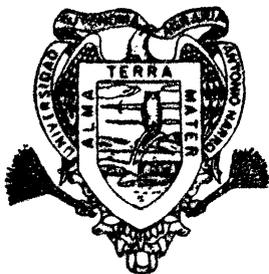


EFFECTO DEL PREHUMEDECIMIENTO EN LA
CALIDAD DE LA SEMILLA DE MAIZ (*Zea mays* L.)

MARIA OFELIA SEDA VERGARA

T E S I S

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



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1997

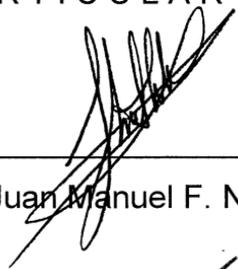


s elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y
aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

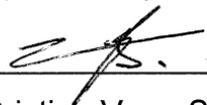
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

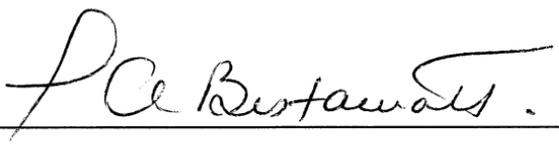
Principal :



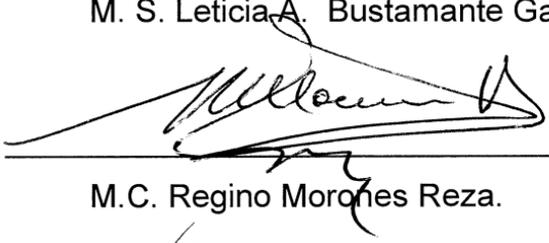
PhD. Juan Manuel F. Narváez Melo.



M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez.



M. S. Leticia A. Bustamante García.



M.C. Regino Morones Reza.



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado.

AGRADECIMIENTOS

ejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Por el apoyo
co brindado para llevar a cabo mis estudios de maestría.

ersidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN). Que me abrió sus
la oportunidad de formar una etapa profesional más en mi vida.

Juan Manuel F. Narváez Melo. Por su asesoría y confianza que me ha
el transcurso de esta investigación y por su valiosa amistad.

stina Vega Sánchez. Por la revisión de este trabajo y por las
as que me dió para conseguir la semilla de maíz .

cia A. Bustamante García, Por la revisión del escrito y a quién admiro
na persona tan accesible.

Regino Morones Reza. Por su buena disposición y su valiosa ayuda
lización de los análisis estadísticos.

); Salvador Valencia Manso. Por su apoyo en los programas
os y por sus buenas aportaciones.

José Luis Quemé de León. Por sus sugerencias y la revisión del

. Federico Facio Parra. Por su apoyo siempre incondicional y por su como buen amigo.

los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo de gía de Semillas (CCDTS). Dr. Jesús Ortégón Pérez, M.C. Víctor Serrato. M.C. José Daniel, M.C. Mario Ernesto Vásquez, M. C. José Gpe , T.L.Q. Sandra Luz García, Jovita Escobar, quienes de alguna forma estimulado y aportado algo bueno.

compañeros de generación. Teresa de León, Filiberto Sedano, y Martín a. Con quienes compartí agradables momentos .

amigos por sus estímulos y apoyo que desinteresadamente me han o. América Rodríguez, Anabel Ayala, Celia Larios, Arcenio Jaramillo, or Ocegueda, Moisés Béjar, Armando Rodríguez, Ruben Perez, Juan Piña, y Josafad Santiago.

era muy especial a la familia Alvarez Rodríguez. Por la amistad que , y por haberme brindado el calor de hogar durante mi estancia en esta

las personas que creyeron en mí y me han brindado su amistad.

Dedicatoria

mitirme concluir este trabajo a pesar de las adversidades que se presentaron y presencia diaria manifestada en todas las cosas bellas de la vida.

madres

Moisés Peda Baltazar (+) A su recuerdo.

Guadalupe Vergara Garcia. Quien es para mi, la mujer mas noble de la vida por sus buenos ejemplos y estar siempre conmigo, de quien aprendi los valores constantes de la vida, Que Dios la bendiga madre mia siempre.

esposo

Antonio Guzmán Legarrea. Con amor, como retribucion a la confianza, apoyo y cariño en todo momento.

hija

Alejandra. Ese pedacito de ser que amo tanto y se ha convertido en el amor de mi vida, que me motiva día con día para ver las cosas con cariño y respeto.

hermanos

José, Jaime, Oscar, Magdalena, Roberto, Enrique, Angélica, Edgar y Edith.
Por el cariño que nos une y por el apoyo que siempre me han brindado.

hermanas

María Inés y Ana Guzmán Nosta y Victoria Legarrea Garcia. Con respeto y cariño.

COMPENDIO**EFFECTO DEL PREHUMEDECIMIENTO EN LA CALIDAD DE LA SEMILLA
DE MAÍZ****POR:****MARÍA OFELIA SEDA VERGARA****MAESTRÍA EN****TECNOLOGÍA DE SEMILLAS****UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO****BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DICIEMBRE DE 1997.****Ph.D. Juan Manuel F. Narváez Melo -Asesor-**

Palabras clave: variedades, tamaño, semilla, maíz, humedad, deterioro, calidad
y períodos de almacenamiento.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del contenido de
humedad de la semilla de maíz, tiempo de almacenamiento y tamaño de la
semilla sobre el potencial de vigor en dos variedades de maíz; PT-1 y SIC-24
de bases germoplásmicas diferentes respecto al tipo de endospermo.

trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Utilizando como tratamientos períodos de almacenamiento, cinco diferentes contenidos de humedad, 25 y 29 por ciento y tres tamaños de semilla: grande (22/64") 9mm, (10/64") 8mm, y chico (18/64") 7mm. Para poner a prueba la calidad de la muestra, las muestras se llevaron a los contenidos de humedad deseados.

La semilla se mantuvo almacenada bajo las condiciones ambientales existentes de Buenavista, Coahuila y durante 75 días; en ese período los materiales se ensayaron a intervalos de veinticinco días y en cada uno de ellos, se determinó la capacidad de germinación y vigor mediante ensayo acelerado. Los valores más altos de calidad se obtuvieron en el SIC-24 (harinoso). En lo que se refiere al tamaño, en todos los ensayos realizados destacó el tamaño grande influido por el porcentaje de humedad ya que la mejor calidad se presentó en semilla al contenido de humedad más bajo.

Respecto al potencial de vigor los resultados demostraron que la combinación de los factores son determinantes para mantener la calidad de la muestra y que estos hacen una diferencia altamente significativa de germinación en los últimos períodos de almacenamiento. La semilla almacenada con un 17 por ciento de humedad pierde calidad y favorece considerablemente el desarrollo de microorganismos. Por otra parte el historial

tico y la estructura de la semilla tuvo gran influencia al igual que los otros res porque las diferencias fueron altamente significativas en la interacción s mismas.

ABSTRACT**EFFECT OF THE MOISTURE CONTENT IN THE QUALITY OF MAIZE SEED****BY****MARIA OFELIA SEDA VERGARA****MASTER OF SCIENCE****IN****SEED TECHNOLOGY****UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO****BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, DECEMBER OF 1997.****Ph.D. Juan Manual F. Narváez Melo - Advisor -**

words: varieties, size, corn seed, moisture content, deterioration, storage time, quality.

In order to assess the effect of the seed moisture content, storage time, seed size, upon the vigor of two varieties, PT-1 and SIC-24, from two different germoplasm of maize in relation to endosperm type. The experiment

ried out in the Seed Technology Laboratory at the Universidad Agraria Antonio Narro.

he treatments were four different storage time, five different seed e content, and three seed sizes; large (22/66") 9mm, medium (20/64") and small (18/64") 7mm, in order to asses the seed quality. Seeds e content were increased to five different levels (13, 17, 21, 25 and 29 t), and stored at laboratory conditions. Both materials were sampled erty five (25) days for vigor testing.

emperature and relative humedity were daily recorded. The highest vere obtained for SIC-24 (soft endosperm), for large seed size, however d at the lowest moisture content showed the highest seed quality

was concluded that the seed storage at 17 per cent moisture content be satisfactory for more than 50 days, as these results were influenced genetic structure as well as other factors because of the significance ated in the interactions.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
E CUADROS.....	<i>Xiii</i>
E FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Calidad de la semilla.....	4
Exterio de la semilla.....	8
Humedad en la semilla.....	11
Efecto de humedad sobre germinación y vigor.....	16
Efecto de la humedad en la conservación de semillas.....	17
Almacenamiento.....	19
Composición química.....	22
Humedad relativa y temperatura.....	23
Tamaño de la semilla.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
Descripción del Área de estudio.....	28
Material genético.....	29
Características de las variedades.....	30

Factores de estudio.....	31
Procedimiento experimental.....	32
Características físicas.....	32
Separación de semillas.....	32
Determinación del contenido de humedad.....	33
Prehumedecimiento de la semilla.....	34
VARIABLES DE CALIDAD EVALUADAS.....	34
Capacidad de germinación.....	35
Vigor.....	36
Análisis estadístico.....	37
Análisis de varianza.....	38
Modelos de Regresión Polinomial mixtos.....	38
CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN.....	40
REFERENCIAS.....	71
ANEXOS.....	73
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	76
ÍNDICE.....	82

ÍNDICE DE CUADROS

dro	Página
Características del material genético bajo estudio	30
Combinación de tratamientos de factores en estudio.....	31
Efecto del tamaño de la semilla en el porcentaje de germinación de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.....	42
Efecto del contenido de humedad en el porcentaje de germinación de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.....	43
Efecto de períodos de almacenamiento en el porcentaje de germinación de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.....	44
Medias observadas y estimadas para la variable germinación considerando tamaño, humedad en la semilla y períodos de almacenamiento en la variedad de maíz PT-1.....	52
Medias observadas y estimadas para la variable germinación considerando tamaño, humedad en la semilla y períodos de almacenamiento en la variedad de maíz SIC-24.....	54
Efecto del tamaño de la semilla en el porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y y SIC-24.....	56
Efecto del contenido de humedad en el	

porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.....	57
Efecto de períodos de almacenamiento en el porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.....	58
Medias observadas y estimadas para la variable vigor considerando tamaño, humedad en la semilla y períodos de almacenamiento en la variedad de maíz PT-1.....	67
Medias observadas y estimadas para la variable vigor considerando tamaño, humedad en la semilla y períodos de almacenamiento en la variedad de maíz SIC-24.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

4.1.	Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	45
4.2.	Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	46
4.3.	Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	46
4.4.	Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	48
4.5.	Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	49
4.6.	Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	49
4.7.	Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para germinación en la variedad de maíz PT-1.	53
4.8.	Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para germinación en la variedad de maíz SIC-24.....	55
4.9.	Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz PT-1.....	59

- 4.10. Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz PT-1.....
- 4.11. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz PT-1.....
- 4.12. Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....
- 4.13. Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....
- 4.14. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....
- 4.15. Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para vigor en la variedad de maíz PT-1.....
- 4.16. Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para vigor en la variedad de maíz SIC-24.....

APÉNDICE

		Página
\.1	Cuadrados medios y su significancia para las variables germinación y vigor de dos variedades de maíz.....	84
\.2	Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1 Según paquete computacional Statgraphics	83
\.3	Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	85
\.4	Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	85
\.5	Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.....	87
\.6	Análisis de varianza para la regresión completa de la germinación de la variedad de maíz PT-1.....	87
\.7	Separación de análisis de varianza para la variable germinación en el orden encontrado para la variedad de maíz PT-1.....	87
\.8	Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de	

humedad y período de almacenamiento de germinación de la variedad de maíz PT-1.....

a Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1.....

a Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1.....

a Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1.....

a Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de vigor de la variedad PT-1.....

a Análisis de varianza para la regresión completa de vigor de la variedad de maíz PT-1.....

a Separación de análisis de varianza para la variable vigor en el orden encontrado para la variedad de maíz PT-1.....

a Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y período de almacenamiento de vigor de la variedad PT-1.....

) Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....

0 Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.....

	Según paquete computacional Statgraphics.....	97
1.	Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	97
2.	Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de germinación de la variedad SIC-24.....	99
3.	Análisis de varianza para la regresión completa de la germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	99
4.	Separación de análisis de varianza para la variable germinación en el orden encontrado para la variedad de maíz SIC-24.....	99
5.	Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y período de almacenamiento de germinación de la variedad de maíz SIC-24.....	100
b.	Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....	101
1b.	Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24 según paquete computacional Statgraphics.....	103
1b.	Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....	103
2b.	Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de vigor de la variedad SIC-	

24.....	105 ⁰²⁰
Análisis de varianza para la regresión completa para el vigor de la variedad de maíz SIC-24.....	105
Separación de análisis de varianza para la variable vigor en el orden encontrado para la variedad de maíz SIC-24.....	106
Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y período de almacenamiento de vigor de la variedad de maíz SIC-24.....	106
Medias del por ciento de temperatura media, y humedad relativa del tiempo en que fue almacenada la semilla en laboratorio.....	108

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de semillas de las diversas especies cultivadas ha un papel relevante en la conservación de la variedad y calidad de las s, principalmente en condiciones climáticas que imperan en las zonas les de producción y a la demanda de semilla que existe para la a de cultivos básicos en estas regiones. A pesar del desarrollo que han los programas de producción de semillas y a la competitividad que en el ramo, dentro de las etapas del proceso de producción de semillas, almente no se llevan a cabo todas las acciones de manejo en la forma ïiciente, de tal forma que al final del proceso no resulta una semilla de la ta calidad . Tal es el caso de los efectos negativos durante el transporte semilla desde que ésta es cosechada y trasladada a la planta de cionamiento, así como durante su distribución y venta.

Con frecuencia durante el traslado de lotes de semilla se carece del orte adecuado y de personal capacitado que conjuntamente con s descuidos resultan en deficientes condiciones para la protección de ya que por ejemplo al ser expuesta a períodos de lluvia durante su orte resulta en humedecimiento de la semilla y pérdida de su calidad ya grado de afectación durante ese período de manejo y distribución no es

antificable, descartando así posteriormente lotes para venta. Todo esto ocasiona pérdidas económicas por pérdidas de calidad de la semilla, debido a estos factores adversos durante su traslado específicamente.

Las características genotípicas de las semillas les posibilitan actuar en forma diferente ante los diversos estímulos ambientales durante almacenamiento y distribución, lo cual es necesario cuantificar mediante un método que permita identificar su calidad y determinar su aptitud y tiempo de venta. La necesidad de disponer de mayores volúmenes de semilla de calidad para la agricultura, obliga a las instituciones de investigación agrícola a buscar incrementar la producción de semillas comprometiendo a las empresas mulleras a conservar la calidad de éstas a niveles más altos para asegurar semillas para los diferentes ciclos agrícolas. No obstante, los esfuerzos de las empresas por obtener alta calidad en todos los volúmenes de producción, sea en campo o a lo largo del período postcosecha, las etapas de transporte de semilla sea como materia prima o producto terminado, pueden anular todos los esfuerzos hechos al exponer la semilla a pérdida de calidad por inclemencias del tiempo.

Sin embargo, estas condiciones adversas no han permitido hacer estudios para cuantificar el efecto de inclemencia del tiempo sobre la calidad de la semilla, principalmente respecto a germinación y vigor y esto debe ser investigado para determinar la calidad de lotes de semilla y de esta manera evitar maniobras y gastos innecesarios en el caso de lotes almacenados por

terminado y con alto grado de deterioro y finalmente no puedan ser zados.

OBJETIVOS

Los del presente trabajo son:

Evaluar el efecto de diferentes grados de humedecimiento, tiempos de nimiento y tamaño de semilla sobre el potencial de vigor de lotes de

Evaluar el grado de deterioro de dos variedades con base mica diferente, respecto a tipo de endospermo, bajo los os en estudio.

HIPÓTESIS

Menor tiempo de exposición de la semilla al humedecimiento y menor almacenamiento, mayor porcentaje de germinación y de vigor.

Porcentaje de germinación y vigor de la semilla de maíz es diferente o al tipo de variedad y calidad física.

REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad de la semilla

La calidad de la semilla es un concepto múltiple en una agricultura que requiere de un suministro consistente y adecuado de semillas. La calidad, este concepto comprende atributos como; pureza de especies, pureza varietal, capacidad de germinación, vigor, tamaño de la semilla, pureza sanitaria y contenido de humedad (Thomson, 1979).

Delouche (1985) reporta que la calidad de la semilla en forma física, incluye las siguientes características; pureza varietal, viabilidad, ausencia de daño mecánico, libre de infección por enfermedades, ausencia de cubrimiento, tamaño, apariencia y uniformidad de la semilla.

En un lote de semillas, las características de calidad incluyen el contenido de agua, potencial de almacenamiento, incidencia de contaminantes, uniformidad del lote y potencial de rendimiento. Al respecto (Delouche 1986)

señala que estas características de calidad son agrupadas en: factores biológicos, principalmente, pureza varietal; factores físicos, atributos que van desde el concepto tradicional de pureza física, hasta la incidencia y severidad

ño mecánico y tamaño de la semilla; tipo e incidencia de enfermedades; factores fisiológicos, como germinación y vigor.

De ahí que para Dickson (1980) una semilla de calidad no tiene daño, posee un alto nivel de germinación y producirá plántulas uniformes y vigorosas, sin defectos, bajo condiciones ambientales.

A la fecha no se ha logrado mayor avance técnico y científico en el mejoramiento de la calidad fisiológica, ha sido difícil y sigue siendo uno de los principales problemas en el desarrollo de la industria semillera, principalmente en regiones tropicales (Welch y Delouche 1985).

Cantliffe y Tigchelaar (1980) consideran que la calidad de la semilla depende más que la pureza genética y una alta viabilidad, y señalan además otras características importantes como la habilidad para germinar eficientemente en condiciones subóptimas de humedad y temperatura del

Además (Copeland y McDonald, 1985) señalan que la capacidad de germinación es el criterio más usado para conocer la condición fisiológica de la semilla y es universalmente aceptado que germinación y viabilidad son términos sinónimos al referirse a la habilidad de la semilla para producir plántulas normales bajo condiciones favorables. Al respecto Garay, (1985) indica que la calidad fisiológica de semillas está determinada solamente

viabilidad, latencia (semillas duras), en muchas especies germinación y que cuando un lote de semillas pierde su calidad fisiológica, inicia primero pérdida de vigor, después con la pérdida de germinación y finalmente pérdida de viabilidad.

De acuerdo a la Asociación de Analistas Oficiales de Semillas, (AOSA) el vigor de una semilla comprende aquellas propiedades de la misma, tales determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia, y el desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones ambientales. Así mismo la Asociación Internacional para el ensayo de Semillas, (1985) describe la germinación de una semilla en una prueba de laboratorio como la emergencia y desarrollo de una plántula hasta una etapa en la que el aspecto de sus estructuras esenciales indican si ésta es capaz o no de desarrollarse en una planta satisfactoria bajo condiciones favorables en el campo.

Cada vez existe un mayor acuerdo sobre la importancia del vigor como el principal factor de calidad de la semilla, al depender de éste el potencial de emergencia de plántulas, del crecimiento de la planta y del desarrollo en campo con el máximo grado para cada especie y variedad y ya que el vigor de una población de semillas puede ser expresado como una rápida, alta y uniforme germinación y emergencia en campo.

Al respecto, García (1981) menciona que las semillas con alta inación y vigor contribuyen en gran parte al establecimiento de cultivos rmes, de vigoroso crecimiento y desarrollo uniforme, que se reflejan en rendimientos.

El peso de la semilla es otro indicador de calidad, ya que se ha visto un cultivo sujeto a falta de nutrientes, falta de agua, daño por helada e imperie a que está sometida la semilla se verá reflejada en el tamaño y peso misma (Mackay Tomkim 1967).

De igual manera el contenido de humedad es una característica de es por ser el factor principal en la conservación de la semilla ya que junto otros factores determina si la semilla retiene su germinación desde la cha hasta la siembra (McDonald 1991).

Al respecto Quintana (1992) señala que tamaño y forma de la semilla n un efecto bien marcado sobre la calidad física de la misma, influyendo e el contenido de proteína, peso volumétrico y el peso de las mismas, y este factor es lo que afecta mayormente la calidad y se observa una encia muy clara con el aumento de la semilla y que este atributo permite a nilla aumentar su calidad.

Deterioro de la semilla

Una vez que las semillas han alcanzado su madurez fisiológica y en un alto nivel en germinación y vigor, se inicia también un período de deterioro de las mismas (Dávila *et al.* 1988). El deterioro de semillas se refiere a la suma total de los cambios indeseables que ocurren en las semillas después de que éstas alcanzan su madurez fisiológica, dichos cambios afectan y disminuyen la capacidad de germinación, y en ocasiones provocan la muerte de la semilla.

Delouche (1968) define el deterioro de semilla como un proceso natural, progresivo, irreversible e inexorable que produce cambios determinantes en las funciones metabólicas, bioquímicas y físicas a medida que la semilla muere. (Liu, 1987) indica que el período de precosecha durante el cual las semillas están expuestas al ambiente, tiene gran influencia en la calidad de la cosechada.

Philpott (1981) indica que durante la vida de la semilla son muchos los factores que afectan su calidad. Sin embargo, actualmente se han investigado de una forma minuciosa todos los aspectos que determinan el deterioro de una semilla cuando ésta enfrenta a ciertas condiciones adversas. Las condiciones de manejo y el equipo usado durante el manejo físico de la semilla antes de ser almacenada son factores que determinan e influyen en su deterioro.

Harrington (1972) reporta que un alto deterioro de la semilla en corto de almacenamiento natural, es causado por los efectos combinados de exceso de humedad, humedad relativa y del medio ambiente que en algunas áreas del mundo se presentan en períodos de fluctuaciones de temperatura que coinciden con alta humedad relativa.

Besnier (1989) reporta que las causas básicas que ocasionan el deterioro de las semillas se encuentran en dos categorías. Primero, los tejidos vivos pueden deteriorarse debido al envejecimiento y fisiológicamente las semillas muestran considerablemente este problema. Segundo, el deterioro de la semilla también puede ser causado por deterioro y daño a los tejidos por organismos, insectos o roedores. Estos problemas pueden ser dirigidos a plantas enfermas.

En la actualidad muy poco se conoce sobre la pérdida de vigor en la germinación y aún se cuenta con lo que propusieron Delouche y Baskin en 1973, una posible secuencia de los cambios que acontecen durante el deterioro de las semillas como son :

1. Degradación de las membranas celulares, lo cual provoca pérdidas de contenido celular.

2. Cambios en los mecanismos de producción y síntesis de energía.

3. Alteraciones indeseables en los procesos de respiración y biosíntesis.

4. Disminución de la tasa de germinación.

5. Disminución de la capacidad de almacenamiento.

minución de la tasa de crecimiento y desarrollo de las plantas.

minución de la uniformidad de la población de plántulas.

minución de la resistencia de la planta a efectos desfavorables del ambiente y otros factores.

Reducción del rendimiento potencial de planta.

Reducción de la emergencia de plántulas, una vez sembradas normalmente.

Disminución del porcentaje de plántulas normales

Pérdida total de la germinación (muerte de la semilla), la cual es la última secuencia y la más drástica del proceso de deterioro.

Fisiológicamente, existen tres grupos de teorías propuestas por (García y otros 1983) que explican las causas bioquímicas y fisiológicas de la muerte prematura en las plantas.

El primer grupo explica la acumulación de complicados productos que actúan sobre la correlación de macromoléculas que pueden formar enzimas y ácidos nucleicos inactivos y membranas no funcionales que pueden causar la acumulación de material metabólico inerte y sustancias mutagénicas.

El segundo grupo incluye desgarre o ruptura de la epidermis, teoría que sugiere que los organelos, células y organismos se transforman ineficientes por daño causado.

El tercer grupo se refiere a la teoría de mutaciones indeseables que crear malformaciones metabólicas. Las principales enzimas en el de degradación en el deterioro de las semillas son lipasas y amilasas.

Así mismo Abdul-Baki (1969) sostiene que la lipoxigenasa oxidada de los ácidos grasos y ésteres cambian a hydroperóxido que dan a aldehídos, ácidos y otras moléculas de bajo peso que pueden reaccionar con proteínas, aminoácidos y vitaminas, apoyando la baja calidad de la semilla y que alguno de estos compuestos causan disminución de sabor y en semillas almacenadas.

Humedad de la semilla

El agua contenida en los granos y semillas se ha clasificado en tres tipos: agua de absorción, que se encuentra en los espacios celulares y en los poros del tejido vegetal, mantenida por fuerzas de cohesión; agua de adsorción, que se encuentra ligada al material por atracción molecular y por lo tanto más estrechamente unida por el agua de absorción y, como el agua de composición, que está químicamente unida a los componentes constitutivos de las semillas (Copeland y McDonald 1985).

Al respecto Jamieson y Coveney (1970) definen el contenido de humedad como la cantidad de agua que contienen los granos y semillas,

a en porcentaje. Éste se puede calcular con base al peso húmedo o la muestra. En el comercio de granos y semillas normalmente el de humedad se relaciona al peso húmedo de la muestra.

ck *et al.* (1992) estudiaron la absorción de humedad, usando semilla en condiciones de humedad relativa de 75, 80 y 90 por ciento a 25, 40 °C. de temperatura, los resultados indican que el contenido de en equilibrio se refiere al contenido de humedad de la semilla que el equilibrio con la humedad relativa del ambiente.

dice que el contenido de humedad está en equilibrio con dicha relativa, ésta representa la cantidad del agua en el aire, expresada porcentaje de la cantidad total del agua que el aire puede contener a la temperatura y se define a la humedad relativa como la relación entre la e vapor acuoso de una muestra de aire y la presión de vapor acuoso ción a igual temperatura, la cual es expresada en porcentaje.

mieson y Coveney (1970) mencionan que el agua es probablemente de precosecha que afecta en mayor grado la viabilidad de la semilla, icionar las condiciones de agua durante la madurez y cosecha de íz, avena, cebada y otros cereales. Por otro lado, Philpott (1981), que la lluvia en precosecha puede causar la germinación de la semilla es, lo que resulta en reducción de su capacidad para ser almacenada ue considera la humedad como un regulador fisiológico en las

de las semillas ya que la actividad fisiológica es reducida en tejidos en secos y que al rehidratarse por las funciones de las células, hay un daño del sistema cuando éste parece estar seco, esto se debe a dos factores y que el agua es un substrato importante en algunas especies.

Los datos sugieren que los radicales libres pueden jugar un papel importante para el proceso de deterioro en semilla seca y esta habilidad para formar radicales depende de los niveles de humedad y vigor de la semilla (Estley (1978)).

Estley y Clark (1974) reportaron que la pérdida de viabilidad de las semillas cosechadas de pasto, estuvo correlacionada con el contenido de humedad de la misma y la longevidad con el tiempo en que fue almacenada. Las semillas con un 54 por ciento de humedad pierden un 20 por ciento de viabilidad durante 45 horas a 30 °C, pero las semillas con un 44 por ciento de humedad no mostraron pérdida de viabilidad durante 36 hr a 45 °C, mientras que las semillas con 22 y 11 por ciento de contenido de humedad tampoco mostraron pérdida de viabilidad durante 45 hr a 50 °C. Además se recomienda que la temperatura del secado no debe excederse de 43.3 °C, y que cuando muy seca la semilla debe de estar a 45.5 °C con un 12 ó 13 por ciento de humedad, y que ésta puede ser secada hasta un 6 por ciento de humedad como mínimo para evitar el daño, ya que algunas especies son muy sensibles por bajos niveles de humedad al secado.

Así mismo numerosas especies de granos pueden ser secadas a 13-14% de contenido de humedad previendo otros factores asociados, el contenido de humedad por debajo del 4 ó 3 por ciento no es recomendado para su comercio porque acelera rápidamente la rehidratación, ya que la semilla con bajo porcentaje de humedad también causa problemas porque no es fácil su manejo y además son sensibles al impacto (Irwin *et al.*, 1979).

Por su parte, Cruz (1992) reporta que el alto contenido de humedad de la semilla es causa de la pérdida de germinación en el almacén, por lo que en un largo período de almacenamiento sin pérdida de la germinación y la semilla debe estar seca y en frío tanto como sea posible. Al respecto, Johnson (1972), indica que la semilla por ser higroscópica varía considerablemente en su contenido de humedad en función de la humedad ambiental, por ello la longevidad de las semillas almacenadas depende de la humedad y la humedad relativa en el almacén.

Herrero (1991), indica que tanto la humedad como la temperatura son factores que refuerzan uno al otro en varias formas, de tal manera que en semillas con contenidos de humedad altos, se produce calor ocasionado por la actividad metabólica de las mismas y de microorganismos asociados que eleva aún más la temperatura de la masa de la semilla, este incremento de temperatura acelera la actividad metabólica y ésta aumenta la temperatura, pudiendo así hasta dañar la semilla completamente.

Kozlowsky (1972), reporta que el contenido de humedad está asociado íntimamente con todos los aspectos fisiológicos en la calidad de semilla. Se ha demostrado la relación existente entre el contenido de humedad y la viabilidad de la semilla, su tiempo óptimo de cosecha, la longevidad en almacenamiento; el secado artificial, daños por calor, heladas, fumigaciones, hongos e insectos, daño mecánico y el peso de la semilla. Desde el momento en que la semilla inicia su almacenamiento, el contenido de humedad tiene una gran influencia igual que la calidad fisiológica inicial. Factores esenciales para el aseguramiento de calidad, son los que apoyan el comercio e investigaciones de semillas. Los óptimos métodos para las pruebas de humedad dependen de los compuestos químicos y la estructura de la semilla, en el momento de contenido de humedad, de acuerdo a la ocurrencia de precisión requerida en contraste con el tiempo, experiencia técnica y costo.

Al respecto, Rangel (1992) reporta que al utilizar cinco contenidos de humedad en seis diferentes genotipos de triticale (triticosecale Wittmack) concluyó que sí existe efecto significativo para los contenidos de humedad en los genotipos en la expresión de vigor.

Por su parte Irwin *et al.*, (1979) reportan que los efectos de alta temperatura son muy importantes al reducir el contenido de humedad de la semilla en un nivel estando en un lugar almacenado, de ahí que es obligación también ser cautelosos de los posibles efectos adversos de contenido de

ad bajo, como semillas muy secas que se quiebran más nente y son más susceptibles a daños meccánicos.

o de la humedad sobre Germinación y Vigor

Welch y Deluche (1985), anotan que la pérdida de vigor en las semillas exceso de humedad tiene que ver con el sistema respiratorio de las s siendo éste altamente complejo y muy sensible a los cambios. La tasa piración es extremadamente baja en semillas con contenidos de ad abajo del 11 por ciento, pero aumenta rápidamente a medida que ta el contenido de humedad. La tasa de respiración también varía mente con temperaturas superiores a los 45°C. Las semillas se ran muy rápidamente cuando se almacenan en un medio ambiente

Boyd (1978), reportó que las semillas de sorgo con un 17 por ciento de do de humedad almacenadas a 30 °C no germinaban después de meses. Sin embargo, semillas del mismo lote mantenían buena ación durante varios años cuando se almacenaron al 17 por ciento de ad y a 20°C. Es así como proveyendo a la semilla de un medio ite que reduzca la tasa de respiración a un bajo nivel, la viabilidad y el e pueden mantener durante varios años.

Harrington (1972), sostiene que el alto contenido de humedad en la semilla ocasiona una respiración activa en la misma y a su vez disminución de la germinación y pérdida final de vigor, una explicación de esta pérdida en el almacenamiento es que con el aumento de respiración aumenta la necesidad de energía para las células y no hay humedad suficiente para el movimiento de tejidos durante el almacenamiento. Estas células de respiración ocasionan una pérdida local y esta necesidad en la célula da como resultado la pérdida de germinación y vigor en la semilla.

Efecto de la humedad en la conservación de Semillas

Como se ha señalado, la humedad es el factor más importante que favorece el deterioro de las semillas, si éstas son cosechadas con altos contenidos de humedad hay que reducirlos de inmediato mediante el secado para evitar los procesos deteriorativos, así como la proliferación de hongos e insectos de almacén (Moreno y Christensen 1970).

A altos contenidos de humedad (arriba de 25 por ciento) el grano, especialmente el maíz, tiende a llegar a ser muy oscuro, suave y el olor es muy dulce, se piensa que este grano muy húmedo podría tener una gran proporción de semillas inmaduras, con un alto contenido de azúcar y que en el crecimiento podría ser debido a una reacción no enzimática que podría ser de tipo microbiológico (Meiering *et al.*, 1966).

Christensen y Sover (1982) señalan que uno de los efectos nocivos de los hongos es la reducción del poder germinativo de la semilla, ya que se ha observado que pequeñas diferencias en el contenido de humedad de las semillas en el orden de 0.3-0.5 por ciento, tiene un marcado efecto en el desarrollo de los hongos, lo que hace particularmente importante la determinación precisa de la humedad en las semillas.

Los hongos de almacén se desarrollan bajo condiciones de baja humedad relativa, después de la cosecha, durante el transporte, el secado, el almacenamiento y procesamiento y los más comunes en semillas almacenadas se encuentran especies de los hongos; *Aspergillus restrictus*, *A. niger*, *A. candidus*, *A. versicolor*, *A. ochraceus*, *A. flavus* y diversas especies de *Penicillium*, de este último género se han aislado más de 60 especies de hongos y sus derivados, pero se consideran más comunes e importantes las especies de *Aspergillus* (Moreno 1984).

Los hongos que requieren alto contenido de humedad para su desarrollo y que causan deterioro avanzado en la naturaleza se les encuentra colonizando materia orgánica en descomposición, entre ellos se encuentran: *Absidia*, *A. glaucogrisea*, *Rhizopus*, *Mucor* y *Chaetumium*. Moreno (1970).

Almacenamiento de Semilla

De acuerdo a Kozlowsky (1972), el almacenamiento tiene como función, “proteger”, “salvaguardar”, en el caso de semillas es protegerlas de la humedad y temperaturas extremas y, para evitar daños por pájaros, insectos y microorganismos que puedan afectar la calidad de la misma y provocar su muerte. Al respecto (Garay 1989), indica que el almacenamiento de semilla se inicia en el momento en que la misma ha llegado a la madurez fisiológica y termina cuando ha germinado en el campo.

El maíz y en general toda la semilla se almacena por dos razones: primero, porque después de la maduración y la cosecha y antes de la venta, existe la necesidad de colocar la semilla en alguna parte y segundo, porque es necesario mantener su calidad fisiológica a través del período de almacenamiento llevando al mínimo su deterioro (Delouche, 1980 b).

Las condiciones climáticas durante el período de postmaduración o cosecha establecen la calidad básica de la semilla y por lo tanto, tienen una influencia importante sobre la capacidad de almacenamiento de la propia semilla después de la cosecha. Delouche (1980b), señala que lluvias excesivas y prolongadas, rocío denso, niebla, alta humedad y temperaturas altas contribuyen al deterioro de la semilla durante su permanencia en la granera. La semilla sujeta a tales condiciones no tiene un período prolongado

macenamiento, aún si la germinación es relativamente alta después de la
cha.

Los criterios de un almacenamiento favorable dependen del propósito
erior de la utilización de la semilla. La semilla para siembra debe ser
z de germinar cerca del cien por ciento y producir plantas vigorosas en el
o, mientras que la semilla para procesamiento solamente necesita no
químicamente deteriorada y encontrarse libre de contaminación (Duffus
ughter, 1980).

Chung (1984) indica que la conservación de las semillas depende de un
uado manejo durante la producción de éstas, además se requieren
ción y técnicas especializadas para conservar la calidad desde la cosecha
a la siembra y evitar que el proceso de deterioro sea demasiado rápido ya
éste es irreversible e inexorable y que existen cinco métodos de
macenamiento; a temperaturas ordinarias, a baja temperatura, en bolsas, a
el y envases herméticos.

Los criterios de un almacenamiento favorable de la semilla dependen
propósito posterior de su uso, entre los factores que determinan el
icial de almacenamiento se encuentra el genotipo, condiciones
entales, tipo de envase y tipo de almacén. De manera que el deterioro
al que sufre la semilla puede ser retardado por el buen manejo y

ones en que es almacenada y la forma de saberlo es a través de la
de germinación y vigor entre otros atributos (Herrero, 1991).

Peske y Aguirre (1987) presentan las principales consideraciones de que
ser tomadas en cuenta para realizar un almacenamiento y conservación
do de semillas:

Imacenamiento no mejora la calidad de la semilla.

Contenido de humedad y la temperatura de la semilla son los dos
ores más importantes que influyen en el almacenamiento.

Humedad de la semilla es función de la humedad relativa y en menor
la de la temperatura.

Contenido de humedad es más importante que la temperatura.

Por cada uno por ciento que se reduzca la humedad de la semilla se duplica
potencial de almacenamiento válido en el rango de cuatro a catorce por
to.

Por cada 5.5 °C que se reduzca la temperatura ambiental del almacén la
semilla duplica su almacenamiento válido en el rango de 0 a 40 °C.

Condiciones frías y secas son las mejores para la mayoría de las
ecies.

Potencial de almacenamiento es función de la especie.

Semillas dañadas, inmaduras y deterioradas no se conservan mejor
que las semillas maduras, sanas y vigorosas.

Para un almacenamiento sellado es necesario que el contenido de humedad sea de dos a tres por ciento más bajo que en el almacenamiento abierto.

Composición química de la semilla

Según Kozlowsky 1972, la estructura de la semilla, la dureza de la cubierta y la composición química influyen en la medida de absorción de agua de la semilla, para liberar o absorber el agua. De los diferentes constituyentes de las semillas, las proteínas son más higroscópicas, los carbohidratos son uno u otro y los lípidos hidrofóbicos, así las semillas que tienen alto contenido de carbohidratos y proteínas tienen un contenido de humedad de 13 a 15 por ciento bajo condiciones de 25 °C y 75 por ciento de humedad relativa, siendo las semillas ricas en aceites las que tienen de un 8 a 11 por ciento de humedad con semejante temperatura y humedad relativa.

A contenidos de humedad por debajo del 16 por ciento, las propiedades permanecen casi inalteradas. A humedades más altas se ha encontrado que hay cambios en proteínas o nitrógeno total. Los cambios principales son un aumento en azúcares reducidos y una disminución en azúcares no reducidos. A contenidos de humedad arriba de 25 por ciento, hay un poco de aumento en la acidez, y aparece una forma de fermentación diferente de la que aparece en semilla más seca, en la que aparece una apreciable producción de ácido láctico.

oster *et al.*, (1955), encontraron un incremento en ácidos grasos de unas cuantas semanas en maíz con un 27 por ciento de humedad pero ninguno en semilla con un 18 por ciento, hasta de siete semanas de almacenamiento.

Por su parte, Copeland y McDonald (1985), manifiestan la importancia de la composición química de la semilla no solo por ser la fuente de alimentación humana y animal, sino por los compuestos químicos que sintetizan y desarrollan sustancias necesarias en la germinación y vigor de la planta, así como por su influencia en la capacidad de almacenamiento y vida de las especies.

Adav y Pant (1979), asumen que el tiempo necesario para que las semillas alcancen el equilibrio requerido depende del tiempo que tarda en absorber agua la cubierta y el mismo para transformar la humedad captada dentro de la semilla.

Humedad Relativa y Temperatura

La humedad relativa, es la humedad existente en el aire que es captado a una temperatura específica. La importancia del contenido de agua de las semillas en su deterioro debe ser enfatizada, bajo todas las

nes de almacenamiento ya que el contenido de humedad de la semilla en equilibrio con la humedad en el aire que rodea (Irwin *et al*, 1979).

En respecto, Delouche y Baskin (1973) sostienen que la pérdida de humedad puede ocurrir entre 70 y 90 por ciento de humedad relativa y entre 10 y 35 °C. La temperatura es un factor muy importante en el almacenamiento de semilla antes que el contenido de humedad. Dentro de los factores de la vida de las semillas en el almacenamiento, éste disminuye cuando se incrementa la temperatura. Toole *et al.* (1946) almacenaron semillas de soya y otras semillas con cinco temperaturas y tres contenidos de humedad por un período de 10 años. Las de ocho a nueve por ciento de humedad no tuvieron pérdidas significativas de germinación en semilla almacenada a 20, 10.2 y -2 °C.

Wozlowsky (1972), reporta que los efectos de temperaturas de almacenamiento también han sido estudiadas desde mucho tiempo atrás, cuando las semillas son congeladas por dos horas a -100 °C por cuatro días, afectan negativamente la germinación, al exponer a -150 °C por 1.5 días causa daños en diferentes tipos de semilla como; flores y frutos sin embargo, las semillas de cebada, maíz, avena, pasto y semillas de trigo no sufren un decremento de germinación antes de tres días a - 200 °C. Por su parte Phillip *et al.*, (1989), almacenaron 15 especies de semillas vegetales en diferentes humedades relativas y 3 temperaturas. Para todas las especies de semillas, el contenido de humedad fue bajo de 12 y 11 % a

cción del contenido de humedad, los cambios de temperatura tuvieron efecto en el contenido de humedad.

Jamieson y Coveney (1970), reportan que mantener la semilla congelada ranamente, puede causar serios problemas en el maíz con alto contenido humedad. El deterioro puede ser influenciado por; la temperatura alcanzada, sión de baja temperatura y el contenido de humedad en la semilla.

Según Dillman y Tole (1967), la temperatura también influye en la da de absorción del agua ya que en un trabajo que realizó con semilla de y maíz determinó que la absorción de agua de semilla seca de estos ales fue rápido de 10 a 30 °C y de 30 a 40 °C, por lo tanto, la media de miento de humedad es determinada por la diferencia entre la presión de r de las semillas y la presión de atmósfera que las rodea.

Tamaño de la semilla

El efecto del tamaño de la semilla sobre la calidad de ésta, es un punto que se han hecho investigaciones desde hace tiempo (Popinigis 1985). muchas especies, el tamaño de la semilla es un indicativo de su calidad ógica influyendo sobre; su germinación, peso fresco y seco de la plántula, olecimiento final de la planta y rendimiento principalmente.

Así mismo, Wood *et al.*, (1977), indican que la variación del peso y a de la semilla se presentan debido a factores genéticos y ambientales

uz, agua, nutrientes, efectos por plagas y enfermedades, ubicación de la inflorescencia, período de floración y llenado del grano, en el caso de la semilla de una mazorca varía en cuanto a forma y tamaño dependiendo de la posición, siendo las de mayor tamaño las de la base.

Roberts *et al.*, (1967), examinaron el proceso del daño mecánico a la cosecha, procesos de maniobra de la semilla y su forma, también reportaron que la semilla pequeña usualmente se escapa del daño severo, así las semillas de tamaño grande frecuentemente las más dañadas.

Por su parte, Toole y Toole (1946), reportan que el tamaño y forma son características esenciales, así como su composición, ya que son factores que influyen a la susceptibilidad del daño por ejemplo; el maíz es especialmente susceptible. Además las semillas de forma esférica son más resistentes al daño mecánico, no siendo así las de forma irregular. Esto se debe al daño de la cubierta de la semilla, rotura del hipocotilo y cotiledones que se mantienen separados del axis embrionario.

De la Peña y Martínez (1994), en un trabajo donde evaluaron el efecto del tamaño y forma de la semilla sobre su calidad y rendimiento reportan que la velocidad de emergencia tiende a disminuir a medida que se incrementa el tamaño y peso de la semilla, por lo que asumen que las semillas más pequeñas alcanzan más rápido su imbibición, por lo que tienden a emerger más pronto, y con relación a peso seco y longitud de la plántula, solo existió

cia entre tamaños, destacando como los de mayor vigor el grande y el medio, lo cual puede atribuirse a una mayor cantidad de reservas en la

A su vez, Hicks *et al.*, (1976), reportan que la semilla de maíz de igual tamaño, no tiene efecto sobre el rendimiento, cuando la semilla no se clasificó o no se obtuvo menor rendimiento, comparado con la semilla clasificada.

Por otra parte, Martínez (1989), encontró que semillas planas, grandes y medianas de maíz son de mayor calidad que las otras categorías al presentar mayor peso seco en plántula y por ciento de germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Coahuila, México.

Material Genético Utilizado

Se utilizó semilla de maíz de dos variedades, una de endospermo cristalino del Trópico, y otra de endospermo semicristalino, de Valles Altos, cultivadas en estas regiones en el ciclo Primavera- Verano de 1993. Dichos materiales no fueron tratados químicamente.

El material cristalino fue el PT-1 de Valles Altos, tiene como una de sus características principales el tener alta capacidad de rendimiento, se adapta a alturas superiores a los 1,800 msnm bajo condiciones de precipitación alta en la Sierra Alta Tarahumara del estado de Chihuahua, y se le conoce a esta variedad como; (VANTA-1) Variedad Antonio Narro Tarahumara-1.

Este material se obtuvo a través de cinco ciclos de selección entre cruzas de la región, haciendo énfasis en precosidad, rendimiento y sanidad porca, tipo de planta, altura y uniformidad de la misma. Normalmente esta variedad es sembrada por los Tarahumaras que practican la agricultura de campo sumo.

Esta variedad todavía se encuentra en proceso de mejoramiento debido a que tiene poca base genética que deberá explotarse en programas de mejoramiento genético y en forma paralela, otro de hibridación; que pueda reforzar otros rasgos de zonas ecológicas diferentes para explotar al máximo la heterosis que presenta al realizar cruzamientos de dos o más genotipos con fondo genético diferente.

La variedad SIC-24 (VAN-J7) es un material de porte bajo que fue seleccionado para la región del Istmo, de Tehuantepec, Oaxaca y tiene la característica de precosidad, tolerancia a plagas y enfermedades, excelente resistencia al acame de raíz y tallo, que es muy frecuente en esta región por los fuertes vientos que llegan a alcanzar velocidades de hasta 150 k/h. Lo que representa una gran ventaja con otros maíces del trópico que han sido rechazados porque son materiales más tardíos, se acaman y no tienen el tipo de grano harinoso que prefieren los agricultores del Istmo.

el genotipo es el resultado de una serie de evaluaciones y la selección de las mejores familias de medios hermanos del método de cribado de selección de mazorca por surco modificado.

La utilización de este tipo de maíz es generalmente para la realización de tortillas y pozoles principalmente representando una industria familiar y de subsistencia en esta zona. Actualmente, continúa mejorándose y que el maíz cruzado con los materiales del trópico húmedo ha presentado un excelente comportamiento con respecto a adaptación y rendimiento.

La semilla de estos materiales fue proporcionada por el Instituto Mexicano de Investigación Científica y Tecnológica de la UAAAN, con el siguiente historial (Cuadro 3.1)

3.1 Características del material genético bajo estudio.

IDENTIFICACION	ESTRUCTURA GENETICA	AMBIENTE DE ADAPTACION	TIPO DE ENDOSPERMO	CICLO DE PRODUCCION
ATA-1)	Población	Valles altos	semicristalino	P-V-1993
N-J7)	Sintético	Trópico seco	harinoso	O.I-1993

Tratamientos en Estudio

Los tratamientos en estudio (Cuadro 3.2), se formaron de la combinación de los niveles de cada factor, tamaño de la semilla (factor A), contenido de humedad (factor B) y tiempos de almacenamiento (factor C), dando un total de 4 x 3 x 4 = 60 tratamientos experimentales los cuales se establecieron bajo un diseño completamente al azar con un arreglo factorial con cuatro repeticiones.

terior para cada una de las variedades.

o 3.2. Factores y niveles de cada factor en estudio.

Factores	Niveles
Tamaño de la semilla	(No. criba) 1. Chico (18/64)mm 2. Mediano (20/64)mm 3. Grande (22/64)mm
Contenidos de humedad (por ciento)	1. 13 % 2. 17 % 3. 21 % 4. 25 % 5. 29 %
Períodos de muestreo en almacenamiento (días)	1. 0. días (inicio) 2. A los 25 días 3. A los 50 días 4 A los 75 días

Las sesenta combinaciones fueron evaluadas por separado en dos
 pos dando lugar a dos experimentos, las características que se evaluaron
 germinación y vigor.

Procedimiento Experimental

El primer material con que se inició el procedimiento experimental fue el cuyo contenido de humedad inicial ya estaba en 13 por ciento y anteriormente se llevó a los restantes de 17, 21, 25 y 29 por ciento.

El segundo material SIC-24, teniendo inicialmente un 10 por ciento de contenido de humedad siendo, ésta la semilla más seca, y a partir de este contenido de humedad se aplicaron los tratamientos para este factor.

Características físicas

Separación de semillas

A partir de una muestra general de semilla se hizo una homogenización del material, iniciándose con la población PT-1 (semicristalina) y se separó el grano por medio de cribas cilíndricas con el siguiente procedimiento.

Mediante tres cribas cilíndricas con perforaciones redondas y utilizando un separador de precisión para maíz con diferentes dimensiones: 22/64" (9mm), 20/64" (8mm) y 18/64" (7mm). se hizo la separación de la semilla. Para ello se separó semilla grande la que retuvo la criba de 22/64" (9mm), mediana la que retuvo la criba de 20/64" (8mm) y chica la que retuvo la criba de 18/64" (7mm). El material SIC-24 se seleccionó de la misma manera.

nación del contenido de humedad

na vez hecha la separación de semilla por tamaños se determinó el
 lo de humedad de la misma, para ésto se utilizó el aparato determinador
 edad Dole 480 y el método de secado en estufa, propuesto por (ISTA,
 para el cual se formaron dos muestras de 5 g de semilla de cada
 nto, misma que fue puesta en cajas de aluminio de peso conocido y
 as en una estufa por un lapso de 17 horas a una temperatura de 105 ± 2
 érmimo de este tiempo se sacaron y pusieron en un desecador para su
 ento. En seguida se pesaron en una balanza analítica a una precisión
 01 g y se obtuvo el por ciento de humedad mediante la fórmula:

$$\frac{(P_1 - P_3) \times 100}{P_2 - P_1} = \text{Por ciento de humedad}$$

Donde: P_1 = Peso de la caja.

P_2 = Peso de la caja más el peso de la muestra.

P_3 = Peso de la caja más el peso de la muestra
 después del secado.

os contenidos de humedad inicial de los dos materiales fueron diferentes
 ciento) para la variedad SIC-24 y (13 por ciento) para la variedad

decimiento de la Semilla

ra llevar la semilla a la humedad deseada, se utilizó la fórmula para elevar el contenido de humedad (Moreno 1984). para ello se la cantidad de agua que se calculó previamente mediante la siguiente

$$\text{agua} = \frac{100 - \% \text{ de humedad presente del grano}}{100 - \% \text{ de humedad deseada del grano}} - 1 \times \text{Peso de samilla en (g)}$$

a vez calculada la cantidad de agua se colocó la semilla en una bolsa leno bien cerrada, se agregó la cantidad de agua y se agitó hasta completamente el agua. La semilla se dejó en la bolsa durante 15-20 refrigeración para permitir la homogeneización del contenido de de la semilla.

steriormente se guardó la semilla en bolsas de papel kraft ya con los is de humedad deseada y se mantuvo bien cerrada en condiciones les de laboratrorio, después a los lapsos de tiempo establecidos se os muestreos para evaluar la calidad.

Variables de Calidad Evaluadas

Características fisiológicas

calidad de la semilla fue determinada al inicio y durante el período de

cenamiento, realizando cuatro muestreos a intervalos de veinticinco días de almacenamiento cada uno, con el propósito de determinar la calidad y el potencial de vigor de la semilla almacenada. Durante este tiempo se determinó la capacidad de germinación y el vigor en cada uno de los tratamientos.

La humedad relativa y temperatura en el laboratorio fueron tomados como antecedentes para conocer las condiciones en que fue almacenada la semilla Cuadro A.16.

Capacidad de germinación

Se ensayó la semilla en la prueba de germinación estandar utilizando el método de papel toalla (ISTA. 1985). El cual consistió en colocar cuatro repeticiones de 50 semillas sin tratamiento químico de cada una de las unidades experimentales entre toallas de papel secante humedecidas a saturación. Éstas se enrollaron (en forma de tacos), se identificaron, se colocaron en bolsas de polietileno y se introdujeron en forma vertical en una cámara germinadora a 20°C de temperatura constante y con ocho horas de luz, durante siete días. Después de este período se contaron las plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas, obteniendo el porcentaje de germinación del promedio de las plántulas normales de las cuatro repeticiones.

Los porcentajes se checkaron con tablas de tolerancia para verificar la concordancia entre repeticiones (Miles, 1963). Asimismo, para definir el

amiento de semilla. Bajo los diferentes tratamientos se utilizaron los os bajo condiciones de almacenamiento para mostrar gráficamente la ia de los componentes que constituyen la prueba de germinación bajo el e los factores en estudio.

Este se midió mediante el ensayo de vigor, " Envejecimiento acelerado" o se colocaron 200 semillas en canastillas de alambre de bronce, que se n dentro de recipientes (vasos de precipitado) las canastillas estuvieron oportos de alambre galvanizado para que las semillas no quedaran en o con el agua, que fue el nivel de (100 ml). Los recipientes conteniendo illas fueron tapados con plástico grueso y ligas para su sellado. Así se ón dentro de una cámara de envejecimeinto acelerado a 42° C, y se n bajo estas condiciones por 72 hr en forma continua, sin abrir la de envejecimiento.

Al término de las 72 hr se sacaron las semillas y se ensayaron para ición normal, con cuatro repeticiones de 50 semilla, bajo la prueba r. La evaluación de las plántulas se realizó igualmente de acuerdo la (185,).

as semillas que produjeron plántulas normales se consideraron como as. (AOSA 1983).

Análisis Estadístico

e varianza

El análisis de varianza de los resultados para las dos variedades se hizo previamente la transformación de datos para cada una de las variables obtenidas en porcentaje, mediante la transformación arco seno (Steel 1986). Para aquellas variables que incluyeron valores iguales a cero (porcentaje de plántulas normales y semillas muertas).

Los datos transformados fueron analizados estadísticamente para cada una de las variables de calidad y las dos variedades de acuerdo al formato de un diseño completo al azar con arreglo factorial 3 X 5 X 4. Para el análisis se utilizó el paquete estadístico computacional (SAS).

El modelo para cada genotipo es:

$$\mu + T_i + H_j + (TH)_{ij} + P_k + (TP)_{ik} + (HP)_{jk} + (THP)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$ Tamaño de la semilla.

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ Niveles de humedad.

$k = 1, 2, 3, 4$ Períodos de almacenamiento.

$\varepsilon_{ijk} \sim (0, \sigma^2)$

= variable de respuesta.

μ = media general.

T_i = Efecto del i - ésimo tamaño de la semilla.

t_j = Efecto de la j - ésima contenido de humedad agregado a la semilla.

k = Efecto de la k - ésima período de almacenamiento.

t_{ij} = Efecto ij - ésimo interacción tamaño y humedad.

t_{ik} = Efecto ik - ésimo interacción tamaño y períodos de almacenamiento.

t_{jk} = Efecto jk - ésimo interacción humedad y períodos.

t_{ijk} = Efecto ijk - ésima interacción tamaño y humedad por período.

ϵ_{ijkl} = Error experimental, variable aleatoria a la cual se asume

distribución normal e independencia en media cero y varianza constante ²

(homogeneidad de varianza).

s de regresión polinomial mixto

Las significancias que se obtengan en el análisis de varianza para los principales e interacciones fueron interpretados considerando un ajuste de regresión polinomial mixto, lo anterior es debido a que los factores en estudio (tamaño de semilla, contenido de humedad de la misma y períodos de almacenamiento) son de tipo continuo (variable continua).

En cada modelo de regresión estimado se obtuvieron predicciones y se intenta buscar mejor combinación de acuerdo a los valores que se obtienen a sus niveles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para alcanzar los objetivos y comprobar las hipótesis planteadas en esta investigación, a continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos para cada una de las variables evaluadas.

Análisis de varianza para germinación y vigor

En el cuadro A.1, se observa que para ambas variedades (PT-1 y PT-2), el tamaño (T), humedad (H) y período de almacenamiento (P) fueron altamente significativas, al igual que sus interacciones, con un nivel de significancia de 0.01. Los coeficientes de variación no fueron mayor que 11%, lo cual refleja la confiabilidad de los resultados obtenidos.

La mayor variación está expresada por los factores humedad en la germinación y períodos de almacenamiento, aunque también hay contribución por parte de las interacciones, esto último indica que los factores no son independientes entre sí en la respuesta a la germinación y el vigor, es decir, los efectos no son aditivos.

Las medias de germinación fueron de 50 por ciento para la variedad entras que para la variedad SIC-24 fue de 74 por ciento. Para el vigor las fueron 38 y 61 por ciento respectivamente.

Las diferencias en el porcentaje de las variables expresada por cada una para la misma variable obedece a que la variedad PT-1 presentó los más bajos desde el principio del experimento y sufrió mayor deterioro producto de los factores, principalmente por la humedad y períodos de almacenamiento (Cuadro A.1.). Rincón (1989), encontró una situación similar en variedades de maíz, pues las del trópico presentaron mejor comportamiento en lugares intermedios y altos, atribuyéndolo a que esas variedades son mejor adaptadas a condiciones adversas de almacenamiento.

Germinación

de la semilla

El tamaño de la semilla en la variedad PT-1 no influyó substancialmente en la germinación de la semilla ya que no existe diferencia relativa en sus valores (Cuadro 4.1.), presentando un valor mínimo de 48 por ciento, el correspondió al tamaño mediano y un máximo de 53 por ciento, para el más grande.

En la variedad SIC-24, el tamaño de la semilla sí influyó en la germinación, siendo el valor mínimo de 68 por ciento, para semilla pequeña y máximo de 78 por ciento para semilla grande. Aparentemente el mejor tamaño para ambas variedades es el tamaño grande puesto que dicho tamaño presenta una tendencia de mayor germinación (Cuadro 4.1). Similares resultados fueron encontrados por Martínez 1989, quién encontró que las semillas grandes y pesadas de maíz son de mayor calidad que las categorías al presentar mayor peso seco en plántula y mayor porcentaje de germinación.

Cuadro 4.1. Efecto del tamaño de la semilla en el porcentaje de germinación de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

Tamaño de la semilla	Variedades	
	PT-1	SIC-24
chico (18)	49	68
mediano (20)	48	75
grande (22)	53	78

Contenido de humedad

El Cuadro 4.2., señala que de acuerdo a los resultados, las mejores germinaciones se dieron con un contenido de humedad de 13 y 17 por ciento, con una germinación promedio de 60 y 52 por ciento respectivamente para la variedad PT-1. Para la variedad SIC-24, las germinaciones fueron de 82 y 80 por ciento para el 13 y 17 por ciento de humedad en la semilla respectivamente.

aciones más bajas se dieron con contenidos de humedad de 25 y
 nto, haciendo a éste un factor determinante para la calidad de la
 nacenada y demostrando una tendencia a decremento de la
 n a mayor contenido de humedad en la semilla.

os resultados concuerdan con los encontrados Bewley y Black
 el sentido de que a mayor contenido de humedad en la semilla
 a afecta en forma drástica la germinación de ésta al final del
 niento.

l. Efecto del contenido de humedad en el porcentaje de germinación
 de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

Humedad (%)	Variedades	
	PT-1	SIC-24
13	60	82
17	52	80
21	47	75
25	45	68
29	40	63

almacenamiento

uanto a períodos de almacenamiento en ambas variedades, hasta
 as, el por ciento de germinación no es afectado fuertemente,
 un decremento de sólo tres por ciento de germinación (Cuadro 4.3),
 ue a los setenta y cinco días, la germinación baja drásticamente,

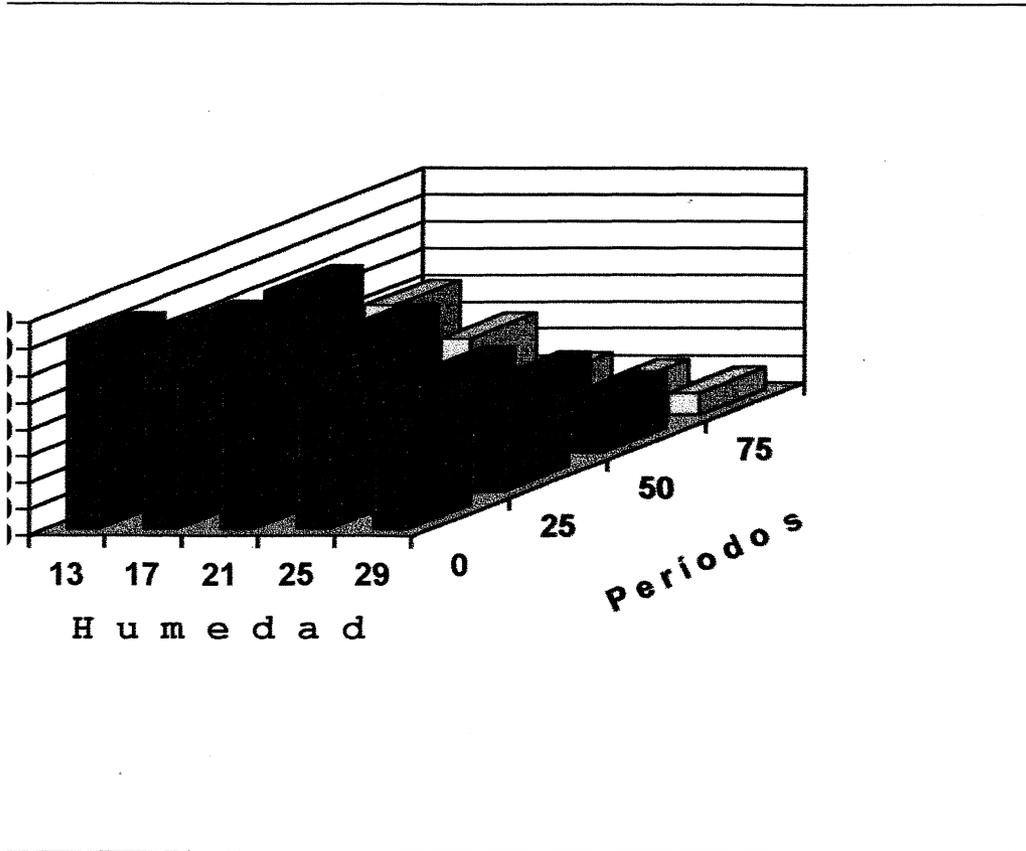
o la variedad PT-1 la que más se reduce (26 por ciento). Es claro que
 és de los 50 días de ser almacenada la semilla pierde drásticamente
 ntaje de germinación.

ro 4.3. Efecto de períodos de almacenamiento en el porcentaje
 de germinación de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

Períodos (días)	Variedad	
	PT-1	SIC-24
0	61	81
25	56	73
50	58	74
75	26	68

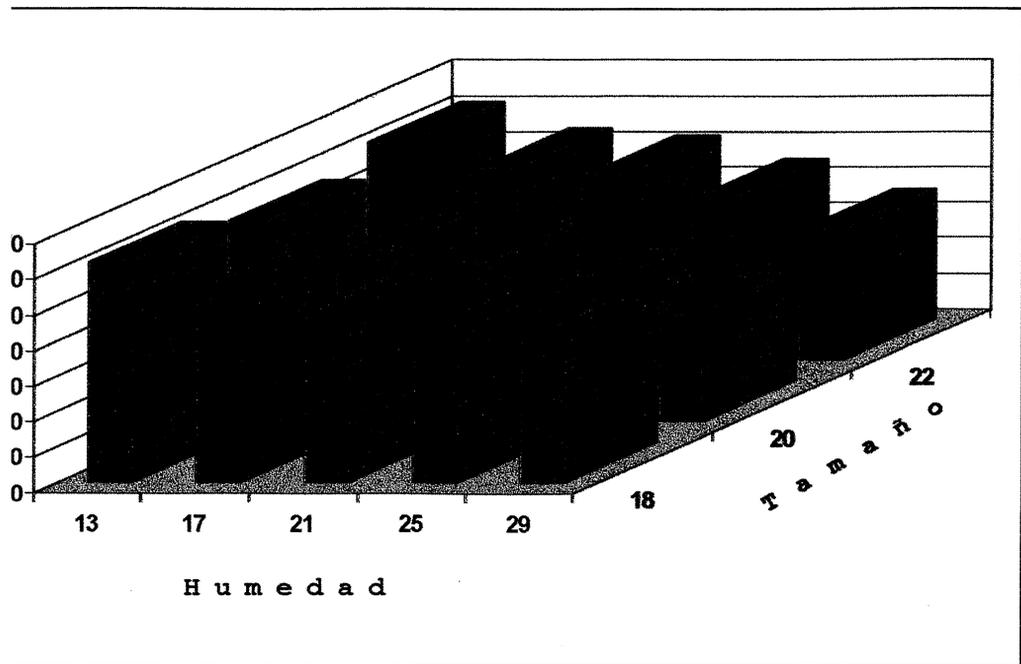
Interacciones entre factores para la variedad PT-1

Haciendo una representación gráfica de la interacción entre los factores
 iento de humedad y período de almacenamiento (Figura 4.1.), se
 estra que los tratamientos que involucran 75 días de almacenamiento y
 ridos de humedad en la semilla arriba del 17 por ciento, son las
 iones más drásticas que presentan el valor más bajo del porcentaje de
 ración. Al analizar la interacción humedad y tamaño de la semilla
 .2.), se observa que el que más influye en el porcentaje de germinación
 humedad, puesto que la tendencia es la misma a diferentes tamaños.
 ás presenta el valor de cuadrados medios más altos (Cuadro A.1.).

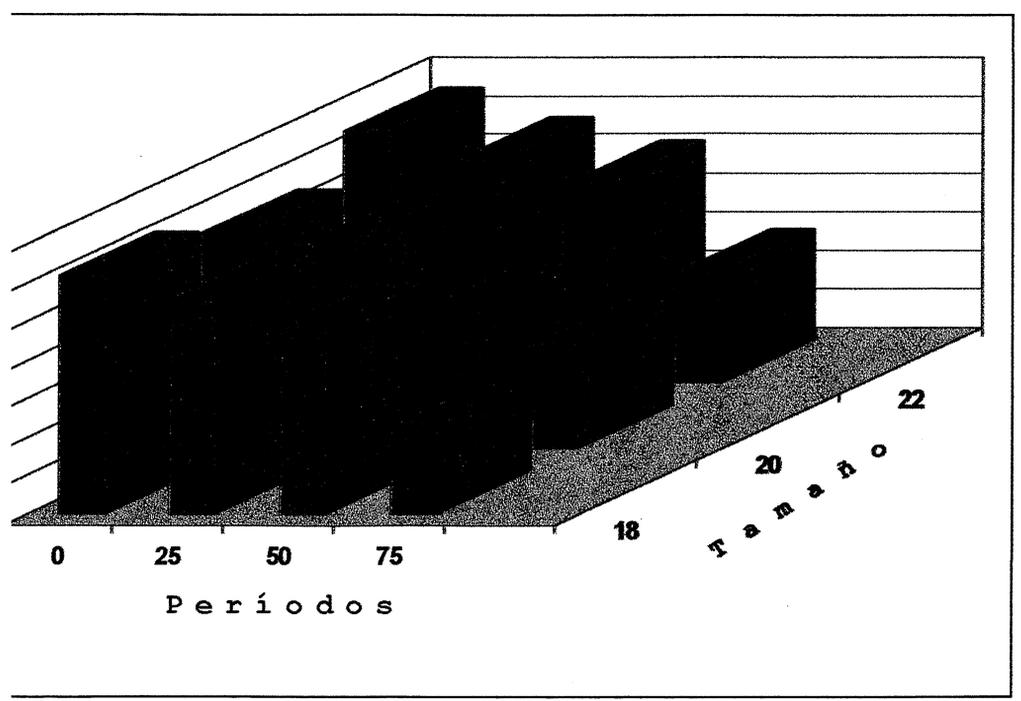


l. Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.

ura 4.3. En la interacción días de almacenamiento y tamaño de o que define el porcentaje de germinación es el tiempo de miento, puesto que a mayor días de almacenamiento menor por germinación, y con relación al tamaño, se observa que el tamaño s el que mejor se comporta.



1.2. Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.



1.3. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz PT-1.

estos resultados permiten concluir que la baja germinación para la PT-1 está determinado por los factores humedad de la semilla y días de almacenamiento, por lo que se considera que la interacción más importante

Modelo de predicción para germinación

Con los resultados obtenidos se determinó un modelo de predicción para la germinación, siendo el modelo para la variedad PT-1 el siguiente :

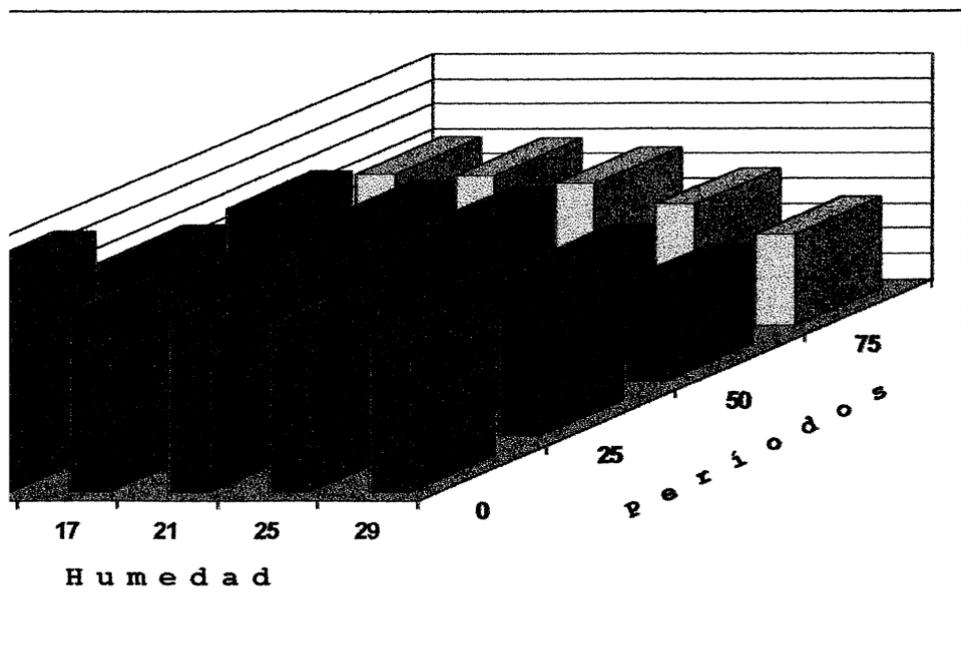
$$k = 1446.843105 - 131.957391T + 3.241719 T^2 - 54.243614 H + 10331H^2 - 0.953506 P + 0.044138 P^2 - 0.000468 P^3 + 4.834766 TH - 11725 T^2 H - 0.00012 H P^2$$

$$r^2 = 0.92$$

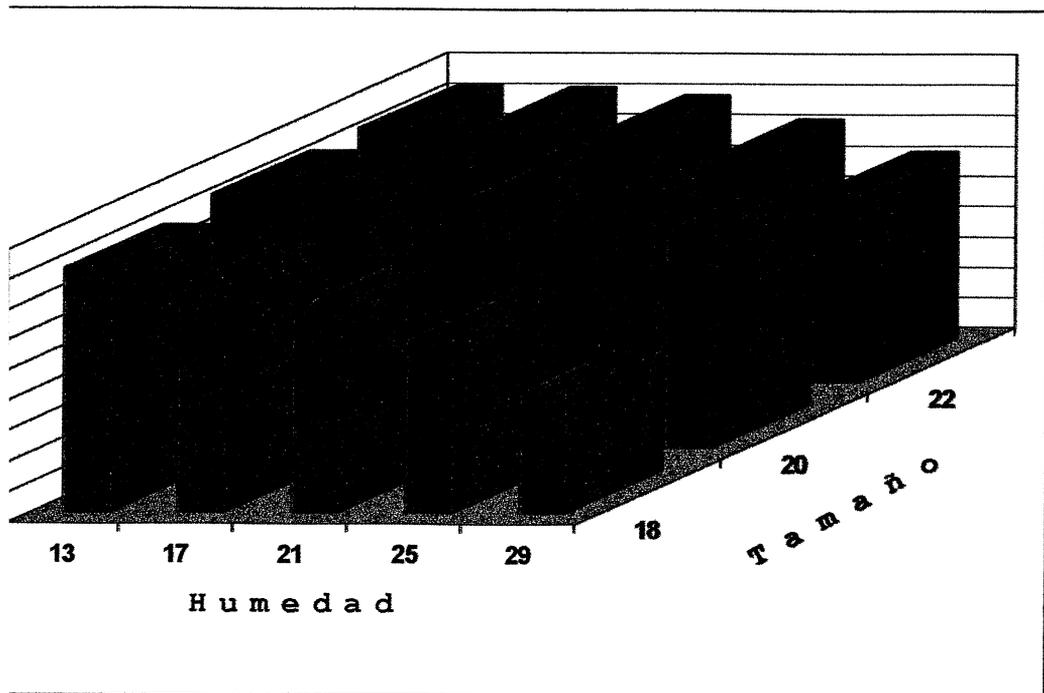
Con este modelo se hicieron las predicciones de porcentajes de germinación (datos estimados), los cuales se compararon con los datos reales como se muestra en el (Cuadro 4.4.) en donde se puede observar que los datos estimados son similares a los reales, confirmándose esta asociación en los gráficos de regresión simple que se presentan en la (Figura 4.7.), donde se muestra que este modelo puede predecir el por ciento de germinación de la variedad PT-1 con diferentes porcentajes de contenido de humedad y diferentes tiempos de almacenamiento.

Interacción entre los factores para la variedad SIC-24

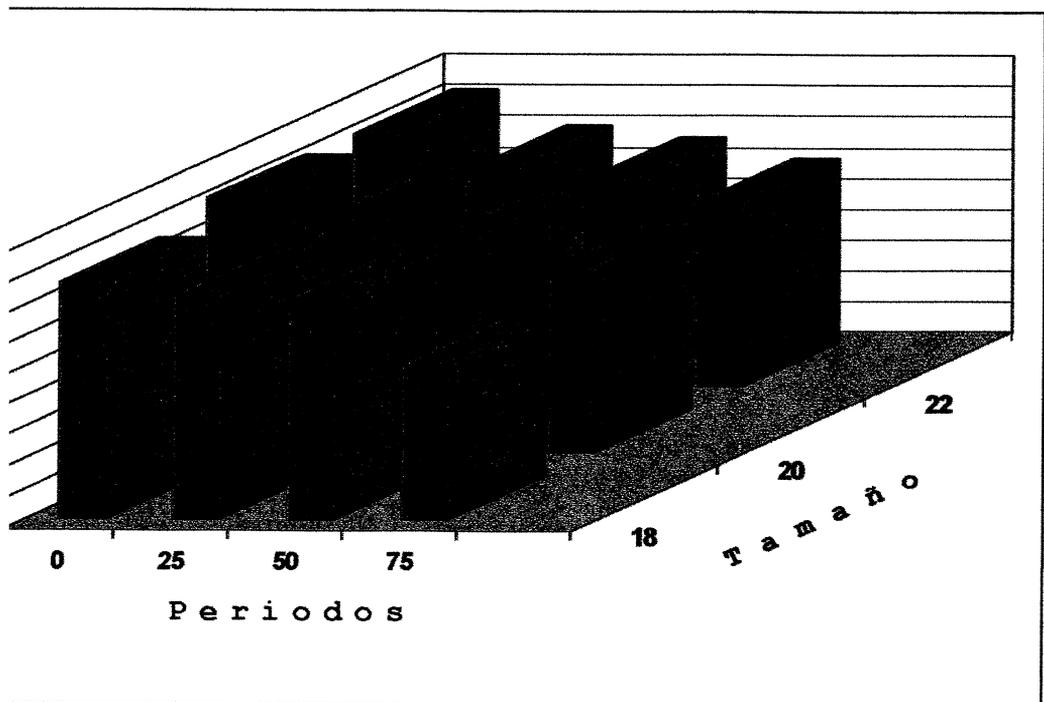
La interacción entre los factores por ciento de humedad y período de almacenamiento (Figura 4.4.) demuestran que los tratamientos se comportan similar a la de la variedad PT-1. A la diferencia que los resultados de germinación para la variedad SIC-24 no fueron tan bajos. Estos resultados indican la importancia que tiene la interacción de estos factores. La interacción entre el por ciento de humedad y tamaño de la muestra (Figura 4.5.) tienen influencia en el porcentaje de germinación.



El efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24.



1.5. Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24.



.6. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de germinación de la variedad de maíz SIC-24

Sin embargo, los que más influyen en la baja de germinación son la edad y días de almacenamiento, esta situación similar se observó en la variedad PT-1, lo que confirma que esta interacción es la más importante (Figura 4.4.).

Con relación a los efectos, días de almacenamiento y tamaño de la semilla (Figura 4.6.), señala que el tamaño mediano (20) es el que manifiesta el mayor porcentaje de germinación y que después de los 50 días decae de forma drástica, señalando que la semilla con 75 días de almacenamiento y tamaño chico presenta el porcentaje más bajo de germinación.

Al igual que la variedad PT-1 se generó un modelo para la variedad SIC-24, el cual es el siguiente :

$$\begin{aligned}
 & -4.306537 + 2.347347 T + 0.77018 H^2 - 13.569004 P - 0.004869 T H^2 \\
 & + 1.423829 TP - 0.036978 T^2 P - 0.052083 HP - 0.000014 HP^2 \\
 & + 0.000079 TPH^2.
 \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.82$$

Esta metodología se describe en materiales y métodos. Los resultados se presentan en los cuadros A.12. y A.13.

El coeficiente de determinación de ambos modelos (R) resultó ser de 0.82 para la variedad de maíz PT-1 y 0.82 para la SIC-24, indican que estos

erados son adecuados para realizar predicciones para la
on diferentes datos de los factores tomados en cuenta tamaño de
ríosodos de almacenamiento y por ciento de humedad de la semilla.

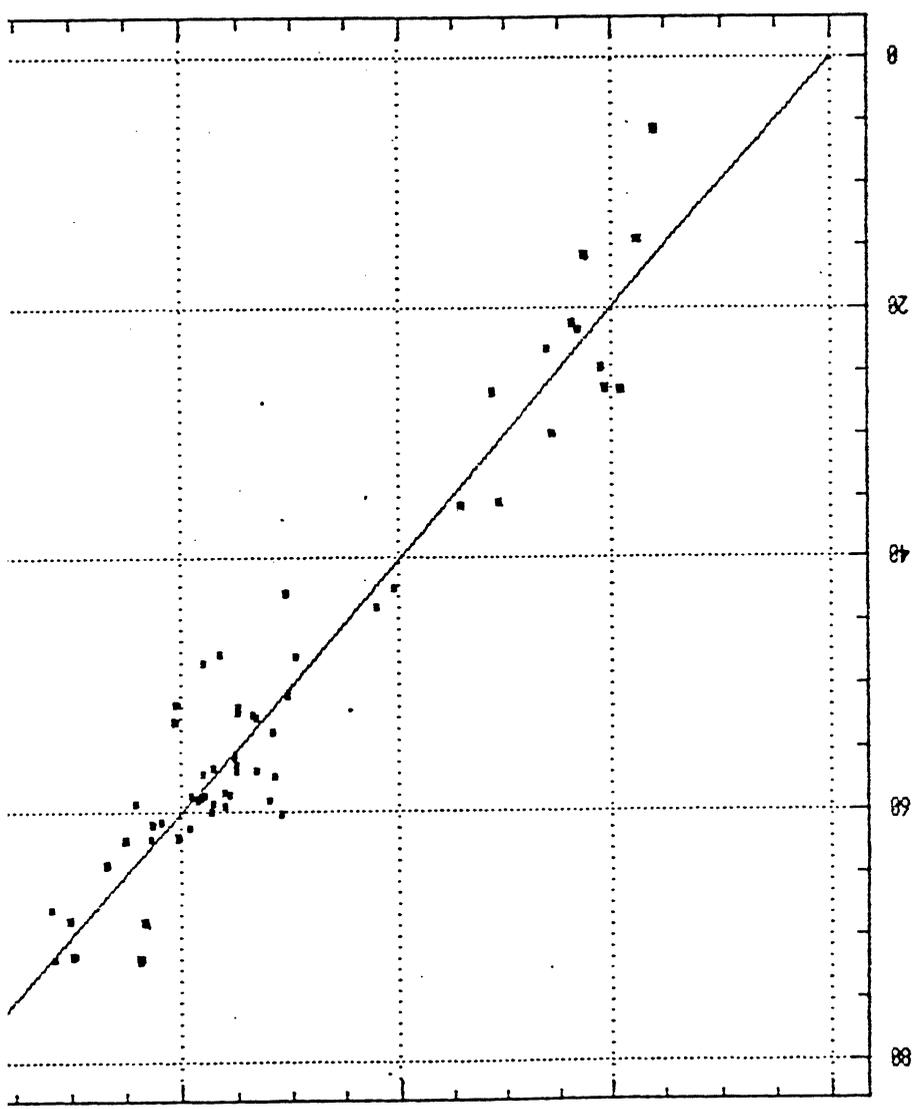
al forma en la variedad SIC-24, se hicieron las predicciones de
de la variable, germinación (datos estimados) los cuales se
on los porcentajes de datos observados, (Cuadro 4.5.) En él se
os datos estimados son similares a los reales, y para apoyar esta
presenta en la (Figura 4.8.) el análisis de regresión simple, en
e gran asociación entre datos observados y estimados.

Medias observadas y estimadas para la variable germinación considerando tamaño, humedad y períodos de almacenamiento en la variedad de maíz PT-1.

Período i) (días)	H u m e d a d			%	
	13	17	21	25	29
	*71.78	62.17	60.04	56.24	59.59
0	(72.36)	(65.24)	(56.93)	(57.60)	(59.59)
	64.37	56.60	59.19	47.66	50.85
25	(65.58)	(56.19)	(54.28)	(49.97)	(53.13)
	67.79	60.87	55.55	53.56	57.18
50	(70.56)	(59.76)	(56.43)	(50.71)	(52.46)
	43.84	35.62	5.79	14.52	5.73
75	(43.48)	(32.02)	(19.57)	(16.00)	(11.45)
	71.94	48.17	58.58	47.59	52.72
0	(67.84)	(56.23)	(56.32)	(48.38)	(52.14)
	58.71	56.63	42.69	60.28	52.06
25	(57.82)	(54.63)	(46.23)	(52.35)	(53.25)
	59.38	59.40	52.31	52.57	58.53
50	(61.26)	(58.79)	(51.10)	(57.93)	(59.55)
	35.83	23.33	24.94	26.52	26.44
75	(34.33)	(24.86)	(27.10)	(21.30)	(27.20)
	71.53	69.00	62.07	51.35	71.82
0	(70.73)	(65.83)	(59.94)	(62.93)	(64.93)
	62.28	59.02	56.60	51.70	56.98
25	(63.95)	(56.88)	(57.28)	(55.29)	(60.79)
	68.80	61.02	58.79	56.53	61.24
50	(68.94)	(60.45)	(59.44)	(56.06)	(60.09)
	42.40	26.72	30.00	21.80	21.41
75	(41.85)	(32.71)	(22.58)	(21.32)	(19.09)

ervados () Datos estimados

0 20 40 60



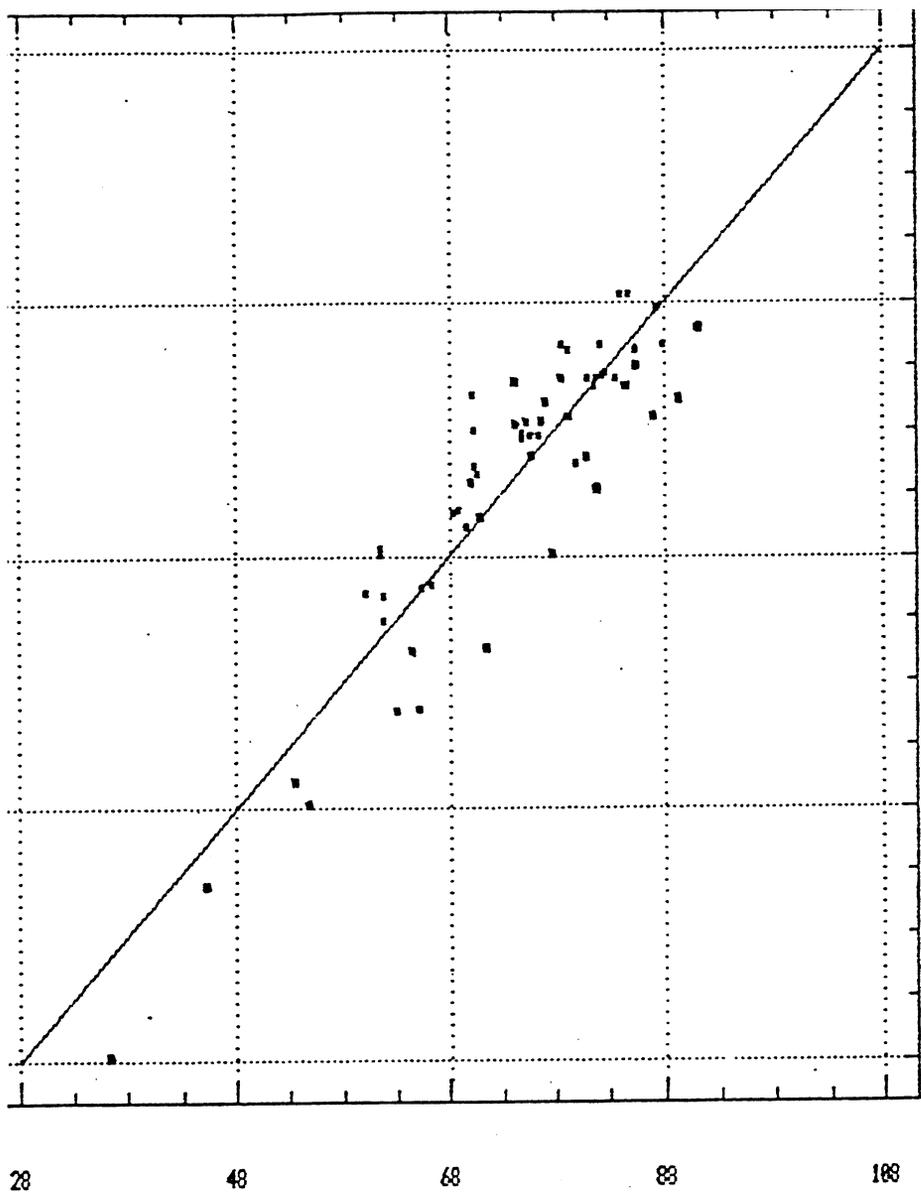
Datos estimados.

Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para germinación en la variedad de maíz PT-1.

o 4.5. Medias observadas y estimadas para la variable germinación considerando tamaño, humedad en la semilla y período de almacenamiento de la variedad de maíz SIC-24.

Período (días)	H u m e d a d			%	
	13	17	21	25	29
	*85.56	82.14	73.40	75.20	68.14
0	(89.90)	(83.82)	(74.28)	(71.55)	(65.36)
	84.63	77.65	70.95	65.70	68.13
25	(86.35)	(78.24)	(75.49)	(67.80)	(65.47)
	79.00	77.34	75.06	65.54	65.05
50	(79.23)	(73.05)	(72.21)	(66.44)	(66.02)
	70.24	62.77	50.19	41.74	28.21
75	(70.75)	(61.20)	(48.18)	(41.97)	(32.30)
	84.63	84.27	82.23	82.10	81.85
0	(82.89)	(84.98)	(81.53)	(82.79)	(78.50)
	88.56	78.92	78.26	71.34	64.92
25	(83.52)	(79.98)	(79.70)	(72.40)	(68.35)
	80.34	82.85	75.69	76.04	73.73
50	(82.47)	(80.85)	(72.40)	(77.10)	(74.96)
	79.00	81.40	77.41	71.63	68.49
75	(81.93)	(80.55)	(73.61)	(71.40)	(63.63)
	86.07	87.50	82.51	80.02	74.35
0	(83.61)	(87.41)	(83.58)	(82.37)	(73.51)
	82.10	77.44	80.85	55.58	48.17
25	(83.26)	(77.82)	(73.55)	(60.06)	(47.94)
	81.82	82.10	78.54	60.63	55.86
50	(83.11)	(79.59)	(77.23)	(65.75)	(55.44)
	84.63	84.26	78.54	77.88	60.38
75	(85.34)	(85.67)	(78.35)	(73.66)	(61.33)

s observados () Datos estimados



Datos estimados.

Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para germinación en la variedad de maíz SIC-24.

Vigor

e la semilla

Cuadro 4.6 señala que para la variedad PT-1, el tamaño no presenta diferencias en cuanto al vigor, mientras que en la SIC-24, se presenta una ligera diferencia, principalmente en el tamaño pequeño que tiene un porcentaje de vigor de 56 por ciento, mientras que el tamaño mediano es de 60 por ciento, haciendo notar que el tamaño grande (22) y el tamaño pequeño (18) presenta el mayor porcentaje de vigor y son los que se comportan de igual forma. Heydecker (1972), menciona que al clasificar la semilla permite aumentar este atributo en la calidad, dado que las semillas dentro de un mismo lote, tienen cierta ventaja sobre las semillas

6. Efecto del tamaño de la semilla en el porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

e la semilla	Variedades	
	PT-1	SIC-24
o (18)	37	56
iano (20)	36	60
nde (22)	38	66

de humedad en semilla

En cuanto al contenido de humedad en semilla, los mejores datos de vigor se obtienen con contenidos de humedad en la semilla de 13 y 17 por ciento,

el mejor el de 13 por ciento (var. PT-1) es donde se obtuvieron los más altos de vigor (Cuadro 4.7.), mientras que los resultados más presentaron cuando la semilla tuvo el más alto contenido de humedad (por ciento).

Similares resultados se pueden observar en la variedad SIC-24, donde muestra el mismo comportamiento de la semilla. Estos resultados coinciden con lo que dice Harrington (1972), cuando reporta que el alto contenido de humedad en la semilla ocasiona una respiración activa en la misma y a su vez, una disminución del vigor.

4.7. Efecto del contenido de humedad en el porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

Humedad (%)	Variedades	
	PT-1	SIC-24
13	41	75
17	40	68
21	35	65
25	33	63
29	32	58

de almacenamiento

Los períodos de almacenamiento influyeron en las dos variedades en tal como se observa en el Cuadro 4.8., donde el período de almacenamiento de 75 días es el que más influyó puesto que aquí es donde

más bajo porcentaje de vigor en la semilla, de 14 por ciento, para la PT-1, y 22 por ciento para la SIC-24, hasta 50 días de almacenamiento la disminución del vigor es moderada, observando similares niveles de vigor.

Esto coincide con Christensen *et al.*, (1982), en donde menciona que la semilla puede permanecer almacenada por mucho tiempo, siempre y cuando el nivel de humedad no sea alto, es decir arriba de los niveles mínimos de humedad, hasta un 17 por ciento para este caso.

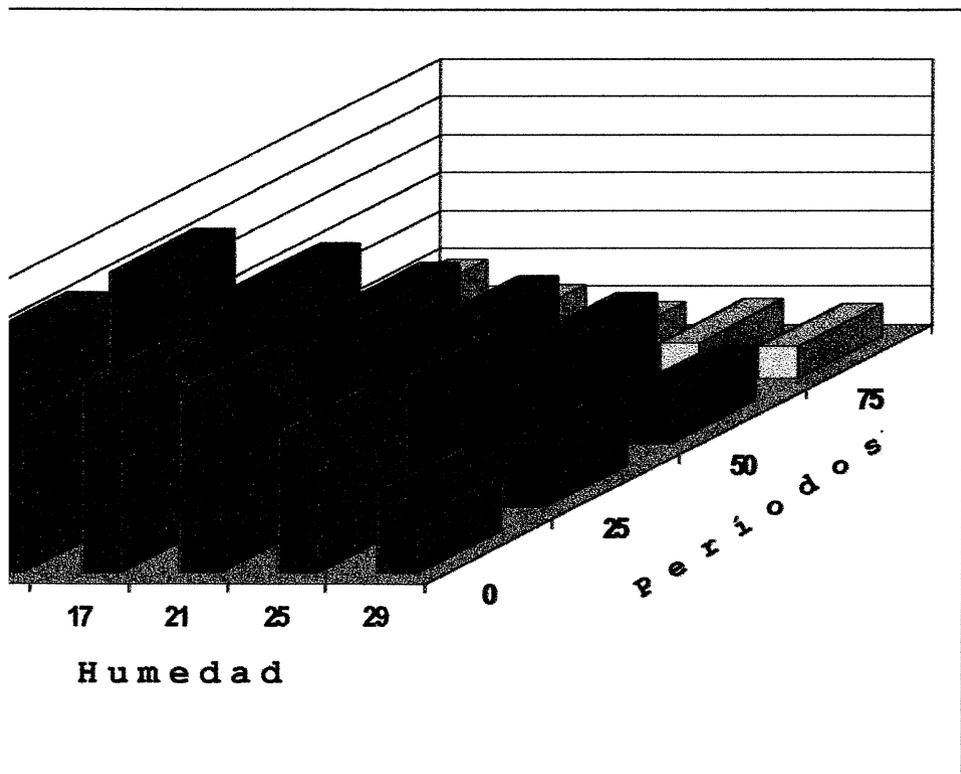
4. Efecto de períodos de almacenamiento en el porcentaje de vigor de las variedades de maíz PT-1 y SIC-24.

Días (días)	Variedad	
	PT-1	SIC-24
0	50	71
25	45	60
50	40	60
75	14	22

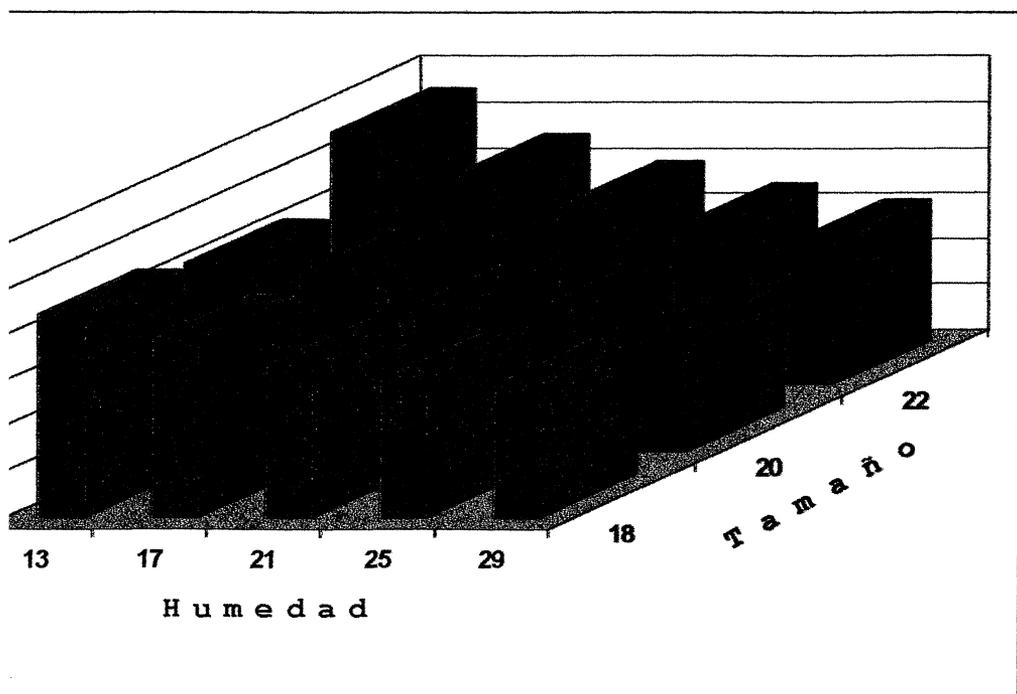
4.1 Efecto de almacenamiento para la variedad PT-1

Al analizar la interacción, días de almacenamiento y porcentaje de vigor en la variedad PT-1 (Figura 4.9.), se puede observar que los tratamientos que se aplicaron durante el período de 75 días de almacenamiento y cualquier porcentaje de humedad disminuye drásticamente el vigor de la semilla. Se observa que el

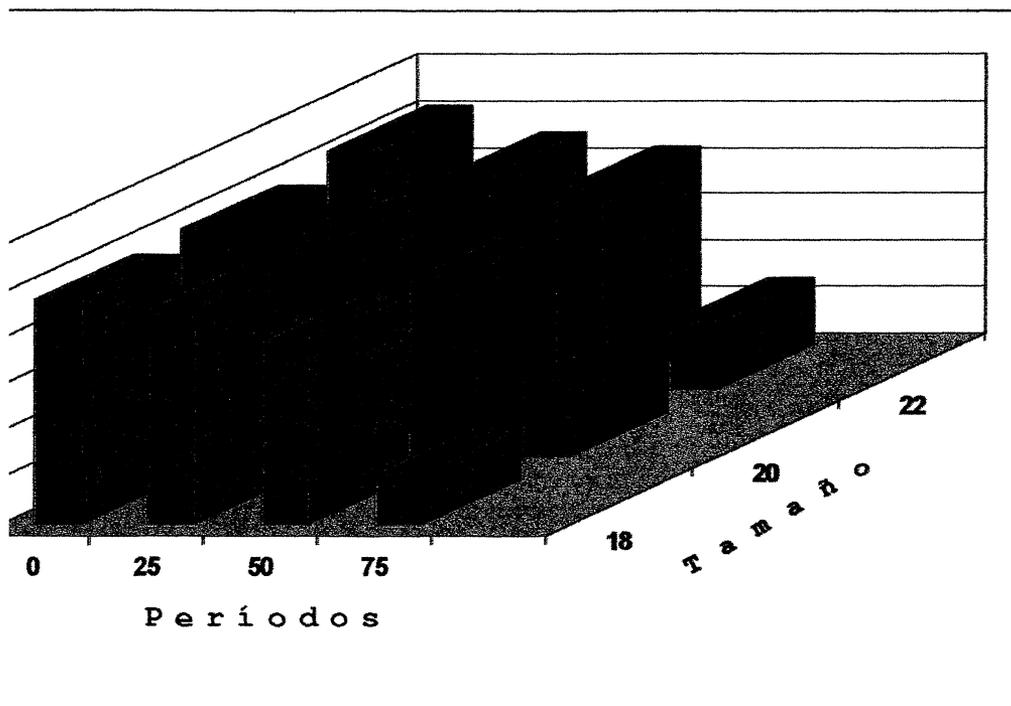
está determinando el vigor es la humedad de acuerdo a la (Figura strado que la interacción de estos factores refuerzan uno al otro el la semilla, haciéndola susceptible al almacenamiento y calidad de oreciendo la pérdida de vigor.



Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz PT-1.



10. Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad PT-1.

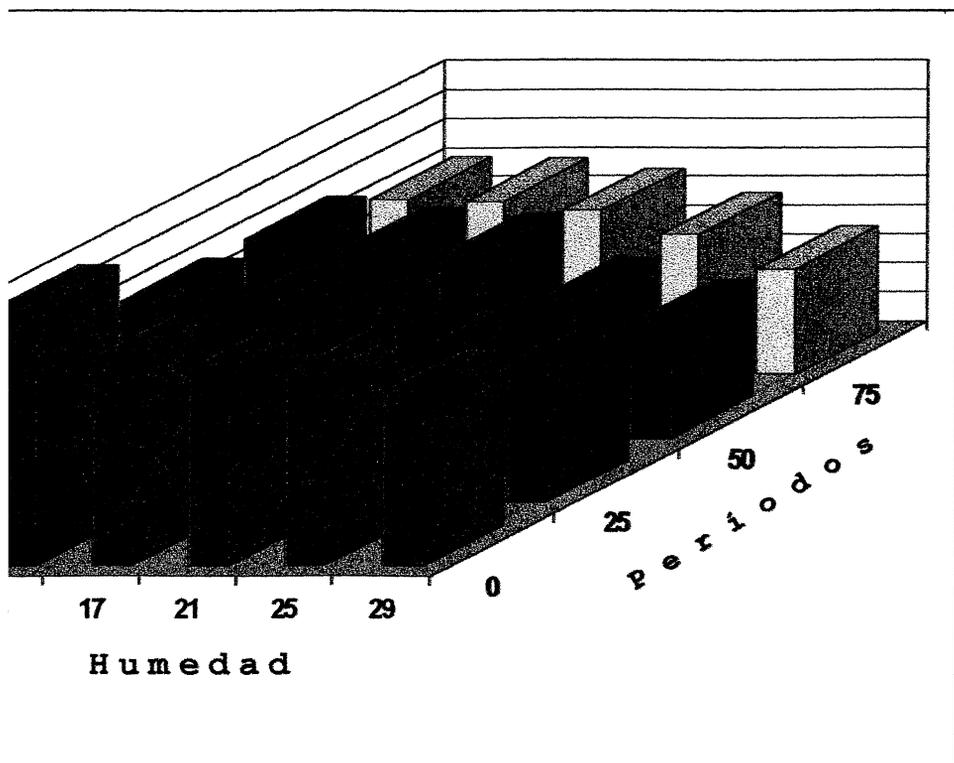


1. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz PT-1.

En cuanto a la interacción de período de almacenamiento con tamaños de semilla, el valor más bajo fue el tratamiento formado por 75 días de almacenamiento con el tamaño pequeño (18), y el mejor tratamiento se dio al almacenamiento con el tamaño grande (22) de la semilla.

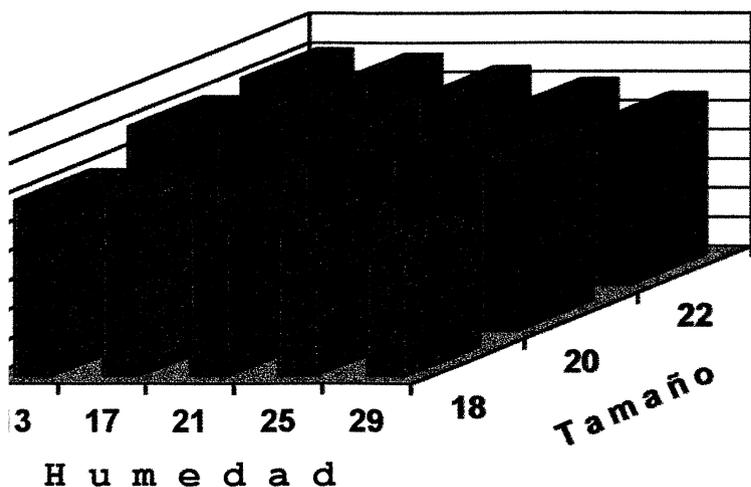
Interacción entre los factores para la variedad SIC-24

Para esta variedad, el efecto de la interacción (s), días de almacenamiento (períodos) y contenido de humedad (Figura 4.12.), demuestra que el porcentaje de vigor se ve disminuido en los tratamientos que involucran períodos de almacenamiento y contenido de humedad de semilla arriba del 17 por ciento, siendo el tratamiento más bajo el de 75 días de almacenamiento y 29 por ciento de humedad de semilla, similar a los casos anteriores donde el vigor de la semilla con estas características decae drásticamente.



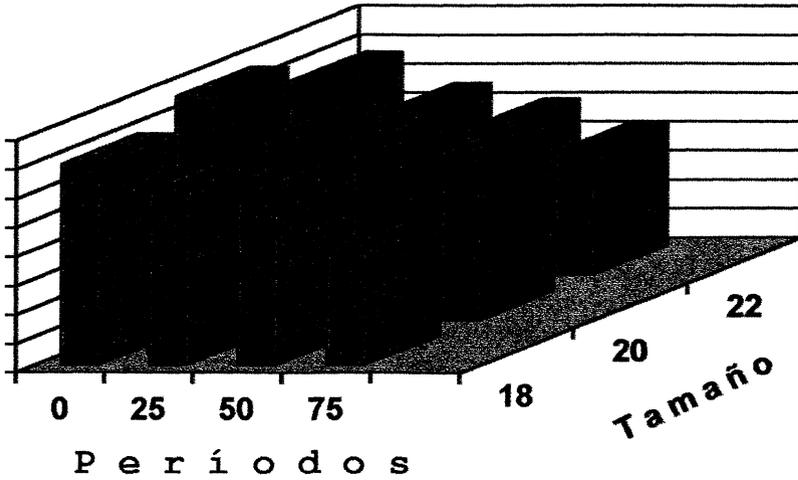
Efecto del contenido de humedad y días de almacenamiento, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz SIC-24.

interacción, por ciento de humedad y tamaño de la semilla (Figura 1) que los tratamientos que resultan más bajos en vigor fueron los correspondientes al tamaño pequeño (18) combinado con humedades arriba del 17 por ciento, resultando el tratamiento más bajo, la combinación del tamaño pequeño (18) y 29 por ciento de humedad, manifestando un 19 por ciento de vigor, mostrando así que los mejores porcentajes de vigor se dan con un 13 por ciento de humedad de semilla, independientemente del tamaño de la



Efecto del contenido de humedad y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad SIC-24.

ente para la interacción, días de almacenamiento y tamaño de la ra 4.14.) resulta que la combinación más pobre fue de 75 días de ento con un tamaño pequeño (18) de la semilla, y que en forma tamaño mediano (20) es el que mejor se comporta cuando se i diferentes días (períodos) de almacenamiento. La información s detallada de dichas interacciones se dan en el Cuadro 4.9.



4. Efecto de días de almacenamiento y tamaño de la semilla, en el porcentaje de vigor de la variedad de maíz SIC-24.

de predicción para vigor

De manera similar como se hizo con el porcentaje de germinación, se hicieron modelos para cada variedad, para la variedad PT-1 siguiente :

$$209682 - 0.118259 H^2 + 0.003188 H^3 - 0.000083 P^3$$

$$r^2 = 0.89$$

el cual fue obtenido de acuerdo a la metodología ya antes descrita y se conserva en el apéndice.

eficiente de determinación del modelo (R), resultó ser de 0.89 lo que el modelo encontrado es adecuado para realizar predicciones con diferentes datos de los factores involucrados (tamaño de la lota de almacenamiento y humedad).

Modelo ajustado para la variable Vigor de la variedad de maíz SIC-24

$$77916 + 71.396068 T - 1.7655512 T^2 - 0.0002429 T^2H - 19443 TP - 386 HP - 0.000012HP^3 + 0.000078 THP^2 - 5.79045 T^2 H^3 P^2.$$

0.83

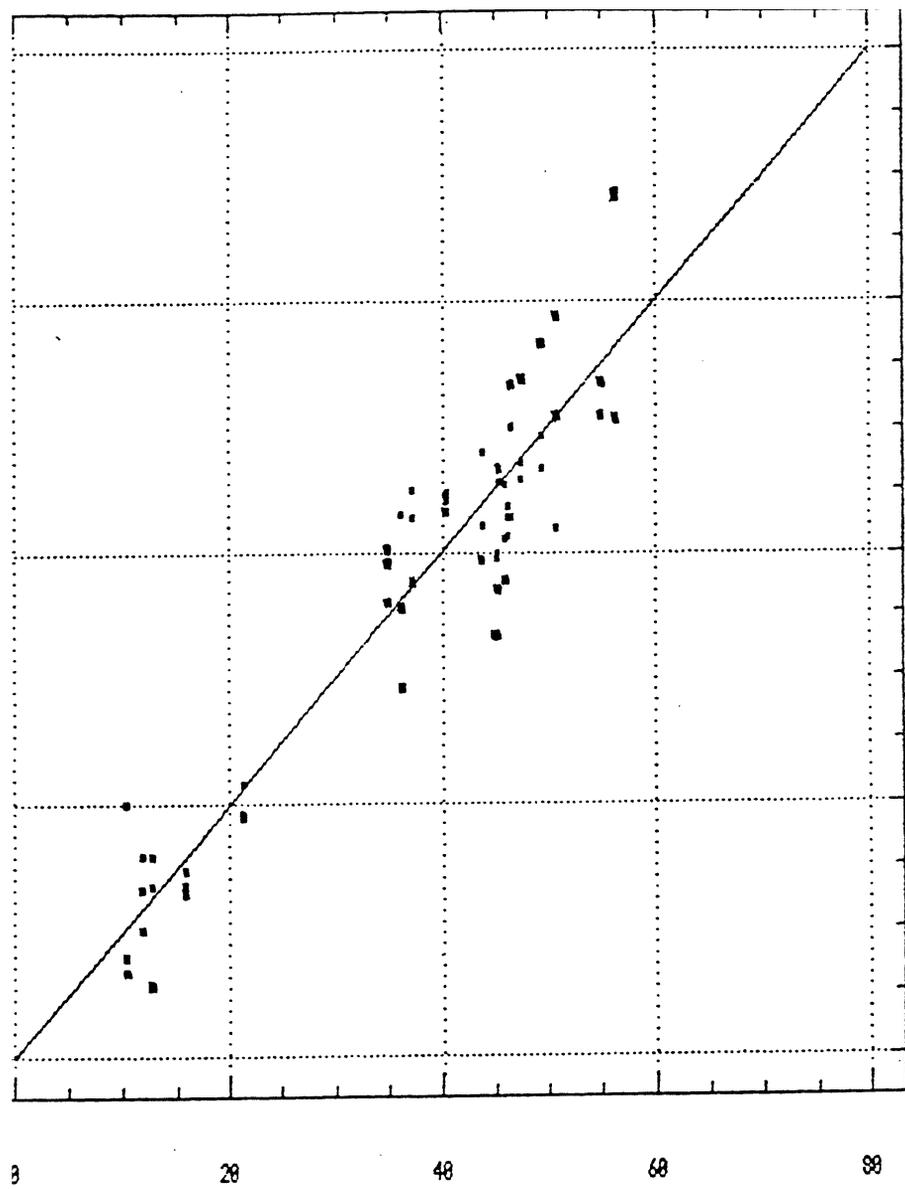
eficiente de determinación del modelo (R), resultó ser de 0.83 lo que el modelo encontrado es adecuado para realizar predicciones con diferentes datos de los diferentes factores involucrados (la semilla, período de almacenamiento y humedad).

Para verificar la confiabilidad de los modelos, se realizaron estimaciones y se compararon con los datos observados, visualizándose de una manera clara en el Cuadro 4.9. para la variedad PT-1 y Cuadro 4.10 para SIC-24.

idos los modelos, se procedió a hacer una regresión simple de los
nados del por ciento de vigor y los datos observados, presentando
ltados en la (Figura 4.15.) para la variedad (PT-1) y 4.16. para la
IC-24) en donde se observa una estrecha relación entre los datos
los observados.

4.9. Medias observadas y estimadas para la variable vigor considerando tamaño, humedad de la semilla y período de almacenamiento de la variedad de maíz PT-1.

Período iba) (días)	H u m e d a d %				
	13	17	21	25	29
	*68.78	50.77	42.69	733.34	647.01
0	(63.44)	(50.40)	(47.04)	(37.82)	(49.45)
	53.39	49.29	46.74	43.11	42.73
25	(54.33)	(50.34)	(41.45)	(40.46)	(46.74)
	37.70	44.12	35.63	39.22	42.69
50	(41.49)	(43.28)	(37.72)	(37.62)	(41.35)
	19.24	13.39	9.979	7.834	5.73
75	(16.02)	(18.18)	(18.69)	(8.037)	(10.92)
	68.24	41.82	49.89	39.50	45.85
0	(63.51)	(51.46)	(45.51)	(43.56)	(44.10)
	51.08	56.65	37.17	47.86	41.22
25	(50.80)	(48.27)	(38.58)	(47.98)	(46.69)
	45.29	44.70	29.20	35.87	37.59
50	(46.76)	(44.23)	(33.46)	(40.76)	(36.26)
	19.17	14.73	13.28	20.09	15.79
75	(17.71)	(13.98)	(13.04)	(12.96)	(12.13)
	50.63	58.82	53.46	39.80	53.92
0	(59.35)	(52.45)	(51.13)	(39.86)	(45.86)
	53.74	46.73	45.57	39.18	43.55
25	(52.96)	(51.03)	(42.82)	(41.14)	(44.37)
	40.95	43.27	42.96	40.22	44.99
50	(42.86)	(42.60)	(36.36)	(36.94)	(42.72)
	21.54	12.78	15.86	6.798	13.39
75	(20.11)	(12.78)	(14.60)	(5.99)	(15.01)



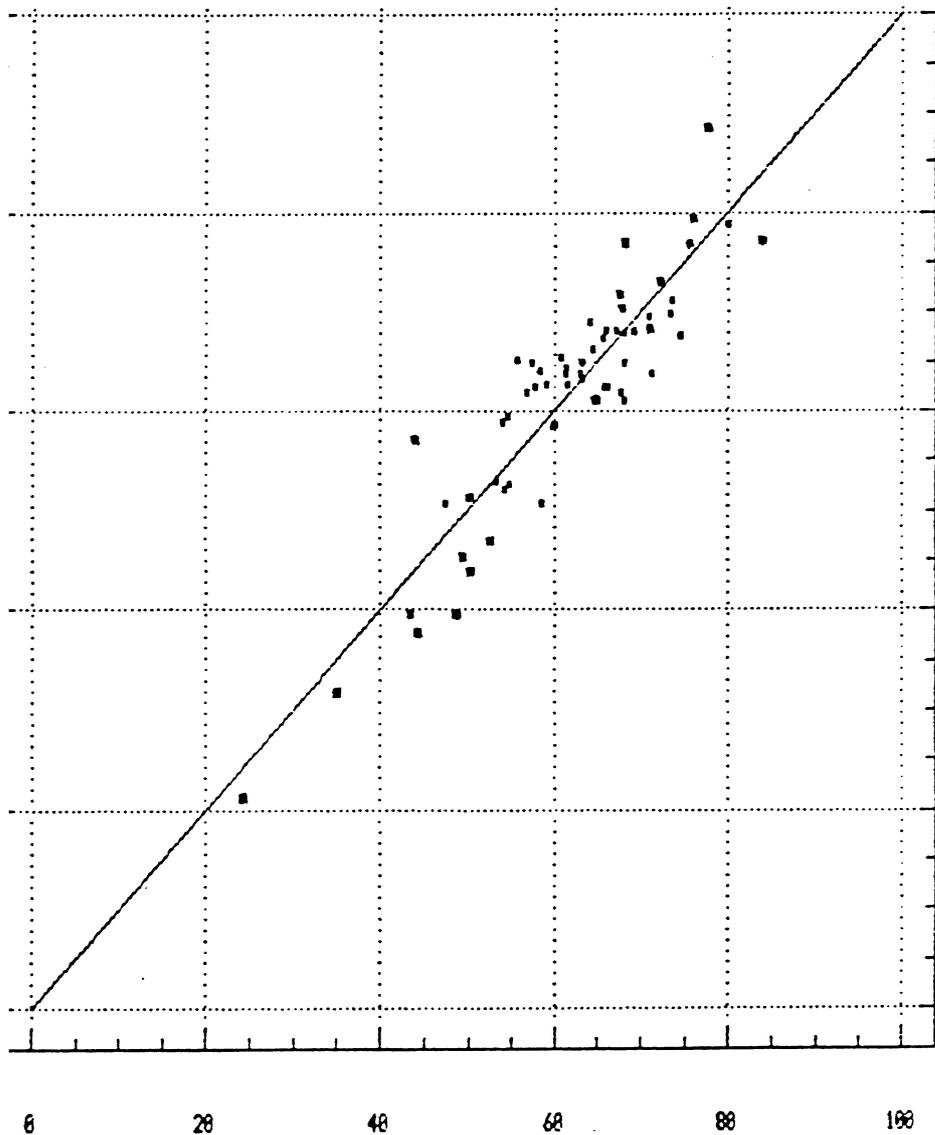
Datos estimados.

15. Regresión lineal entre datos observados y estimados (de acuerdo al modelo generado) para vigor en la variedad de maíz PT-1.

4.10. Medias observadas y estimadas para la variable vigor considerando tamaño, humedad en la semilla y períodos de almacenamiento de la variedad de maíz SIC-24.

Período día (días)	H u m e d a d %				
	13	17	21	25	29
0	*88.56	67.69	63.78	65.00	61.05
	(85.67)	(71.91)	(63.37)	(62.13)	(61.08)
25	68.17	64.96	62.55	52.54	51.10
	(74.22)	(66.12)	(60.67)	(52.76)	(52.51)
50	69.09	64.40	62.33	22.85	50.70
	(68..03)	(63.37)	(59.92)	(52.57)	(51.45)
75	58.74	45.28	39.51	31.57	21.05
	(57.03)	(47.19)	(37.27)	(32.34)	(22.28)
0	77.05	78.82	79.30	73.11	76.81
	(76.12)	(75.63)	(77.16)	(70.53)	(75.82)
25	75.25	68.15	61.02	58.66	59.42
	(73.30)	(66.49)	(60.54)	(65.62)	(61.51)
50	69.69	68.34	61.82	63.22	64.85
	(71.13)	(67.76)	(63.81)	(69.45)	(64.46)
75	61.14	62.40	63.80	52.01	57.32
	(59.52)	(62.97)	(64.13)	(52.81)	(49.24)
0	76.94	69.52	62.52	62.77	61.87
	(75.70)	(70.02)	(64.59)	(64.49)	(59.61)
25	67.26	65.52	65.26	43.84	37.69
	(68.32)	(64.06)	(58.47)	(46.44)	(38.11)
50	67.79	68.13	63.88	50.77	47.00
	(70.17)	(69.35)	(65.78)	(54.30)	(45.09)
75	70.40	71.79	66.14	63.96	39.48
	(71.16)	(69.43)	(63.63)	(58.84)	(44.94)

observados () Datos estimados



Datos estimados.

- .16. Regresión lineal entre datos observados y datos estimados (de acuerdo al modelo generado) para vigor en la variedad de maíz SIC-24.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos de la presente investigación se
as siguientes conclusiones:

n las dos variedades, los factores que influyen significativamente en la
ción y vigor fueron el tamaño de la semilla, contenido de humedad y
almacenamiento, así como su interacción.

os factores que tuvieron más efecto en la germinación y el vigor fueron
dad y períodos de almacenamiento, así como sus interacciones.

l porcentaje de germinación y de vigor de la semilla para ambas
les se disminuye drásticamente con un contenido de humedad arriba
or ciento y con un período de almacenamiento de 50 días ó más.

a variedad PT-1, a pesar de ser un tipo de semilla de endospermo
talino, presentó menor capacidad de almacenamiento, ya que fue la
nifestó los valores más bajos de germinación y vigor, comparada con
lad SIC-24.

Con los modelos generados se pueden estimar la germinación y el
en diferentes tamaños de semilla, contenidos de humedad y períodos de
almacenamiento.

La metodología y los resultados de este estudio permitirán reforzar la
capacidad en la toma de decisiones vinculada con los programas de producción
de semillas. Además será una contribución para desarrollar un modelo de
evaluación de almacenamiento de semilla.

RESUMEN

El maíz es uno de los alimentos de mayor importancia en el mundo más, es una fuente importante de carbohidratos para la alimentación animal, nos crea la necesidad de conocer más a fondo su comportamiento durante el almacenamiento en relación con el medio ambiente, comercializar semilla con más alta calidad y sobre todo mejorar su manejo para obtener altos rendimientos y evitar pérdidas que no satisfacen la demanda, por el cual se realizó esta investigación.

Con el objetivo de evaluar la calidad de la semilla se probaron; dos tipos de semilla de maíz, la primera fue PT-1 de origen de Valles Altos, endospermo suave (semicristalino) y la segunda el SIC-24, sintética de ciclo corto de endospermo duro (semicristalino), tamaño de la semilla; grande, variedad híbrida, diferentes porcentajes de humedades de semilla de 13,17,21,25 y cuatro períodos de almacenamiento 0,25,50 y 75 días.

En el presente experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos de la (UAAAN), se inició a partir de una mezcla compuesta de partes iguales de cada uno de los materiales, misma que fue clasificada por tamaño mediante un separador de precisión de cribas cilíndricas, posteriormente, fue

da a cinco diferentes porcentajes de humedad, enseguida se almacenó en 75 días bajo condiciones normales de laboratorio en bolsas de papel durante ese tiempo se le aplicaron pruebas de germinación estándar y crecimiento acelerado como prueba de vigor por períodos de 25 días, midiendo diariamente temperatura y humedad relativa.

Los resultados indican que la semilla que es sometida a condiciones como alto contenido de humedad y largos períodos de almacenamiento y su capacidad para ser almacenada fue de 50 días y después de este período afecta significativamente en su calidad. En cuanto a tamaño de la semilla, el tamaño grande mostró el más alto por ciento de germinación y de vigor ya que sobresalió en la mayoría de las veces, en comparación con los tamaños el medio y chico, estadísticamente no presentaron diferencias significativas, esto es debido a la influencia de los demás factores como el porcentaje de humedad y períodos de almacenamiento.

En lo que se refiere a la humedad, el 13 por ciento tuvo mejor respuesta germinativa siguiendo el 17 por ciento que también presentó buen porcentaje de germinación hasta el tercer período que fue de 50 días de almacenamiento, y después de este período decreció aceleradamente con un 21, 25, y 29 por ciento de germinación en la semilla. La humedad de la semilla variedad SIC-24 de trigo de invierno suave (harinoso) fue de 10 por ciento al inicio, esta semilla presentó buena calidad, con un 90 por ciento de germinación y 85 por ciento de vigor y la del segundo material fue de un 70 por ciento en promedio,

o esto desde el principio una diferencia significativa, incrementando su
o de germinación al clasificar la semilla por tamaño.

n base a los resultados se puede almacenar semilla con buena calidad
l días siempre y cuando ésta no exceda de 21 por ciento de humedad.

LITERATURA CITADA

- I-Baki, A.A. 1969. Relationship between seed viability and glucose metabolism germinating barley and wheat seed. *Crop. Sci.* p:32 USA.
- rson. 1983. Physiological and Biochemical deterioration. In: T.T. Kozlowski (de) *Seed Biology II*. Academic Press. New York p. 283-315. USA.
- ciation of Official Seed Analysts. (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32. The handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts. United States of America. 88p.
- , Bert R., Kelley, Ken R. 1992. Factores asociados con la humedad de la semilla; Absorción de agua, humedad extendida, temperatura del aire y humedad relativa. Artículo. *National fertilizer & Environmental Research Center*, p.73. :11., DNAU 5651 Alabama; USA.
- in, C. C. 1987. Seed maturity influences quality. *Proc. Short Course for Seedsmen. Seed Technology Laboratory*. Vol. 29:7-12 . Mississippi State University. Mississippi. United States of America.
- , L.N. and D.C. Clark. 1974. Effects of storage condition packaging material and seed moisture on longevity *Proc. Assoc, of Seed Anal* 64:120-128. USA.
- ier R., F. 1989. *Semillas. Biología y Tecnología*. Ediciones Mundi-Prensa. España. 637 p
- ey, J.D. and M. Back. 1986. *Seed Phisiology of Development and Germination*. Academic Press. New York. 422 p.

- A. H. 1978. Seed storage, drying and aeration in large bulk. In Short Course for Seedsmen. Mississippi State University. U.S.A. p. 89-107.
- D. J., and E.C. Tigchelaar. 1980. Introduction to the symposium. Seed quality: An overview of its relationships to horticulturists and physiologists. Hort Science vol. 15 (6):764. United States of America.
- D.S. 1984. Curso para la conservación de granos. Programa Internacional de Granos Departamento de Ciencias de Granos e Industrias, Universidad de Kansas U.S.A. p 85-90.
- d, L.O. and M.B. McDonald 1985. Principles of Seed Science and Technology. 2 de. MacMillan Publishing Company. United States of America. 321p.
- sen, C. M. y C. B. Sover 1982. Storage of Cereal Grains and Their Products, American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minn. p.219-237.
- .F. 1992. Almacenamiento no controlado de la semilla de triticale (X. *Triticosecale*. *Wittmack*). y su comportamiento de la calidad y composición química. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 200 p.
- S., S. T. Peske., y R. Aguirre. 1988. Beneficio de Semillas. Documento de trabajo número 108. CIAT. Cali, Colombia.
- e, J. C. 1968. Seed World. 92(2): 14-15. Artículo: Fisiología del almacenamiento de semilla.
- _____ . 1980b. Some thoughts on seed storage. Proc Short Course for Seedsmen. vol 22:91-103. Mississippi Statr University. Mississippi. United States of America.

- _____. 1985. Quality control. Proc Short Course for Seedsmen. Vol. 27:83- 94. Mississippi State University. Mississippi, United States of America.
- _____. 1986. Physiological Seed quality. Proc. Short Course for Seedsmen. vol. 28:51-59. Mississippi State University. Mississippi, United States of America.
- iche and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. And Technol. 1 (2) : 427-452. USA
- on, M. H. 1980. Genetic aspect of seed Quality. Hortscience. 15 (6): 771-774. United States of America.
- an, A. C. and Tole. E.H. 1967. Effect of age condition, and temperature on germinación of flax seed. Soc. Agron. p. 23-29.
- s, C. y C. Slaughter. 1980. Las semillas y sus usos. A. G. T. Editor, S.A. México. 188.
- r. G. H., H. A. Kaler, and R. L. Whistler. 1955. Effects on corn of storage in airtight bins. J. Agr. Food Chem. 3: 682-696.
- /. E. A. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. Curso avanzado sobre "Sistemas de semillas para pequeños productores" CIAT. Cali. Colombia. 12 p.
- a, J.C. 1981. Control de calidad de semillas en post-cosecha. Curso avanzado en protección y control de calidad de semillas. CIAT, Cali, Colombia.
- ngton J.F. 1972 . Seed storage and longevity. In: T.T. Kozlowsky (De.). Seed Biology Academic Press. N.Y. p 145-245. USA.
- , D.R., R.H. Peterson, W. E. Lueschen and J. H. Ford. 1976. Seed grade effect on corn performance . USA. Agron. J. 68:819.820.

- o J. F. R. 1991 . Deterioro de las Características Físicas, Fisiológicas, Bioquímicas y Genéticas de la Semilla de Soya (*Glycine max.* (L.) Merr) en el Almacenamiento. Tesis Maestria UAAAN Buenavista, Saltillo, Coah., México p. 208.
- cker, W. 1972. Vigor. In: Roberts, E. H. (de.) Viability of seed. Syracuse University Press. Siracuse N. Y. pp. 209-248.
- ational Seed Testing Association (ISTA). 1985. International Rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 13 (2): 300-520. The Netherlands.
- Robestein, R.L., Phillips Ch. E. Green and B.C. Gen Gebach. 1979. The Plant Seed Development, Preservation Academic Press USA. p. 145- 200 .
- son, M. F. S. and R.D. Conveney. 1970. Water activity and temperature in stored products. En: Tropical Stored Products Centre, Ed. Jamieson M F S y Jobber P. Slough, England pp. 199-225.
- ovsky, T. T. 1972. Seed Biology. Volume II Germination Control, Metabolism and Pathology. Department of Forestry University of Wisconsin Madison. Wisconsin Academic Press, New York, San Fransisco London p. 283-305.
- ly, D. B., and J. H. B. Tomkim, 1967. Investigations in crop seed longevity. Juornal National Institute Agricultural Botany. Vol 11 and 12. U. K.
- rald, M.B. Jr. 1991. Evaluación de vigor de semillas. Memorias del III Curso de Actualización de Semillas. UAAAN-CCDTS. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 74p.
- ez, M. V. 1989. Efecto de las características físicas sobre la calidad de las semillas de maíz. Tesis Ing. Agrónomo. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México p. 90.

- l, A. G., F. W. Bakker-Arkema, and W. G. Bickert. 1966. Short time cereal storage of high-moisture small grains. *Quart. Bull. Mich. Agr. exp. Sta* 48:465-470. The Netherlands.
- R. 1963. Handbook of Tolerances and Measures for Seed Testing. *Proc. Int. Seed Testing. Ass* 28 (3): 525-686.
- M.E., y C. M. Christensen. 1970. Efecto de la humedad y hongos sobre la viabilidad de maíz almacenado. *Rev. Latinoamer. Microbiología* 12: 15-21.
- _____ 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp 103-114.
- l. G. y Martínez S. J. 1994. Efecto del tamaño y forma de semilla sobre su calidad y rendimiento. *Memorias. Congreso de Fitopatología Universidad Autónoma de Chapingo.* 42200 (5222) p. 449.
- S. T. y R. Aguirre. 1987. Manual para operadores de unidades de beneficio de semillas. U. B. S. Unidad de semillas. CIAT. Cali, Colombia. 17-81.
- jis, F. 1985. *Fisiología da Sementes.* 2da. De Brasil p. 207-209.
- R. 1981. Seed Pathology Laboratory. Mississippi State. United States v. 23 of. Apr. 81 p. 91-94.
- l. D.A. 1978. Influence of water activity on enzymic activity in biochemical systems. s.p. 323-342. In J. H. Crowe and J.S. Clegg (de) *Dry biological systems.* Academic Press. New York.
- a, C. M. 1992. Tamaño y forma de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) y la relación con la calidad física y fisiológica de la semilla. Tesis Ing. Agrónomo Universidad Autónoma Agraria Antinio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila. p.76

- Al G, Richardo 1992. La humedad de la semilla de Triticale (Triticosecale wittmack) y su respuesta en el vigor después de envejecimiento acelerado. Tesis maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 200 p.
- Al S., F. 1989. Deterioro de la semilla de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 77p.
- Alts E. H., Abdalla, F.H. and Owen, R. J. 1967. Nuclear damage and the ageing of Seed. Symp. Soc. Exp. Biol. p 21-65.
1974. Normas para la Certificación de Semillas . Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Mexico.
- R. G. and H. J. Torrie. 1986. Principles and Procedures of Statistics. A Biometral Approach. 2de. McGraw Hill Inc. New York, U.S.A. 622 p.
- Alson, J.R. 1979. An Introduction to Seed Technology. Ltd. Scotland, Great Britain p.1-15.
- Al B. H. and Toole, V. K. 1946. Relation of temperature and seed moisture to the viability of stored seed. USA. 48p.
- Al B.G. and J. C. Delouche 1985. Requisitos estructurales y de medio ambiente para almacenamiento de semillas. Memorias de cursos sobre Tecnología de Semillas realizados en América Latina. EAP-ADI Foundation- Rockefeller- Universidad Estatal de Mississippi E.U.A. p.14
- Al D. W., P. C. Longden and R.K. Scott 1977. Seed size variation, its extent, source and significance in field crops. Seed Sci., and Technol. 5 (3): 337-352. The Netherlands.
- Al T.D. and N.C. Pant. 1979. Moisture Content-relative humidity relationships of legumes seed. Seed Res . 7 (1):11-17. USA.

026 APÉNDICE

dro A .1. Cuadrados medios y su significancia para las variables germinación y vigor de dos variedades de maíz.

Fuente de variación	GL	Cuadrados		Medios	
		Variedad PT-1		Variedad SIC-24	
		Germinación	Vigor	Germinación	Vigor
	2	349.9 **	68.8 **	1951.0 **	1763.3 **
	4	1589.1 **	955.8 **	3058.2 **	2644.7 **
	3	1583.9 **	15778.3 **	1739.0 **	3092.3 **
H	8	154.2 **	114.6 **	217.0 **	333.9 **
D	6	114.9 **	70.6 **	1052.9 **	836.3 **
P	12	133.0 **	181.4 **	134.1 **	107.7 **
H*P	24	109.5	103.1 **	82.6 **	78.3 **
f. (%)		10.3	11.0	6.5	7.3
Medio		50.5	37.5	73.8	61.5
Error		27.1	17.2	23.6	20.4

Significancia significativa con un $\alpha = 0.01$ T = tamaño, H= humedad, P= período de almacenamiento.

dro A .2. Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.

Variable independiente	coeficientes
Constantes	50.514083
	1.50287
	1.039292
	-3.070229
	1.621295
	0.1363396
	0.129682
	-5.043933
	-6.861417
	-2.191533
H1)	1.158125
H2)	0.258973
H3)	0.23875
H4)	0.187616
H1)	-0.625333
H2)	-0.079241
H3)	0.505354
H4)	0.085024
P1)	0.190975
P2)	0.636
P3)	-0.0283
*P1)	-0.452042

A.2. (continuación)...

)	-0.017833
)	-0.208667
)	-0.352146
)	-1.033354
)	-0.166646
)	-0.114027
)	0.33317
)	-0.152741
)	-0.175854
)	-0.229854
)	-0.138979
)	-0.090992
)	0.230598
)	-0.059255
* P1)	0.251088
* P2)	0.433312
* P3)	0.176425
* P1)	-0.102
* P2)	0.091875
* P3)	0.01542
* P1)	-0.39255
* P2)	0.279
* P3)	-0.1011
* P1)	0.11837
* P2)	0.249313
* P3)	-0.012227
* P1)	-0.354829
* P2)	-0.061146
* P3)	-0.133492
* P1)	0.005161
* P2)	-0.036518
* P3)	-0.055705
* P1)	-0.172071
* P2)	0.293854
* P3)	0.125504
* P1)	0.010637
* P2)	-0.281839
* P3)	0.089786

le cuadrados = 1.0000 CM = 0.000000 MAE = 0.000000

adro A. 3. Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1 según paquete computacional Statgraphics.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	GL
Modelo	15244.5	59
Error	0.0000	0
Total	15244.5	59

$F_{0.05} = 1$ Error estándar = 0

adro A. 4. Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Suma de c..	F- Radio	valor de
Variación				0.10	0.05
1				2.735	3.895
30	90.34533	1	90.3453	3.328	
	129.61526	1	129.6153	4.775 *	
	1131.15686	1	1131.1569	41.674 **	
	441.60416	1	441.6042	16.269 *	
	2.23246	1	2.2325	0.082	
	14.12654	1	14.1265	0.220	
	7632.37904	1	7632.3790	281.196 **	
	7824.74232	1	2824.7223	104.071 **	
	1440.84551	1	1440.8455	53.084 **	
* H1)	107.30028	1	107.3003	3.953 *	
* H2)	7.51152	1	7.5115	0.276	
* H3)	4.56012	1	4.5601	0.168	
* H4)	19.71188	1	19.7119	$\angle 1$	
* H1)	93.85003	1	93.8500	3.485	
* H2)	2.10979	1	2.1098	$\angle 1$	
* H3)	61.29468	1	61.2919	2.258	
* H4)	12.14480	1	12.1448	$\angle 1$	
* P1)	7.29429	1	7.2943	$\angle 1$	
* P2)	16.17984	1	16.1798	$\angle 1$	
* P3)	0.16018	1	0.1602	$\angle 1$	
* P1)	122.60500	1	122.6050	4.517 *	
* P2)	0.03816	1	0.0382	$\angle 1$	
* P3)	26.12507	1	26.1251	$\angle 1$	
* P2)	0.03816	1	0.0382	$\angle 1$	

dro A.4. (continuación)....

P2)	0.03816	1	0.0382	∠ 1
P3)	26.12507	1	26.1251	∠ 1
P1)	74.40401	1	74.4040	2.741
P2)	128.13850	1	128.1285	4.721 *
P3)	16.66250	1	16.6625	∠ 1
P1)	10.92177	1	10.9218	∠ 1
P2)	16.64834	1	18.6483	∠ 1
P3)	19.59706	1	19.5971	∠ 1
P1)	18.55461	1	18.5548	∠ 1
P2)	6.33995	1	6.3400	∠ 1
P3)	1.58913	1	11.5891	∠ 1
P1)	34.77429	1	34.7743	1.281
P2)	44.66745	1	44.6675	1.646
P3)	14.74703	1	14.7470	∠ 1
H1* P1)	25.21797	1	25.2180	∠ 1
H1* P2)	15.02078	1	15.0208	∠ 1
H1* P3)	12.45031	1	12.4503	∠ 1
H2* P1)	5.82624	1	5.8262	∠ 1
H2* P2)	0.94539	1	0.9454	∠ 1
H2* P3)	0.13315	1	0.1331	∠ 1
H3* P1)	61.63820	1	61.6382	2.271
H3* P2)	6.22728	1	6.2273	∠ 1
H3* P3)	4.08848	1	6.0885	∠ 1
H4* P1)	34.39786	1	34.3979	1.267
H4* P2)	34.80776	1	34.8078	1.282
H4* P3)	0.41858	1	0.4186	∠ 1
H1* P1)	51.08449	1	151.0845	5.566
H1* P2)	0.89732	1	0.8973	∠ 1
H2* P3)	21.38403	1	21.3840	∠ 1
H2* P1)	0.04474	1	0.0447	∠ 1
H2* P2)	0.44807	1	0.4481	∠ 1
H2* P3)	5.21319	1	5.2132	∠ 1
H3* P1)	35.53005	1	35.5300	1.309
H3* P2)	20.72407	1	20.7241	∠ 1
H3* P3)	18.90155	1	18.9016	∠ 1
H4* P1)	0.95041	1	0.9504	∠ 1
H4* P2)	133.44808	1	133.4481	4.91 *
H4* P3)	67.71639	1	67.7364	2.495

delo

15244.4896

59

dro A. 5. Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de germinación de la variedad de maíz PT-1.

variable independiente	coeficientes	error estándar	valor de t	nivel
INSTANTES	1446.843105	522.940495	2.7667	0.0080
	-131.957391	52.567638	-2.5102	0.0154
	3.241719	1.313644	2.4677	0.0171
	-54.243641	24.061771	-2.2543	0.0287
	0.101331	0.024064	4.2108	0.0001
	-0.953506	0.197766	-4.8214	0.0000
	0.044138	0.007077	6.2372	0.0000
	-0.000468	0.000061	-7.6060	0.0000
	4.834766	2.417063	2.0003	0.0510
)	-0.11725	0.060401	-1.9412	0.0580
* h)	-0.00012	0.000052	2.3044	0.0255
(p ²)				

= 0.9036 SE= 4.990584 MAE= 3.509038
 licción: 0.9052 4.949169 3.44385

dro A. 6. Análisis de varianza para la regresión completa de la germinación de la variedad de maíz PT-1.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- radio	valor
Modelo	14024.1	10	1402.41	56.3083	0.0000
Residual	1220.39	49	24.9059		
Total	15244.5	59			

ajustada = 0.919945

Error estándar = 4.99058

dro A. 7. Separación de análisis de varianza para la variable germinación en el orden encontrado para la variedad de maíz PT-1.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- tabla	valor
	90.34533	1	90.3453	3.63	0.0627
	129.61526	1	129.6153	5.20	0.0269
	1131.15686	1	1131.6042	45.42	0.0000
	441.60418	1	441.6042	17.73	0.0001

dro 4.7. (continuación)...

	7632.37904	1	7632.3790	306.45	0.0000
	2824.74232	1	2824.7423	113.42	0.0000
	1440.84550	1	1440.8455	57.85	0.0000
)	07.30028	1	107.3003	4.31	0.0432
h)	93.85003	1	93.8500	3.77	0.0580
p ²)	132.26025	1	132.2603	5.31	0.0255
do	14024.0991	10			

dro A. 8. Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y períodos de almacenamiento de germinación de la variedad de maíz PT-1.

le	valores encontrados	
	observados	estimados
	71.850	71.362
	64.370	66.831
	67.797	71.692
	43.840	42.115
	62.170	62.695
	60.872	61.825
	35.672	30.747
	60.047	57.269
	59.192	52.138
	55.557	55.200
	15.790	22.623
	56.242	55.087
	47.665	49.656
	53.560	51.817
	14.525	17.714
	59.595	56.147
	50.852	50.416
	57.180	51.677
	5.730	16.101
	71.947	63.673
	58.712	59.148
	59.382	64.009
	34.420	34.420
	48.175	58.045
	56.635	53.214
	59.407	57.175
	23.335	26.098
	58.580	55.654
	42.697	50.523
	52.315	53.585
	24.942	21.008

lro 4.8. (continuación)...

47.595	56.506
60.285	51.075
52.577	53.236
26.527	19.160
52.775	60.600
52.062	54.869
58.537	56.131
26.445	20.554
71.532	69.735
62.285	65.285
68.802	70.065
42.400	44.808
69.005	63.384
52.020	58.553
61.022	62.514
26.730	31.437
62.070	60.275
56.602	52.144
58.797	58.205
30.002	25.628
51.352	60.409
51.700	54.984
56.537	57.139
21.800	23.063
71.822	63.785
56.987	58.054
61.240	59.316
21.415	23.739

A continuacion se presenta el mismo desarrollo para la variable de la variedad de maiz PT-1.

lro A .2a. Coeficientes de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maiz PT-1.

Variable independiente	coeficientes
Constantes	37.594375
	0.896813
	-0.078562
	-2.29825
	1.277708
	0.627542
	0.0275
	-5.657592
	-5.789125
	-0.857475

dro A.2a. (continuación)...

H4* P2)	-0.209335
H4* P3)	0.076884

a de cuadrados = 1.0000 SE = 0.000000 MAE = 0.000000 predicciones:
 00 0.000000 0.000000 0.000

dro A. 3a. Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1. según paquete computacional Statgraphics.

ntes de	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- calculada
r de P	variación			

elo	14322.6	59
.	0.00000	0
	14322.6	59

1 Error estándar = 0

dro A. 4a. Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1.

ite	Suma de cuadrados	GL	Suma de c..	F- Radio	valor de P
ariación				0.10	0.05
				2.735	3.895
0	32.17091	1	32.1709	1.8720	
	0.74065	1	0.7406	0.0430	
	633.83437	1	633.8344	36.884 **	
	274.26648	1	274.2665	15.960 **	
	47.25703	1	47.2570	2.7499	
	0.63525	1	0.6353	< 1	
	9602.50304	1	9602.5030	558.790 **	
	2010.83810	1	2010.8381	117.149 **	
	220.57901	1	220.5790	12.835 **	
H1)	43.97095	1	43.9710	2.55876	
H2)	15.94183	1	15.9418	< 1	
H3)	11.94665	1	11.9486	< 1	
H4)	22.48909	1	22.4891	1.3086	

dro A.4a.(continuación)...

H1)	3.23292	1	3.2329	< 1
H2)	7.42858	1	7.4286	< 1
H3)	57.87172	1	57.6717	3.3676
H4)	66.40139	1	66.4014	3.8640 *
P1)	1.76579	1	1.7658	< 1
P2)	10.79781	1	10.7978	< 1
P3)	15.37490	1	15.3749	< 1
P1)	21.34103	1	21.3410	1.2418
P2)	23.10677	1	23.1068	1.34463
P3)	33.65520	1	33.6552	1.95846
P1)	115.59309	1	115.5931	6.72661**
P2)	50.31075	1	50.3108	2.92769
P3)	36.63753	1	36.6375	2.13201
P1)	60.62732	1	60.6273	3.52803
P2)	40.44958	1	40.4496	2.3538
P3)	9.87784	1	9.8778	< 1
P1)	28.04114	1	28.0411	1.63177
P2)	6.12008	1	6.1201	< 1
P3)	18.40827	1	18.4083	1.07121
P1)	40.28096	1	40.2810	2.34403
P2)	137.67167	1	137.6717	8.01141**
P3)	0.40769	1	0.4077	< 1
H1* P1)	33.22945	1	33.2295	1.93369
H1* P2)	42.42056	1	42.4206	2.46854
H1* P3)	3.31331	1	3.3133	< 1
H2* P1)	65.13441	1	65.1344	3.7903
H2* P2)	27.17615	1	27.1762	1.58144
H2* P3)	21.57573	1	21.5757	1.25553
H3* P1)	12.81014	1	12.8101	< 1
H3* P2)	17.93381	1	17.9338	< 1
H3* P3)	0.04682	1	0.0468	< 1
H4* P1)	14.70916	1	14.7092	< 1
H4* P2)	0.56372	1	0.5637	< 1
H4* P3)	0.62708	1	0.6271	< 1
H1* P1)	21.48694	1	21.4869	1.25036
H1* P2)	33.99795	1	33.9980	1.97841
H1* P3)	50.82025	1	50.8203	2.95734
H2* P1)	2.00722	1	2.0072	< 1
H2* P2)	0.53720	1	0.5372	< 1

Modelo A. 5a. Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de vigor de la variedad de maíz PT-1.

variable independiente	coeficientes	error estándar	valor de t	nivel de
CONSTANTES	69.209682	4.118909	16.8029	0.0000
)	0.101331	0.024064	-4.1444	0.0001
)	0.003188	0.000856	3.7254	0.0005
)	-0.000083	4.096778E-6	-20.1829	0.0000

R = 0.8810 SE= 5.374765 MAE= 4.157980
 R cuadrado = 0.8823 Error estándar = 5.345533

Modelo A.6a. Análisis de varianza para la regresión completa de vigor de la variedad de maíz PT-1.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- radio	valor
Modelo	12704.9	3	4234.98	146.600	
Error	1617.72	56	28.8878		
Total	14322.6	59			

R cuadrado ajustada = 0.887052 Error estándar = 5.37473

Modelo A.7a. Separación del análisis de varianza para la variable vigor en el orden encontrado para la variedad de maíz PT-1.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- tabla	valor de
	536.5362	1	536.536	18.57	0.0001
	400.9237	1	400.924	13.88	0.0005
	11767.4262	1	11767.426	407.35	0.0000
Modelo	12704.8861	3			

lro A.8a. Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y período de almacenamiento de la variable vigor de la variedad de maíz PT-1.

e vaciones	valores encontrados	
	observados	estimados
	68.752	56.227
	53.392	54.925
	37.705	45.891
	19.240	21.344
	50.772	50.694
	49.295	49.402
	44.127	40.358
	13.392	15.811
	42.692	46.579
	46.747	45.287
	35.637	36.244
	9.970	11.696
	33.315	45.107
	42.110	43.815
	39.222	34.771
	7.837	10.224
	47.012	47.501
	42.732	46.209
	42.695	37.165
	5.730	12.618
	68.240	56.227
	51.067	54.935
	45.295	45.891
	19.175	21.344
	41.827	50.694
	56.650	49.402
	44.700	40.358
	14.735	15.811
	49.897	46.579
	37.140	45.287
	29.205	36.244
	13.280	11.696
	39.505	45.107
	47.867	43.815
	35.875	34.771
	20.095	10.224
	45.855	47.501
	41.225	46.209
	37.595	37.165
	15.790	12.618
	50.635	56.227
	53.745	54.935
	40.955	45.819

o A. 8a. (continuación)...

21.542	21.344
58.825	50.694
46.735	49.402
43.272	40.358
12.787	15.811
53.467	46.579
45.575	45.287
42.967	36.244
15.867	11.696
39.807	45.107
39.187	43.815
0.225	34.771
6.790	10.224
53.927	47.501
43.550	46.209
44.995	37.165
13.392	12.618

A continuación se presenta el mismo desarrollo para la variable
 ración de la variedad de maíz SIC-24.

o A . 9. Coeficientes de los términos (variables independientes) de
 regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de
 germinación de la variedad de maíz SIC-24.

Variable independiente	coeficientes
Constante	73.8705
1)	3.226688
2)	-2.158437
3)	-4.99025
4)	-0.574851
1)	0.322583
2)	0.047744
3)	-1.909083
4)	0.457167
1)	-0.813083
2)	-0.129625
3)	-1.045848
4)	0.106906
1)	0.172665
2)	-1.077625
3)	-0.17439
4)	0.047073
1)	0.043832
2)	1.729662

dro A.9. (continuación)...

P2)	4.549313
P3)	0.257263
P1)	-0.430579
P2)	-0.329979
P3)	-0.120929
P1)	-0.425842
P2)	0.370667
P3)	-0.461142
P1)	-0.19994
P2)	-0.024613
P3)	0.007679
P1)	0.038933
P2)	-0.39175
P3)	-0.128217
P1)	-0.017244
P2)	-0.293565
P3)	0.055518
H1* P1)	0.28015
H1* P2)	1.805625
H1* P3)	-0.00695
H2* P1)	0.059473
H2* P2)	0.29317
H2* P3)	-0.181991
H3* P1)	-0.145956
H3* P2)	-0.148906
H3* P3)	-0.094131
H4* P1)	-0.05639
H4* P2)	-0.158933
H4* P3)	0.056938
H1* P1)	-0.127158
H1* P2)	-0.269667
H1* P3)	0.088267
H2* P1)	-0.015408
H2* P2)	0.066086
H2* P3)	0.018277
H3* P1)	-0.075215
H3* P2)	-0.346656
H3* P3)	0.03331
H4* P1)	0.003197
H4* P2)	-0.1461
H4* P3)	-0.027072

a de cuadrados = 1.0000 SE = 0.000000 MAE = 0.000000
 cción : 0.0000 0.000000 0.000000

A.10. Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de germinación de la variedad de maíz SIC-24. Según paquete computacional Statgraphics.

Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- calculada	valor de
8250.04	59			
0.00000	0			
8250.04	59			

estándar = 0

A. 11 Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de germinación de la variedad de maíz SIC-24.

Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- Radio		
			0.10	0.05	0.01
			2.735	3.895	6.780
416.46049	1	416.4605		17.641 **	
559.06229	1	559.0623		23.681 **	
2988.31141	1	2988.3114		126.58 **	
55.51625	1	55.5163		235.16 **	
12.48720	1	12.4872		< 1	
1.91476	1	1.9148		< 1	
1093.37975	1	1093.3798		46.315 **	
12.54008	1	12.5401		< 1	
198.33135	1	198.3314		8.4013 **	
1.34421	1	1.3442		< 1	
122.50543	1	122.5054		5.1893 **	
0.91432	1	0.91432		< 1	
16.69543	1	16.6954		.7072	
278.70615	1	278.7062		11.805 **	
10.21837	1	10.2184		< 1	
0.53161	1	0.5318		< 1	
3.22767	1	3.2277		< 1	
605.28512	1	05.2851		25.639 **	
827.84977	1	827.8498		36.338	
13.23680	1	13.2368		< 1	
111.23905	1	111.2391		4.7120 **	
13.06635	1	13.0664		< 1	
8.77432	1	8.7743		< 1	

adro A.11. (continuación)...

* P3)	8.77432	1	8.7743	∠ 1
* P1)	108.80467	1	108.80467	4.6089**
* P2)	16.48725	1	16.4873	∠ 1
* P3)	127.59098	1	126.5910	5.40 **
* P1)	33.58000	1	33.5800	1.42
* P2)	0.10178	1	0.1018	∠ 1
* P3)	0.04953	1	0.0495	∠ 1
* P1)	0.90948	1	0.9095	∠ 1
* P2)	18.41617	1	18.4162	∠ 1
* P3)	90.86371	1	9.8637	∠ 1
* P1)	1.24890	1	1.2489	∠ 1
* P2)	72.39178	1	72.3918	3.0665
* P3)	12.94538	1	12.9454	∠ 1
* H1* P1)	31.39361	1	31.3936	1.3298
* H1* P2)	260.82253	1	260.8225	11.0484
* H1* P3)	0.01932	1	0.0193	∠ 1
* H2* P1)	1.98076	1	1.9808	∠ 1
* H2* P2)	9.62623	1	9.6262	∠ 1
* H2* P3)	18.54762	1	18.5476	∠ 1
* H3* P1)	8.52129	1	8.5213	∠ 1
* H3* P2)	1.77385	1	1.7738	∠ 1
* H3* P3)	3.54428	1	3.5443	∠ 1
* H4* P1)	8.90359	1	8.9036	∠ 1
* H4* P2)	14.14544	1	14.1454	∠ 1
* H4* P3)	9.07755	1	9.0775	∠ 1
* H1* P1)	19.40309	1	19.4031	∠ 1
* H1* P2)	17.45283	1	17.4528	∠ 1
* H1* P3)	9.34921	1	9.3492	∠ 1
* H2* P1)	0.39883	1	0.3988	∠ 1
* H2* P2)	1.46745	1	1.4674	∠ 1
* H2* P3)	0.56119	1	0.5612	∠ 1
* H3* P1)	6.78868	1	6.7887	∠ 1
* H3* P2)	28.84093	1	28.8409	1.2216
* H3* P3)	1.33150	1	1.3315	∠ 1
* H4* P1)	0.08584	1	0.0858	∠ 1
* H4* P2)	35.85981	1	35.8598	1.5190
* H4* P3)	6.15645	1	6.1564	∠ 1
odelo	8250.03987	59		

adro A. 12. Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de germinación de la variedad de maíz SIC-24.

variable independiente	coeficientes	error estándar	valor de t	sig. nivel
INSTANTES	44.306537	24.122105	1.8368	0.0722
	2.347347	1.202645	1.9518	0.0566
x^2)	0.077018	0.03826	2.0130	0.0495
	-13.569004	3.131798	-4.3327	0.0001
h^2)	-0.004869	0.001891	-2.5740	0.0131
)	1.423829	0.311762	4.5670	0.0000
x^2)*p)	-0.036978	0.007766	-4.7614	0.0000
p)	-0.052083	0.00894	-5.8257	0.0000
$t^2(p^3)$)	-0.000014	2.432715E-6	-5.6030	0.0000
$h^2(p^2)$)	0.000079	0.000014	5.7650	0.0000

$R^2 = 0.7987$ SE= 5.305294 CME= 3.838062
 predicción: 0.7993 5.297505 3.864983

adro A. 13. Análisis de varianza para la regresión completa de germinación de la variedad de maíz SIC-24.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F radio	valor de
modelo	6842.73	9	760.304	27.0127	
error	1407.31	50	28.1461		
total	8250.04	59			

ajustada = 0.829418

Error estándar = 5.30529

adro A. 14. Separación del análisis de varianza para la germinación en el orden encontrado para la variedad de maíz SIC-24.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- tabla	valor de P
	416.46049	1	416.4605	14.80	0.0003
)	3042.18233	1	3042.1823	108.09	0.0000
	1093.37975	1	1093.3798	38.85	0.0000
h^2)	5.71933	1	5.7193	0.20	0.6589
p)	605.28512	1	605.2851	21.51	0.0000
)*p	638.10840	1	638.1084	22.67	0.0000

A.14. (continuación)...

	102.50791	1	102.5079	3.64	0.0621
)	3.65872	1	3.6587	0.13	0.7238
2))	935.43272	1	935.4307	33.23	0.0000
)	842.73277	9			

A. 15. Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y período de almacenamiento de germinación de la variedad de maíz SIC-24

valores encontrados

aciones	observados	estimados
	88.565	84.764
	84.635	78.640
	79.002	79.096
	70.242	69.520
	82.140	83.490
	77.657	74.874
	77.340	74.862
	62.770	61.731
	73.407	81.877
	70.950	70.768
	75.067	70.289
	50.197	53.603
	75.205	79.923
	65.700	66.323
	65.545	65.376
	41.747	45.135
	68.145	77.630
	68.122	61.538
	65.055	60.123
	28.212	36.327
	84.635	87.813
	88.565	83.911
	80.347	89.165
	79.000	86.964
	84.272	85.371
	78.927	79.373
	82.857	85.349
	81.402	81.575
	82.232	82.277
	78.262	74.184
	75.692	80.881
	77.412	75.535
	82.100	78.532

o A.15. (continuación)...

71.342	68.343
76.047	75.762
71.635	68.843
81.857	74.136
64.925	61.851
73.735	69.992
68.497	61.500
86.070	90.862
82.100	81.786
81.320	84.443
84.635	82.222
87.505	87.252
77.445	76.476
82.100	81.044
84.260	79.232
82.515	82.678
80.852	70.203
78.545	76.682
78.545	75.280
80.020	77.141
55.587	62.967
60.630	71.357
77.867	70.365
74.350	70.642
48.175	54.768
55.867	65.069
60.385	64.487

A continuación se presenta el mismo desarrollo para la variable vigor de edad de maíz SIC-24.

o A . 9b. Coeficiente de los términos (variables independientes) de regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz variedad SIC-24.

e independiente	coeficientes
ntes	61.530378
	2.040683
	-2.441061
	-4.6885
	-0.120687
	0.263979
	0.1486
	-2.51059
	0.786212
	-1.141974

A.9b. (continuación)...

)	-0.057531
)	-0.993456
)	0.355375
)	-0.054083
)	-1.431969
)	-0.2255
)	-0.376479
)	0.012894
)	2.010934
)	3.117683
)	0.371062
)	0.023905
)	-0.491144
)	0.013413
)	-0.31595
)	-0.041871
)	-0.318942
)	-0.359829
)	0.201724
)	-0.183524
)	0.012004
)	-0.615521
)	0.029862
)	-0.005024
)	-0.088722
)	0.03546
* P1)	0.048556
* P2)	1.063594
* P3)	-0.180731
* P1)	-0.158574
* P2)	-0.26801
* P3)	-0.119227
* P1)	-0.183425
* P2)	0.004688
* P3)	-0.088037
* P1)	-0.044224
* P2)	-0.169163
* P3)	0.029017
* P1)	-0.114981
* P2)	-0.276219
* P3)	-0.007798
* P1)	-0.170222
* P2)	0.406822
* P3)	-0.080302
* P1)	-0.032954
* P2)	-0.502667
* P3)	-0.012575

o A.9b (continuación)...

I4* P1)	-0.022127
I4* P2)	-0.217187
I4* P3)	-0.001121

de cuadrados = 1.0000 SE = 0.000000 MAE = 0.000000 predicción:
) 0.000000 0.000000 1.563

ro A.10b. Análisis de varianza para la regresión lineal múltiple correspondiente a los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24 según paquete computacional Statgraphics.

es de variación	Suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- calculada	valor
o	8560.93	59			
	0.00000	0			
	8560.93	59			

= 1 Error estándar = 0
 =1

oA.11b. Análisis de varianza y suma de cuadrados para cada término (variables independientes) del modelo de regresión lineal múltiple ajustado a los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24.

s de variación	Suma de cuadrados	GL	Medias Sq.	F- Radio valor de P		
				0.10	0.05	0.01
				2.735	3.895	6.780
	166.57540	1	166.5754		8.1423 **	
	715.05336	1	715.0534		34.952 **	
	2615.38707	1	2615.3871		127.842 **	
	2.44698	1	2.4470		< 1	
	8.36220	1	8.3622		< 1	
	18.54876	1	18.5488		< 1	
	1890.91814	1	1890.9181		92.429 **	
	37.08773	1	37.0877		1.812	
	391.23161	1	391.2316		19.125 **	
1)	0.26479	1	0.2648		< 1	
2)	110.53900	1	110.5390		540.324 **	

) A.11b. (continuación)...11b)

2)	110.53900	1	110.5390	540.324 **
3)	11.88111	1	11.8811	< 1
4)	1.63795	1	1.6380	< 1
1)	492.12828	1	492.1283	24.055 **
2)	17.08564	1	17.0856	< 1
3)	34.01678	1	34.0168	1.662
4)	0.27929	1	0.2793	< 1
1)	808.77151	1	808.7715	39.533 **
2)	388.79777	1	388.7978	19.004 **
3)	27.53733	1	27.5373	1.346
1)	0.34287	1	0.3429	< 1
2)	28.94671	1	28.9467	1.414
3)	0.09245	1	0.0924	< 1
1)	59.89464	1	59.8946	2.927
2)	0.21042	1	0.2104	< 1
3)	61.03427	1	61.0343	2.983
1)	108.76049	1	108.7605	5.316 **
2)	6.83634	1	6.8363	< 1
3)	28.29216	1	28.2922	1.382
1)	0.08646	1	0.0865	< 1
2)	45.46391	1	45.4639	2.222
3)	0.53506	1	0.5351	< 1
1)	0.10599	1	0.1060	< 1
2)	6.61211	1	6.6121	< 1
3)	5.28125	1	5.2812	< 1
1* P1)	0.93308	1	0.9431	< 1
1* P2)	90.49853	1	90.4985	4.423 **
1* P3)	13.06551	1	13.0655	< 1
2* P1)	14.08156	1	14.0816	< 1
2* P2)	8.04488	1	8.0449	< 1
2* P3)	7.96044	1	7.9604	< 1
3* P1)	13.45789	1	13.4579	< 1
3* P2)	0.00176	1	0.0018	< 1
3* P3)	3.10024	1	3.1002	< 1
4* P1)	5.47626	1	5.4763	< 1
4* P2)	16.02500	1	16.0250	< 1
4* P3)	2.35763	1	2.3576	< 1
1* P1)	15.86483	1	15.8648	< 1
1* P2)	18.31123	1	18.3112	< 1
1* P3)	0.07297	1	0.0730	< 1
2* P1)	48.67914	1	48.6791	2.379
2* P2)	55.60932	1	55.6093	2.7182
2* P3)	10.83342	1	10.8334	< 1
3* P1)	1.30317	1	1.3032	< 1
3* P2)	60.64171	1	60.6417	2.964

adro A.11b. (continuación)...

H3* P3)	0.18976	1	0.1898	$\angle 1$
H3* P3)	0.18976	1	0.1898	$\angle 1$
H4* P1)	4.11266	1	4.1127	$\angle 1$
H4* P2)	79.24577	1	79.2458	3.873 **
H4* P3)	0.01055	1	0.0105	$\angle 1$
Modelo	8560.93313	59		

adro A. 12b. Modelo de regresión polinomial mixto ajustado para los resultados de vigor de la variedad de maíz SIC-24.

Variable independiente	coeficientes	error estándar	valor de t	nivel de s.
CONSTANTES	-625.277916	144.305604	-43330	0.0001
	71.396068	14.495217	4.9255	0.0000
	-1.765512	0.362326	-4.8727	0.0000
h)	-0.002429	0.000491	-4.9489	0.0000
	-0.019443	0.007853	-2.4760	9.0166
o)	-0.031986	0.006248	-51191	0.0000
o ³)	-0.000012	1.730519E-6	-7.0143	0.0000
*(p ²)	0.000078	0.000012	6.7265	0.0260
)*(h ³)*(p ²)	-5.79045E-10	2.52495E-10	-2.2933	0.0260

R = 0.8072 SE= 5.288820 MAE= 3.995691

Coeficiente: 0.8044 5.326811 3.987813

adro A.13b. Análisis de varianza para la regresión completa para el vigor de la variedad de maíz SIC-24.

fuente de variación	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- radio	valor
Modelo	7134.38	8	891.798	31.8822	0.0000
Error	1426.55	51	27.9716		
Total	8250.04	59			

R = 0.833365

Error estándar = 5.28882

o A. 14b. Separación del análisis de varianza para la variable vigor en el orden encontrado para la variedad de maíz SIC-24.

de	suma de cuadrados	GL	Cuadrados medios	F- tabla	valor de
ón	166.57540	1	166.5754	5.96	0.0182
	715.05336	1	715.0534	25.56	0.0000
	2566.97993	1	2566.9799	91.77	0.0000
	1683.13474	1	1683.1437	60.17	0.0000
	313.60984	1	313.6098	11.21	0.0015
)	8.70513	1	8.7051	0.31	0.5853
2)	1533.20437	1	1533.2044	54.81	0.0000
h ³)* (p ²)	146.10877	1	147.1088	5.26	0.0260
)	71.34.38054	8			

o A. 15b. Resultados de datos observados y estimados para los niveles de tamaño, contenido de humedad y períodos de almacenamiento de vigor en la variedad de maíz SIC-24.

aciones	valores encontrados	
	observados	estimados
	88.565	77.596
	68.170	67.142
	69.090	64.208
	58.745	54.000
	67.692	74.449
	64.967	63.231
	64.405	61.369
	45.280	49.515
	63.787	71.301
	62.557	59.129
	62.330	57.764
	39.512	43.309
	65.002	68.154
	52.540	54.790
	52.852	53.213
	31.572	34.974
	61.050	65.006
	51.100	50.170
	50.700	47.537
	21.050	24.107
	77.052	83.810
	71.257	73.592
	69.695	73.309
	61.147	68.167

Iro A.15b. 8continuación)...

78.825	79.924
68.150	69.258
68.342	70.993
62.400	65.784
79.302	76.038
61.022	64.688
61.822	67.733
63.807	61.275
73.117	72.153
58.660	59.826
63.220	63.305
52.012	54.139
76.817	68.267
59.420	54.617
64.850	57.487
57.327	43.877
76.947	75.647
67.262	65.658
67.792	68.007
70.402	67.901
69.522	70.945
65.520	60.816
68.135	66.106
71.797	67.471
62.527	66.244
65.262	55.688
63.882	63.062
66.142	64.468
62.770	61.542
43.845	50.207
50.770	58.605
63.960	58.287
61.875	56.840
37.697	44.305
47.005	52.467
39.482	48.323

o A.16. Medias del por ciento de tempratura media, y humedad relativa del tiempo en que fue almacenada la semilla en laboratorio (CCDTS).

°C	Abril % hum	°C	Mayo % hum	°C	Junio % hum	°C	Julio % hum	°C	Agosto %hum
13.5	82	23.9	78	21.2	90	29.0	93	20.0	92
14.5	87	23.9	89	22.5	77	22.0	85	19.5	92
16.2	79	20.8	51	25.4	91	20.0	86	21.5	85
16.6	61	21.5	52	25.0	92	21.0	85	20.0	91
13.4	82	22.8	61	21.8	52	23.0	84	20.0	90
13.9	56	23.9	91	23.7	86	20.0	90	18.8	94
17.5	73	25.0	44	26.0	82	19.0	96	19.0	98
19.0	88	21.4	56	26.1	62	19.0	89	19.5	96
14.0	86	21.6	69	27.2	50	20.0	90	19.0	88
20.5	80	20.8	87	26.0	92	19.0	85	19.5	88
17.5	82	23.3	93	20.0	85	20.0	90	17.0	89
17.5	83	24.2	73	19.0	91	21.5	91	16.0	96
16.0	88	24.1	87	17.4	81	19.5	93	19.0	94
20.0	84	25.0	89	18.5	83	20.5	93	20.0	86
21.5	87	23.6	65	19.1	86	20.5	88	21.0	87
21.0	83	26.9	69	18.4	87	21.5	82	19.5	90
19.5	88	26.6	45	18.0	87	19.7	94	21.3	90
19.5	79	23.0	83	19.0	85	21.1	92	19.5	97
20.0	87	17.6	93	18.5	81	22.5	95	17.0	93
18.5	80	20.3	90	17.8	85	23.0	93	17.5	88
20.0	84	24.2	79	18.0	96	23.0	89	13.5	93
20.0	83	24.5	59	19.5	89	23.0	90	18.0	90
15.7	77	23.9	72	20.8	86	24.0	93	18.5	90
10.1	73	24.3	82	21.0	87	24.5	89	18.0	90
11.8	67	20.6	84	20.3	85	21.5	87	18.5	90
16.6	83	21.8	79	20.0	69	23.0	77	18.5	94
18.7	60	21.5	89	22.0	86	22.5	92	19.0	93
21.0	50	22.6	81	14.8	67	21.0	90	19.5	97
23.7	76	22.7	86	22.0	74	9.3	94	19.5	85
21.7	79	21.8	83	13.0	74	20.0	91	19.5	97
		20.4	86			19.5	86	20.0	93

tos tomados diariamente donde fue almacenada la semilla.