.

Los resultados del presente estudio y los obtenidos por otros autores concuerdan con lo que mencionan Aguirre y Peske (1992) que en el sistema de secado natural lo que influye fundamentalmente es la dependencia de las condiciones ambientales.

En lo que respecta al tratamiento del secado solar (SS) el cual fue superado por el tratamiento caseta de secado (CS) en siete días en el tiempo de secado, se puede inferir que el sistema de secado solar (SS) presentó sus deficiencias en cuanto al flujo del aire necesario para hacer circular el aire caliente del colector solar a la cámara de secado, tal como lo indica (Dalpasquale *et al.*, 1991) que para el calentamiento de aire en los colectores solares se debe mantener la velocidad del aire alrededor de 2.5 m/s.

Otra posible causa; que pudo haber influido en el secado solar (SS) fue la orientación de la cámara de secado y el colector solar de norte a sur lo que no favoreció el aprovechamiento total de los vientos dominantes durante las 24 horas, lo que ocasionó que el movimiento del aire de afuera hacia adentro no fuera el adecuado.

Se ha encontrado que el tiempo de secado para disminuir del 35-30 por ciento al 12 por ciento en condiciones de humedad relativa del 80 por ciento se requirieron 55 días para una tasa de secado de 0.41, en un secador solar el cual consistió esencialmente de una estructura rectangular con paredes de barro, provista de agujeros que sirvieron de ventiladores; y de 8 días en condiciones de humedad relativa del 70 por ciento aproximadamente para disminuir la humedad de 25 por ciento al 12 por ciento con una tasa de secado de 1.62 (FAO, 1980). Esto sugiere que para el presente estudio bajo

las condiciones de Saltillo, se esperaba que el tiempo fuera menor con respecto al que se obtuvo en los resultados.

Pérez (1994) menciona que mediante la utilización de un secador solar rústico tipo estufa de una área de 10 m², se emplearon 22 horas de secado para bajar el contenido de humedad de 500 kg (10 cm de espesor) de mazorcas de maíz de 15.5 por ciento hasta 13.1 por ciento, mientras que para 250 kg (5 cm de espesor) de 17.4 por ciento hasta 13.1 por ciento se requirieron 14 h de secado, lo que implica que la velocidad de secado está influenciada por el espesor de la capa de grano a secar (0.10 por ciento / hora con 10 cm contra 0.30 por ciento/ hora con 5 cm); con base a estos resultados se puede inferir que posiblemente en el presente estudio, el espesor de la capa de semilla de un metro en una área de 0.70 m² fue otro factor que tuvo influencia en el retraso del secado.

En cuanto al secado en campo o amonado (AM) las condiciones ambientales que se presentaron durante el período de secado, fueron de 6.13°C a 15.02°C de temperatura media y de 42.62 a 63.86 por ciento de humedad relativa (Cuadro A.2 y Figura A.3).

Los resultados obtenidos demuestran que el tiempo de secado en el amonado (AM) tuvo mayor duración, es decir el arreglo de las plantas con mazorcas en montones, no permitió el paso libre del aire para su secado, así como la presencia de la hoja o totomoxtle en la mazorca podría ser otro factor

para el retraso del secado, o bien la exposición directa a los factores ambientales lo que permitió que la semilla por ser higroscópica, sufriera de manera más drástica los cambios de temperatura y de humedad relativa.

Gil y Becerra (1980) indica que en lugares secos como el Estado de Coahuila, con baja humedad relativa, puede lograrse un secado eficiente usando aire a la temperatura ambiente, o calor suplementario; sin embargo, este criterio estará sujeto a otros factores, como es la urgencia de vender la cosecha o manejar grandes volúmenes en poco tiempo, lo que se hace necesario usar aire caliente.

Efecto del Secado Sobre la Calidad de la Semilla

Calidad Fisiológica

El efecto de los cuatros tratamientos se evaluó mediante el análisis de varianza y la comparación de medias. En el Cuadro 4.2 se presenta un resumen del análisis de varianza para diferentes variables relacionadas con la calidad fisiológica de la semilla.

Entre los tratamientos secado artificial (SA), caseta de secado (CS), secado solar (SS) y amonado (AM), al menos uno fue diferente a los demás para primer conteo (PC), peso seco (PS) y longitud media de plúmula (LMP) puesto que para estas variables hubieron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$).

Para germinación estándar (GE) y envejecimiento acelerado (EA) no hubo diferencias significativas (NS); por lo tanto los tratamientos de secado para estas variables se pueden considerar similares en cuanto a sus efectos.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del secado de semilla de maíz.

Fuente variación	GL	PC (%)	GE (%)	EA (%)	PS (mg/pl)	LMP (cm)
Tratamiento	3	532.88**	3.97NS	3.61NS	150.01**	0.56**
Error	4	35.73	1.26	0.78	3.24	0.043
CV %		16.87	1.19	0.95	2.03	1.82
Media General		35.44	94.19	93.31	88.77	11.42

** = Prueba de F al 0.01 de significancia; NS= no significativo estadísticamente; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación en porcentaje; PC= primer conteo; GE= germinación estándar; EA= envejecimiento acelerado; PS= peso seco; LMP= longitud media de plúmula.

De acuerdo a la comparación de medias (DMS) el mejor tratamiento para primer conteo (PC) fue la caseta de secado (CS), para peso seco (PS) el único tratamiento diferente con el valor más bajo fue el amonado (AM), mientras que para longitud media de plúmula (LMP) los mejores tratamientos fueron la caseta de secado y el secado solar (CS y SS) (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Medias de tratamientos para las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del secado de semillas de maíz.

Tratamiento	PC (%)	GE (%)	EA (%)	PS (mg/pl)	LMP (cm)
Secado Artificial (SA)	30.25 b	93.88	93.00	90.40 a	10.95 b
Caseta de secado (CS)	59.38 a	96.13	95.00	94.29 a	12.02 a
Secado solar (SS)	22.63 b	94.00	93.50	94.32 a	11.73 a
Amonado (AM)	29.50 b	92.75	91.75	76.08 b	11.00 b
DMS	16.60			5.00	0.57

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente, (DMS; $p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; PC= primer conteo; GE; germinación estándar; EA= envejecimiento acelerado; PS= peso seco; LMP= longitud media plúmula.

Con base a lo anterior se puede decir que los resultados en primer conteo de germinación tuvieron un comportamiento no consistente en los diferentes sistemas, ya que la germinación al primer conteo de la caseta de secado (CS) superó los valores de la calidad inicial, así mismo como era de suponer que los más bajos valores los obtuviera el secado en campo por presentar una calidad inferior en el resto de las variables evaluadas, sin embargo el más bajo valor se obtuvo en el tratamiento del secado solar (SS), lo que sugiere que esta variable de vigor no fue buen indicador para definir la calidad de la semilla en los diferentes sistemas de secado.

Con relación al comportamiento estadísticamente similar de la germinación estándar, se observa que aparentemente no ocurrió el efecto negativo en el amonado (AM) que pudiera tener dejar las plantas por 53 días

en el campo hasta que la semilla alcanzara un contenido de humedad aproximadamente del 12 por ciento, esto podría explicarse por las condiciones ambientales favorables que prevalecieron en Saltillo, ya que no se presentó una alta humedad relativa y alta temperatura como lo muestra la Figura A.3, factores que pueden reducir la germinación, ya que aceleran la velocidad de las reacciones químicas y que pueden provocar el rápido deterioro de la semilla.

Es importante señalar que los valores de vigor mediante el envejecimiento acelerado fueron muy similares a los obtenidos en la germinación estándar en los cuatros tratamientos, lo que indica que ambas variables están relacionadas. Según Delouche y Caldwell (1970) señala que en las curvas de germinación y vigor la brecha entre ambas es mayor a medida que se incrementa la deterioración en la semilla. Asimismo, se puede decir que cuanto mayor sea la germinación después de un envejecimiento acelerado tanto mayor será el vigor y su potencial de almacenamiento como lo mostró el tratamiento la caseta de secado (CS).

En cuanto al peso seco se puede establecer una relación con la germinación estándar en los diferentes tratamientos de secado, para la caseta de secado (CS) se puede considerar de alto vigor por presentar mayor porcentaje de germinación (96.13) y mayor peso seco de plántula con 94.29 miligramos por plántula, y el de más bajo vigor el amonado (AM) por

presentar los más bajos valores de germinación de 92.75 por ciento y 76.08 miligramos por plántula en peso seco.

Esto coincide con AOSA (1983) que menciona que los lotes de mayor vigor son los que presentan pesos secos más altos y principalmente si son de alta germinación.

Comparación de Medias de Cada Tratamiento con Respecto a la Media Inicial

Esta comparación se realizó para establecer si los tratamientos de secado tienen influencia sobre la calidad fisiológica, presentando en el Cuadro 4.4 las medias de las variables relacionadas con la calidad fisiológica inicial (CI) y las medias correspondientes de los tratamientos al finalizar el secado.

Cuadro 4.4. Comparación de las variables evaluadas de calidad fisiológica inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz bajo diferentes sistemas.

Comparaciones	PC (%)	GE (%)	EA (%)	PS (mg/pl)	LMP (cm)
Calidad inicial (CI)	41.25	96.25	95.50	96.33	12.13
Secado artificial (SA)	30.25**	93.88NS	93.00NS	90.40NS	10.95**
Caseta de secado (CS)	59.38**	96.13NS	95.00NS	94.29NS	12.02NS
Secado solar (SS)	22.63**	94.00NS	93.50NS	94.32NS	11.73NS
Amonado (AM)	29.50**	92.75**	91.75**	76.08**	11.00**

** Significancia 0.01 de probabilidad; NS= no significativo estadísticamente; PC= primer conteo; GE= germinación estándar; EA= envejecimiento acelerado; PS= peso seco; LMP= longitud media plúmula.

Con respecto a los resultados obtenidos de las variables evaluadas en la calidad fisiológica antes y después del secado, se observa en el Cuadro 4.4 y Figura 4.1 que la germinación estándar (a), germinación después del envejecimiento acelerado (b) y peso seco de plántula (c) para los tratamientos secado artificial (SA), caseta de secado (CS) y secado solar (SS) no fueron afectados por el secado, ya que no presentaron diferencias significativas, excepto para el amonado (AM) que mostró diferencia significativa con respecto a la calidad inicial de la semilla por presentar los valores más bajos en los componentes de calidad fisiológica, lo que significa que su potencial de almacenamiento será inferior a la semilla que fue secada en los otros sistemas.

Borem *et al.*, (1996) mencionan que no encontró diferencias en el secado artificial en los porcentajes de germinación inmediatamente después del secado, hasta después de 12 meses de almacenamiento. Al respecto, se puede inferir que la temperatura del aire óptima de secado en el secado artificial es fundamental, para no causar daño en la calidad fisiológica, como lo mencionan Harrinson y Wright (1929) que a temperaturas de 40 a 45°C, la semilla de maíz no sufrió daño en su calidad fisiológica, a 50°C ésta fue considerablemente dañada, a 60°C casi fue muerta en su totalidad y a los 70°C murió completamente.

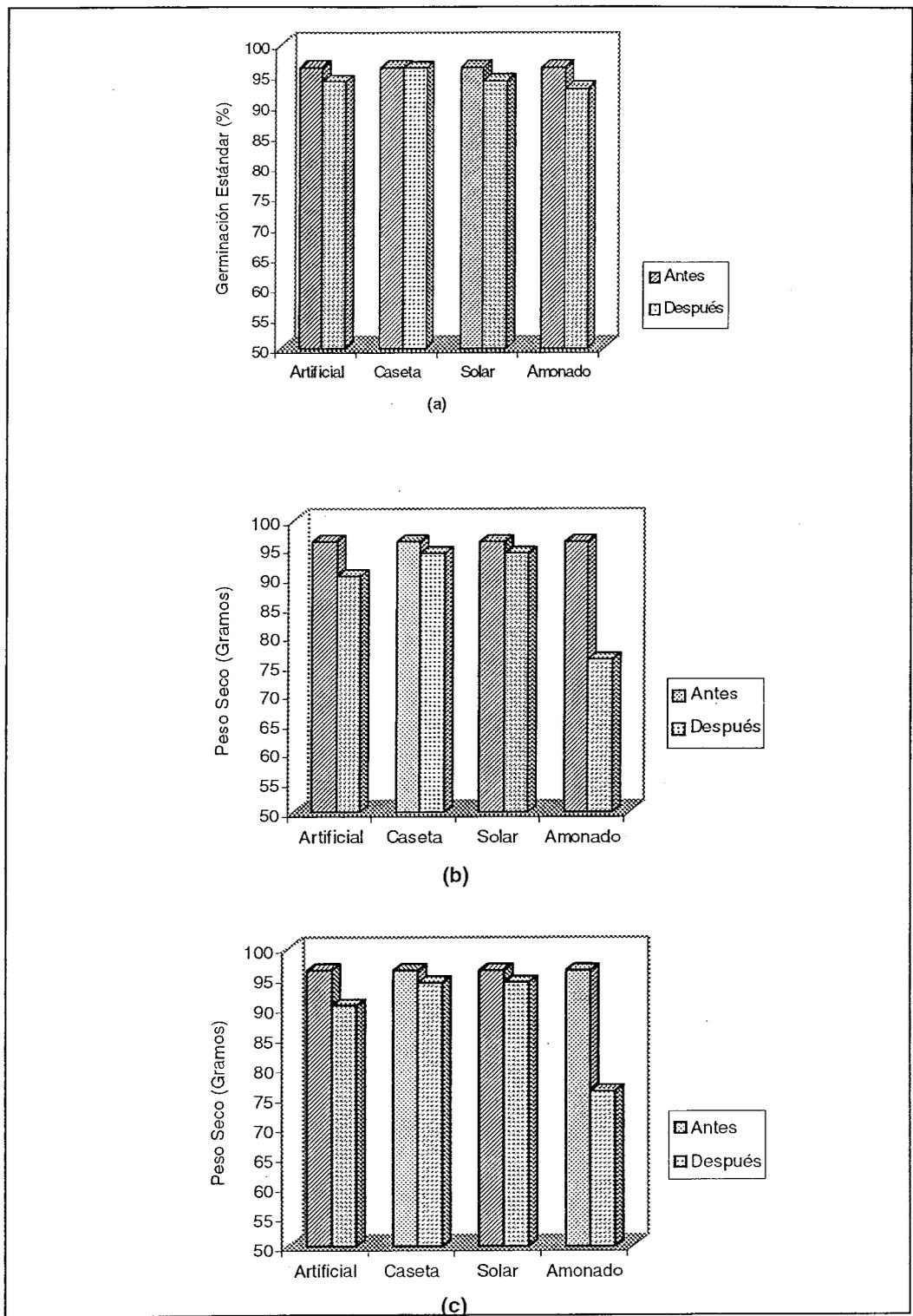


Figura 4.1. Resultados de germinación estándar (a) , envejecimiento acelerado (b) y peso seco (c) antes y después del secado.

Asimismo, en otro estudio similar, se determinó que la temperatura óptima de secado fue de 50°C para semillas con contenido de humedad de 25 a 35 por ciento, ya que a 66°C se tuvo una pérdida total de la viabilidad de la semilla (Vallador *et al.*, 1991).

Otros autores señalan que las recomendaciones de temperatura del aire de secado para semillas de maíz deben de ser de 43°C, ya que de lo contrario podrán perder su poder de germinación (Gil y Becerra, 1980).

En lo que respecta a los tratamientos de caseta de secado y secado solar (CS y SS) es importante señalar que ambos sistemas no se vieron afectados en su calidad fisiológica, manteniendo valores consistentes en germinación estándar, envejecimiento acelerado y peso seco, no así para primer conteo y longitud media de plúmula que tuvo variaciones en el secado artificial (SA).

En el amonado (AM) si es muy notorio que la calidad fisiológica se vio afectada en todos los componentes de calidad fisiológica.

En base a los resultados se puede inferir que los métodos de secado si influyen en la calidad fisiológica de la semilla, si bien es cierto que no se manifiesta inmediatamente después del secado, si puede afectar el potencial de almacenamiento de la semilla, ya que existen factores, como el efecto de las altas temperaturas en el secado artificial, como las condiciones climáticas (humedad relativa y temperatura del medio ambiente) así como el momento

óptimo para el secado, ya que cuando la semilla sufre retardo en el proceso de secado se ve afectada en su calidad fisiológica (Marks y Stroshine, 1995 y Borba *et al.*, 1998).

Calidad Física

Para la calidad física se consideraron las variables peso de mil semillas, (PMS) y el peso volumétrico (PV). En el resumen del análisis de varianza (Cuadro 4.5) se observa que para el peso de mil semillas, no hubo diferencias significativas entre los cuatros tratamientos de secado, no así con el peso volumétrico, en donde si existieron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); esto quiere decir que para esta última variable si hubo efectos diferentes por lo menos en uno de los tratamientos. En cuanto a los coeficientes de variación, estos fueron bajos lo cual indica un adecuado manejo del experimento y confiabilidad de los resultados.

En el Cuadro 4.6 se presentan las medias de cada tratamiento, así como la prueba de comparación de medias para la variable peso volumétrico.

Estos resultados reflejan que los diferentes sistemas de secado tienen similar efecto para peso de mil semillas, mientras que para peso volumétrico, el tratamiento del secado artificial (SA) fue el que presentó el valor más alto (80.47 kg/hl).

Cuadro 4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad física evaluadas al final del secado de semillas de maíz.

Fuente de variación	GL	PMS (g)	PV (kg/hl)
Tratamiento	3	401.79 NS	4.61**
Error	4	78.92	0.16
CV %		2.26	0.51
Media General		393.55	78.24

** =Prueba de F al 0.01; NS= no significativo estadísticamente; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación en porcentaje; PMS= peso de mil semillas; PV= peso volumétrico

Cuadro 4.6. Medias de tratamientos para las variables de calidad física evaluadas al final del secado de maíz.

Tratamiento	PMS (g)	PV (kg/hl)
Secado artificial (SA)	373.6	80.47 a
Caseta de secado (CS)	406.1	77.92 b
Secado solar (SS)	394.06	77.33 b
Amonado (AM)	400.4	77.24 b
DMS		1.111

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente, (DMS; $p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; PMS= peso de mil semillas; PV= peso volumétrico.

Con base a estos resultados se demuestra, que el peso de mil semillas no se vio afectado por el secado en los diferentes sistemas de secado, lo cual era de esperarse por tratarse de un mismo material genético.

Con respecto al peso volumétrico, se esperaba que los valores fueran similares en los cuatros tratamientos, sin embargo el valor del secado artificial (SA) superó notablemente el resto de tratamientos, lo que puede indicar que pudo haber influenciado el contenido de humedad de la semilla al momento de la determinación de esta variable en el secado artificial (SA) que probablemente era menor en comparación al resto de tratamientos.

Con relación a lo anterior de Dios (1996) encontró que el peso volumétrico en maíz, al ser secado artificialmente alcanzó un valor máximo de 77 kg/hl, comparado con el secado natural que llegó hasta 81 kg/ hl, con un contenido de humedad del 14 por ciento en ambos casos.

Comparación de Medias de Cada Tratamiento con Respecto a la Media Inicial

Al realizar la comparación de medias para establecer el efecto de los diferentes sistemas de secado en la calidad física, se muestra en el Cuadro 4.7 que se encontraron diferencias significativas entre la calidad inicial y la calidad después del secado para el peso de mil semillas y el peso volumétrico para los tratamientos secado artificial (SA), caseta de secado (CS), secado solar (SS) y amonado (AM).

El peso de mil semillas para cada tratamiento fue menor en comparación a la media inicial (446.16), esto se debió principalmente a que el contenido de humedad de la semilla al inicio era de 27 por ciento, mientras

que al final del secado el contenido de humedad de la semilla era de un 12 por ciento, por lo que no se le puede atribuir al efecto del secado.

Cuadro 4.7. Comparaciones de las variables evaluadas de calidad física inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz, bajo diferentes sistemas.

Comparaciones	PMS (g)	PV (kg/hl)
Calidad inicial (CI)	446.16	56.95
Secado artificial	373.60**	80.47**
Caseta de secado	406.10**	77.92**
Secado solar	394.06**	77.33**
Secado en campo	400.40**	77.24**

**= Significancia 0.01 de probabilidad; PMS= peso de mil semillas; PV= peso volumétrico.

Para el peso volumétrico también los tratamientos fueron diferentes con respecto al valor inicial (56.95) lo único que aquí fue al contrario de lo que se observó en peso de mil semillas, ya que el peso volumétrico de los tratamientos calculado aproximadamente al 12 por ciento de humedad de la semilla fue superior que cuando la humedad de la semilla tenía el 27 por ciento. Con relación a esto, Aguirre y Peske (1992) mencionan que para el caso del maíz, a medida que se aumenta el contenido de humedad en la semilla disminuye el peso volumétrico. Así mismo, se puede considerar que el peso volumétrico está determinado por el contenido de humedad de la semilla, pues las semillas cosechadas muy húmedas tienen un peso volumétrico más reducido, que los maíces secados correctamente (de Dios, 1996).

Calidad Sanitaria

Para la evaluación de la calidad sanitaria se consideró únicamente la presencia de *Fusarium* spp, por ser el único patógeno que se presentó durante el estudio, se encontró que los cuatros tratamientos tuvieron efectos diferentes en cuanto a esta variable, ya que según el análisis de varianza existió diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) como se observa en el Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de la variable de calidad sanitaria evaluada al final del secado de semillas de maíz.

Fuente de variación	GL	<i>Fusarium</i> spp (datos transformados) 1]
Tratamiento	3	338.372**
Error	4	5.21
CV %		4.44
Media general		51.35

** =Prueba de F al 0.01 de significancia; CV= coeficiente de variación en porcentaje; GL = grados de libertad.

1] datos transformados por arcoseno.

Al realizar la separación de medias (Cuadro 4.9) el secado artificial (SA) y el amonado (AM) no difieren estadísticamente siendo éstos los que más altos valores presentaron en la presencia de este hongo, y los más bajos porcentajes de *Fusarium* spp correspondieron a la caseta de secado y el secado solar (CS y SS).

Cuadro 4.9. Medias de tratamientos para la variable relacionada con *Fusarium* spp evaluada al final del secado de semillas de maíz.

Tratamiento	<i>Fusarium</i> spp (datos sin transformar)	<i>Fusarium</i> spp (datos transformados) 1]
Secado artificial (SA)	76.87 a	61.28 a
Caseta de secado (CS)	41.87 b	40.31 b
Secado solar(SS)	41.25 b	39.95 b
Amonado (AM)	80.62 a	63.89 a
DMS	10.63	6.34

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente.(DMS; $p \leq 0.05$).

DMS= diferencia mínima significativa; 1] datos transformados por arcoseno.

Comparación de Medias de Cada Tratamiento con Respecto a la Media Inicial

Al realizar la comparación de medias (Cuadro 4.10) para establecer si los tratamientos de secado tenían efecto sobre la calidad sanitaria de la semilla, se encontró que en los tratamientos caseta de secado y secado solar (CS y SS) la presencia de *Fusarium* spp disminuyó considerablemente con relación a la media inicial de (87.5), no obstante en los tratamientos secado artificial (SA) y amonado (AM) la disminución de este hongo de campo fue más lenta.

Cuadro 4.10. Comparaciones de la variable evaluada de calidad sanitaria inicial (CI) y después del secado de semilla de maíz bajo diferentes sistemas.

Comparaciones	<i>Fusarium</i> spp (%)
Calidad inicial (CI)	87.5
Secado artificial (SA)	76.87**
Caseta de secado (CS)	41.87**
Secado solar (SS)	41.25**
Amonado (AM)	80.62*

*,** = Significancia 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Con base a este comportamiento, como se observa en la Figura 4.2 se puede inferir que las condiciones que se presentaron para la alta infección de *Fusarium* spp en el secado artificial (SA) fue la permanencia de la semilla en la bodega por un tiempo y el contenido de humedad arriba de la semilla del 22 por ciento que es la humedad óptima para el crecimiento de este hongo (Moreno, 1988). Esto ocasionó que la semilla sufriera una invasión fungosa antes de su secado.

En cuanto al amonado (AM) durante el tiempo que transcurrió para el secado, la presencia de este patógeno apenas disminuyó en un 7.86 por ciento en comparación al valor inicial. En este caso la permanencia del hongo se mantuvo en niveles más altos ya que el secamiento se dio en 53 días en el campo lo que indica que hubo condiciones óptimas para el crecimiento del hongo.

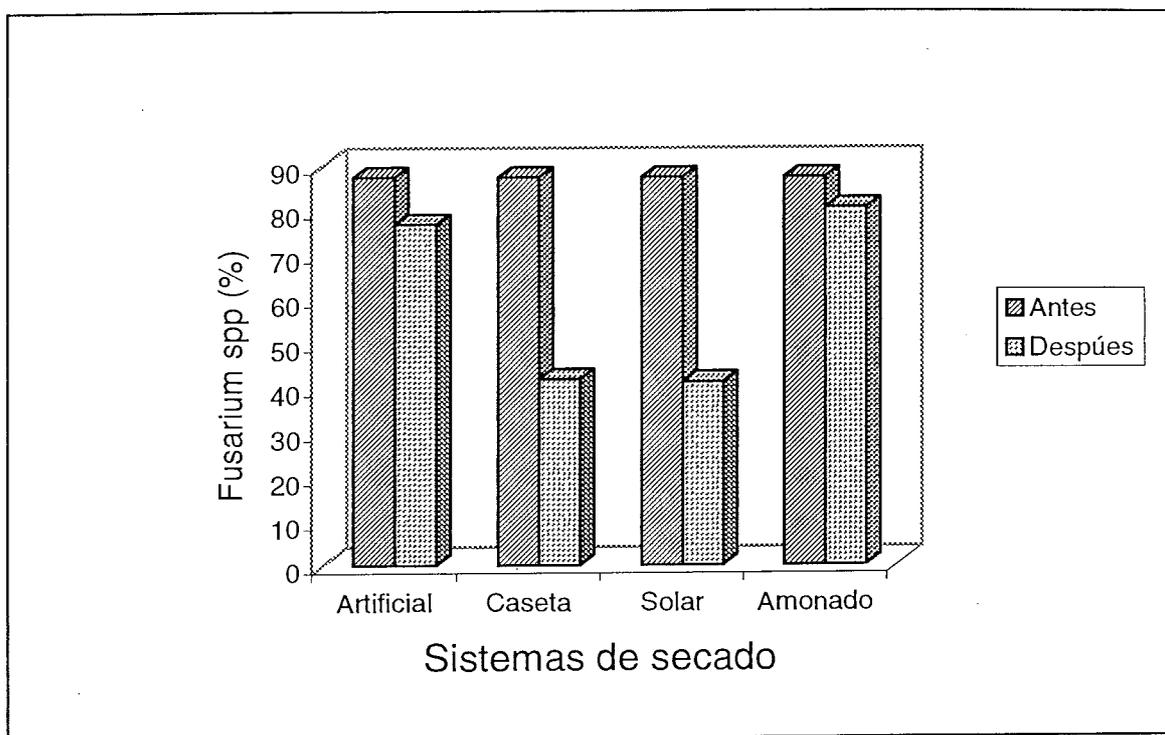


Figura 4.2. Presencia de *Fusarium* spp antes y después del secado.

En cambio, en la caseta de secado (CS) y el secado solar (SS) la presencia de este hongo disminuyó considerablemente, esto se puede atribuir a un manejo adecuado de la semilla, como fue la selección de mazorcas libres de daño visible de hongos e insectos, y las condiciones de humedad de la semilla que no fueron óptimas para el desarrollo de este patógeno.

Efecto del Almacenamiento Sobre la Calidad de la Semilla

Calidad Fisiológica

Al realizar el análisis de varianza para determinar el efecto del secado y el almacenamiento en los diferentes componentes de calidad de la semilla se puede observar en el Cuadro 4.11, diferencias significativas entre los tratamientos a los 120 días de almacenamiento para primer conteo (PC), germinación estándar (GE), envejecimiento acelerado (EA) y peso seco (PS) excepto para longitud media de plúmula (LMP).

Cuadro 4.11. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad fisiológica al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.

Fuente variación	GL	PC (%)	GE (%)	EA (%)	PS (%)	LMP (%)
Tratamiento	6	153.73**	5.79**	9.11**	63.75**	1.12NS
Error	7	5.79	0.36	1.33	1.86	0.427
CV %		6.49	0.65	1.26	1.71	6.32
Media general		37.08	92.94	92.10	79.60	10.34

** = Prueba de F al 0.01 de significancia; CV= coeficiente de variación en porcentaje; GL = grados de libertad; PC= primer conteo; GE= germinación estándar; EA= envejecimiento acelerado; PS= peso seco; LMP= longitud media plúmula.

En el Cuadro 4.12. se presentan las medias de los tratamientos, así como la comparación de medias (DMS) entre los tratamientos.

Como se puede observar, para primer conteo (PC) el valor más alto lo obtuvo el tratamiento del almacenamiento en la caseta de secado (A-CS), los más bajos fueron los tratamientos almacenados en sacos de polipropileno de semilla proveniente del amonado (AP-AM) y el almacenamiento en el campo (A-AM) y los valores intermedios los cuales se consideran estadísticamente similares fueron los tratamientos del almacenamiento envasados en sacos de polipropileno de semilla proveniente del secado artificial, caseta de secado y secado solar (AP-SA, AP-CS y AP-SS respectivamente) para los tratamientos que mostraron altos porcentajes de germinación (GE) fueron el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente de la caseta de secado (AP-CS), secado artificial (AP-SA) y el almacenamiento en la caseta de secado (A-CS) y los que obtuvieron los más bajos porcentajes fueron el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente del amonado (AP-AM) y el almacenamiento en el campo (A-AM).

En cuanto a envejecimiento acelerado (EA) es importante señalar el comportamiento del almacenamiento en la caseta de secado (A-CS) que obtuvo el más alto valor para esta variable, seguido por los tratamientos envasados en sacos de polipropileno de semilla proveniente de la caseta de secado (AP-CS), artificial (AP-SA) y solar (AP-SS), y los más bajos fueron el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente del amonado (AP-AM) y el almacenamiento en el campo (A-AM) presentando

este último una considerable reducción en el vigor mediante el envejecimiento acelerado.

El tratamiento que más alto valor presentó para peso seco (PS) fue el almacenamiento en la caseta de secado (A-CS) y el más bajo fue el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente del amonado (AP-AM).

Por lo tanto los mejores tratamientos fueron el almacenamiento en la caseta de secado (A-CS), el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente de la caseta de secado (AP-CS) y secado artificial (AP-SA); siendo los tratamientos almacenados en sacos de polipropileno de semilla proveniente del amonado (AP-AM) y el almacenamiento en el campo (A-AM) los que tuvieron el mayor efecto negativo en la calidad fisiológica de la semilla.

De acuerdo a lo anterior los mejores tratamientos que no influyeron sobre la calidad fisiológica de la semilla fueron: el almacenamiento en la caseta de secado (A-CS), el almacenamiento en sacos de polipropileno de semilla proveniente de la caseta de secado (AP-CS) y del secado artificial (AP-SA).

Cuadro 4.12. Medias de tratamientos para las variables de calidad fisiológica evaluadas al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.

Tratamiento	PC (%)	GE (%)	EA (%)	PS (%)	LMP (%)
AP-SA	38.63 b	93.75 ab	93.25 ab	79.20 d	11.18
AP-CS	37.00 b	95.00 a	93.75 ab	83.46 b	10.98
AP-SS	38.75 b	93.00 b	93.00 ab	71.41 e	9.19
AP-AM	28.00 c	91.13 c	90.25 cd	73.17 e	9.50
A-CS	53.25 a	95.00 a	94.50 a	87.21 a	10.20
A-SS	37.50 b	91.50 c	91.50 bc	82.69 bc	10.70
A-AM	26.50 c	91.25 c	88.50 d	80.10cd	10.63
DMS	5.69	1.423	2.736	3.225	

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente, (DMS; $p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; PC= primer conteo; GE= germinación estándar; EA= envejecimiento acelerado; PS= peso seco; LMP= longitud media plúmula.

Al realizar el análisis de regresión lineal simple para determinar el efecto del tiempo sobre las variables relacionadas con la calidad fisiológica, se observó que en la mayoría de los casos los R^2 se consideran altos, por lo que el modelo propuesto se considera adecuado y por lo tanto, explica gran parte de la variación. La significancia observada ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$) indica que el tiempo es de gran utilidad para predecir el comportamiento de las variables.

Efecto del Tiempo Sobre el Primer Conteo de Germinación (PC)

En el Cuadro 4.13 se presenta el análisis de regresión lineal simple para la germinación al primer conteo, se observa que sólo el tratamiento A-

CS, presentó un coeficiente de regresión ($b=0.127$) no significativo, esto indica que para este tratamiento el comportamiento del primer conteo de germinación es independiente del tiempo, aunque esto hay que tomarlo con cierta reserva puesto que el coeficiente de determinación (R^2) es bajo (0.40).

Los tratamientos que menos disminuyeron la germinación al primer conteo a través del tiempo son AP-SS, AP-SA, A-SS y AP-CS, con coeficientes de regresión de -0.0183 , -0.0218 , -0.0294 y -0.0334 respectivamente.

Los tratamientos que más disminuyeron a través del tiempo son el A-AM y AP-AM con valores de coeficientes de regresión de -0.124 y -0.103 respectivamente, esto último quiere decir que el primer conteo tiende a decaer más rápidamente a través del tiempo para estos tratamientos. (Figura 4.3.)

Cuadro 4.13. Análisis de regresión lineal simple para primer conteo (%) por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coficiente De Regresión (b1)	Probabilidad	R^2
AP-SA	41.25	-0.0218	0.002**	0.90
AP-CS	41.48	-0.0334	0.049*	0.62
AP-SS	41.55	-0.0183	0.042*	0.64
AP-AM	42.12	-0.1030	0.006**	0.83
A-CS	44.57	0.1270	0.15 NS	0.40
A-SS	41.46	-0.0294	0.011*	0.79
A-AM	41.05	-0.1240	0.000**	0.97

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; NS= no significativo.

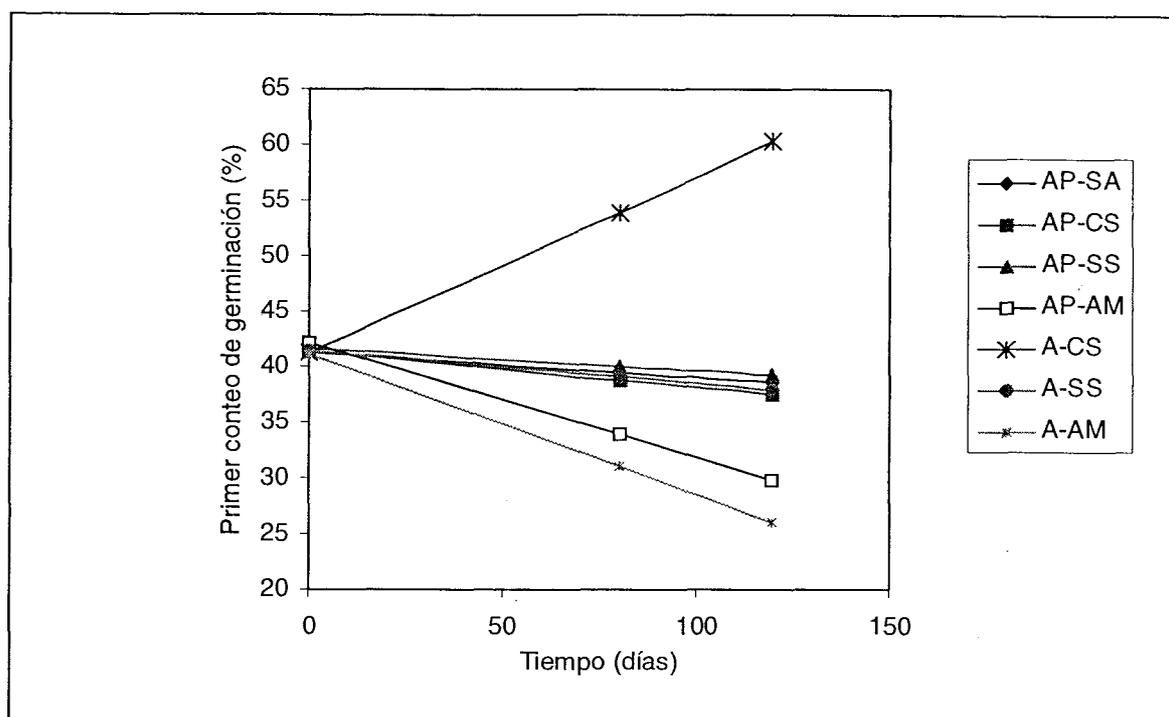


Figura 4.3. Comportamiento del primer conteo a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.

Es importante señalar que los tratamientos AP-AM y A-AM mostraron un descenso lineal a través del tiempo. Esto coincide con (Santacruz, 1994) quien encontró que la disminución de esta variable fue casi lineal a través del tiempo en diferentes cultivos, considerando esta variable confiable para la evaluación del vigor, aunque Molina *et al.*, (1992) concluyó que el primer conteo y la longitud de plúmula no fueron eficientes para determinar los diferentes niveles de calidad para semillas de maíz.

Efecto del Tiempo Sobre la Germinación Estándar (GE)

Para germinación estándar en el análisis de regresión (Cuadro 4.14) se observa que los tratamientos que tuvieron mejor comportamiento fueron AP-SA, AP-CS y AP-SS, con coeficientes de regresión de -0.020 , -0.010 y -0.026 respectivamente. Es importante dar énfasis al A-CS que en 120 días tuvo una baja disminución en la germinación con un coeficiente de regresión de -0.011 (Figura 4.4).

Cuadro 4.14. Análisis de regresión lineal simple para germinación estándar (%) por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coefficiente De Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
AP-SA	96.33	-0.020	0.003**	0.87
AP-CS	96.27	-0.010	0.000**	0.99
AP-SS	96.33	-0.026	0.001**	0.93
AP-AM	96.12	-0.043	0.000**	0.95
A-CS	96.16	-0.011	0.002**	0.89
A-SS	96.12	-0.040	0.000**	0.94
A-AM	96.10	-0.042	0.001**	0.93

** = significativo al 0.01 de probabilidad

En cambio, para los tratamientos AP-AM y A-AM la reducción de la germinación fue mayor con coeficientes de regresión de -0.043 y -0.042 respectivamente. Estos resultados pueden deberse a que estos últimos tratamientos estuvieron más directamente expuestos a los cambios

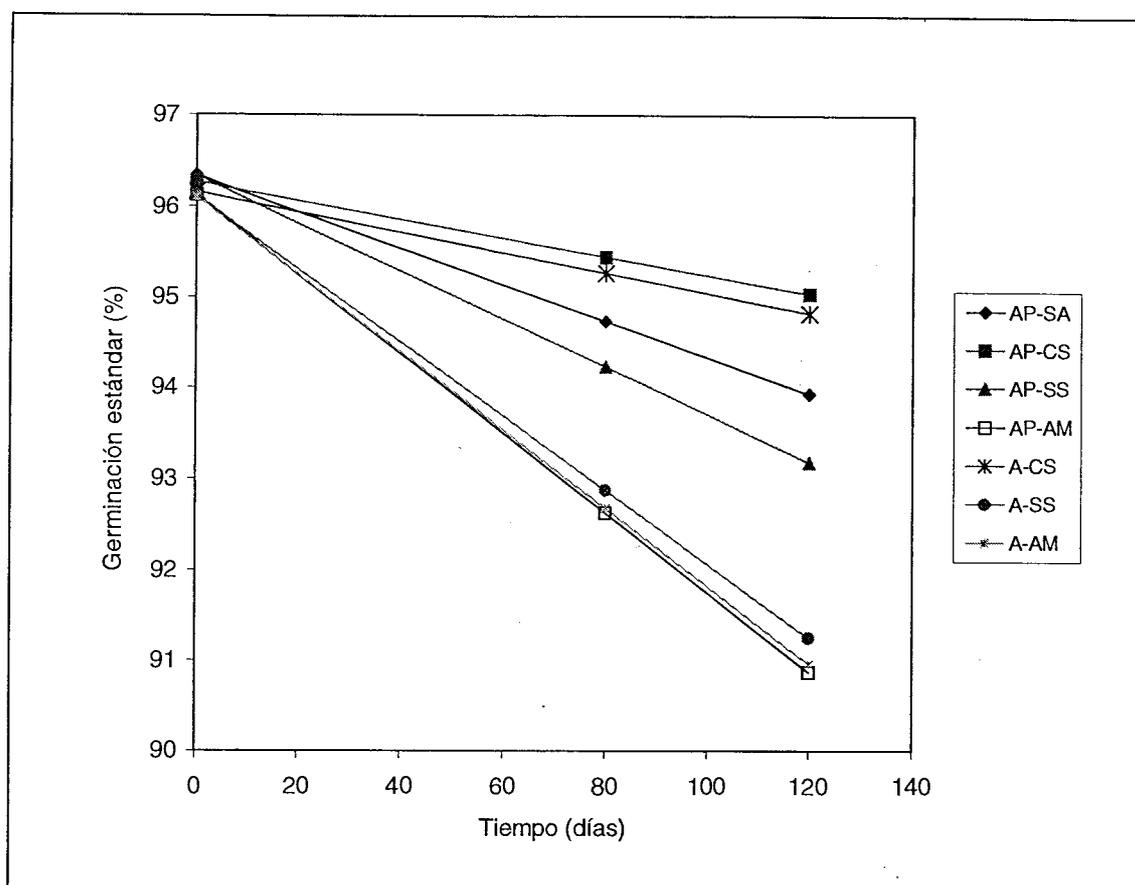


Figura 4.4. Comportamiento de germinación estándar a través del tiempo de los diferentes sistemas de almacenamiento.

climáticos, pues la humedad relativa fue variable desde nueve a 63 por ciento, la temperatura media osciló entre 6.13 y 15.02°C, y el contenido de humedad de la semilla tuvo tendencia de mantener más altos los niveles de humedad que el resto de tratamientos. Esta situación se puede relacionar con el estudio que llevó a cabo Khan (1993) que indica que bajo condiciones de humedad relativa del 40 por ciento y 20°C de temperatura, durante 20 semanas de almacenamiento la reducción de la germinación fue menor que

la combinación extrema de 65 por ciento de humedad relativa y 30°C de temperatura.

No obstante, sobre los mismos factores que afectan la calidad fisiológica, Soepriaman (1990) encontró que la semilla de maíz podría mantener su calidad de un 80 por ciento de germinación en un período de seis meses bajo condiciones de alta humedad relativa (86 a 89 por ciento) y temperatura de 20°C si ésta es almacenada en envase de polietileno y/o en contenedores de kerosene.

Los valores altos de germinación observados se le puede atribuir a que las condiciones que se presentaron durante el almacenamiento se pueden considerar favorables tal como lo menciona Vázquez (1990) que Saltillo se considera una zona favorable para un almacenamiento de semillas debido a las condiciones climáticas que se presentan.

Otra causa posible del deterioro de la semilla es el envejecimiento natural de la semilla, de acuerdo con Narayanaswamy y Swamy (1996) la germinación y el vigor decrecen con el incremento de la edad de la semilla.

En lo que corresponde a A-SS, ésta tuvo una reducción de la germinación del 4.8 por ciento considerándose estadísticamente igual al A-AM (Cuadro 4.12) lo que puede indicar que el tipo de estructura no fue adecuado para el almacenamiento.

Efecto del Tiempo Sobre el Envejecimiento Acelerado (EA)

Al realizar el análisis de regresión se observó que el vigor medido a través de la prueba de envejecimiento acelerado, tuvo un comportamiento similar a la germinación estándar, lo que indica que la semilla tiene un alto vigor, (Cuadro 4.15 y Figura 4.5) destacándose el tratamiento de A-CS que fue el que tuvo menor disminución del vigor con un coeficiente de regresión de -0.00803 .

Cuadro 4.15. Análisis de regresión lineal simple para el envejecimiento acelerado (%) por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coefficiente de Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
AP-SA	95.50	-0.0187	0.000**	0.97
AP-CS	95.48	-0.0147	0.001**	0.92
AP-SS	95.48	-0.0209	0.000**	0.98
AP-AM	95.28	-0.0455	0.000**	0.95
A-CS	95.53	-0.00803	0.044*	0.64
A-SS	95.26	-0.0352	0.002**	0.89
A-AM	95.32	-0.0598	0.005**	0.85

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

No obstante, en la Figura 4.5 también se muestra que hay un tratamiento intermedio, correspondiente al tratamiento A-SS con un coeficiente de regresión de -0.0352 y el que tuvo una disminución más drástica en el descenso del vigor fue el A-AM con un coeficiente de regresión de -0.0598 .

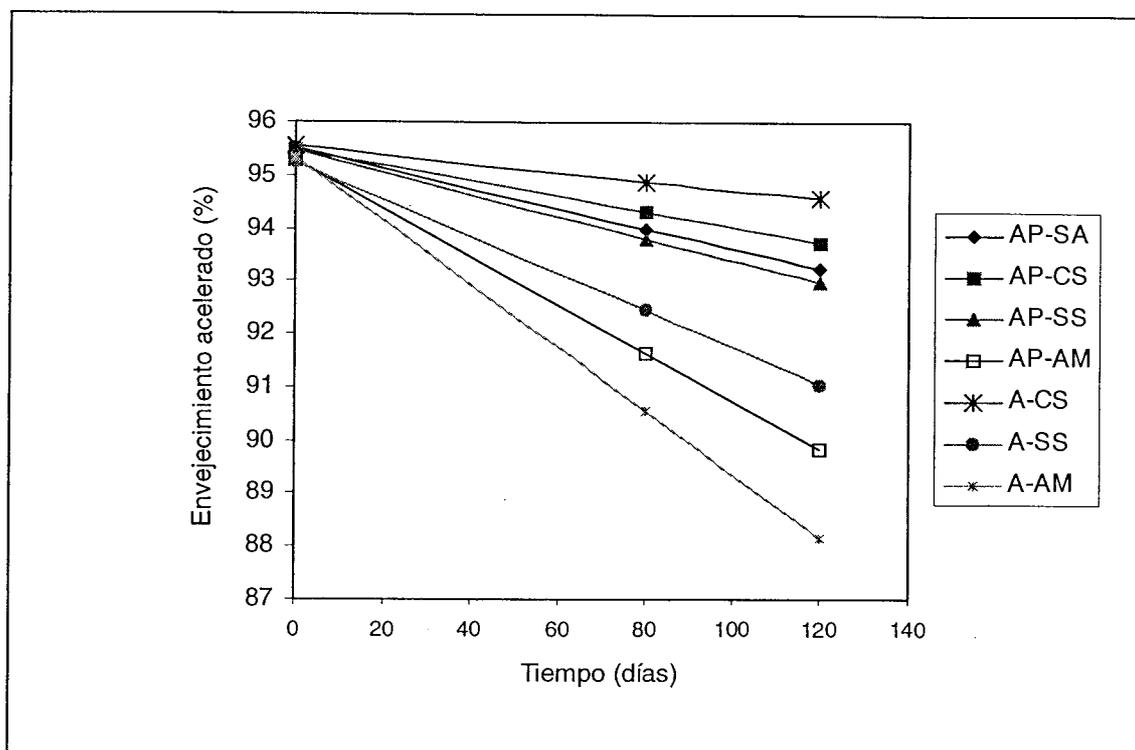


Figura 4.5. Comportamiento del envejecimiento acelerado a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.

Con respecto a esta prueba, se puede decir que las condiciones a las que se sometieron las semillas durante el envejecimiento acelerado fueron las adecuadas para obtener respuesta, ya que las condiciones coincidieron con las que sugiere Santipracha *et al.*, (1997) las cuales consisten en 100 por ciento de humedad relativa, temperatura entre 43-44°C por 96 h para realizar la prueba de envejecimiento acelerado en maíz.

Efecto del Tiempo Sobre el Peso Seco de Plántula (PS)

El tratamiento A-CS tuvo el mejor comportamiento (Cuadro 4.16 y Figura 4.6) con un descenso en los 120 días en 9.12 mg/plántula en comparación al AP-SS y AP-AM que tuvieron un descenso más drástico en 24.72 y 24.24 mg/plántula respectivamente.

Cuadro 4.16. Análisis de regresión lineal simple para el peso seco (mg/plántula) por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coefficiente De Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
AP-SA	97.04	-0.136	0.001**	0.91
AP-CS	97.38	-0.098	0.008**	0.81
AP-SS	96.46	-0.206	0.000**	0.99
AP-AM	95.18	-0.202	0.001**	0.94
A-CS	96.31	-0.076	0.000**	0.95
A-SS	97.36	-0.105	0.013*	0.78
A-AM	95.64	-0.140	0.002**	0.89

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Con base a los resultados, se puede decir que el comportamiento del tratamiento A-CS al obtener un valor alto en peso seco, se puede considerar de alto vigor por presentar altos valores de germinación y envejecimiento acelerado, y el tratamiento AP-AM el de más bajo vigor, sin embargo, con lo que respecta al AP-SS se puede decir, aunque éste obtuvo un alto valor en la germinación a través del tiempo, sufrió una drástica disminución en el peso

seco. No necesariamente se tiene que reducir el porcentaje de germinación para que se reduzca el crecimiento de la parte aérea de la plántula (Santacruz, 1994). Con respecto a esto, Rincón (1989) concluye que las pruebas de longitud y peso seco de plántulas son pruebas de vigor poco confiables para evaluar la calidad de las semillas.

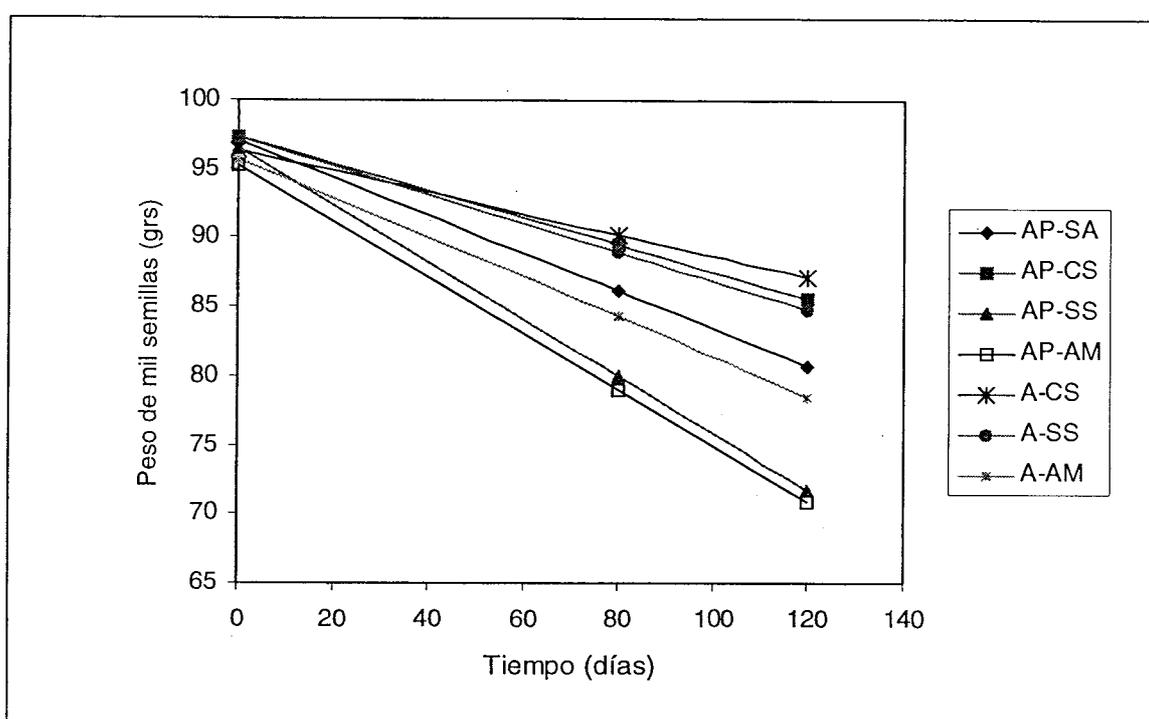


Figura 4.6. Comportamiento del peso seco a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.

Calidad Física

Al realizar el análisis de varianza (Cuadro 4.17) no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con respecto al peso de mil semillas, pero sí en el peso volumétrico.

Cuadro 4.17. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de las variables de calidad física al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.

Fuente de variación	GL	PMS (grs)	PV (kg/hl)
Tratamiento	6	128.65 NS	1.99**
Error	7	57.86	0.30
CV %		1.92	0.75
Media general		395.97	74.18

** =Prueba de F al 0.01 de significancia; CV= coeficiente de variación en porcentaje; GL= grados de libertad; PMS= peso de mil semillas; PV= peso volumétrico;

Como se puede observar en el Cuadro 4.18 al realizar la comparación de medias, los tratamientos que obtuvieron los valores más altos para el PV fueron AP-CS y AP-SS, los valores intermedios los obtuvieron A-CS y A-AM y los más bajos fueron AP-SA, AP-AM y A-SS.

Cuadro 4.18. Medias de tratamientos para las variables de calidad física evaluadas al final del almacenamiento a los 120 días.

Tratamiento	PMS (g)	PV (kg/hl)
AP-SA	383.90	73.30 c
AP-CS	404.10	75.98 a
AP-SS	394.10	74.75 ab
AP-AM	395.10	73.44 c
A-CS	399.90	74.33 bc
A-SS	406.10	73.17 c
A-AM	388.70	74.36 bc
DMS		1.308

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente; (DMS; $p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; PMS= peso de mil semillas; PV= peso volumétrico

Efecto del Tiempo Sobre el Peso de Mil Semillas (PMS)

En el Cuadro 4.19 se puede apreciar que la disminución del peso de mil semillas a través del tiempo en los diferentes tratamientos tuvo un comportamiento similar estadísticamente con coeficientes de regresión que oscilaron de -0.353 a -0.509 .

Cuadro 4.19. Análisis de regresión lineal simple para el peso de mil semillas (g) por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coefficiente de Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
AP-SA	447.37	-0.509	0.001**	0.92
AP-CS	444.57	-0.365	0.000**	0.95
AP-SS	445.99	-0.436	0.000**	0.96
AP-AM	444.45	-0.440	0.000**	0.96
A-CS	444.93	-0.396	0.000**	0.94
A-SS	443.95	-0.353	0.003**	0.87
A-AM	444.48	-0.493	0.000**	0.94

** = significativo al 0.01 de probabilidad.

No obstante en la Figura 4.7 se puede apreciar una caída notable del peso de mil semillas con respecto al punto de partida (o días) debido a que la semilla en este momento presentaba un alto contenido de humedad (27 por ciento) y un mayor peso de mil semillas (446.16 g).

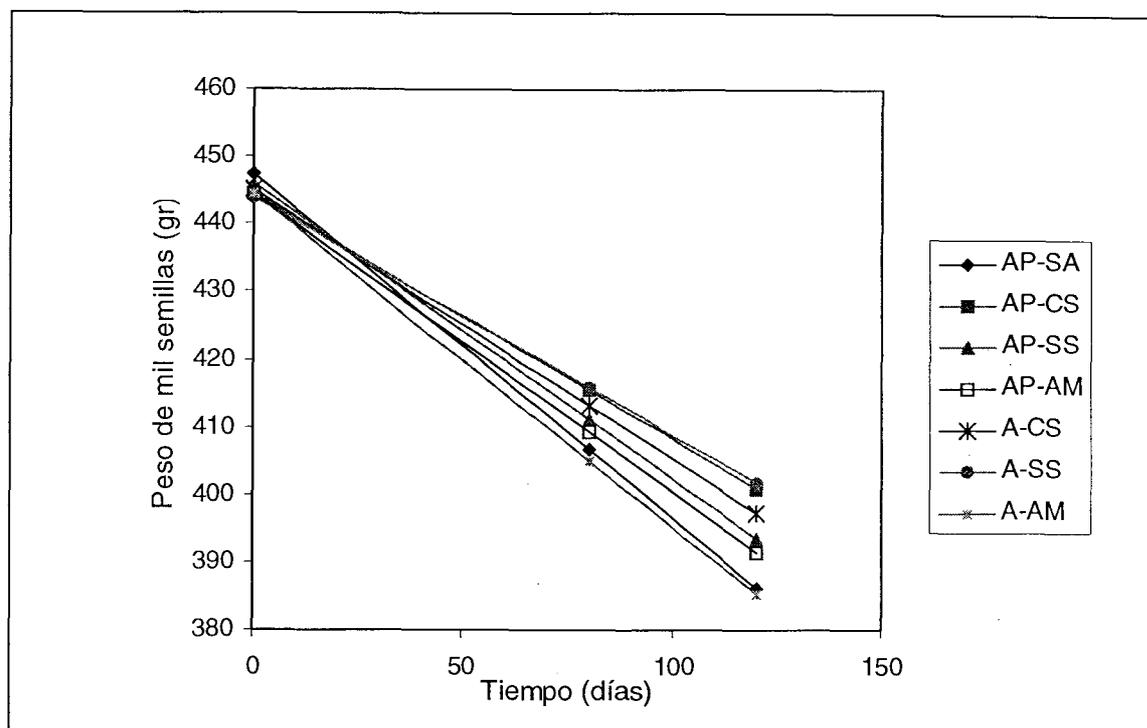


Figura 4.7. Comportamiento del peso de mil semillas a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.

Efecto del Tiempo Sobre el Peso Volumétrico (PV)

Con respecto al peso volumétrico tuvo un comportamiento de incremento a través del tiempo, lo cual influyó en que los coeficientes de regresión resultaran positivos (Cuadro 4.20). Este resultado se debió al efecto del contenido de humedad de la semilla, puesto que al momento de realizar la medición de esta variable al inicio (tiempo=0) el contenido de humedad de la semilla era del 27 por ciento, mostrando un peso volumétrico de 56.95 kg/hl, y a medida que el contenido de humedad disminuyó al 12 por ciento el peso volumétrico aumentó, coincidiendo este comportamiento con el

rtado por Aguirre y Peske (1992) quien menciona que a medida que se enta el contenido de humedad en la semilla, disminuye el peso métrico para el caso del maíz.

En nivel general, en cuanto a los coeficientes de regresión de los aamientos, se puede observar que todos presentaron valores similares, pto el tratamiento AP-CS, el cual presentó un valor de 0.1673.

adro 4.20. Análisis de regresión lineal simple para el peso volumétrico (kg/ hl) por tratamiento.

amiento	Intercepto (a)	Coefficiente de Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
SA	57.90	0.1442	0.001**	0.92
SS	57.99	0.1673	0.001**	0.93
SS	58.32	0.1598	0.003**	0.87
SM	57.84	0.1448	0.001**	0.93
S	57.94	0.1531	0.001**	0.92
	58.09	0.1446	0.002**	0.89
T	58.11	0.1547	0.002**	0.90

ignificativo al 0.01de probabilidad.

dad Sanitaria

Con base al análisis de varianza a los 120 días, como se puede ar en el Cuadro 4.21 hubo diferencias altamente significativas 01) entre los tratamientos, lo que quiere decir que por lo menos un miento tuvo efecto diferente sobre esta variable.

Cuadro 4.21. Cuadrados medios del análisis de varianza, coeficiente de variación y media general de la variable de calidad sanitaria al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.

Fuente de variación	GL	<i>Fusarium</i> spp
Tratamiento	6	2.50**
Error	7	0.40
CV %		10.73
Media general		5.91

** = Prueba de F al 0.01 de significancia; CV= coeficiente de variación en porcentaje; GL= grados de libertad

En el Cuadro 4.22 en la separación de medias, se observa que los tratamientos A-AM, AP-AM y AP-SA fueron los que mostraron mayor presencia de *Fusarium* spp, mostrando un comportamiento intermedio AP-SS y A-SS y los valores más bajos los presentaron los tratamientos AP-CS y A-CS.

Cuadro 4.22. Medias de tratamientos para la variable de calidad sanitaria evaluada al final del almacenamiento de semillas de maíz a los 120 días.

Tratamiento	<i>Fusarium</i> spp % (datos sin transformar)	<i>Fusarium</i> spp % (datos transformados) 1]
AP-SA	50.63 a	7.11 a
AP-CS	21.88 c	4.67 c
AP-SS	33.75 abc	5.80 abc
AP-AM	46.25 ab	6.79 ab
A-CS	20.00 c	4.41 c
A-SS	30.63 bc	5.52 bc
A-AM	50.63 a	7.07 a
DMS	18.01	1.496

Medias con una misma letra no son diferentes estadísticamente.

(DMS; $p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa; 1] datos transformados por raíz cuadrada

Efecto del Tiempo Sobre la Presencia de *Fusarium spp*

El comportamiento de esta variable a través del tiempo, se presenta en el Cuadro 4.23 en donde se estimó la disminución de la incidencia de este hongo mediante el coeficiente de regresión, mostrando valores de -0.360 , 0.286 y -0.321 para los tratamientos AP-AM, A-AM y AP-SA respectivamente.

Cuadro 4.23. Análisis de regresión lineal simple para la variable de calidad sanitaria (*Fusarium spp*) % por tratamiento.

Tratamiento	Intercepto (a)	Coefficiente de Regresión (b1)	Probabilidad	R ²
AP-SA	85.80	-0.321	0.000**	0.95
AP-CS	83.66	-0.578	0.001**	0.92
AP-SS	86.07	-0.459	0.000**	0.97
AP-AM	85.49	-0.360	0.001**	0.91
A-CS	85.35	-0.580	0.000**	0.95
A-SS	85.31	-0.492	0.000**	0.95
A-AM	89.95	-0.286	0.025*	0.71

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

Con respecto al A-SS y AP-CS (Figura 4.8) muestran una reducción considerable de *Fusarium spp*, ya que presentaron coeficientes de regresión de -0.492 y -0.578 respectivamente, asimismo cabe destacar que en el A-CS la presencia de este hongo, la tendencia a disminuir fue mayor con un coeficiente de regresión ($b_1 = -0.580$), lo que indica que bajo estas condiciones de almacenamiento, este hongo de campo no tiene las condiciones óptimas

para su crecimiento (contenido de humedad de la semilla, temperatura y humedad relativa), lo que favorece que este hongo se vaya eliminando a través del tiempo. Esto coincide con Popinigis (1979) que menciona que los hongos de campo, *Fusarium* y *Helminthosporium*, no constituyen un problema durante el almacenamiento, ya que para su crecimiento necesitan humedad relativa alta y un contenido de humedad de la semilla alrededor del 20 por ciento.

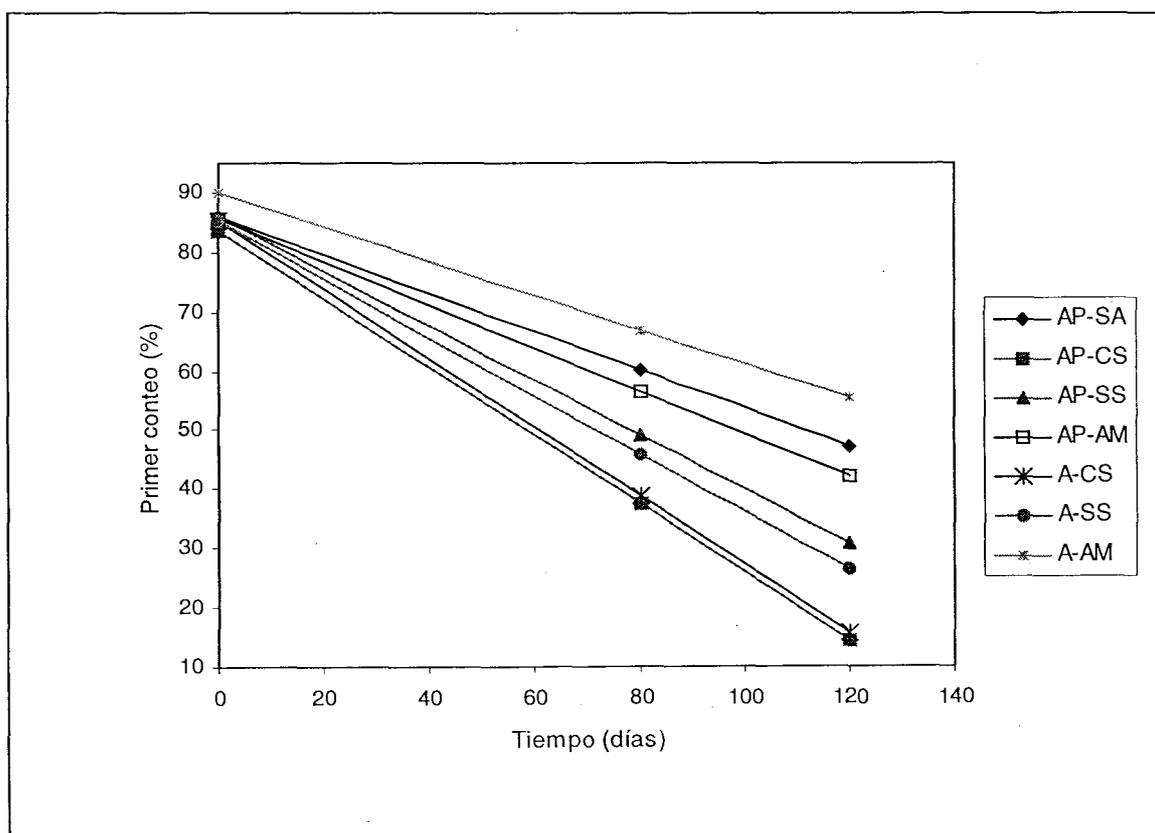


Figura 4.8. Comportamiento de *Fusarium* spp a través del tiempo para los diferentes sistemas de almacenamiento.

Arino y Bullerman (1994) encontró que el maíz almacenado durante un año presentó alta infección por *Fusarium* spp. Con relación a la presencia de *Fusarium* spp en altos porcentajes, indica que el maíz es de cosecha reciente (Cristensen y Kaufmann, 1969).

Asimismo, hay otros estudios Kabeere *et al.*, (1997) que revelan que el *Fusarium* spp se presenta en semillas almacenadas al 10 por ciento de contenido de humedad, no obstante, existe un comportamiento diferente en cuanto a la especie, ya que *F. graminearum* (*Gibberella zeae*) con una incidencia inicial de 8 a 48 por ciento, fue eliminado en semillas con un 10 por ciento de contenido de humedad a 30°C de temperatura después de nueve meses de almacenamiento y a 14 por ciento de contenido de humedad en la semilla y 25°C de temperatura después de seis meses sin una reducción en la germinación. Al respecto Rheeder *et al.*, (1990) reporta que *Fusarium* spp tuvo apenas una ligera afectación en la germinación de la semilla de maíz.

Con respecto al AP-AM y A.AM éstos tuvieron una disminución muy ligera a través del tiempo, con coeficientes de regresión de -0.360 y -0.286 respectivamente. Es importante señalar, que la permanencia en el campo por más tiempo en comparación a los otros tratamientos favoreció que este hongo de campo tuviera las condiciones adecuadas para su crecimiento, lo cual no permitió que se eliminara a través del tiempo.

V. CONCLUSIONES

Los métodos de secado artificial, solar y caseta de secado resultaron ser adecuados, por no tener efecto en los componentes de calidad fisiológica en cuanto germinación estándar, vigor mediante el envejecimiento acelerado y el peso seco de plántula.

Los cuatro métodos de secado influyeron en la disminución de la humedad del grano lo cual se reflejó en el peso de mil semillas y peso volumétrico al inicio y final de secado, así también se determinó que los métodos de secado disminuyeron la incidencia de *Fusarium* spp, siendo muy leve esta disminución para el amonado.

El secado en el campo fue el que tuvo ligero deterioro en los atributos de calidad de la semilla.

El mejor tratamiento con relación al tiempo de secado fue el artificial con una duración de dos días de secado; seguido por la caseta de secado y el secado solar con 26 y 33 días respectivamente, el secado en el campo o amonado fue el que tuvo mayor duración con 53 días.

En el almacenamiento, los mejores tratamientos fueron los correspondientes a los envasados en sacos de polipropileno con semillas.

a granel provenientes de los sistemas de secado artificial (AP-SA), caseta de secado (AP-CS), y el almacenamiento en mazorcas en la caseta de secado (A-CS) puesto que no influyeron en los componentes de calidad fisiológica relacionados con el primer conteo de germinación, germinación estándar y envejecimiento acelerado principalmente.

El peso volumétrico y el peso de mil semillas fueron influenciados principalmente por el contenido de humedad de la semilla y no por el efecto del almacenamiento.

La tendencia de la disminución de *Fusarium* spp a través del tiempo fue mayor en los tratamientos almacenados en mazorcas en la caseta de secado (A-CS), en la caseta de secado sin el colector solar (A-SS) y en el almacenamiento en envases de polipropileno de semilla proveniente de la caseta de secado (AP-CS).

La semilla que fue envasada en sacos de polipropileno proveniente del secado en campo (AP-AM), así como el secado y almacenado en el campo (A-AM) fueron los sistemas que obtuvieron mayor efecto negativo en la calidad de la semilla.

La caseta de secado que se utilizó como cámara de secado con el colector solar y que después se usó como estructura de almacenamiento de mazorcas (A-SS) presentó deficiencias en cuanto al almacenamiento.

Se determinó que la caseta de secado es una alternativa de secado y almacenamiento en la producción de semilla de maíz.

De acuerdo a las conclusiones anteriores se rechaza parcialmente la primera hipótesis planteada, puesto que tanto los efectos de los tratamientos de secado, así como los de almacenamiento, en la mayor parte de las variables evaluadas tuvieron efectos diferentes.

Con respecto a la segunda hipótesis relacionada con el tiempo de secado, se rechaza, ya que la diferencia entre tratamientos de secado fue de hasta 51 días.

VI. RESUMEN

En México el maíz es el elemento básico en la dieta alimenticia. El desconocimiento de tecnología apropiada en el manejo postcosecha, principalmente en las fases de secado y almacenamiento, son factores que repercuten en la baja productividad y en la calidad de la semilla bajo el sistema de producción de agricultores de bajos recursos. De allí la importancia, que éstos implementen técnicas apropiadas de postcosechas que mantengan la calidad de su propia semilla.

Este estudio fue realizado en el Campo Experimental de Saltillo del municipio de Arteaga, y en los laboratorios del Centro de Capacitación de Tecnología de Semillas de la Universidad Agraria Autónoma "Antonio Narro", con el objetivo de determinar el tiempo de secado de cada método, así como identificar el método más adecuado de secado y almacenamiento con base a la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla de la variedad de maíz CAFIME.

Se evaluaron cuatro métodos de secado los cuales consistieron en los sistemas de secado artificial (SA), caseta de secado (CS), secado solar (SS), y el secado en el campo o amonado (AM). Estos cuatro tratamientos de secado dieron origen a siete tratamientos relacionados

con el almacenamiento, de los cuales cuatro fueron envasados en sacos de polipropileno (AP) provenientes de los cuatro sistemas de secado (AP-SA, AP-CS, AP-SS y AP-AM) y los otros tres tratamientos permanecieron almacenados (A) en las mismas condiciones en donde se dio el tratamiento de secado (A-CS, A-SS y A-AM). Se registraron variables de contenido de humedad de la semilla, temperatura del ambiente, humedad relativa, germinación estándar, primer conteo de la germinación, envejecimiento acelerado, peso seco de plántula, longitud media de plúmula, peso volumétrico, peso de mil semillas y sanidad de la semilla. El estudio tuvo una duración de 120 días, llevando el control de la calidad de la semilla al inicio, durante y al final del experimento.

A los resultados obtenidos se les hicieron cuatro diferentes tipos de análisis estadísticos: Prueba de "T" para grupos sorteados, análisis de varianza, comparación de medias (DMS) y análisis de regresión lineal simple.

Los resultados demuestran que la caseta de secado es una buena alternativa para el secado, ya que el tiempo requerido es relativamente corto con 26 días en comparación con el secado en el campo o amonado, el cual duró 53 días para disminuir el contenido de humedad de la semilla de 27 a 12 por ciento.

Los métodos de secado artificial, solar y caseta de secado resultaron ser adecuados, por no tener efecto en los componentes de

calidad fisiológica en cuanto a germinación estándar, vigor mediante el envejecimiento acelerado y el peso seco de plántula. Los cuatro métodos de secado influyeron en la disminución de la humedad del grano lo cual se reflejó en el peso de mil semillas y peso volumétrico al inicio y final de secado, así también se determinó que los métodos de secado disminuyeron la incidencia de *Fusarium* spp, siendo muy leve esta disminución para el amonado. El secado en el campo fue el que tuvo un ligero deterioro en los atributos de calidad.

Los mejores sistemas de almacenamiento fueron el AP-SA, AP-CS y A-CS los dos primeros corresponden a tratamientos que se envasaron en sacos de polipropileno con semillas a granel provenientes de los sistemas de secado artificial y caseta de secado respectivamente y el último corresponde al almacenamiento en mazorcas en la caseta de secado; estos tres sistemas no influyeron en los componentes de calidad fisiológica relacionados con germinación estándar, el envejecimiento acelerado y el primer conteo.

Finalmente se determinó que la caseta de secado es una alternativa de secado y almacenamiento para la producción de semillas de maíz bajo las condiciones de la región donde se realizó el estudio.

VII. LITERATURA CITADA

- Aguire, R., y S.T. Peske. 1992. Manual para el Beneficio de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp: 20-43.
- Arce, E.A.D. and D.S. Chung. 1988. Evaluation of grain losses and grain drying performance at large grain storage and handling facilities in a developing country Agency for International Development United States Department of State. Kansas State University. U.S.A.
- Arias V., C.J. 1995. Almacenamiento de Granos en Latinoamérica. FAO. Oficina Regional de Servicios Agrícolas Programa de Prevención de Pérdidas de Alimentos Posteriores a la Cosecha.
- Arino, A.A. and L.B. Bullerman. 1994. Journal of Food Protection. 57:12,. U.S.A. 27. pp: 1084-1087
- Arkema, F.W.B. 1994. Sun drying of grain. International symposium on grain conservation. FAO/Roma, and CESA/RS, Brasil. Porto Alegre.
- Arregocés A., G. Robayo., J. Douglas., y J. González. (Sin fecha). Producción y Beneficio de Semilla Certificada de Arroz. Serie 04SR-01.08. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia. pp:8-15.
- Association of Official Seed Analysts. (AOSA). 1983. Seed vigor testing, handbook Contribution 32 Springfield, 11. U.S.A.
- Baker, J.L. and G.C. Shove. 1977. Solar grain drying in Illinois. Paper No. 77-3009. For presentation at the 1977 Annual Meeting. American Society of Agricultural Engineers. North Carolina State University. U.S.A.
- Bankole, S.A. 1993. Moisture content, mould invasion and seed germinability of stored melon. Mycopathology 122, The Netherlands. pp: 123-126.

- Baudet L., y S. Peske T. (Sin fecha). Almacenamiento de semillas. Universidade Federal de Pelotas. Brazil. 11 p.
- Borba, C.S., C.Andreolim., R.V. de Andrade., J.T.de Azevedo and A.C. de Oliveira. 1998. Effect of delay in drying on physiological quality of maize seeds. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 33:1, pp:105-108 11 ref. Brazil.
- Borem, F.M., T. Hara e R.F. da Silva. 1996. Efeito da secagem e do armazenamento de milho (*Zea mays* L.). Revista Brasileira de Armazenamento. Brazil.
- Bustamante G., L.A.1998. Notas del curso de control de calidad. Programa de graduados. CCDTS-UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Camargo P., C., C. Bragantini., R. Aguirre., A.E. Garay., y J. de Soto F. 1989. Semillas para Pequeños Agricultores- Infraestructura de Apoyo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Unidad de Semillas. pp: 1-29.
- Carvalho, N.M. de e J. Nakagawa. 1983. Sementes, Ciencia, Tecnologia y Producao. 2ª. Ed. Rev. Campinas, Fundacao Cargill. Brazil.
- Castillo N., A. 1984. Almacenamiento de Granos. Aspectos Técnicos y Económicos. 2ª Edición. Ediagro. Bogotá. pp:135-145.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1985. Acondicionamiento de semillas. Cali, Colombia.
- Copeland, L.O. 1976. Principles of seed science and technology. Burgen Publishing Co. Minneapolis, MN. U.S.A.
- Cristensen, C.M. and H.H. Kaufmann. 1969. Grain Storage. The role of fungi in quality loss. Univ. Of Minnesota Press. Minneapolis, Minn. U.S.A.
- Dalpasquale V., A., D.M. de Queiroz., J.A.M. Pereira., y R. Sinicio. 1991. Secado de granos, Natural, Solar y a Bajas Temperaturas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp: 1-18.
- Dávila C., S. 1994. Secado y Almacenamiento de Cereales en México. International Symposium on Grain Conservation, Porto Alegre, Brazil. p: 356

- Dávila S. 1981. Drying of a Small Experimental Seed an Grain Dryer. M.C. Thesis. Mississippi State University. Mississippi. MS. pp: 28-38.
- Dalpasquale V., A., D.A. Pereira M., R. Sinicio., y D. Filho O.1991. Secado de granos a altas temperaturas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp: 1-5.
- Delouche, J.C. 1978. Preceptos para el almacenamiento de la semilla. En: Seminario Internaonal sobre tecnología de Semillas para Centroamérica, Panamá y El Caribe. (Comp.) Boyd, A.H. and R. Echandi Z.
- _____. 1986. Physiological seed quality. Proc. Short Course for Seedsmen. Vol. 28: pp: 51-59. Mississippi State University. Mississippi, United States of America.
- Delouche, J.C. and W.P. Caldwell. 1970. Seed vigor and vigor testes In: Short course for seedsmen,13 Mississippi, 1970. Proceeding... Mississippi,Seed Technology. Laboratory. Mississippi State University. pp:17-19.
- Dios, C.A. de 1996. Secado de Granos y Secadoras. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile. pp:11-164.
- Echandi R.1981. Control de Calidad en Semillas. Memorias de la Reunión de Trabajo sobre Estrqategias, Planeación y Ejecución de un Programa de Semillas. CIAT, Cali, Colombia. Enero 19-23.
- Facio P., F., y C. Dávila S.I. (Sin fecha). Acondicionamiento de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. Buenavista, Saltillo, México.
- Food and agriculture organization of the United Nations. FAO. 1980. On-Farm maize drying and storage in the humid tropics. Rome, Italy. pp: 4-15.
- _____. 1982. Techical guideline for maize seed technology. Rome, Italy. pp: 112-114.
- _____. 1998. Almacenamiento de granos a nivel rural. Serie: Tecnología Poscosecha 1. Roma, Italia. pp: 1-15.

- Fuentes, M. 1995. Desarrollo de Germoplasma de Maíz para el altiplano de Guatemala. Síntesis de Resultados Experimentales del PRM. 1993-1995, Vol. 5 (1997) CIMMYT-PRM, Guatemala. pp: 3-14.
- Garay E., A., R. Aguirre., y G. Giraldo. 1989. La dinámica de la humedad de la semilla y sus implicaciones en la producción de semillas. Curso sobre sistemas de semillas de frijol para pequeños agricultores. ICA/CIAT.
- Garay A., E. (Sin fecha). La calidad de la semilla y sus componentes. Documento de trabajo No. 109. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Gil G.,M., y E. Becerra.R. 1980. Ecología de la semilla de soya y secado de granos. 1ª. Reimpresión, Agosto. MSDAGVET. Laboratorios Prosalud, S.A. de C.V.
- Giner A.,S.1994. Información sobre el secado y almacenamiento de Granos en la República de Argentina. International Symposium on Grain Conservation, Porto Alegre, Brasil.
- Gómez K.,A., and A. Gómez. A. 1994. Statistical procedures for agricultural research. An International Rice Research Institute Book. Second Edition. John Wiley & Sons, Canadá.
- Gowda, S.J., N.G. Bhole and G.S.V. Raghavan.1996. Prediction of seed viability in storage. Mysore Journal of Agricultural Sciences. 30:2, pp: 164-169.
- Gutiérrez C., G., y C. Gómez. 1996. Validación de estructuras mejoradas de almacenamiento de maíz. Regiones I y II. 1993-1995. INTA. UCPCN. COSUDE. Nicaragua. p 20.
- Gutiérrez C.,G., M. Lacayo Ch., C. Gómez., R. Gómez y J.L. Pérez. 1997. Validación de la caseta de secado de maíz en la zona húmeda de San Ramón, Matagalpa. UCPCN, INTA, COSUDE. Nicaragua. p 26.
- Harrison, C.M., and A. Wright H. 1929. Seed corn drying experiments. J. Am. Soc. Agron. Madison, Wis. American Society of Agronomy. Oct 1929. V. 21 (10). U.S.A.
- International Seed Testing Association. (ISTA).1996. International Rules for Seed Testing Seed Science and Technology 13 (2).

- Kabeere, F., M.J. Hill and J.G. Hampton. 1997. Effect of maize seed storage conditions on the survival of *Fusarium* spp. *Seed Science and Technology* 25:2, pp: 332-339. New Zealand.
- Khan, I., M.J. Hill and P.G. Penemore. 1993. A study of the influence of storage environment on seed deterioration in maize (*Zea mays*). *Sarhad Journal of Agriculture* v.9 (5) pp: 393-398. Pakistán.
- Lasseran J., C. 1994. Mejoramiento del manejo de la ventilación y del sistema de conductos para controlar la calidad de los granos. *International Symposium on Grain Conservación*. Porto Alegre. Brazil. P 200
- Lin, S.S. 1988. Efecto do periodo de armazenamento na lixiviacao eletrolitica dos solutos celulares e qualidade fisiologica da semente de milho (*Zea mays* L.) e feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Sementes*. 1988, 10:3 13 ref. SC, Brazil. pp: 59-67.
- Lucia, M. de y D. Assennato. 1993. La ingeniería agraria en el desarrollo. *Manejo y Tratamiento de granos poscosecha*. Organización y técnicas. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*. 93.
- Marks, B.P., and R.L. Stroshine. 1995. Effects of previous storage history, hybrid, and drying metod on the storability of maize grain (corn). *J.Stored Products Research*. U.S.A.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales, métodos y elementos de teoría. *Primera Edición*, Editorial Trillas, México.
- Mendoza J., M.H. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. *Agrometeorología*. Buenavista, Saltillo, México.
- Molina M., J., D. Lisakowski I., y E. Paulo Z. 1992. Pruebas de vigor para semillas de maíz y su relación con la emergencia en campo. *Revista Fitotecnia Mexicana (Ener-Jun 1992)* v. 15 (1) pp:10-21. México.
- Moreno M., E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. *Universidad Nacional Autónoma de México*. (UNAM). México. pp: 37- 46.
- _____. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. *Tercera Edición*, Universidad. Autónoma. de México. México. pp: 62-266.

- Moreno M., E., F. Torres., e I. Chong. 1995. El Sistema Poscosecha de Granos en el Nivel Rural: Problemática y Propuestas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp: 247-262.
- Narayanaswamy, S. and K. Swamy K.M. 1996. Influence of natural ageing on crop performance and yield of hibrid maize (*Zea mays L.*) Seed Research. Publ.1997,24:2, pp:93-96, 14 ref. India.
- Nicol, K. 1993. Maize storage and drying. Crop Management Guide 20. CIMMYT. México.
- Pardavé D., M., y E. Moreno M. 1982. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre la viabilidad de la semilla de soya. An. Inst. Biol. Universidad . Nacional Autónoma de México. México 47-53. Ser. Botánica: pp:61-72.
- Pérez J., M. 1994. Memorias de la III Reunión de la Problemática de Poscosecha de Granos y Semillas y del Taller de Evaluación de Pérdidas Poscosecha de Granos Básicos. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. pp: 99-105.
- Programa Poscosecha. 1995. Caseta Secadora. Manejo y Construcción. Poscosecha. INTA. UCPCN. COSUDE. Managua, Nicaragua. pp:5-14.
- Productora Nacional de Semillas. PRONASE. (Sin fecha). Catálogo de especies y variedades. 143 p.
- Popinigis F. 1979. Preservacao da qualidade fisiologica da semente durante o armazenamento. Vicoso-MG. Brazil. 40 p.
- Quemé J.,L., R. Ochoa., C. Acosta., K. Schneider y W. Quemé. 1997. Evaluación de Cinco Estructuras de Almacenamiento de Maíz en Chimaltenango, Guatemala. 1990-1991. Síntesis de Resultados Experimentales del PRM 1993-1995, Vol. 5 (1997) CIMMYT-PRM, Guatemala. pp: 260-262.
- Ramírez G., M. 1984. Almacenamiento y Conservación de Granos y Semillas. Editorial Continental, S.A. de C.V. México. p 274.
- Reeder, J.P., W.F.O. Marasas., and P.S. Van Wuk. 1990. Fungal associations in corn kernels and effects on germination. Phytopathology 80:pp:131-134.

- Rincón S., F. 1989. Deterioro de semillas de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis. Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 85 p.
- Ritchie, S.W., and J. Hanway. 1984. How a corn plant develops. Special Report No .48, Iowa State University, Iowa.
- Rodríguez J., C. 1991. Evaluación de un sistema de secado de granos con aire natural. International Symposium on Grain Conservation. Porto Alegre. Brazil. p 216.
- Sánchez R., D., E. Moreno M. y M. Zenteno Z. 1971. Estudios sobre el almacenamiento de semilla de soya de la variedad Tropicana. Bol. Soc. Mex. Mic. 5: México. p 49.
- Santacruz A., V. 1994. Conservación de Germoplasma en diferentes ambientes de envase. Tesis. Maestría. Colegio Postgraduados. Montecillo, México.
- Santipracha, V., Q. Santipracha and V. Wongvarodom. 1997. Seed Science and Technology. 25:2, pp: 203-208. Thailand.
- Sodha, M.S., N. Bausal N., A. Kumar., P. Bausal K., and M.A.S. Malik. 1987. Solar Crop drying. Printed in the U.S.A. pp: 15-22.
- Soepriaman, J.S. 1990. Effect of different paskaging systems and locations on quality and shelf life of corn and soybean seeds. Proceedings of the seminar on food researsh.vol 1. pp:57-62. Indonesia.
- Soto O.,R., F. Facio P., L.A. Bustamante G., E. Alvarado M., J.M. Rodríguez., y S. Dávila C. 1995. Temperaturas de secado artificial y su efecto en la germinación de semilla de sorgo. Agraria. UAAAN vol. 11 Num. 1 y 2 Enero- Julio, Julio- Diciembre. Buenavista, Saltillo, México.
- Vallador, D.M. Jr., E.M. Baylin., N.S. Singcol., R.L. Alcántara and D.P. Sagolili. 1991. Influence of moisture content and drying temperature on the seed quality of two corn cultivars. CMU-Journal of Science (Philippines). (Jan-Jun 1991). V. 4 (1) pp:21-33.
- Vázquez B., M.E. 1990. Identificación de las Limitantes en el Almacenamiento y Conservación de Semillas en el Clima Seco del Norte de México. Tesis. Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

_____. 1992. Control de Calidad, Almacenamiento y Conservación de semillas en un sistema de producción de semillas para pequeños agricultores. En: Zapata R., J., S.M. del Campo V., y A. Peña. (Comp.) Métodos Artesanales de producción de semillas de cultivos. Memoria. México. pp: 16-23.

Williams, E.E., R.M. Peart., and J.R. Jr. Barret. 1977. Solar grain drying. Agricultural Engineering Department, Purdue University, West Lafayette. U.S.A.

VII. APENDICE

Cuadro A.1. Temperatura y humedad relativa registrada durante el secado artificial y almacenamiento de la semilla proveniente de los diferentes sistemas de secado en sacos de polipropileno. CCDTS-UAAAN 1998-1999.

Semanas	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min. (°C)	Temp. Media (°C)	H.R
1	24	19	20.85	46.07
2	25	21	23	40.5
3	26	18	22.14	49.5
4	20	16	18.42	36
5	16	12	13.78	41.71
6	19	15	17.78	36.71
7	22	16	18.85	31.42
8	22	10	17.42	28.64
9	24	15	18.85	26.07
10	23	18	20.57	26.28
11	22	16	18.78	13.27
12	24	16	19.42	26.78
13	25	21	22.8	39.3
14	21	18	19.62	23.75
15	27	18	23	37.14
16	26	20	22.92	28.64

Cuadro A.2. Temperatura y humedad relativa registrada durante el secado y almacenamiento de los sistemas (caseta de secado, solar y amonado). CESAL. 1998-1999.

Semanas	Temp. Máx. (°C)	Temp. Min. (°C)	Temp. Media (°C)	H.R
1	31.60	2.00	16.8	63.86
2	30.30	0.60	15.45	57.17
3	29.20	-5.20	12	58.28
4	29.80	-6.40	11.7	52.28
5	30.50	-2.80	13.85	56.40
6	29.20	-4.40	12.4	42.62
7	23.20	-8.90	7.15	51.60
8	27.40	-8.00	9.7	43.75
9	22.00	-9.20	6.4	35.28
10	20.30	-13.20	7.1	30.52
11	21.70	-13.20	8.5	23.00
12	23.20	-8.90	7.15	24.69
13	24.10	-13.40	5.35	9.30
14	25.20	-7.90	8.65	28.66
15	24.40	-6.70	8.85	34.31
16	22.30	-5.90	8.2	37.32
17	25.80	-5.20	10.3	28.78

Fuente: Estación meteorológica del Campo Experimental de Saltillo (CESAL) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

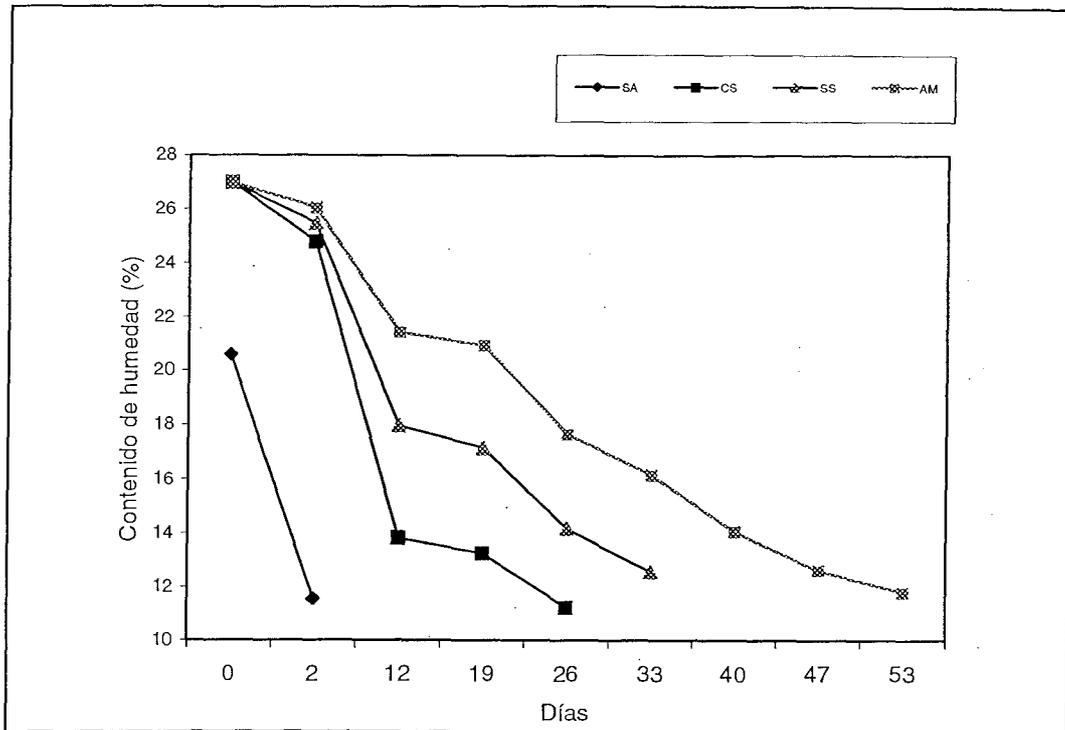


Figura A.1. Tiempo de secado para los diferentes métodos evaluados.

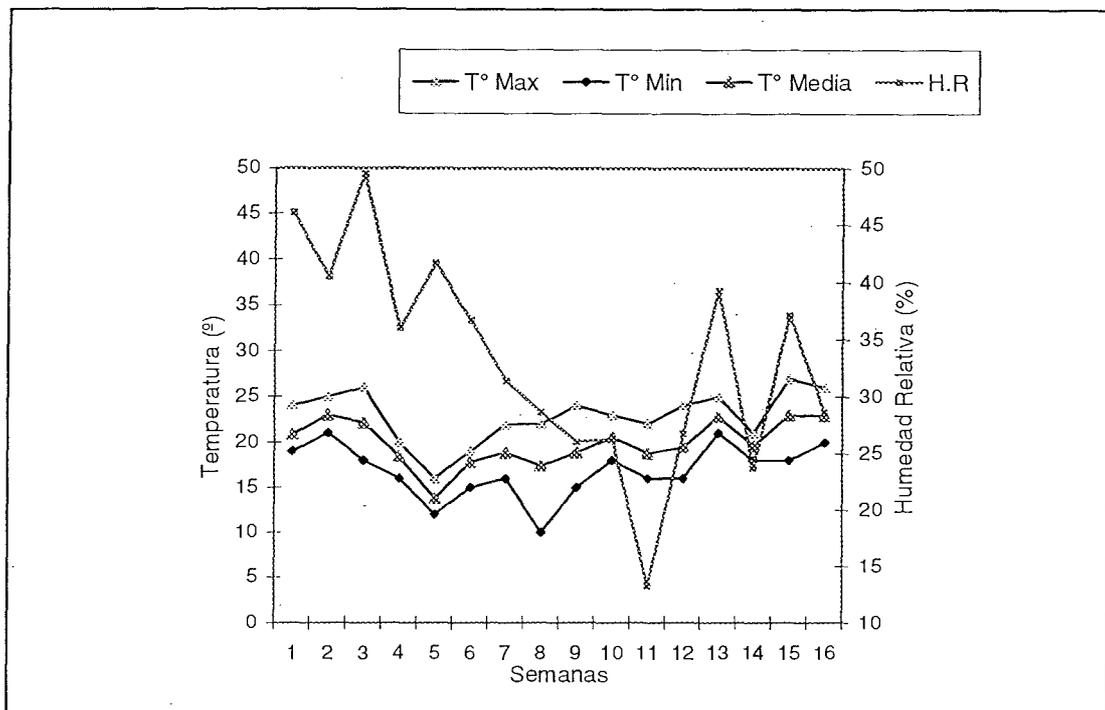


Figura A.2. Temperatura y humedad relativa registradas durante el secado y almacenamiento bajo condiciones de almacén. CCDTS-UAAAN. 1998-1999.

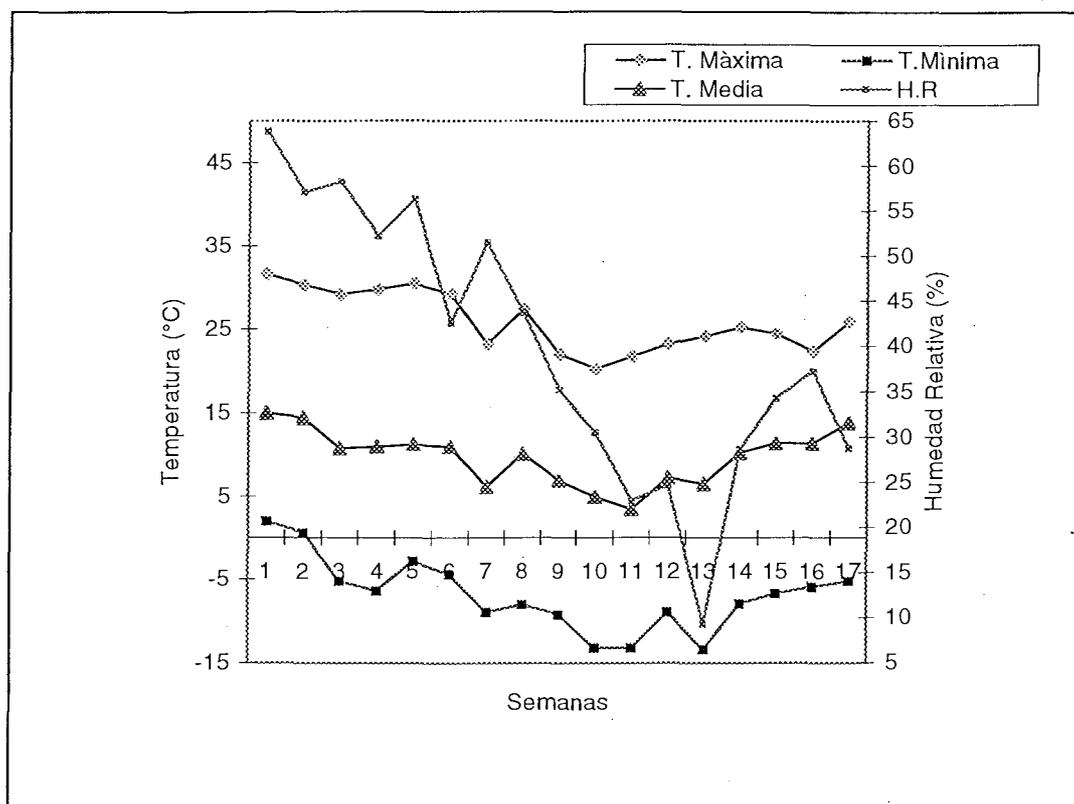


Figura A.3. Temperatura y humedad relativa registradas durante el secado y almacenamiento bajo condiciones de campo. CESAL. 1998-1999.