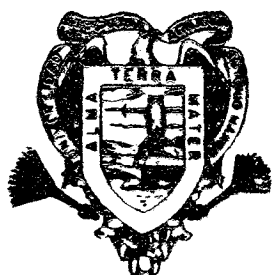


CARACTERIZACION FENOLOGICA DE LOS PROGENITORES
DEL HIBRIDO DE MAIZ (Zea mays L.) AN-447 Y
EVALUACION DEL MODELO CERES MAIZE.

RIGOBERTO VILLA HERNANDEZ

T E S I S

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



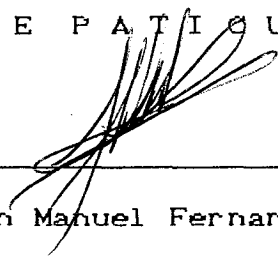
Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

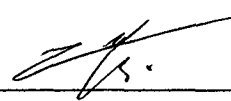
PROGRAMA DE GRADUADOS
Buenavista, Saltillo, Coah.
DICIEMBRE DE 1994

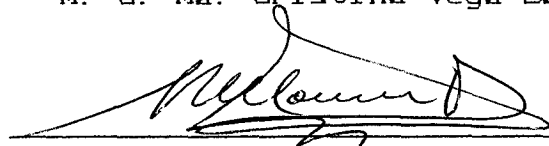
Tesis elaborada bajo la supervisión del comite particular de
asesoria y aprobada como requisito parcial para obtener el
grado de:

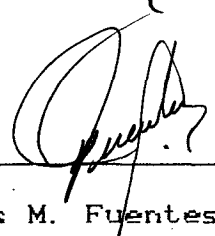
MAESTRO EN CIENCIA
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: 
Dr. Juan Manuel Fernando Narváez Mélo

Asesor: 
M. C. Ma. Cristina Vega Sánchez

Asesor: 
M. C. Regino Morones Reza


Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado



Buenavista, Saltillo Coahuila. Diciembre de 1994

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por concederme la oportunidad de alcanzar otra etapa más de mi vida profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de mis estudios de postgrado.

A los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (C.C.D.T.S.) por su amistad y convivencia, especialmente al Ing Federico Facio Parra y a el Dr. Jesus Ortegón Pérez.

Al Dr. Juan Manuel Fernando Narvaez Melo por su amistad ayuda y orientación en la elaboración de este trabajo.

A la M.C. María Cristina Vega Sánchez por su amistad, consejos y buena disposición durante la realización de este escrito.

Al M.C. Regino Morones Reza por su orientación y valiosa ayuda en el análisis estadístico de este trabajo.

Al M. C. Luis Ernesto Gutierrez Monrroy por su valioso apoyo en la conducción de campo de esta investigación.

Al matrimonio José Francisco Cisneros Perales y María del Socorro Martínez Delgadillo por su incomparable amistad y compartirme la calidez de su hogar.

Al Matrimonio Pablo Ramírez Martínez y María Natividad Escobar de Ramírez por brindarme su amistad y convivencia que hicieron mas confortable mi estancia.

A mis compañeros Blanca Patricia Ortiz Zamarripa, María Cristina Hernández Maldonado, Beatriz Labastida Rodríguez, Marco Antonio Gallegos Robles y Cesar Caballero Mata por su amistad y convivencia durante mi estancia.

A todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron para salir adelante en esta nuava etapa de mi vida profesional.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño y respeto para las siguientes personas.

A mis Padres

Sr. J. Natividad Villa de León

Sra. María Isabel Hernández Flores

Por haberme dado la vida y el espíritu de lucha que nunca podré pagar. Que Dios los tenga en su Gloria.

A mis Suegros

Sr. Rutilo Rosales Mora

Sra. Benita Ochoa Ramos

Por su apoyo desinteresado para el logro de mis metas en mi vida profesional y personal.

A mi Familia

Esposa: Gloria

Hijos: Mariela, Miriam, Rigoberto y José Roberto.

Por su amor, comprensión y apoyo para el logro de mis aspiraciones profesionales.

A mis Hermanos

Angela, Rafael, Consuelo, Carmen, Fausto, Juan Manuel y

Olegario: Por el cariño que siempre nos ha unido.

COMPENDIO

CARACTERIZACION FENOLOGICA DE LOS PROGENITORES DEL
HIBRIDO DE MAIZ (Zea mays L.) AN- 447 Y
EVALUACION DEL MODELO CERES MAIZE

POR

RIGOBERTO VILLA HERNANDEZ

MAESTRIA EN

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA, DICIEMBRE DE 1994

Dr, Juan M. Fernando Narváez Melo - Asesor

Palabras claves: Caracterización, Fenología, progenitores,
Unidades Calor, Modelo y Simulación.

El objetivo de la presente investigación fue la caracterización fenológica de los los materiales AN-7 y SSE-255-18-19 X MLS4-1, progenitores del híbrido de maíz (Zea mays L.) y el uso del modelo CERES MAIZE en la simulación de su comportamiento en dos localidades.

El trabajo se estableció en las localidades de San Pedro de las Colonias Coahuila y San Francisco del Rincón Guanajuato. Consistió en la cuantificación de las unidades calor que requieren los materiales en cada una de sus principales fase fenológica, en función de dos fecha, dos metodos y dos densidades de siembra, así como la validación del modelo de simulación del crecimiento CERES MAIZE.

Los resultados obtenidos indican que la acumulación de unidades calor por los materiales presentaron pequeñas diferencias entre localidades, sin embargo ésta fue capaz de ocasionar significancia generalmente, en la floración y madurez fisiológica de los materiales.

La fecha de siembra fue el factor que más significancia tuvo sobre el comportamiento fenológica, mientras que en la variables rendimiento, además de las fecha de siembra, el método de siembra fue el que sobresalio debido a que los desfases entre las floraciones de los progenitores no fueron los mas adecuados, originando fallas en la formación de granos en la mazorca, reduciendo significativamente el rendimiento. En cuanto a la densidad de siembra su principal efecto fue sobre la altura de la planta. Para el rendimiento y fenología no fue muy importante.

De acuerdo a estos resultados en San Pedro de las Colonias Coahuila la mejor sincronización de la floración se

obtiene sembrando con un diferencial en promedio de ocho días (AT + 8) lo que equivale a un promedio de 146 unidades calor relación macho - hembra , mientras que en San Francisco del Rincón Guanajuato se necesita sembrar con un diferencial promedio de 13 días (AT + 13) lo que es aproximadamente igual a 178 unidades calor relación macho-hembra. Lo anterior es debido a que en la localidad de San Pedro de las colonias Coahuila las condiciones de temperaturas más altas que en San Francisco del Rincón Guanajuato, por lo tanto la velocidad de acumulación de unidades calor fue más rápido, lo que a su vez propició mayor velocidad en el desarrollo de estos materiales.

En lo que respecta a la validación del modelo CERES MAIZE fue más preciso en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila y en el material SSE-255-18-19 X MLS4-1, ya que los valores simulados y observados de la fecha de floración y madurez fisiológica fueron muy similares .

En el caso de la simulación del comportamiento de la línea AN-7 presentó una diferencia de -10 días en las dos fases simuladas. En general las localidades influyeron sobre el comportamiento fenológico de los materiales, principalmente en la línea AN-7 remarcado por las fecha y metodos de siembra.

El modelo CERES MAIZE fue más preciso en la cruza simple, por lo que es posible considerar a este material

como un genotipo de amplio rango de estabilidad, debido a que presentó poca variación en su comportamiento en las dos localidades evaluadas.

ABSTRACT

PHENOLOGIC CHARACTERIZATION OF THE PROGENITORS OF THE
MAIZE (*Zea mays* L.), HYBRID AN-447 AND EVALUATION
OF THE CERES MAIZE CROP SIMULATION MODEL.

BY

RIGOBERTO VILLA HERNANDEZ

MASTER DEGREE IN

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA DECEMBER 1994.

Dr. Juan M. Fernando Narvaez Melo- Advisor

Key word: Characterization, phenology, progenitors, heat
units, models, simulation.

The objective of these studies was to determine the
phenologic characterization of the male progenitor (AN-7)
and female progenitor (SSE-255-18-19 X MLS4-1) of the hybrid
AN-447, and the evaluation model, at two locations; San
Pedro de las Colonias, Coahuila and San Francisco del
Rincón, Guanajuato.

It consisted in cuantifying the amount of heat units required to reach the main phenologic phases of the two progenitors at two sowing date, two planting systems and two plant populations, and its evaluation through the model.

The results obtained indicated that the heat units acumulated showed small differences between locations, although these differences were in date to flowering and seed physiological maturation, of the two progenitors.

Sowing dates was the factor that gave the most significant difference for the phenologic characterization. for the yield factor, the planting method also influenced in the nicking of the flowers of the two progenitors, resulting in lack of seed formation, and reducing significatly the seed yield. Plant population influenced mainly in plant height, but seed yield and phenologic influences was not important.

Based on the results from San Pedro de las Colonias, Coahuila, the best flower nicking was obtained in average from sowing differential date of 8 days, which is equivalent to aproximately 146 heat units male-female relation, while in San Francisco del Rincón, Guanajuato it required to be planted with a differential in average of 13 days, which is 176 heat units acumualted. This behavior is do to the interaction between location and genetic material, where the location of San Pedro de las Colonias, Coahuila., the

temperature average is higher than in San Francisco del Rincón, Guanajuato, so the heat units rate was higher in the development of these materials.

In the validation of the CERES MAIZE simulation model, San Pedro de las Colonias, Coah., and the female progenitor (SSE-255-18-19 X MLS4-1), showed a more precise evaluation. The expected and the observed data in flowering and seed physiological maturation date were similar.

In general the location influenced over the phenological behavior of the main characters studied, mainly with the male progenitor (AN-7), showing at 10 days difference from expected.

The simulation model was more precise with the Simple Cross (female progenitor), which demonstrates to be a more stable or adaptable material with a wider range of adaptability, which is shown through the small variation in its behavior at the two locations during the study.

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | | Pagina |
|------------|---|--------|
| 4.1 | Cuadrados medios de las unidades calor requeridas por las variables fenológicas de la cruz simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coah. | 40 |
| 4.2 | Cuadrados medios de las unidades calor requeridas por las variables fenológicas de la línea AN-7 en San Pedro de las Colonias Coah..... | 42 |
| 4.3 | Cuadrados medios de las unidades calor que requieren las etapas fenológicas de la cruz simple SSE-255-18-19-X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Gto..... | 43 |
| 4.4 | Cuadrados medios de las unidades calor que requieren las etapas fenológicas de la línea AN-7 en San Francisco del Rincón Gto..... | 45 |
| 4.5 | Cuadrados medios de las unidades calor requeridas para cada etapa fenológica de la cruz simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en las dos localidades..... | 47 |
| 4.6 | Cuadrados medios de las unidades calor requeridas por cada etapa fenológica en la línea AN-7 en las dos localidades.... | 49 |
| 4.7 | Medias de las unidades calor en la fase fenológica de la cruz SSE-255-18-19 X MLS4-1..... | 51 |
| 4.8 | Medias de la interacción de la (FS) por (MS) en las etapas fenológicas de la | -- |

| | | |
|------|---|----|
| 4.9 | Medias de la interacción de metodos de siembra (MS) por localidad (Loc) en las fases fenológicas de la línea AN-7..... | 53 |
| 4.10 | Cuadrados medios de algunas características agronómicas en la cruza SSE-255-18-19-X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coah... .. | 55 |
| 4.11 | Cuadrados medios de las características agronómicas de la cruza SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Gto.. | 56 |
| 4.12 | Medias generales de las características agronómicas de los progenitores del híbrido AN-447 en las dos localidades... | 58 |
| 4.13 | Promedios generales de las unidades calor requeridas por cada fase fenológica de los progemitores del híbrido AN-447..... | 59 |
| 4.14 | Características agrogenéticas observadas en los progenitores de híbrido AN-447... | 61 |
| 4.15 | Cuadrados medios de la regresión de unidades calor y la fenología de los parentales de híbrido AN-447.en San Pedro de las Colonia Coah..... | 62 |
| 4.16 | Cuadrados medios de la regresión entre las unidades calor y fases fenológicas de los parentales del híbrido AN-447 en San Francisco del Rincón Gto..... | 64 |
| 4.17 | Fecha de floración simuladas y observadas en los progenitores del híbrido de maíz AN-447..... | 67 |
| 4.18 | Fecha de madurez fisiológica simulada y observada de los progenitores del híbrido de maíz AN-447..... | 68 |
| 5.1 | Diferencial de siembra de los progenitores del híbrido de maíz AN-447 en a los resultados obtenidos..... | 71 |

INDICE DE FIGURAS

Figura No.

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Relación entre unidades calor y fases fenológicas en la cruza SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coahuila..... | 64 |
| 4.2 | Relación entre unidades calor y fases fenológicas de la línea AN-7 en San Pedro de las Colonias Coahuila..... | 65 |
| 4.3 | Relación entre unidades calor y fases fenológicas en la cruza SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Guanajuato..... | 66 |
| 4.4 | Relación entre las unidades calor y fases fenológicas de la línea AN-7 en San Francisco del Rincón Guanajuato..... | 67 |

INDICE DE CONTENIDO

| | Pagina |
|---|--------|
| INDICE DE CUADROS..... | xii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xi |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| REVISION DE LITERATURA..... | 4 |
| Fenología..... | 4 |
| Factores que afectan la Fenología..... | 6 |
| Factores Genéticos..... | 7 |
| Factores Ambientales..... | 7 |
| Temperatura..... | 8 |
| Fotoperíodo..... | 11 |
| Humedad..... | 13 |
| Fecha de Siembra..... | 14 |
| Densidad de Siembra..... | 15 |
| Unidades Térmicas..... | 15 |
| Modelos de Simulación..... | 17 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 20 |
| Descripción del Area de estudio..... | 20 |
| Material Genético..... | 21 |
| Caracterización Fenológica..... | 21 |
| Tratamientos y Diseño experimental..... | 22 |
| Establecimiento y Conducción del Experimento..... | 23 |
| Variables a Evaluar..... | 25 |
| Variables Agronómicas..... | 28 |

| | |
|------------------------------------|-----------|
| Componentes de Rendimiento..... | 30 |
| Simulación del Modelo..... | 31 |
| Análisis Estadísticos..... | 34 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 39 |
| Caracterización Fenológica..... | 39 |
| Caracteres Agronómicos..... | 54 |
| Simulación del Modelo..... | 63 |
| CONCLUSIONES | 71 |
| SUGERENCIAS..... | 75 |
| RESUMEN..... | 77 |
| LITERATURA CITADA..... | 80 |
| APENDICE A..... | 85 |
| APENDICE B..... | 90 |

INTRODUCCION

La producción de semilla de maíz enfrenta una serie de problemas durante el proceso de su producción, pero sin duda alguna un aspecto importante en donde se pone mayor énfasis es la sincronización de la floración de los progenitores, ya que un desfase de ésta afecta la producción y la calidad de la semilla, generando pérdidas económicas para las empresas o productores de semillas.

La producción de semilla del maíz híbrido AN-447 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se ha visto limitada debido a que sus progenitores presentan cambios en su comportamiento cuando son sometidos a diferentes condiciones ambientales y de manejo, lo que ha originado desfases de sincronización en los tiempos de emergencia de los estigmas en el progenitor hembra y en la producción de polen por parte del progenitor macho, afectando la calidad de su semilla. De ahí la importancia de generar información sobre el comportamiento de estos materiales en diferentes condiciones ambientales,

Una buena sincronización y planeación de la producción se logra conociendo el comportamiento y las características de los progenitores del material que se

desea producir, lo que permitiría conservar los genotipos y fenotipos de los materiales. Una manera de lograr lo anterior es mediante la caracterización fenológica, ya que a través de su conocimiento es posible cuantificar el efecto del medio ambiente y porque además establece el marco temporal donde se procesa el rendimiento y sus componentes.

La fenología está influenciada principalmente por el genotipo, la temperatura y por el fotoperiodo. Sin embargo podemos citar también el manejo. Las unidades calor, la tasa de crecimiento y desarrollo, son algunas de las metodologías que más se han utilizado para caracterizar progenitores de híbridos. Estas metodologías han permitido la cuantificación del efecto de los factores del ambiente y un mejor entendimiento de las respuestas de los cultivos al medio ambiente.

En la actualidad se han desarrollado metodologías que son capaces de predecir con cierto grado de probabilidad el comportamiento de un cultivo, nos referimos específicamente a los modelos de simulación, los cuales son herramientas útiles para pronosticar la adaptabilidad de los cultivos en diferentes ambientes.

Considerando la utilidad práctica de estas herramientas en la caracterización fenológica de los materiales de maíz, el presente estudio plantea sus siguientes objetivos:

Objetivos principales

1.- Caracterizar la fenología de la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 y de la línea AN-7, progenitores del híbrido de maíz AN-447 en base a sus requerimientos de unidades calor.

2.- Validar el modelo de simulación de crecimiento CERES MAIZE en dichos parentales, comparando valores observados y valores predichos por el mismo modelo.

Objetivos Secundarios

1.- Conocer el split de siembra en la relación macho-hembra en la producción de este híbrido.

2.- Conocer el efecto de las fechas de siembra sobre las necesidades de unidades calor por cada progenitor para sus cambios fenológicos.

Las hipótesis planteadas en relación a los objetivos anteriores son las siguientes:

1.- El comportamiento de los progenitores del híbrido de maíz AN-447 varía cuando son sometidos a diferentes condiciones ambientales.

2.- Mediante modelos de simulación es posible predecir el

REVISION DE LITERATURA

Fenología

La fenología de un cultivo está definida como los cambios periódicos que éste experimenta durante su desarrollo por efecto del medio ambiente (Bolaños y Edmeades, 1993).

El conocimiento de las etapas fenológicas de los cultivos, es de suma importancia debido a que permite planear y operar varias actividades agrícolas, entre las cuales podemos citar a la fecha de siembra, floración y madurez fisiológica (Villalpando, 1990) Este mismo autor considera que en la caracterización de cultivos es importante la definición de los conceptos de fase y etapa fenológica, por tal razón, se definen a continuación:

Fase fenológica: Representa cada uno de los rasgos o fenómenos periódicos que presentan los vegetales.

Etapas fenológicas: Es el intervalo comprendido entre dos fases sucesivas como por ejemplo, la etapa floración - amarre de fruto.

Villalpando *et al.* (1991) menciona que la siembra, emergencia, octava hoja, floración, estado lechoso, estado masoso y madurez fisiológica son las principales fases fenológicas del maíz. Asimismo indica que el monitoreo debe realizarse cuando menos una vez por semana, a la misma hora del día y en 40 plantas seleccionadas, marcadas y en 4 repeticiones.

Por su parte Ritchie y Hanway (1982) dividieron el desarrollo del maíz en dos etapas 1) Etapa vegetativa (v) 2) Etapa reproductiva (R), a la vez subdividieron cada etapa en (V1...hasta V (n) donde (n) es la última etapa foliar antes de (VT) Panoja masculina y (R) en 6 etapas reproductivas: R1 estigmas visibles, R2 ampulas, R3 leche, R4 masa, R5 dentado, y R6 madurez fisiológica. Además estos autores indican que una etapa fenológica está definida cuando ésta ha alcanzado el 50 por ciento de desarrollo en una población.

Solorzano (1980) señala que por medio de la fenología, podemos entender la respuesta de los organismos vivos al ambiente y a la variación de éstos durante el período de crecimiento, estudiando específicamente, los cambios periódicos y la interacción del organismo con el ambiente.

Azzi (1971) menciona que el registro de las fechas de cada una de las fases fenológicas, época de siembra y de cosecha son parte primordial para la determinación de los

factores ambientales y agrotécnicos que han influido en el rendimiento de los cultivos.

Factores que afectan la fenología

El crecimiento y desarrollo de un cultivo están influenciados por variables genéticas, ambientales y de manejo, que conforme pasa el tiempo van originando cambios en las plantas de tipo cuantitativo y cualitativo provocados por el aumento en número y tamaño de la célula, por la diferenciación celular y organización sistemática de sus tejidos resultado de la maduración y envejecimiento del organismo (Rojas y Ramírez 1990).

Bidwell (1979) menciona que crecimiento y desarrollo de las plantas, son conceptos muy complejos, difíciles de diferenciar, ya que están integrados en un solo proceso, de tal manera, que el crecimiento se ha definido como el aumento de peso longitudinal u otro parámetro cuantitativo, mientras que el desarrollo, es el cambio de función celular, ordenado y progresivo.

Entre las variables más importantes que controlan la fenología son: Fecha de siembra, fotoperíodo, temperatura del aire, humedad del suelo, disponibilidad de nutrimentos y el componente genético (Villalpando, *et al.* 1991).

Factores Genéticos

Existe una gran diversidad genética para cada cultivo, los cuales tienen un rango amplio de respuesta a los otros factores que controlan la fenología.

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. Se siembra en latitudes desde 55° Norte a 40° Sur y del nivel del mar hasta 3800 m de altura. Existen cultivares de menos de 1 m de altura, de 8 a 9 hojas y una madurez de 80 días y otros con más de 5 m de altura de 40 a 42 hojas y una madurez de 340 días (Fisher y Palmer, 1984).

Factores Ambientales

Se puede pensar que la importancia de un factor del ambiente puede ser mayor en el cultivo. Sin embargo, el rendimiento final de grano es el producto final de un genotipo y su interacción con los factores ambientales bajo el cual se desarrolla (Francis, 1971). Asimismo, este autor señala que el efecto de estos factores es muy importante para poder aprovechar los recursos del medio y así apropiarse un genotipo más eficiente en la conversión de energía solar a grano, ya que la fotosíntesis alcanza una conversión de 2 a 4 por ciento de la energía solar a grano, por lo tanto, en la medida que podamos alcanzar este porcentaje podremos incrementar significativamente la

producción.

Temperatura

La temperatura es considerada como el factor más importante en el crecimiento y desarrollo de los cultivos y que en cierta medida condiciona la adaptabilidad de una especie o variedad, de tal forma que es imprescindible reconocer un umbral mínimo (temp. base) y un umbral máximo (temp. unbral) fuera de los cuales su tasa de desarrollo es igual a cero y Una temperatura óptima donde su tasa de desarrollo es máxima. Dichas temperaturas se denominan cardinales. (Kanemasu, *et al.* 1975).

Aldrich y Leng (1974) menciona que el maíz requiere de ambientes moderado a caliente, señalando que su límite inferior está entre 10 y 12° C y su nivel máximo es alterado por la humedad del suelo de tal forma que cuando ésta es alta la planta de maíz se desarrolla bien por arriba de los 35°C, pero que en condiciones normales de campo su temperatura máxima está entre 30 y 32°C la cual se acerca al óptimo.

Warrington y Kanemasu (1983) evaluaron el efecto de la temperatura y el fotoperíodo en condiciones de invernadero en dos híbridos , observaron que el índice de iniciación foliar y el índice de las primeras 12 hojas fue constante de emergencia al inicio de espiga. sin embargo,

después de las 12 hojas éste índice se incrementó debido a la elongación del tallo y a que las hojas superiores requirieron menos tiempo para extenderse.

Duncan *et al.* (1993) señalan que el principal efecto de la temperatura es modificar la duración de las distintas etapas ontogénicas. Temperaturas frescas retrasan el desarrollo del maíz y alargan su estación de crecimiento, lo que resulta en una mayor disponibilidad de radiación solar disponible para la fotosíntesis. Andrade, (1992) la radiación solar diaria interceptada determina la tasa de crecimiento mientras que la temperatura define la duración del crecimiento. Russelle *et al.*(1984). Además de la temperatura el crecimiento es afectado por la radiación solar, disponibilidad de nutrientes para la planta y tejido fotosintético.

La temperatura y la humedad son las principales factores climáticos que afectan el desarrollo de un cultivo, así un factor se convierte en limitante cuando éste es desfavorable para un buen desarrollo del cultivo. Por ejemplo en zonas frías donde la humedad suele ser favorable, la temperatura se convierte en factor limitante por lo cual la fecha de siembra se ve modificada hasta cuando las condiciones sean más adecuadas (Thomson, 1979).

Según Villalpando (1990) en ausencia de sensibilidad al fotoperíodo y vernalización, la tasa de desarrollo de un

cultivo es una función lineal positiva de la temperatura. Este mismo autor, señala que además del desarrollo, la temperatura condiciona al crecimiento. Los cereales menores de zonas templadas se ven afectados por altas temperaturas, acelerando su desarrollo, dando como resultado plantas de porte bajo y escaso rendimiento. Sin embargo, en climas tropicales las altas temperaturas aceleran el crecimiento incrementando su volumen de materia seca, dando así, plantas más altas, de madurez temprana y buen rendimiento. Es evidente que las temperaturas óptimas para el desarrollo de un cultivo, no necesariamente es igual a la temperatura óptima para obtener un máximo nivel de rendimiento.

Por otra parte Francis (1971) menciona que el efecto de la temperatura en el crecimiento puede ser más importante que el mismo efecto de la fotosíntesis, respiración o traslocación. Agregando, que las zonas tropicales son de menor potencial que las zonas templadas, debido a que las altas temperaturas aceleran mucho el desarrollo de maíz y el cultivo no tiene tiempo de producir su rendimiento potencial de grano. En cambio en zonas templadas el desarrollo se alarga hasta un mes o más para floración y casi el doble para madurez fisiológica. Esta diferencia entre las dos zonas se debe a que la planta en zonas tropicales recibe la energía en forma concentrada, mientras que en zonas templadas, esta energía se recibe en forma más prolongada.

Ritchie y Hanway (1982) indican que las temperaturas bajas del suelo afectan el punto de crecimiento cuando éste se encuentra bajo el suelo, lo que puede significar una prolongación entre las etapas fenológicas, aumento en el número de hojas total, retraso en la formación de la panoja masculina y reducción de nutrientes.

Coligado y Brown (1975) evaluaron el efecto de la temperatura sobre el tiempo de iniciación de la espiga, velocidad de iniciación y número de hojas en los híbridos United 108 y Guelaph 2 X 122. Observaron que ambos híbridos respondieron de manera similar a este factor, encontrando una reducción constante en días a inicio de la espiga a temperaturas de 15 a 25 °C, y a temperaturas de 25 a 30 °C no se observaron diferencias.

En cuanto a la velocidad y número de hojas observaron que a temperaturas de 15, 20 y 25 °C y fotoperíodo de 10 horas solo hubo una diferencia de una hoja entre estos materiales, mientras que a temperaturas de 30 °C presentaron diferencias de 3 hojas. La velocidad de inicio de las hojas, tuvo un promedio de 0.7 hojas por día, para el rango de 15 a 25 °C y de 1.4 hojas por día para 30 °C.

Fotoperíodo

El efecto del fotoperíodo sobre el maíz ha sido estudiado desde varios enfoques. Por un lado la creación de

genotipos insensibles, al fotoperíodo y por el otro cuantificando su efecto sobre los genotipos de maíz (Francis, 1971).

De acuerdo a Villalpando (1990) la floración es la etapa de mayor sensibilidad al fotoperíodo. Sin embargo, también se ha demostrado que además de la floración, frutos y semillas, la duración del día también afecta algunas características como: extensión y ramificación, abscisión, pubescencia, desarrollo de raíces, dormancia y otros fenómenos morfológicos. Al respecto Fina y Rabelo (1973) citan que la duración astronómica del día no sólo alarga o acorta el ciclo de vida de las plantas, sino también en la composición química de la planta.

Las necesidades del fotoperíodo varían entre cultivos y entre etapas fenológicas, de ahí que puede decirse que existen plantas de fotoperíodo corto y largo. Si el fotoperíodo está entre el crítico y el óptimo, la floración se ve acelerada conforme éste avanza hacia el óptimo. La proporción de incremento en la tasa de desarrollo, conforme el fotoperíodo cambia de la duración del día crítico al óptimo define la sensibilidad del cultivo al mismo.

Coligado y Brown (1975) observaron el efecto del fotoperíodo en dos híbridos de maíz, señalando que cuando el fotoperíodo se incrementa de 10 a 20 horas, el período de

inicio de la panoja se incrementa en todas las temperaturas, concordando con Francis (1971) al mencionar que el maíz es una planta de día corto y que el efecto del fotoperíodo no es en la velocidad de crecimiento ni en el nivel de fotosíntesis, si no en la diferenciación del ciclo y duración, es decir el maíz prolonga su ciclo vegetativo por los días largos.

Fischer y Palmer (1984) señalan que el maíz es una planta de día corto. Esto significa que la floración se retrasa en forma progresiva a medida que el fotoperíodo excede a un valor crítico mínimo. Además indican que para la mayoría de los materiales de maíz el fotoperíodo crítico está entre 11 y 14 horas. por su parte Bolaños y Edmeades (1992) señalan que existen materiales que tienen muy poca sensibilidad hasta muy sensitivos al fotoperíodo. Al mismo tiempo indican que existe un retraso de 2 a 3 días al inicio de la espiga por cada hora extra del fotoperíodo en exceso del valor crítico.

Humedad

Entre la variables del ambiente que interviene en el desarrollo de las plantas, la humedad figura entre las más importantes, un estres o exceso de agua puede reducir o acelerar el desarrollo de las plantas. El estres de humedad, reduce la transpiración y se incrementa la temperatura de las hojas, lo que puede acelerar el desarrollo de las

plantas. En cambio, un exceso de agua, reduce la variabilidad de temperatura del suelo y disponibilidad de oxígeno y de esta manera frenar el desarrollo de las plantas o dañarlas (Villalpando, 1990).

Ritchie y Hanway (1982) indican que la respuesta máxima de las plantas al agua, es durante la floración, de tal forma que un déficit de agua dos semanas antes y dos semanas después de la aparición de los estigmas, puede reducir más el rendimiento que la falta de agua en cualquier otra etapa del desarrollo.

Fechas de siembra

La fecha de siembra es un factor modificable de la producción de cultivos. Sin embargo, ésta deberá ser cuando las condiciones sean mas favorables para el desarrollo del cultivo. Villalpando *et al.* (1991). Indica que la fecha de siembra es el reloj biológico de la planta que pone a funcionar sus mecanismos los cuales están influenciados por las condiciones agroclimáticas bajo las cuales estará sujeto el cultivo.

Benoit *et al.* (1965) mencionan que en fechas de siembra tardías los rendimientos de maíz se reducen, independientemente de la humedad del suelo, agregando que este efecto está asociado al decremento de la temperatura en

Andrade, (1993) quien también reporta que el atraso en la fecha de siembra produjo disminución del rendimiento del maíz, aún cuando fueron conducidos bajo riego y fertilización. Agrega además que este atraso aceleró el desarrollo del cultivo debido al incremento de la temperatura.

Densidad de plantas

El maíz es un cultivo de poca plasticidad en área foliar y en rendimiento, además es altamente sensible a variaciones en la densidad poblacional (Andrade et al. 1992) además, estos autores señalan que cuando los recursos por planta son bajo en densidades supraóptimas, presentan una reducción considerable en el número de granos por m^2 . Asimismo, indican que la poca capacidad de compensar en bajas densidades se debió a la poca plasticidad del área foliar, lo que determinó menor cobertura en menores densidades y a la ineficiencia de conversión de la energía solar en número de granos por unidad de área. Gardner et al. (1985), el maíz no posee gran capacidad de compensación debido a la poca plasticidad foliar y reproductiva. Por su parte Tollenaar (1977) indica que cuando se disminuye a muy bajas densidades de población, presenta una fuerte disminución de grano por m^2 .

Unidades térmicas

Unidades térmicas, grados días o unidades térmica de crecimiento, es un concepto que se ha venido utilizando desde el siglo XVIII para describir la influencia de la temperatura sobre la fenología de las plantas. Este concepto postula que el crecimiento y el desarrollo van a depender de la acumulación de calor que recibe una planta. Eckert Hicks (1986) las definen como la diferencia entre la temperatura media diaria y una temperatura base predeterminada con ciertas limitaciones.

Villalpando, (1990) indica que la gran utilidad práctica que ha alcanzado el uso de unidades térmicas en la planeación de actividades agrícolas ha dirigido la búsqueda de varias metodologías que lleven a un entendimiento más profundo y que expliquen la relación que existe entre el crecimiento y desarrollo de las plantas y la temperatura. Smith, Bootsma y Gate (1981) señalan que se utilizan en la zonificación de áreas potenciales para la selección de producción de híbridos, en la toma de decisiones de los agricultores y es apoyo para evaluar las situaciones de la estación de crecimiento de sus cultivos.

Newman, *et al.* (1989) indican que el avance de un evento fenológico de un cultivo es una función lineal de la acumulación de unidades calor. además agregan que es u

sistema que admite que existe una relación lineal entre el desarrollo del cultivo y la acumulación de calor diario durante su ciclo vegetativo.

En estudios experimentales en maíz se reporta que de 3 a 10°C se utilizan como temperatura base (tb), de 30 a 34°C como óptima (t_{ópt.}) y de 40 a 44°C como temperatura crítica, (t_{cr.}). El modelo CERES de simulación de crecimiento del maíz utiliza 8, 34 y 44 °C como tb, t_{ópt} y t_{cr} respectivamente (Kiniry y Jones, 1986). Por otra parte se dice que maíces de altura parecen responder a temperatura tb de 7°C topt de 21 a 25°C y t_{cr} de 35°C.

Modelos de Simulación

Los modelos de simulación son una herramienta que se ha venido utilizando desde hace muchos años, con el objetivo de simplificar el efecto del medio ambiente sobre los cultivos, (Barcenas, 1992) menciona que los modelos de simulación permiten la integración de las variables climáticas, edáficas, genotípicas y tecnológicas que conforman los sistemas de producción. sin embargo señala que una fuerte limitante de estas metodologías son la caracterización de los materiales y los coeficientes genéticos que requieren estos modelos.

Por su parte Plantureux *et al.* (1991) al evaluar

entre datos observados y predichos, principalmente en rendimiento. Pero cuando las constantes genéticas fueron modificadas encontraron concordancia en los resultados sobre todo en la estimación del rendimiento. Las variables de crecimiento fueron ligeramente subestimadas, destacando también la sensibilidad que tiene este modelo a los parámetros genéticos e hidráulicos.

Baier (1977) señala que existen tres tipos de modelos, los cuales presentan relación tipo clima -cultivo, que a pesar de que no tienen una delimitación muy clara, se puede mencionar a los siguientes: a) modelos de simulación b) modelos agroclimáticos y c) modelos empíricos estadísticos. Este mismo autor define a los modelos de simulación como la representación simplificada de los mecanismos físicos, químicos y fisiológicos de las plantas y los procesos de desarrollo de los cultivos. Los intercambios de masa y energía entre el cultivo y la atmósfera está controladas por un complejo de características meteorológicas y biológicas (Grant, Rochette y Desjardins, 1993), la temperatura, la radiación solar, la humedad y el viento son los factores responsables de estos mecanismos (Sincler, *et al.* 1976), citan que este fenómeno de intercambio es controlado por los estomas los cuales son los reguladores de la resistencia al intercambio de gases.

Springer *et al.* (1972) definen a la simulación como un método numérico que permite una mejor comprensión de las

situaciones por medio de algún sistema que tiene alguna semejanza con la realidad.

Kiniry y Bonhomme (1991) mencionan que debido a la cantidad de especies de maíz y (*Zea mays* L.) y a su vulnerabilidad a los estrés climáticos, existen modelos que son capaces de describir el desarrollo y su crecimiento. El Runge-Benci mode, el Splinter model, el SIMAIZ, el modelo Biofototermal, el modelo energía de crecimiento, el CORNF y el CERES MAIZE, son algunos de los modelos más importantes utilizados para predecir la respuesta del cultivo al medio ambiente. Los modelos anteriores se diferencian en sus técnicas de predicción fenológica debido al tipo y complejidad de los procesos biológicos que se incluyen en cada uno de estos modelos. Neild y Richman (1981) desarrollaron un modelo fenológico con normales climatológicas de temperaturas, grados día de desarrollo y la precipitación acumulada para tres partes del mundo, encontrando resultados muy similares entre los valores estimados y los simulados por el modelo, resultados similares obtuvo Haun (1982).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo de primavera-verano de 1993, en dos localidades: San Pedro de las Colonias Coahuila y San Francisco del Rincón Guanajuato, por ser zonas propias para la producción de semillas de maíz y porque además presentan condiciones climáticas diferentes, lo que le da mayor importancia al objetivo de este estudio.

A continuación se describe la localización geográfica y algunas características climáticas más importantes de las localidades donde se establecieron los experimentos.

San Pedro de las Colonias Coahuila

Se localiza entre las coordenadas $103^{\circ}02'$ y $104^{\circ}58'$ de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y los $25^{\circ}45'$ y $24^{\circ}15'$ de latitud Norte, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 1120 m. Su temperatura media máxima anual es de 29°C y una mínima de 13° con una temperatura promedio anual de 21.0°C . (Los Municipios de Coah. 1988).

San Francisco del Rincón Guanajuato

Se encuentra ubicado entre las coordenadas $100^{\circ} 49'$ de longitud oeste al meridiano de Greenguich y $20^{\circ} 32'$ de latitud norte. Presenta una altura sobre el nivel del mar de 1721 m . La temperatura máxima es de 37°C y una mínima de 0.3°C y su temperatura promedio anual es de 19.4°C y una precipitación media de 967 mm (Los municipios de Guanajuato, 1988).

Material Genético

Los materiales caracterizados en esta investigación fueron la línea AN-7 progenitor masculino adaptada a zonas del trópico seco y la cruce simple SSE-255-18-19 X MLS4- 1, progenitor femenino obtenida de los trabajos de investigación del Instituto Mexicano del Maíz (IMM) dependiente de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La cruce simple se obtuvo de las líneas SSE-255-18-19 X MLS-1 bajo x bajo. La línea AN-7 y la cruce simple son los progenitores del híbrido de maíz AN-447 el cual se encuentra actualmente en producción comercial.

Caracterización Fenológica

El estudio se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento de la línea AN-7 y la cruce simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 progenitores del maíz híbrido AN-447.

Caracterización basada en el estudio de las unidades calor que requieren estos materiales para cambio de sus etapas vegetativas y reproductivas más importantes.

Tratamientos y Diseño Experimental

Para conocer un rango mayor de respuesta de estos materiales y hacer más detectable la evaluación del comportamiento de estos progenitores, se evaluaron dos localidades de condiciones ambientales diferentes. Además se estudiaron dos fechas y dos métodos de siembra y dos densidades de población.

El diseño experimental utilizado en este trabajo fue bloques al azar en diseño de parcelas subdivididas con tres repeticiones, en donde las parcelas grandes son las fechas de siembra, las parcelas medianas son los métodos de siembra y las parcelas chicas son las densidades de población.

Las dos fechas de siembra establecidas en cada localidad se llevaron a cabo con intervalos de 25 días para la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila y de 23 días en San Francisco del Rincón Gto.

La unidad experimental consistió de tres franjas, de 10 m de largo con un patrón de siembra de 6:2 relación hembra- macho y como parcela útil se utilizó a la franja central de 10 m de largo y 0.80 m entre surcos.

Establecimiento y conducción del Experimento

San Pedro de las Colonias, Coahuila

El experimento se estableció bajo condiciones de riego en el ciclo de primavera 1993. La preparación del terreno consistió en : barbecho, riego, dos rastreos y siembra. Se fertilizó con la fórmula 120-60-00 aplicando la mitad de la dosis al momento de la siembra y el resto 40 días después de la misma, el control fitosanitario se realizó cuando fue necesario.

Fechas de siembra.- en la primera fecha, el método de siembra a tiempo más cuatro (AT + 4) el macho (línea AN-7) se sembró el 28 de Abril y la hembra (SSE-255-18-19 X MLS4-1) el dos de Mayo de 1993. Es decir primero se sembró el macho y cuatro días después se sembró la hembra. En el caso de el método de siembra simultáneo el macho y la hembra se sembraron el dos de mayo de 1993.

En cuanto a la segunda fecha de siembra en el método AT + 4 el macho se sembró el día 23 de mayo y la hembra el día 27 del mismo mes de 1993 y en el método simultáneo el macho y la hembra se sembraron en esta última fecha.

La siembra fue mecánica y en surcos de 0.80 m entre hileras. Posteriormente, se aclaró dejando 45 y 55 plantas en diez metros lineales, lo que se ajustó a las densidades

en estudio de 55 mil y 65 mil plantas/h esto se realizó en cada fecha de siembra.

San Francisco del Rincón, Guanajuato

Este experimento, también se estableció bajo condiciones de riego durante el ciclo de primavera 1993. La preparación del terreno consistió de: barbecho, dos rastreos y siembra. La fertilización fue a razón de 140 kg/ha de urea al 46 por ciento y 150 kg/h de 18-46-00, la mitad se aplicó al momento de la siembra y el resto cuarenta días más tarde. El control fitosanitario se realizó cuando se consideró oportuno.

La siembra se realizó en forma mecánica y en seco, en la primera fecha de siembra, en el método AT + 7, el macho se sembró el primero de Junio y el día siete del mismo mes se sembró la hembra. En el método de siembra simultáneo el macho y la hembra se sembraron el día siete de Junio de 1993. En la segunda fecha en el método de siembra AT+ 7 el macho se sembró el día 23 de Junio y la hembra el día 30 del mismo mes. En el método de siembra simultánea el macho y la hembra se establecieron en esta última fecha.

La siembra se realizó a 0.75 m entre hileras procediendo a regar enseguida. Posteriormente, a los 35 días se aclaró dejando las densidades de población de 55 y 65 mil plantas/ha.

VARIABLES A EVALUAR

Caracteres fenológicos

En el aspecto fenológico del maíz, varios autores consideran de 11 a 15 etapas fenológicas, sin embargo otros sólo especifican a tres etapas como las más importantes.

Para nuestro estudio fenológico de la línea AN-7 y la cruce simple SSE-255-18-19 X MLS4-1, se siguió el criterio establecido por Ritchie y Hanway en (1982) para caracterizar las fases más importantes en el cultivo de maíz.

Los cambios fenológicos se registraron desde la emergencia hasta la madurez fisiológica de cada material, para lo cual fue necesario realizar muestreos en cada fecha, método y densidad de siembra, identificando así el avance del desarrollo de los materiales.

A continuación se describe la metodología que se siguió para la identificación de las fase fenológica en los materiales evaluados, las cuales se cuantificaron en unidades calor.

Emergencia

Se determinó cuando el 50 por ciento de las plántulas de la parcela habían emergido completamente sobre la superficie del suelo.

Octava Hoja

Se evaluó cuando el 50 por ciento de las plantas de las parcelas presentaba la octava hoja completamente ligulada. Para su identificación se realizaron cortes longitudinales y se contabilizó a partir del quinto nudo, el cual se tomó como referencia para iniciar a contar hacia arriba hasta la última hoja superior con el collar visible.

Embuche

Se registró cuando el 50 por ciento de la población neta de la parcela útil presentaba el abultamiento característico de la espiga en la hoja bandera.

Floración Masculina

Esta fase se consideró cuando el 50 por ciento de las plantas de la parcela, presentaban sus anteras de espiga liberando polen.

Floración Femenina

Se cuantificó cuando el 50 por ciento de las plantas de la parcela presentaba los estigmas visibles de aproximadamente entre 8 y 12 cm de longitud.

Grano Lechoso

Esta variable se determinó llevando a cabo un muestreo en 10 plantas de la parcela útil. Se observó su mazorca y se presionó el grano en la parte media de la misma. Cuando en el 50 por ciento de las plantas muestreadas tenían su mazorca con grano lechoso, se procedió a registrar dicha etapa fenológica.

Grano Masoso

Se determinó mediante muestreos en 10 plantas de la parcela. Se consideró el cambio de fase cuando en el 50 por ciento de la muestra no se observó granos lechosos.

Madurez Fisiológica

Esta variable se tomó en 10 plantas de la parcela útil. Se llevó a cabo realizando muestreos en la parte media de la mazorca, en donde se observó la presencia de la capa de abscisión en el grano. Cuando el 50 por ciento de la muestra presentó esta característica se consideró esta fase.

Unidades Calor

Las unidades calor requerida por las diferentes fases fenológicas, se calcularon mediante el método de la curva seno. Este método considera a una temperatura mínima de 10 °C y a una máxima de 35 °C como puntos críticos para el desarrollo de la planta de maíz, descartando los grados que sean menor o mayor a estos rangos (Allen, 1975).

Variables Agronómicas

Altura de plantas

Esta variable se obtuvo midiendo 10 plantas de los surcos centrales de la parcela útil, desde la base del tallo hasta la base de la espiga, registrándose en cm.

Altura de mazorca

Se midió la altura de la mazorca en 10 plantas de los dos surcos centrales de la parcela útil, desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior, se registro en cm.

Rendimiento

Esta variable solo se obtuvo en la hembra (SSE-255-18-19 X MLS4-1) debido a que no se consideró

importante en el progenitor macho por su función específica en la producción de semillas. Se cosecharon 10 plantas al azar de los dos surcos centrales. Se registró el peso en kilogramos, el contenido de humedad y el porcentaje de desgrane. Con estos valores se obtuvo el rendimiento en kg por hectarea, ajustados a un 15.5 por ciento de humedad.

Para el cálculo del rendimiento se obtuvo el porcentaje de materia seca, el cual resulta de restarle a 100 el porcentaje de humedad de la muestra. posteriormente, multiplicando el peso de campo por la diferencia y dividiéndola entre 100 se obtiene el peso seco. Finalmente este peso seco se multiplicó por un factor de corrección para convertir a toneladas de grano por hectarea al 15.5 por ciento de humedad.

Factor de Conversión

$$FC = \frac{10000}{[APU \text{ m}^2] \times (0.845) \times (1000 \text{ kg})}$$

Donde:

FC = factor para convertir a ton/ha de maíz al 15.5 por ciento de humedad

10000 = Factor para reportar datos por hectárea

APU = Area de parcela útil = (Dist. entre surcos x Dist.

tre plantas)

845 = Factor para estandarizar la humedad del grano al 15.5 por ciento.

00 = Factor para reportar el peso en toneladas.

Se tomaron otras variables como: acame de raíz y de tallo, enfermedades, prolificidad, número de hojas total y color de la espiga. Estas variables fueron medidas en 10 plantas de los dos surcos centrales.

El número de hojas y la prolificidad fueron cuantificadas en forma numérica, mientras que el color de la espiga, enfermedades, acame de raíz y tallo fueron en forma cualitativa.

Componentes de Rendimiento

Tamaño de mazorca

Para obtener el tamaño promedio de las mazorcas se midió el total de las mazorcas cosechadas de la parcela y se dividió entre el número total de las mismas, obteniendo así el tamaño promedio. Se registró en cm.

Número de hileras por mazorca

Se contó el número de hileras en cada mazorca y se obtuvo el promedio de las hileras dividiendo entre el total

de las mazorcas cosechadas.

Contenido de humedad en la semilla

Para obtener esta variable se utilizó un determinador de humedad electrónico Stanline previamente calibrado a un valor estandarizado para el maíz el cual es 15. En una muestra de 250 g, se determinó directamente la humedad en por ciento, la cual correspondía a las lecturas registradas en el determinador.

Validación del Modelo

El modelo CERES MAIZE está diseñado para simular los efectos del cultivo, densidad de plantas, clima, humedad del suelo y nitrógeno sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo. Los efectos de malezas, insectos, enfermedades, deficiencias de nutrimentos y siniestros climáticos no son considerados por el modelo.

Para el presente estudio se utilizó la versión estandar, esta versión del modelo permite simular los efectos del genotipo, clima y características del suelo sobre el crecimiento y rendimiento del maíz. Está estructurada por dos archivos de entrada de datos y por tres archivos de salida (Cuadro A.1 del Apéndice).

A continuación se describen los archivos de datos de entrada y salida del modelo:

Archivos de Entrada

Archivo parámetro .- Comprende la información de campo, tanto del cultivo como del suelo.

Archivo del clima .- contiene los datos climáticos diarios de temperatura máxima y mínima, radiación solar y precipitación.

Archivos de salida

Archivo de rendimiento.- Contiene datos generales de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo y del suelo.

Archivo Biológico.- Contiene detalladamente los datos del crecimiento de la planta.

Archivo de Balance Hídrico.- Contiene la información detallada del agua del suelo.

Las variables que requiere el modelo CERES MAIZE son las siguientes:

Variables Climáticas

Las variables del clima se obtuvieron de la estación experimental del Centro de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Laguna ubicado en Matamoros Coahuila.

Variables del cultivo

Estas variables se refieren a las etapas fenológicas de los progenitores estudiados, las cuales fueron recavadas en el campo durante el desarrollo de los progenitores, tanto en San Pedro de las Colonias Coahuila como en San Francisco del Rincón Guanajuato.

Constantes Genéticas

Las constantes genéticas de los progenitores evaluados, se extrapolo del estudios de otros materiales que fueron conducidos en ambientes controlados. Considerando que dichos materiales fueran adaptados para condiciones ambientales del trópico seco para la localidad de San Pedro y fresco y templado para la localidad de San Francisco (Cuadro A.2 del Apéndice).

Variables de suelo

Esta información es requerida por el modelo a nivel de capa en el perfil del suelo, por lo tanto se tuvo que

extrapolar de la información utilizada en la evaluación del mismo modelo por Kiniry y Jones en 1986 (Cuadro A.3 del Apéndice).

La descripción de las variables de los archivos que requiere la versión estandar del modelo y los archivos necesarios para correr el modelo se presentan en los Cuadros A.4 y A.5 del Apéndice.

Analisis Estadístico

Caracteres Fenológicos y Agronómicos

El análisis estadístico para estas variables se realizó en base al diseño de bloques al azar en arreglo de parcelas subdivididas.

El análisis se realizó tomando como parcela grande a las fechas de siembra, como parcela mediana a los métodos de siembra y parcela chica a las densidades de población.

El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_m + F_i + \theta_{im} + M_j + (FM)_{ij} + Q_{ijm} + DK + (FD)_{ik} + (MD)_{jk} + (FMD)_{ijk} + E_{ijklm}$$

Donde:

$i = 1, 2$ Fecha de siembra

$j = 1, 2$ Método de siembra

$k = 1, 2$ Densidad de siembra

$m = 1, 2, 3$ Repeticiones

Y_{ijklm} = Valor observado en la i -ésima fecha de siembra en el j -ésimo método de siembra en la k -ésima densidad y en la m -ésima repetición.

μ = efecto de la media poblacional.

R_m = efecto de la m -ésima repetición.

F_i = efecto de la i -ésima fecha de siembra.

θ_{im} = efecto de la i -ésima repetición.

M_j = efecto del j -ésimo método de siembra.

$(FM)_{ij}$ = efecto de la interacción de la i -ésima fecha en el j -ésimo método.

Q_{ijm} = efecto de la i -ésima fecha de siembra en el j -ésimo método en la m -ésima repetición.

D_k = efecto de la k -ésima densidad de siembra.

$(FD)_{ik}$ = efecto de la interacción en la i -ésima fecha de siembra en el k -ésimo método de siembra.

$(MD)_{jk}$ = efecto de la interacción de el j -ésimo método en la k -ésima densidad.

$(FMD)_{ijk}$ = efecto de la interacción de la i -ésima fecha de siembra en el j -ésimo método en la k -ésima densidad de siembra.

E_{ijklm} = efecto del error experimental.

Después del análisis de varianza por localidad se procedió a realizar un análisis combinado entre localidades en un diseño de bloques al azar con partición de efectos para los caracteres fenológicos, ya que se apega más a los objetivos del trabajo.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + L_i + R_{(m)} + F_j + (LF)_{ij} + (RF)_{(j)m} + M_k + \\ CF_{MD}jk + CL_{MD}ik + CL_{FMD}ijk + CR_{MD}(jkm) + D_l + \\ CF_{D}jl + C_{MD}kl + CF_{MD}jkl + CL_{D}il + CL_{FD}ijl + \\ CL_{MD}ikl + CL_{FMD}ijkl + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Respuesta observada en la m-ésima repetición para la i-ésima localidad en la j-ésima fecha de siembra en el k-ésimo método de siembra en la l-ésima densidad de siembra.

Donde:

- i = 1,2 Localidad
- j = 1,2 Fecha de siembra
- k = 1,2 Método de siembra
- l = 1,2 densidad de siembra
- m = 1,2,3 Repeticiones

- μ = efecto de la media poblacional
- R_m = efecto de la m-ésima repetición
- L_i = efecto de la i-ésima localidad
- F_j = efecto de la j-ésima fecha de siembra
- CLFD_{ij} = efecto de la i-ésima localidad en la j-ésima fecha de siembra.
- CRFD_{(i)jm} = efecto del j-ésimo fecha de siembra en la m-ésima repetición dentro de la i-ésima localidad.
- M_k = efecto de la k-ésima densidad de siembra.
- CFMD_{jk} = efecto de la j-ésima fecha de siembra en el k-ésimo método de siembra
- CLMD_{ik} = efecto de la i-ésima localidad en el k-ésimo método de siembra
- CLFMD_{ijk} = efecto de la i-ésima localidad en la j-ésima fecha de siembra en el k-ésimo método de siembra
- CRMD_{(i)jkm} = efecto de k-ésimo método de siembra en la m-ésima repetición dentro de i-ésima localidad y en la j-ésima fecha de siembra.
- D_l = efecto de la l-ésima densidad de siembra.
- CFD_{jl} = efecto de la j-ésima fecha de siembra en la l-ésima densidad de siembra.
- CMD_{kl} = efecto del k-ésimo método de siembra en la l-ésima densidad de siembra.
- CFMD_{jkl} = efecto de la j-ésima fecha de siembra en el k-ésimo método de siembra en la l-ésima densidad.
- CLD_{il} = efecto de la i-ésima localidad en la l-ésima densidad.
- CLFD_{ijl} = efecto de la i-ésima localidad en la j-ésima

fecha de siembra en la l -ésima densidad.

(LMD) ikl = efecto de la i -ésima localidad en el k -ésimo método de siembra en la l -ésima densidad.

(LFMD) $ijkl$ = efecto de la i -ésima localidad en la j -ésima fecha de siembra en el k -ésimo método de siembra en la l -ésima densidad de siembra.

$Eijklm$ = Error experimental.

Posteriormente, sólo se realizó una prueba de medias de diferencia mínima significativa (DMS) debido a que las variables fenológicas se consideran como variables cualitativas y no cuantitativas por tal razón se realizó esta prueba con el propósito de señalar diferencias entre las fuentes de variación que mostraron significancia a un nivel de 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Por otra parte con el fin de obtener una ecuación de predicción también se realizó un análisis de regresión polinomial, el cual nos permitió ajustar la curva de regresión de los materiales en cada uno de los tratamientos y así poder predecir sus fases fenológicas en cada material.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización Fenológica

Como se mencionó al principio, la caracterización fenológica se llevó a cabo en base a las unidades calor que requieren los materiales en cada una de sus fases.

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios de las unidades calor requeridas por los caracteres fenológicos del progenitor SSE-255-18-19 X MLS4-1, en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila. Se observa que la fecha de siembra (FS) fue significativa para madurez fisiológica y floración femenina, mientras que para floración masculina presentó un efecto altamente significativo, por su parte el método de siembra (MS) y la interacción FS x MS mostraron alta significancia y significancia para floración masculina respectivamente. Esto es debido quizás a que en primer lugar el período de entre fechas de siembra permitió detectar diferencias en la acumulación de calor para alcanzar dicha fase y en segundo que existe un efecto conjunto de la fecha con el método de siembra, lo que significa que la aparición de la floración masculina va a variar de acuerdo a la fecha y el método, esto se explica con los resultados encontrados por Francis

(1971) quien señala que la variación de la temperatura modifica el comportamiento del cultivo, originando una acumulación más rápida si la temperatura es caliente o más lenta si es más fresca.

Por su parte la densidad de siembra originó una pequeña variación en la velocidad de desarrollo en los materiales, haciendo posible un efecto altamente significativo sobre la floración femenina y sólo significancia en madurez fisiológica. Lo anterior concuerda

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de unidades calor requeridas por las variables fenológicas de la cruce simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coahuila.

| Fuentes Variación | G L | Emerg. | Octava hoja | Floración Masculina | Floración Femenina | madurez fisiol. |
|-------------------|-----|----------|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| F.S. | 1 | 16.67 | 121.25 | 39044.00** | 3432.00* | 50600.00* |
| Error | 1 | 2 162.63 | 79.75 | 118.00 | 48.00 | 1448.00 |
| M.S. | 1 | 12.03 | 13.50 | 29124.00** | 248.00 | 296.00 |
| FS X MS | 1 | 15.03 | 33.00 | 7844.00* | 1188.00 | 48.00 |
| Error | 11 | 4 47.57 | 46.87 | 459.00 | 315.00 | 674.00 |
| D.S | 1 | 12.04 | 140.50 | 1980.00 | 5552.00** | 16856.00* |
| FS X DS | 1 | 15.03 | 10.50 | 560.00 | 2924.00** | 15704.00 |
| MS X DS | 1 | 13.51 | 294.00 | 768.00 | 1784.00* | 3456.00 |
| FS X MS X DS | 1 | 13.50 | 87.50 | 68.00 | 44.00 | 2864.00 |
| Error | 111 | 8 46.51 | 212.43 | 584.00 | 110.00 | 3081.00 |
| C. V. (%) | A | 14.8 | 1.6 | 0.88 | 0.55 | 1.60 |
| | B | 8.0 | 1.2 | 1.70 | 1.40 | 1.10 |
| | C | 7.9 | 2.7 | 1.2 | 0.83 | 2.35 |

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

con los trabajos realizados por Andrade (1992) quien encontró que el maíz es un cultivo altamente sensible a la variación en la densidad de población, por lo que este factor es importante manejarlo en la producción de semillas principalmente para planear la sincronización y cosechar con oportunidad.

En lo que respecta a las interacciones de la FS X DS y MS x DS ejercieron un efecto de alta significancia y significancia para flor femenina respectivamente. Esta significancia nos muestra la sensibilidad fenológica que tiene este material principalmente en su fase reproductiva, por lo tanto el comportamiento de estas fases va a estar en función de la interacción de las fechas y densidad de siembra.

En el Cuadro 4.2 se tienen los cuadrados medios de los caracteres fenológicos de la línea AN-7. En éste se observa que la fecha de siembra presentó diferencia significativa, en floración femenina y madurez fisiológica, en tanto la fuente de variación DS mostró significancia y alta diferencia significativa para floración femenina, y madurez fisiológica respectivamente. En la variable emergencia, el método de siembra tuvo una alta significancia y la interacción FS X MS sólo presentó diferencia significativa. Para las demás fuentes no hubo significancia. Lo anterior se debe tanto a la diferencia ambiental por efecto de la fecha de siembra como a la velocidad en el

desarrollo originado por la densidad, ya que al existir un mayor número de individuos hubo mayor competencia provocando el efecto anteriormente mencionado, lo que coincide con lo reportado por Bolaños, (1993), quien cita que el maíz a altas densidades de población tienden a retrasar su desarrollo, permitiendo de esta manera una acumulación significativa de unidades calor.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios de las unidades calor requeridas por las Variables fenológicas de la línea AN-7 en San Pedro de las Colonias Coahuila.

| Fuentes Variación | G L | Emerg. | Octava hoja | Floración | | Madurez fisiol. | |
|----------------------|-----|-----------|----------------|-----------|----------|--------------------|---------|
| | | | | masculina | feminina | | |
| F.S. | 1 | 121.50 | 260.00 | 7456.00 | 2992.00* | 3552.00* | |
| Error | 1 | 2 | 142.12 | 24.75 | 3324.00 | 188.00 | 188.00 |
| M.S. | 1 | 170.67*** | 145.00 | 360.00 | 1016.00 | 5952.00 | |
| FS X MS | 1 | 60.15* | 77.00 | 1488.00 | 1092.00 | 3648.00 | |
| Error | 11 | 4 | 7.04 | 51.87 | 6469.00 | 552.00 | 1280.00 |
| D.S. | 1 | 37.50 | 477.00 | 1000.00 | 7992.00* | 32848.00** | |
| FS X DS | 1 | 0.67 | 1.00 | 1820.00 | 24.00 | 80.00 | |
| MS X DS | 1 | 204.15 | 5.00 | 3724.00 | 1012.00 | 208.00 | |
| FS X MS X DS | 1 | 42.65 | 84.50 | 6404.00 | 108.00 | 1408.00 | |
| Error | 111 | 8 | 61.12 | 48.50 | 3992.00 | 985.00 | 714.00 |
| C.V. | (%) | A | 13.7 | 0.85 | 4.10 | 0.92 | 0.51 |
| | | B | 3.0 | 1.12 | 5.70 | 1.50 | 1.40 |
| | | C | 9.0 | 1.15 | 4.50 | 2.10 | 1.05 |

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

En el Cuadro 4.3 se tienen los cuadrados medios de la cruza simple en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato. Se aprecia que la fecha de siembra mostró significancia para la octava hoja y madurez fisiológica. El

método de siembra tuvo diferencia significativa para la octava hoja y floración masculina. Lo anterior es posible atribuirlo a un ambiente más fresco originado por la fecha de siembra, así como también a un manejo inadecuado del riego que se aplicó en la segunda fecha de siembra, lo que originó una diferencia en la respuesta principalmente en las fases tempranas (emergencia y octava hoja), lo que también presentó variación significativa en floración femenina. Villalpando (1990), menciona que los mecanismos que rigen la fenología de un cultivo, están influenciados por las condiciones agroclimáticas en las que se desarrolla.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios de las unidades calor que requieren las fases fenológicas de la cruz simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Guanajuato.

| Fuentes Variación | G L | Emerg. | Octava hoja | Floración masculina | Floración femenina | Madurez fisiol. |
|-------------------|-----|---------|-------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| F.S | 1 | 0.17 | 2400.00* | 442.00 | 160.00 | 1760.00* |
| Error | 1 | 2 | 41.18 | 37.50 | 39.00 | 60.00 |
| M.S. | 1 | 121.50 | 384.00* | 1026.00* | 14.00 | 0.01 |
| FS X MS | 1 | 0.17 | 216.00 | 188.00 | 58.00 | 1272.00* |
| Error | 11 | 4 | 49.33 | 37.00 | 72.00 | 95.50 |
| D.S. | 1 | 140.17* | 384.00** | 234.00 | 748.00* | 40.00 |
| FS X DS | 1 | 121.48* | 10.50 | 360.00 | 254.00 | 216.00 |
| MS X DS | 1 | 0.17 | 11.00 | 12.00 | 72.00 | 16.00 |
| FS X MS X DS | 1 | 140.17 | 11.00 | 378.00 | 76.00 | 144.00 |
| Error | 111 | 8 | 19.00 | 33.93 | 156.25 | 102.50 |
| C.V. (%) | A | 6.80 | 1.11 | 0.54 | 0.73 | 0.33 |
| | B | 7.45 | 1.11 | 0.74 | 0.83 | 0.38 |
| | C | 4.62 | 1.06 | 1.09 | 0.83 | 0.35 |

** = Significancia al 0.01

* = Significancia al 0.05

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

Por su parte la densidad de siembra fue significativa para emergencia y floración femenina y un efecto altamente significativo para la fase fenológica de octava hoja. También se observa que la interacción FS X DS fue significativa para emergencia de plántulas.

En general en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila, la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 mostró sensibilidad en sus diferentes fases reproductivas, y la línea AN-7 fue más sensible en sus fases tempranas, lo que hace aún más difícil el seguimiento de su desarrollo y a su vez lograr una sincronización en la floración de estos progenitores.

El Cuadro 4.4 muestra los cuadrados medios de las unidades calor requeridas por las fases fenológicas de la línea AN-7 en San Francisco del Rincón Guanajuato, en él se observa que la fecha de siembra fue altamente significativa para emergencia y sólo presentó un efecto de significancia para las fases de octava hoja y floración masculina, así también es notable que la fuente de variación MS fue significativo para emergencia y floración masculina y femenina. En tanto la DS también mostró significancia para floración femenina y alta significancia para emergencia de plantas. Por su parte la interacción de FS X MS mostró significancia para emergencia, flor masculina y femenina. Como ya se mencionó anteriormente esto puede ser debido a la diferencia en la acumulación de unidades calor por cada fase

sensible a los cambios de ambientes.

Cuadro 4.4 Cuadrados medios de las unidades calor que requieren las fases fenológicas de la línea AN-7 en San Francisco del Rincón Guanajuato.

| Fuentes de variación | G L | Emerg. | Octava hoja | Floración masculina | Floración femenina | Madurez fisiol. | |
|----------------------|-------|----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------|------|
| P.S. | 1 | 20.15 ^{***} | 198.00 [*] | 356.00 [*] | 40.00 | 896.00 | |
| Error | 1 2 | 0.17 | 12.00 | 14.00 | 6.00 | 216.00 | |
| M.S. | 1 | 2.87 [*] | 57.00 | 408.00 [*] | 428.00 [*] | 512.00 | |
| FS X MS | 1 | 2.87 [*] | 177.00 | 416.00 [*] | 424.00 [*] | 2272.00 | |
| Error | 11 4 | 0.16 | 89.00 | 10.00 | 7.00 | 532.00 | |
| D.S. | 1 | 4.15 ^{***} | 92.00 | 408.00 | 1028.00 [*] | 128.00 | |
| FS X DS | 1 | 0.18 | 15.00 | 12.00 | 4.00 | 496.00 | |
| MS X DS | 1 | 0.01 | 4.00 | 8.00 | 76.00 | 32.00 | |
| FS X MS X DS | 1 | 0.64 | 56.00 | 64.00 | 8.00 | 352.00 | |
| Error | 111 8 | 0.25 | 42.00 | 213.00 | 102.00 | 682.00 | |
| D.V. | C% | A | 0.42 | 0.53 | 0.27 | 0.17 | 0.50 |
| | | B | 0.41 | 1.27 | 0.22 | 0.18 | 0.92 |
| | | C | 0.51 | 0.99 | 1.06 | 0.71 | 1.04 |

* = Significancia al 0.01 de probabilidad

† = Significancia al 0.05 de probabilidad

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

para emergencia y sólo presentó un efecto de significancia para las fases de octava hoja y floración masculina, así también es notable que la fuente de variación MS fue significativo para emergencia, y floración masculina y femenina. En tanto la DS también mostró significancia para esta floración femenina y alta significancia para emergencia de plantas. Por su parte la interacción de FS X MS mostró significancia para emergencia, flor masculina y femenina. Como ya se mencionó anteriormente esto puede ser debido a la diferencia en la acumulación de unidades calor por cada fase

este material, lo que lo manifiesta como un genotipo sensible a los cambios de ambientes.

En el Cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios de la cruz simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en un análisis combinado entre localidades. En éste podemos observar que la interacción de variación local, es altamente significativa para octava hoja, y la interacción FS X MS fue significativa para flor masculina, por su parte la interacción de MS X Loc y la diferencia fue significativa para octava hoja y alta significancia para flor femenina. En cuanto a la densidad de siembra y la interacción FS X MS X DS presentaron un efecto de alta significancia para la fase fenológica de emergencia de antenas. Esto puede deberse por una parte a la diferencia de ambiente, tanto en la temperatura como en el fotoperiodo que modificaron el desarrollo de la fenología en este material. Sin embargo es notable que en este material la interacción por efecto de la fecha de siembra no fue significativa en el comportamiento de sus fases productivas, debido tal vez a su formación heterocigótica que le da un amplio rango de adaptación, en cambio, cuando existe una interacción del método de siembra por localidad se origina un efecto conjunto de alta significancia en el comportamiento de la fase de floración femenina.

El conocimiento de este efecto representa gran ayuda en la planeación del manejo del cultivo ya que la

modificación de uno de estos factores cambiaría el comportamiento la fase de floración y haciendo más difícil la coincidencia floral con el otro progenitor.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios de las unidades calor requeridas para cada etapa fenológica de la cruz SSE-255-18-19 X SLM4-1 en las dos localidades.

| F. V. | GL | Emerg | Octava hoja | Flor masculina | Flor femenina | madurez fisiol. | |
|------------------|-----|---------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|---------|
| Loc | 1 | 8.33 | 1610.00 ^{***} | 252.08 | 2961.02 | 252.08 | |
| Rep/Loc | 4 | 116.94 | 306.50 | 700.00 | 199.00 | 388.00 | |
| F. S. | 1 | 102.08 | 352.08 | 1408.33 | 3.52 | 1452.00 | |
| FSXLoc | 1 | 30.08 | 65.33 | 1160.33 | 315.19 | 65.33 | |
| Error | 1 | 4 | 101.89 | 49.12 | 256.76 | 895.00 | 754.00 |
| MS | 1 | 4.08 | 147.00 | 24.08 | 776.02 | 310.08 | |
| FS X MS | 1 | 10.08 | 114.08 | 1344.08 [*] | 0.52 | 102.08 | |
| MS X Loc | 1 | 26.75 | 420.08 [*] | 48.00 | 3588.02 ^{**} | 1408.33 | |
| Loc X FS X MS | 1 | 108.00 | 5.33 | 267.58 | 1530.02 [*] | 1160.33 | |
| Error | 11 | 8 | 48.45 [*] | 42.18 | 122.00 | 205.25 | 376.00 |
| DS | 1 | 272.63 [*] | 433.04 | 81.89 | 411.17 | 335.79 | |
| FS X DS | 1 | 31.29 | 140.79 | 46.64 | 232.17 | 643.29 | |
| MS X DS | 1 | 47.04 [*] | 605.04 | 7.27 | 136.17 | 190.63 | |
| FS X MS X DS | 1 | 360.04 [*] | 231.29 | 136.52 | 153.50 | 65.29 | |
| Loc X DS | 1 | 5.54 | 139.88 | 215.77 | 82.67 | 13.54 | |
| FS X DS X Loc | 1 | 3.87 | 306.79 | 92.77 | 250.17 | 1375.04 | |
| MS X DS X Loc | 1 | 119.87 | 464.54 | 883.31 | 257.17 | 146.54 | |
| FSXMS X DS X Loc | 1 | 68.63 | 323.29 | 316.31 | 74.67 | 325.54 | |
| Error | 111 | 16 | 32.75 | 123.18 | 209.81 | 292.00 | 1573.50 |
| C. V. | (%) | | 6.35 | 2.04 | 1.12 | 01.40 | 1.6 |

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

El Cuadro 4.6 muestra los cuadrados medios de las fases fenológicas en análisis combinado de la línea AN-7. Nótese que la fuente de variación localidad presentó efecto altamente significativo para floración femenina y sólo significancia para madurez fisiológica, originado

principalmente por la variación climática que presentan las localidades permitiendo de esta manera detectar significancia en su desarrollo y crecimiento de este material. Por lo que se refiere a la fecha de siembra ésta mostró variación significativa para octava hoja y alta significancia para flor femenina, mientras que en la interacción MS X Loc. se tuvo una alta diferencia significativa para emergencia, flor femenina y madurez fisiológica.

Por su parte las interacciones FS X MS, MS X DS y MS X DS X Loc presentaron efecto significativo y altamente significativo sobre la fase de octava hoja, respectivamente. Como se viene observando las fases reproductivas (Floración masculina, femenina y madurez fisiológica) de la cruza SSE-255-18-19-X MLS4-1 son más estables debido a su formación heterocigotica ya mencionadas (Cuadro 4.5), mientras que la línea AN-7 todas sus fases excepto flor masculina presentaron un efecto significativo y de alta significancia. lo que significa que este material presenta mayor sensibilidad a la variación climática, debido tal vez a su grado de endogamia.

Fischer y Palmer (1984) mencionan que existen materiales de maíz que van desde muy poca sensibilidad hasta los muy sensibles, principalmente al fotoperiodo. Es decir la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 y principalmente la línea AN-7 son materiales que varían su comportamiento

cuando se les cambian las condiciones ambientales, por lo tanto su estabilidad de comportamiento puede ser poco estable, lo que hace que producir el híbrido AN-447 enfrente

Cuadro 4.6 Cuadrados medios de las unidades calor requeridas para cada etapa fenológica en la línea AN-7 en dos localidades.

| Fuentes variación | G L | Emerg. | Octava hoja | Floración masc. | fem. | Madurez fisiol. |
|----------------------|-----|----------|----------------|--------------------|-----------|--------------------|
| Loc | 1 | 114.08 | 77.52 | 825.02 | 2241.33** | 10034.08* |
| Rep/Loc | 4 | 179.90 | 46.00 | 8528.00 | 384.00 | 332.00 |
| FS | 1 | 102.08 | 450.19* | 2655.14 | 4294.08** | 1281.33 |
| FS X Loc | 1 | 21.33 | 67.69 | 35.02 | 65.33 | 1260.75 |
| Error A/Loc | 4 | 71.14 | 18.37 | 1669.00 | 97.00 | 996.00 |
| MS | 1 | 16.33 | 1.69 | 58.52 | 0.08 | 52.08 |
| FS X MS | 1 | 0.08 | 368.52* | 58.52 | 147.00 | 675.00 |
| MS X Loc | 1 | 140.08** | 212.52 | 5918.52 | 4602.08** | 28324.08** |
| FS X MS X Loc | 1 | 27.00* | 1.69 | 54.19 | 48.00 | 21.33 |
| Error B/Loc | 8 | 3.60 | 60.43 | 3239.50 | 279.50 | 906.00 |
| DS | 1 | 92.13 | 124.54 | 111.13 | 260.17 | 1544.67 |
| FS X DS | 1 | 141.17 | 163.04* | 169.04 | 84.67 | 287.17 |
| MS X DS | 1 | 7.17 | 358.63* | 1125.88 | 625.17 | 604.67 |
| FS X MS X DS | 1 | 7.17 | 97.13 | 235.29 | 152.67 | 1221.50 |
| DS X Loc | 1 | 76.17 | 122.63 | 213.79 | 3230.17 | 96.17 |
| FS X DS X Loc | 1 | 37.17 | 107.79 | 915.04 | 40.50 | 316.50 |
| MS X DS X Loc | 1 | 71.17 | 550.54** | 679.04 | 107.17 | 855.17 |
| FSX MSX DSXLoc | 1 | 90.50 | 146.38 | 585.13 | 1173.50 | 352.17 |
| Error C/Loc | 1 | 30.68 | 43.81 | 2102.00 | 544.00 | 698.00 |
| C V (%) | | 5.7 | 7.4 | 3.5 | 1.6 | 1.05 |

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

* = Significancia al 0.05 de probabilidad

algunos problemas en algunas áreas de producción de semillas híbridas. Cabe destacar que en San Francisco del Rincón Guanajuato el crecimiento del material AN-7 en la segunda fecha de siembra fue afectado por ataque de fusarium (*Fusarium spp*).

En cuanto a los coeficientes de variación (CV) se observa que en todos los análisis de varianza fueron muy aceptables los cuales fluctuaron entre 14.8 y 0.33 por ciento lo que puede manifestar que las diferencias pueden ser a las fuentes de variación y no al azar.

El Cuadro 4.7 muestra la prueba de medias mínima significativa (DMS) de unidades calor al cinco por ciento de probabilidad de la cruza SSE-255-18-19 X MLS4-1. Este nos muestra que la densidad de siembra y la localidad son diferentes al resto de los factores sobre la emergencia y octava hoja respectivamente. Se observa que a una población de 65 mil plantas por hectárea se necesitó de 97.7 unidades calor para la emergencia de la planta y 85.3 para una población de 55 mil plantas por hectárea, mientras que en la localidad de San Francisco del Rincón la fase de octava hoja requirió de 547.1 unidades calor y de 535.7 para San Pedro de las Colonias para manifestarse. El resto de los factores evaluados presentaron medias iguales. Esto es posible a que la localidad de San Francisco del Rincón presenta condiciones ambientales más frescas que San Pedro de las colonias, motivando un crecimiento mas lento de las plantas, lo que permitió asimilar mayor cantidad de unidades calor.

Hanway y Ritchie (1982) mencionan que en condiciones de calor y humedad la emergencia ocurrirá en cuatro o cinco días, pero que en ambientes frescos y falta de humedad tomará de ocho a 14 días.

Por su parte el efecto de la localidad sobre la fase de octava hoja, al parecer es parte de la misma condición anterior, además de que es una fase donde el punto de crecimiento y la panoja ya se encuentran sobre la superficie de la tierra y el tallo inicia un periodo rápido de elongación, asimismo es el momento cuando se realizan algunas prácticas culturales (fertilización) que también son factores que pueden modificar la aparición de esta fase.

Cuadro 4.7 Medias de las unidades calor en la etapa fenológica de la cruz a SSE-255-18-19 X MLS4-1.

| Factores | | emergencia | Oct. hoja |
|----------|-----------|------------|-----------|
| Loc | Sn. Pedro | 85.17 A | 535.66 B |
| | Sn. Fco. | 94.25 A | 547.16 A |
| FS | 1 | 89.25 A | 538.70 A |
| | 2 | 90.41 A | 544.12 A |
| MS | AT | 91.45 A | 538.70 A |
| | Simul | 88.54 A | 544.12 A |
| DS | 55 Mil | 85.29 B | 543.16 A |
| | 65 Mil | 97.70 A | 539.66 A |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales
(D M S ; $\alpha = 0.05$).

Loc = Localidad

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

El Cuadro 4.8 presenta las medias de la unidades calor de las etapas fenológicas en la interacción fecha de siembra (FS) por método de siembra (MS) en la cruz a SSE-255-18-19 X MLS4-1. Se observa que en la fase de octava ^{8av. Hoja}

hoja la diferencia se debe a la segunda fecha de siembra (FS), ya que tanto el método de siembra simultánea como el método de siembra a tiempo con la misma fecha de siembra son estadísticamente iguales y diferentes al resto de los tratamientos, mientras que en la floración masculina la diferencia es debido principalmente al método de siembra. En la fase de flor femenina se vuelve a demostrar el efecto de la fecha de siembra que aunque no es tan claro, sí se aprecia una diferencia debido a la segunda fecha de siembra.

En general se observa una tendencia en donde la diferencia en la acumulación de calor es debida a la fecha de siembra esto se explica con los resultados obtenidos por Villalpando (1991) quien señala que la fecha de siembra en gran medida modifica el comportamiento del cultivo ya que su crecimiento y desarrollo va a estar en función de las condiciones bajo las cuales se ha establecido.

Cuadro 4.8 Medias de la interacción de la (FS) por el (MS) en las fases fenológicas de la cruza SSE-255-18-10 - X MSL4-1.

| FS | MS | Emergencia | Flor Masc. | Flor fem. |
|----|-------|------------|------------|------------|
| 1 | AT | 534.08 C | 1132.66 B | 1209.08 AB |
| 1 | Simul | 537.16 BC | 1141.33 AB | 1203.41 B |
| 2 | AT | 543.33 AB | 1134.91 AB | 1219.66 AB |
| 2 | Simul | 551.08 A | 1148.25 A | 1224.25 A |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

(D M S ; $\alpha = 0.05$)

AT = Siembra a tiempo

El Cuadro 4.9 muestra las medias de la unidades calor de la interacción de MS X Loc en la línea AN-7. Se observa, que en la fase de emergencia la localidad de San Francisco del Rincón con el método de siembra simultaneo fue diferente al resto de las interacciones, mientras que para flor femenina solo fue diferente la localidad, ya que los métodos de siembra fueron iguales, en cambio en la madurez fisiológica, las localidades y los métodos de siembra fueron iguales, manifestando mayor influencia el efecto de la localidad sobre el método de siembra. De acuerdo a estos resultados podemos mencionar que tanto la fase de floración femenina como la madurez fisiológica de estos materiales se comportaron de manera similar en las dos localidades y con cualquier método de siembra, debido a que la variación en

Cuadro 4.9 Medias de la interacción de método de siembra (MS) por localidad (Loc) en las fases fenológicas de la línea AN-7.

| Loc. | MS | Emergencia | Flor femen. | Mad. fisiol |
|---------------|-------|------------|-------------|-------------|
| Sn Pedro Coah | AT | 89.66 C | 1443.41 B | 2503.5 AB |
| | Simul | 91.75 BC | 1455.75 AB | 2501.5 B |
| Sn Fco. Gto. | AT | 93.16 B | 1453.33 AB | 2449.5 C |
| | Simul | 96.66 A | 1466.58 A | 2542.0 A |

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

(D M S ; $\alpha = 0.05$)

AT = Siembra a tiempo

simul = Siembra simultánea

la acumulación de unidades calor no es suficientemente grande para variar el comportamiento de estas fases. Sin

5.

embargo, parece ser que en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato con método de siembra simultáneo pudiera originar un ligero cambio en la aparición de estas fases.

Caracteres Agronómicos

En el Cuadro 4.10 se presentan los cuadrados medios de algunos caracteres agronómicos de la cruce simple SSE-255M-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coahuila.

En este cuadro se tiene que la fecha de siembra presenta significancia para rendimiento, altura de planta y mazorca debido a que estos parametros se ven afectados tanto por la variación ambiental como por el mismo manejo, principalmente.

Benoit *et al.* (1965) encontró que el rendimiento se ve reducido en fechas de siembra tardías independientemente de la humedad del suelo. Estos resultados también concuerdan con los encontrados por Andrade (1993) quien reporta que el atraso de la fecha de siembra produjo disminución del rendimiento del maíz aún cuando fueran conducidos bajo riego y fertilizados.

La fuente de variación métodos de siembra mostró efectos significativo para rendimiento, Lo que muestra que los desfases en la siembra de cuatro días y siembra simultánea de los progenitores macho y hembra en la

producción del híbrido, ocasionaron pérdida debido a la aparición tardía de polen por parte del progenitor macho. Lo anterior es explicable debido a que se observó un desfase mayor que los utilizados en este estudio, por lo tanto, la aparición de los estigmas en la hembra no coincidió con la producción de polen del progenitor macho, resultando el efecto ya mencionado.

Cuadro 4.10 Cuadrados medios de algunas características agronómicas de la cruz simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Colonias Coahuila.

| Fuentes Variación | GL | Rend. Ton/ha | Altura Plta. cm | Altura Maz cm |
|----------------------|-----|-----------------|--------------------|------------------|
| F.S | 1 | 85.825* | 2730.687* | 2057.171* |
| Error | 1 | 1.953 | 4.399 | 53.570 |
| M.S. | 1 | 30.661** | 73.500 | 70.015 |
| FS X MS | 1 | 4.603 | 0.656 | 24.843 |
| Error | 11 | 0.984 | 41.578 | 63.320 |
| D.S. | 1 | 5.492 | 31.281 | 34.531 |
| FS X DS | 1 | 0.079 | 4.656 | 120.640 |
| MS X DS | 1 | 0.002 | 22.781 | 187.078 |
| FS X MS X DS | 1 | 3.279 | 342.093 | 12.859 |
| Error | 111 | 2.135 | 59.789 | 11.234 |
| | A | 19.6 | 0.67 | 0.31 |
| C.V (%) | B | 13.95 | 0.08 | 0.05 |
| | C | 20.55 | 5.37 | 4.23 |

* = Significancia al 0.05

** = Significancia al 0.01

FS = Fecha de siembra

MS = Método de siembra

DS = Densidad de siembra

En el Cuadro 4.11 se presentan algunas características agronómicas de la cruz simple evaluada en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila. Se observa que la fecha de siembra es significativa para el

rendimiento y altamente significativa para la altura de planta, así también el método de siembra fue significativo para esta fase fenológica. Por su parte la fuente de variación densidad de siembra presentó un efecto de alta significancia estadística sobre la altura de planta y altura de mazorca respectivamente.

Cuadro 4.11 Cuadrados medios de las características agronómicas de la cruza simple SSE-255-18-19 - X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Guanajuato.

| Fuentes Variación | G L | Rend. Ton/ha | Altura de planta | Altura de mazorca |
|----------------------|-----|-----------------|---------------------|----------------------|
| F. S. | 1 | 11.826* | 402.687** | 55.507 |
| Error | 1 | 14.363 | 2.718 | 14.511 |
| M. S. | 1 | 5.153 | 238.812* | 38.757 |
| FS X MS | 1 | 4.512 | 1.312 | 38.765 |
| Error | 11 | 2.974 | 12.593 | 13.197 |
| D. S. | 1 | 33.011 | 194.375** | 68.343* |
| FS X DS | 1 | 2.523 | 0.125 | 38.757 |
| MS X DS | 1 | 3.702 | 0.010 | 33.843 |
| FS X MS X DS | 1 | 19.489 | 1.625 | 21.101 |
| Error | 111 | 8.164 | 12.617 | 7.603 |
| C. V. | (%) | A | 30.00 | 4.04 |
| | | B | 13.84 | 5.05 |
| | | C | 22.93 | 3.83 |

** = Significancia al 0.01
 * = Significancia al 0.05
 FS = Fecha de siembra
 MS = Método de siembra
 DS = Densidad de siembra

En el Cuadro 4.12 se presentan las medias generales de las características agronómicas de los progenitores del híbrido AN-447 en las dos localidades. Se observó que en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato el periodo

de la floración masculina, femenina y madurez fisiológica se alargaron en promedio hasta con 11, 9, y 24 días y de 16, 15 y 24 días respectivamente, en la primera y segunda fecha de siembra en comparación con San Pedro de las Colonias Coahuila. Es decir, en San Francisco del Rincón la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 requirió un promedio de 80, 88 y 162 días para alcanzar las fases de floración masculina y femenina y la madurez fisiológica, mientras, que en San Pedro de las Colonias Coahuila se necesitó de 69, 75 y 138 días para alcanzar las fases ya mencionadas.

Por su parte la línea AN-7 en San Pedro de las Colonias Coahuila ocupó de 84, 89 y 150 días para alcanzar dichas fases, mientras que en San Francisco del Rincón Guanajuato requirió de 96, 101 y de 174 a 177 días en promedio para las fases de floración masculina, femenina y madurez fisiológica respectivamente. Por lo tanto considerando los periodos de aparición de las fases fenológicas tanto en la cruza simple como en la línea podemos definir los split de siembra más adecuados entre el macho y la hembra en cualquier localidad y fecha de siembra.

En general se muestra que en San Francisco del Rincón Guanajuato tanto la línea como la cruza simple tuvieron una tendencia de longevidad en sus periodos de cambios fenológicos, también se observa que a medida que las fechas de siembra se retrasan, el periodo de cambio fenológico se prolonga, debido a que las condiciones

climáticas fueron más frescas en las siembras tardías, esto concuerda con las observaciones realizadas por Francis (1971) quien menciona que en zonas con temperaturas altas aceleran el desarrollo del maíz y en zonas frescas el desarrollo se prolonga hasta un mes para alcanzar la floración.

Cuadro 4.12 Medias generales de las características agronómicas de los progenitores del híbrido AN-447 en dos localidades.

| Mat. | Fecha Met. | | Den Siem | Dias Flor | | | | Altura | | | | Mad. | |
|--------------------|------------|-------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|------------------|-----|----|----|------|-----|
| | Siem. | Siem. | | Masc 1/ 2/ | Fem 1/ 2/ | Plta 1/ 2/ | Maz 1/ 2/ | Fisiol. 1/ 2/ | | | | | |
| SSE-255X MLS4-1 | F1 | M1 | D1 | 69 | 80 | 75 | 86 | 154 | 148 | 93 | 70 | 138 | 162 |
| | | | D2 | 69 | 80 | 75 | 86 | 150 | 153 | 86 | 71 | 139 | 162 |
| | | M2 | D1 | 69 | 80 | 74 | 86 | 153 | 156 | 83 | 71 | 138 | 162 |
| | | | D2 | 69 | 81 | 75 | 85 | 160 | 158 | 86 | 70 | 138 | 162 |
| | F2 | M1 | D1 | 64 | 80 | 70 | 86 | 133 | 142 | 70 | 70 | 139 | 164 |
| | | | D2 | 64 | 79 | 72 | 87 | 138 | 146 | 73 | 71 | 140 | 164 |
| | | M2 | D1 | 65 | 81 | 72 | 87 | 139 | 152 | 80 | 81 | 140 | 164 |
| | | | D2 | 64 | 82 | 70 | 88 | 136 | 148 | 70 | 78 | 139 | 164 |
| AN-7 | F1 | M1 | D1 | 84 | 96 | 89 | 101 | 155 | 130 | 92 | 71 | 150 | 174 |
| | | | D2 | 85 | 96 | 90 | 101 | 158 | 112 | 95 | 66 | 151 | 176 |
| | | M2 | D1 | 84 | 96 | 90 | 101 | 152 | 102 | 93 | 56 | 152 | 174 |
| | | | D2 | 85 | 97 | 89 | 102 | 156 | 110 | 93 | 60 | 151 | 174 |
| | F2 | M1 | D1 | 77 | 98 | 82 | 104 | 156 | 115 | 98 | 70 | 159 | 176 |
| | | | D2 | 78 | 98 | 83 | 104 | 156 | 115 | 98 | 50 | 160 | 177 |
| | | M2 | D1 | 78 | 99 | 82 | 104 | 158 | 100 | 98 | 50 | 162 | 177 |
| | | | D2 | 79 | 99 | 82 | 104 | 157 | 110 | 96 | 45 | 159 | 176 |

1/ = San Pedro de las Colonias Coah.

2/ = San Francisco del Rincón Gto.

El Cuadro 4.13 presenta los promedios generales de las unidades calor requeridas por los progenitores del híbrido de maíz AN-447 en las dos localidades de evaluación. Se observa que en San Pedro de las Colonias, Coah. hay una diferencia de 148 unidades calor en la floración masculina de la línea AN-7 (progenitor macho) y floración femenina de la crusa simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 (progenitor hembra), es decir que de acuerdo a las temperaturas máximas y mínimas promedio registradas durante de la estación de crecimiento de los materiales en esta zona, es necesario utilizar un desfase promedio de 8 días (promedio de días en 148 U.C.) relación macho-hembra. para lograr una buena sincronización en la floración de estos progenitores.

Cuadro 4.13 Promedios generales de las unidades calor requeridas por por cada etapa fenológica de los progenitores del híbrido AN-447.

| Etapas fenológicas | Localidades | | | |
|-----------------------|--------------------------------|------|----------------------------------|------|
| | Sn. Pedro de las Col. Coah. | | Sn. Francisco del Rincón Gto. | |
| | H | M | H | M |
| Emergencia | 90 | 93 | 95 | 96 |
| Oct. hoja | 530 | 671 | 546 | 658 |
| Embuche | 1012 | 1265 | 1022 | 1251 |
| Flor masc. | 1126 | 1380 | 1146 | 1404 |
| Flor fem. | 1234 | 1483 | 1228 | 1425 |
| Grano leche | 1589 | 1843 | 1596 | 1794 |
| Grano masa | 1775 | 2042 | 1779 | 2014 |
| Mad. fisiol. | 2307 | 2530 | 2323 | 2499 |

M = Progenitor macho

H = Progenitor hembra

Por su parte en San Francisco del Rincón Guanajuato se observó una diferencia en promedio de 178 unidades calor

entre la floración masculina de la línea AN-7 y la floración femenina de la cruz simple. Es decir que en esta localidad se requiere de un split promedio de 13 días (promedio de días en 178 unidades calor), para lograr una buena sincronización en la floración entre estos materiales, esto es debido a que la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila presenta un ambiente más calido que San Francisco del Rincón Guanajuato.

Las características agrogenéticas de los parentales del híbrido AN-447 son observadas en el Cuadro 4.14. Son notables algunos cambios de comportamiento principalmente de prolificidad en la hembra y de ataque de Fusarium en la línea AN-7. Además en la localidad de San Francisco del Rincón fue observable que la cruz simple (hembra) emergió su espiga y tardó dos días para emitir polen, mientras que en San Pedro de las Colonias la hembra iniciaba su floración al momento de emerger la espiga.

Conocer este comportamiento de la cruz simple (progenitor hembra) en algunos ambientes es muy importante en la producción de semillas, dado que nos ayuda a tomar todas las medidas necesarias para evitar cualquier contaminación por autofecundaciones, así como también planear las actividades con oportunidad, principalmente todas aquellas que estén encaminadas a el control del desespigue en este material.

Cuadro 4.14 Características agrogenéticas observadas en los progenitores del híbrido AN-447.

| Característica | Sn. P. de las Col. | | Sn. Fco. del Rincón | |
|---------------------|----------------------------|------|----------------------------|------|
| | SSE-255-18- 19 X MLS4-1 | AN-7 | SSE-255-18- 19 X MLS4-1 | AN-7 |
| No. hojas/Plts. | 18 | 15 | 18 | 15 |
| Hojas arriba maz. | 7 | 5 | 7 | 5 |
| Hojas abajo maz. | 11 | 10 | 11 | 10 |
| Color planta | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Color espiga | A,R | A | A,R | A |
| Prolif. % cuateo | 65 | 5 | 55 | 7 |
| Long. mazorca (cm) | 20 | 12 | 23 | 10 |
| Hileras/ maz. | 14 | 16 | 14 | 16 |
| Ataque Fusarium (%) | 0 | 2 | 0 | 85 |
| Diametro maz. (cm.) | 6 | 4 | 7 | 4 |

1 = Verde suave

A = Amarillo (CIAT, 1983)

2 = Verde normal

R = Rosado

En cuanto a las ecuaciones de predicción obtenidas en cada tratamiento éstas se enlistan en los Cuadros 4.15 y 4.16. Es apreciable que existe una asociación cuadrática altamente significativa entre las unidades calor y las Fases fenológicas de los materiales AN-7 y SSE-255-18-19 X MSL4-1, en las dos localidades. Las ecuaciones en general muestran un alto coeficiente de determinación los cuales fueron de 0.963 a 0.975 en San Pedro y de 0.950 a 0.958 en San Francisco, lo que significa que de la variación total el 96 por ciento es explicable a las unidades calor. Por su parte el error de la desviación estandar fluctuó de 0.53 a 0.61 en ambos materiales y localidades, es decir que del 96.3 al 97.5 por ciento de dicha variación es explicada por el modelo.

Cuadro 4.15 Cuadrados medios de la regresión de unidades calor y la fenología de los progenitores del híbrido AN-447 en San Pedro de las Colonias Coah.

| Mat. | Fecha siem. | Trat. | C M | R ² | Coef. de Regresión | | |
|----------------------|-------------|-------|----------|----------------|--------------------|-----------|------------------------|
| | | | | | Bo | Bx | Bx ² |
| F1 | AT+4 | D1 | 20.238** | 0.963 | 0.659024 | 0.001882X | 0.000005X ² |
| | AT+4 | D2 | 20.302** | 0.966 | 0.658519 | 0.001880X | 0.000004X ² |
| | Simul | D1 | 20.260** | 0.965 | 0.651809 | 0.001562X | 0.000005X ² |
| | Simul | D2 | 20.256** | 0.964 | 0.637334 | 0.001746X | 0.000005X ² |
| AN-7 | | | | | | | |
| F2 | AT+4 | D1 | 20.272** | 0.965 | 0.658858 | 0.001914X | 0.000005X ² |
| | AT+4 | D2 | 20.323** | 0.967 | 0.650364 | 0.001900X | 0.000004X ² |
| | Simul | D1 | 20.294** | 0.966 | 0.652403 | 0.001885X | 0.000005X ² |
| | Simul | D2 | 20.295** | 0.966 | 0.644250 | 0.001870X | 0.000004X ² |
| F1 | AT+4 | D1 | 20.287** | 0.966 | 0.468212 | 0.003133X | 0.000001X ² |
| | AT+4 | D2 | 20.357** | 0.969 | 0.507071 | 0.003000X | 0.000002X ² |
| | Simul | D1 | 20.317** | 0.967 | 0.687734 | 0.001746X | 0.000005X ² |
| | Simul | D2 | 20.253** | 0.964 | 0.464922 | 0.003099X | 0.000001X ² |
| SSE-255-18-19XMLS4-1 | | | | | | | |
| F2 | AT+4 | D1 | 20.298** | 0.966 | 0.436380 | 0.003230X | 0.000004X ² |
| | AT+4 | D2 | 20.423** | 0.972 | 0.450180 | 0.003250X | 0.000005X ² |
| | Simul | D1 | 20.355** | 0.969 | 0.467840 | 0.003220X | 0.000003X ² |
| | Simul | D2 | 20.480** | 0.975 | 0.472450 | 0.003090X | 0.000005X ² |

** Significancia al 0.01 de probabilidad

Stauber *et al.* (1986) calcularon la fecha de floración en maíz mediante una ecuación de regresión con un coeficiente de determinación de 0.96 y un error estándar de 2.05, lo que viene a apoyar que existe una alta relación entre las fases fenológicas y las unidades calor.

Como se mencionó anteriormente, debido a que todas las ecuaciones de regresión mostraron un alto coeficiente de determinación y con el fin de hacer la aplicación práctica

de las ecuaciones en la predicción de las fases fenológicas con las medias generales por localidad de las unidades calor y las medias de las fases fenológicas de cada uno de los materiales se ajustó una curva de regresión general por localidad para cada progenitor. (Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4).

Cuadro 4.16 Cuadrados medios de la regresión entre unidades calor y etapas fenológicas de los progenitores del híbrido AN-447, en San Francisco del Rincón Gto.

| Mat. | Fecha siem. | Trat. | C M | R ² | Coef. de Regresión | | |
|----------------------|-------------|-------|-----------|----------------|--------------------|-----------|-----------------|
| | | | | | Bo | BX | BX ² |
| F1 | AT+7 | D1 | 20.129*** | 0.958 | 0.594090 | 0.002530X | 0.000004 |
| | AT+7 | D2 | 20.081*** | 0.956 | 0.579333 | 0.002147X | 0.000004 |
| | Simul | D1 | 19.962*** | 0.950 | 0.612159 | 0.002010X | 0.000004 |
| | Simul | D2 | 20.138*** | 0.959 | 0.615942 | 0.001990X | 0.000004 |
| AN-7 | | | | | | | |
| F2 | AT+7 | D1 | 20.095*** | 0.956 | 0.593397 | 0.002130X | 0.000004 |
| | AT+7 | D2 | 20.135*** | 0.955 | 0.583282 | 0.002111X | 0.000006 |
| | Simul | D1 | 20.136*** | 0.958 | 0.619798 | 0.002074X | 0.000004 |
| | Simul | D2 | 20.048*** | 0.954 | 0.612632 | 0.002041X | 0.000004 |
| F1 | AT+7 | D1 | 20.036*** | 0.954 | 0.414909 | 0.003219X | 0.000004 |
| | AT+7 | D2 | 20.125*** | 0.955 | 0.389860 | 0.003318X | 0.000006 |
| | Simul | D1 | 20.067*** | 0.952 | 0.429630 | 0.003290X | 0.000007 |
| | Simul | D2 | 20.093*** | 0.954 | 0.447110 | 0.003170X | 0.000001 |
| SSE-255-18-19XMLS4-1 | | | | | | | |
| F2 | AT+7 | D1 | 20.072*** | 0.956 | 0.388804 | 0.003321X | 0.000005 |
| | AT+7 | D2 | 20.000*** | 0.955 | 0.390580 | 0.003271X | 0.000007 |
| | Simul | D1 | 20.050*** | 0.952 | 0.383360 | 0.003251X | 0.000005 |
| | Simul | D2 | 20.041*** | 0.954 | 0.376641 | 0.003312X | 0.000004 |

** = Significancia al 0.01 de probabilidad

VALIDACION DEL MODELO

Como se mencionó en el apartado de materiales y métodos, el modelo CERES MAIZE permite la integración

Etapas Fenológicas

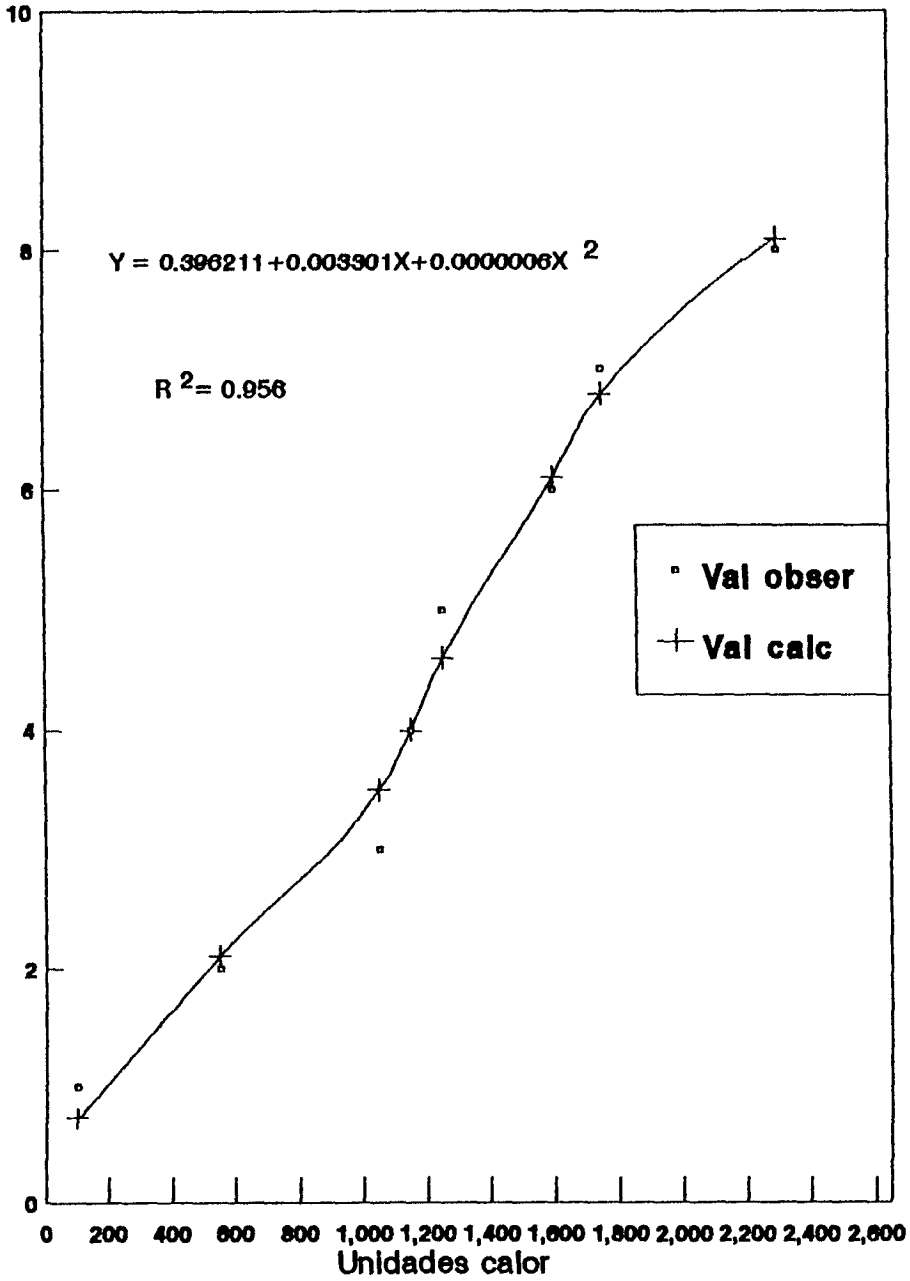


Figura 4.1 Relación entre unidades calor y fases fenológicas en la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de las Col. Coah.

Fases Fenológicas

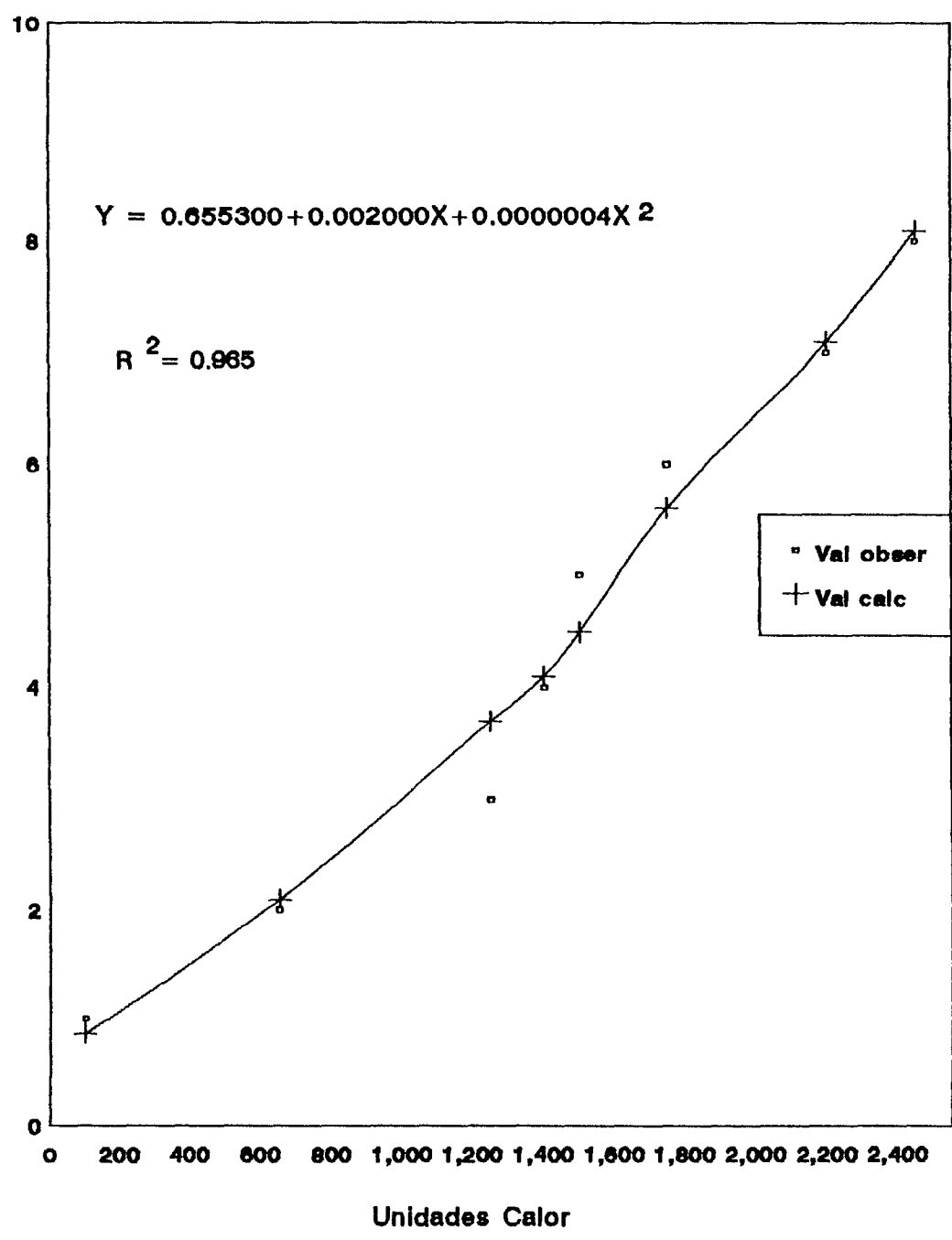


Figura 4.2 Relación entre unidades calor y fases fenológicas de la línea AN-7 en San Pedro de las Col. coah.

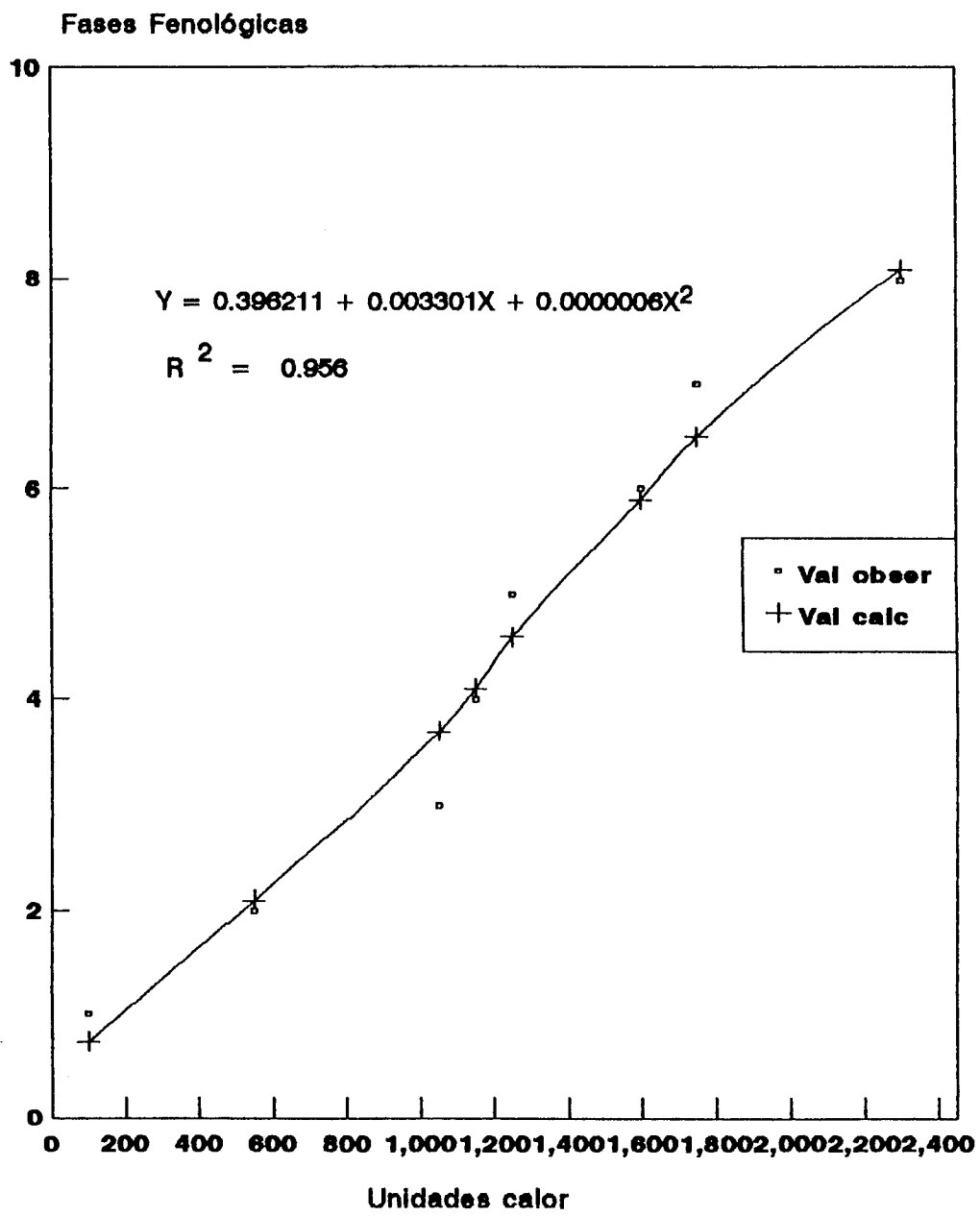


Figura 4.3.-Relación entre unidades calor y fases fenológicas de la crusa simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Francisco del Rincón Guanajuato.

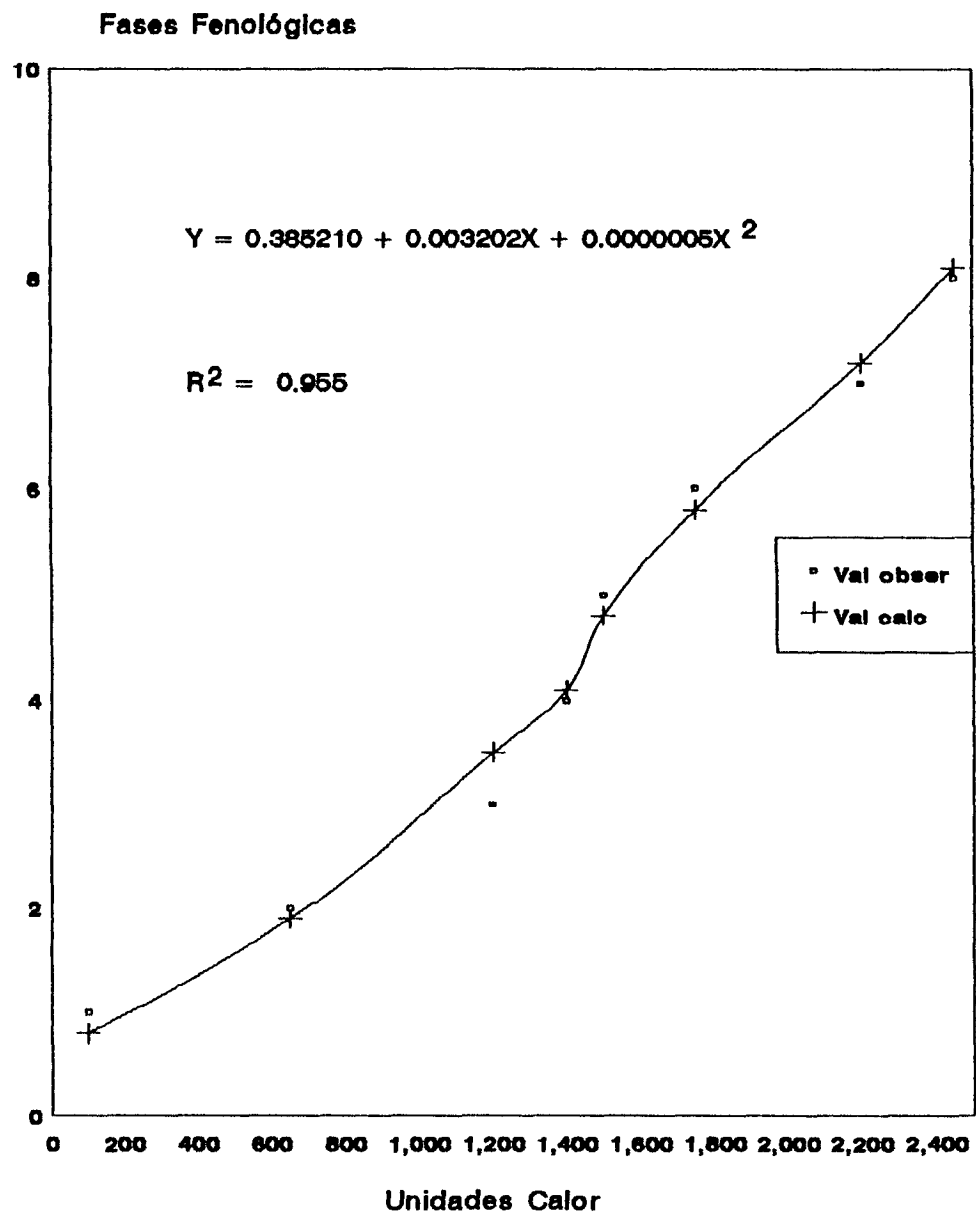


Figura 4.4.- Relación entre unidades calor y fases fenológicas de la línea AN-7 en San Francisco del Rincón Gto.

variables cuya combinación da como resultado la predicción del comportamiento de uno o varios materiales de maíz.

Para nuestro estudio enfocaremos a las fases fenológicas como objetivo principal y específicamente la predicción de la fecha de floración y madurez fisiológica tanto para la cruce SSE-255-18-19 X MLS4-1 como para la línea AN-7.

En el Cuadro 4.17 se presenta los datos simulados y observados de la fecha de floración femenina en la cruce SSE-255-18-19 X MLS4-1 y floración masculina en la línea AN-7. Es notable que la media del error y la desviación estandar del error de las fechas simuladas y observada en la cruce son de cero. Por otra parte se puede apreciar que la diferencia mayor se presenta en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato, el cual subestimó la fecha de floración con uno y 10 días de diferencia en el material SSE-255-18-19 X MLS-4 y la línea AN-7 respectivamente, cuya media del error es de -5 días y su desviación estandar de -10 (Cuadro 4.17).

En lo que respecta a la estimación de la madurez fisiológica (Cuadro 4.18) en ambos materiales, se observa nuevamente que en la cruce simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 el modelo sobrestimó esta etapa con 7 días de diferencia, cuya media del error es de 3.5 días y su desviación estandar de 7.0 días. En lo que respecta a la línea AN-7, este modelo

subestimó los valores simulados, obteniendo diferencia de -10 días. Su media del error estandar es de -5.5 y su desviación de -9 días (Cuadro 4.18).

Cuadro 4.17 Fecha de floración simulada y observada en los progenitores del híbrido de maíz AN-447.

| Loc | Material | Fecha de Floración | | |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------|------------|------|
| | | Simulados | Observados | Dif. |
| Sn. Pedro de las Col. Coah. | SSE-255-18-19 X MLS4-1 | 192 | 191 | 1 |
| Sn Fco. del Rincón Gto. | SSE-255-18-19 X MLS4-1 | 238 | 239 | -1 |
| Media del error | | | | 0 |
| Desv. estandar del error | | | | 0 |
| Sn Pedro de las Col. Coah | AN-7 | 203 | 203 | 0 |
| Sn Fco. del Rincón Gto. | AN-7 | 232 | 242 | -10 |
| Media del error | | | | -5 |
| Desv. estandar del error | | | | -10 |

En San Pedro de las Colonias Coahuila la simulación del rendimiento, índice de area foliar y biomasa, así como las demás fases fenológicas de la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 y la línea AN-7 se presentan en los listados de salida del programa (Cuadros B.1, B.2, B.3 y B.4 del Apéndice). En el primero se tiene que el rendimiento es subestimado con un valor simulado de 3750 y observado de 9563 kg/ha, mientras que la biomasa fue sobrestimada con un valor simulado de 17227 Kg/ha y observado de 14215 Kg/ha,

70

otras variables importantes simuladas por el modelo se presentan en el (Cuadro B.1).

En cuanto a la línea AN-7 el modelo simuló un rendimiento de 1377 kg/ha, mientras que el observado fue de 1280 kg/ha, asimismo la biomasa estimada por el modelo también fue sobrestimada con un valor simulado de 17929 y observado de 13215 kg/ha (Cuadro B.2), esta diferencia puede ser a que las condiciones para el desarrollo de la línea no fueron muy buenas, sin embargo el modelo como se mencionó anteriormente no toma en cuenta enfermedades, plagas y otros siniestros, por lo que pudo originar una variación en el rendimiento y en la producción de la biomasa.

Cuadro 4.18 Fecha de madurez fisiológica simulada y observada de los progenitores del híbrido de maíz AN-447.

| Loc | Material | Fecha de madurez fisiológica | | |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------|------|
| | | Días del año | | Dif. |
| | | Simulado | Observado | |
| Sn Pedro de las Col Coah | SSE-255-18-19 X MLS4-1 | 247 | 247 | 0 |
| Sn Fco. del Rincón Gto. | SSE-255-18-19 X MLS4-1 | 326 | 319 | 7 |
| Medias del error | | | | 3.5 |
| desv. est. del error | | | | 7 |
| Sn. Pedro de las Col. Coah | AN-7 | 264 | 263 | 1 |
| Sn. Fco. del Rincón Gto. | AN-7 | 316 | 326 | -10 |
| Medias del error | | | | -5.5 |
| Desv. est. del error | | | | -9 |

Por su parte en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato en la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 el modelo sobrestimó el rendimiento encontrando un valor simulados de 14648 y observado de 12291 kg/ha, mientras que para la biomasa se tuvo un valor simulado de 27739 y observado de 17119 kg/ha (Cuadro B.3).

En cuanto a la línea AN-7 hubo una sobrestimación del rendimiento, lo cual simuló 6492 kg/ha y sólo se observó 1291 kg/ha. De similar manera también se observó una sobrestimación de la biomasa, cuyo valor simulado fue de 22585 y obtenido de 7219 kg/ha de materia seca. Esto se debe tal vez a que este material presento un fuerte ataque de fusarium (*Fusarium spp*) lo que redujo grandemente el rendimiento de biomasa (Cuadro B.4), lo anterior puede ser explicable si consideramos que el modelo CERES MAIZE no contempla los problemas de plagas, enfermedades y siniestros como granizo, inundaciones.

Estos datos muestran la bondad y riesgos de la información que en un momento dado pueden variar en forma importante los resultados, los cuales nos pueden llevar a conclusiones erróneas acerca de la bondad del modelo en la simulación del comportamiento de los cultivos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis del requerimiento de las unidades calor de los materiales SSE-255-18-19 X MLS4-1 y AN-7 para su cambio fenológico y la evaluación del modelo CERES MAIZE se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- Como se planteó en las hipótesis, existe variación ambiental entre las localidades evaluadas, ya que causaron variación en el comportamiento de los progenitores en la acumulación de calor para sus cambios en su fenología.

2.- Pese a que no existen grandes diferencias en la acumulación en las unidades calor en cada fase y entre localidades, las fechas de siembra mostró significancia en la mayoría de las fases fenológicas. Por lo que la define como un factor importante en el comportamiento de los materiales.

3.- Aunque el trabajo no se enfocó a encontrar el mejor split, los métodos de siembra permitieron inferir el mejor split en base a las unidades calor de la etapa de floración femenina de la cruce simple (progenitor hembra) y masculino en la línea AN-7 (progenitor macho) para cada localidad y densidad (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1 Diferencial de siembra de los progenitores de híbrido de maíz AN-447 en base a los resultados obtenidos.

| Fecha de siembra | Material | Localidades | | | | | | | |
|------------------|----------------------------|------------------------|-----|------|-----|------------------------------|-----|------|-----|
| | | Sn Pedro de Col. Coah. | | | | Sn Francisco del Rincón Gto. | | | |
| | | D1 | | D2 | | D1 | | D2 | |
| | | Días | UC | Días | UC | Días | UC | Días | UC |
| F1 | SSE-255-18- 19 X MLS4-1 | +10 | 146 | +8 | 144 | +13 | 178 | +13 | 178 |
| | AN-7 | AT | 0 | AT | 0 | AT | 0 | AT | 0 |
| F2 | SSE-255-18- 19 X MLS4-1 | +8 | 144 | +8 | 144 | +13 | 178 | +14 | 192 |
| | AN-7 | AT | 0 | AT | 0 | AT | 0 | AT | 0 |

AT = siembra a tiempo

4.- La línea AN-7 presentó mayor susceptibilidad a la variación ambiental, dado que generalmente todas sus fases mostraron variación significativa, así como también se vio afectada por *Fusarium* (*Fusarium spp*) en la segunda fecha de siembra (23 de Junio). Al parecer existe una estrecha relación entre la presencia de *Fusarium* y siembras fuera de fechas.

En lo que respecta a la validación del modelo éste se vio limitada principalmente por el tipo de variables que requiere para su mejor aplicación. Entre éstas podemos citar a los coeficientes genéticos de los progenitores evaluados y el balance hídrico por estrato en el perfil del suelo. No obstante estas limitaciones los resultados de la simulación

de la fecha de floración femenina en el progenitor hembra y masculina en el progenitor macho así como la madure fisiológica se concluye lo siguiente:

1.- La simulación de la fecha de floración y madure fisiológica por el modelo, fue más precisa en la cruz simple SSE-255-18-19-X MLS4-1 en las dos localidades, ya que los valores simulados fueron muy semejantes a lo observados, mientras que en la línea AN-7 presentó mayor sesgo entre los valores observados y simulados.

2.- El modelo CERES MAIZE pareció ser más preciso en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila que en San Francisco del Rincón Guanajuato, debido a que los valores observados y simulados fueron más similares en la primera localidad.

SUGERENCIAS

1.- En cuanto a la caracterización de los progenitores se sugiere que con el objetivo de aprovechar de mejor manera este tipo de investigación se requiere un mejor control y monitoreo de los materiales, lo cual dará mejor información acerca del comportamiento de los progenitores de híbridos, así como el seguimiento de esta investigación.

2.- Ampliar el espacio de investigación en cuanto a fecha de siembra, ya que es uno de los factores principales que influye en el desarrollo y crecimiento de los progenitores así como en la densidad de siembra, con el fin de encontrar la fecha y densidad más adecuada a la producción y calidad de semillas.

Por lo que se refiere a la validación del modelo CERES MAIZE se enlistan las siguientes sugerencias:

1.- Antes de iniciar el uso de este modelo de simulación es importante conocer las variables que requiere para su evaluación.

2.- Continuar con este tipo de trabajos llevando a cabo un mejor control de las variables que afectan el comportamiento

de los materiales a evaluar con el fin de hacer más objetiva su evaluación.

3.- Profundizar más en el uso de modelos de simulación del crecimiento y desarrollo de los cultivos y al mismo tiempo tener bien definidos los parámetros a evaluar para el uso de modelos y ajustarlos a las condiciones regionales de nuestro país.

RESUMEN

En la producción de semillas híbridas es importante conocer el comportamiento de los progenitores de cualquier híbrido que se quiera producir, y aún más cuando éstos varían su comportamiento en ambientes diferentes. Una forma de contemplar lo anterior es mediante la caracterización de los progenitores lo cual nos ayudaría a reducir los riesgos y mejorar la calidad de la semilla.

Para la caracterización fenológica de los cultivos existen algunas herramientas como el uso de unidades calor, tasa de crecimiento y desarrollo y últimamente los modelos de simulación, los cuales permiten estimar las unidades calor que los progenitores necesitan para alcanzar su etapa reproductiva y específicamente la fase de floración, lo que coadyuva a una mejor sincronización floral de los progenitores. Considerando lo anterior como parte primordial en la producción de semillas se realizó esta investigación con el objetivo de caracterizar los progenitores del híbrido de maíz AN-447 y la evaluación del modelo de simulación CERES MAIZE.

El presente trabajo se desarrolló durante 1993 en dos localidades de condiciones ambientales diferentes; San

Guanajuato. Se caracterizó el comportamiento fenológico de la línea AN-7 y la Cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 progenitores del híbrido AN-447, para ello se evaluaron dos fechas de siembra, dos métodos de siembra y dos densidades de población en dos localidades así como la evaluación del modelo CERES MAIZE en la simulación de sus fases de floración y madurez fisiológica.

Dentro de los resultados se encontró que los materiales evaluados presentaron variación en la acumulación de unidades calor por sus fases fenológicas al cambiar de localidad, así también se encontró que la fecha de siembra causó un efecto significativo en la asimilación de calor en la mayoría de sus fases.

En base a la acumulación de unidades calor por la fase de floración masculina en la línea AN-7 (progenitor macho) y floración femenina de la cruza simple SSE-255-18-19 X MLS4-1 (progenitor hembra) se definió que para la primera y segunda fecha de siembra en la localidad de San Pedro de las Colonias Coahuila con un diferencial de siembra de 146 unidades calor (10 y 8 días respectivamente) relación macho-hembra se obtiene buena sincronización floral en estos progenitores, mientras que en la localidad de San Francisco del Rincón Guanajuato, la mejor sincronización se logra con un diferencial de siembra de 178 unidades calor (promedio de 13 días) relación macho-hembra.

En lo que respecta a la evaluación del modelo en la simulación de la fases de floración y madurez fisiológica se encontró un mejor ajuste en San Pedro de las Colonias Coah. y para la cruza simple, dado que sus valores simulados y observados fueron muy similares mientras que en la línea AN-7 y en la localidad de San Francisco del Rincón Gto. el modelo mostró mayor sesgo entre los valores simulados y los observados.

LITERATURA CITADA

- Aldrich, S. R. y E. R. Leng. (1974). Producción moderna d
maíz. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aire
Argentina.
- Allen, J. C. 1976. A modified sine wave method f
calculating degree days In Enviroment. Entomo
Vol. 5:338-396.
- Andrade, H. F. 1992. Radiación y Temperatura determinan l
rendimientos máximos del maíz. Secretaria
Agricultura, ganaderia y Pesca. Institu
Nacional de Tecnología Agrícola. Estaci
Experimental Agropecuaria. Boletín No. 10
Balcarce Buenos Aires Argentina.
- Andrade, F. H. , F. A. Margiotta y R. M. Martine
1992. Densidad de Planta del Maíz. Institu
Nacional de Tecnología Agrícola. Secretaria
Agricultura, Ganaderia y Pesca. Estaci
Experimental Agropecuaria. Balcarce Buenos Air
Argentina. Boletín No. 108 p. 9-17.
- Andrade, H. F. 1993. Crecimiento y rendimiento comparados
maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No.11
INTA. EEA Balcarce. Centro Regional Buenos Air
Sur. p.18 - 19.
- Azzi, G. 1971. Ecología Agraria. Instituto Cubano del Libr
La Habana, Cuba.
- Barcenas, A. P. 1992. Avances en la evaluación de l
modelos CERES MAIZE y Trigo. Dep. de Pro
Agrícola y Animal. Universidad Autónc
Metropolitana.
- Baier, W. 1977. Crop weather models and their use in yie
assessment. techmieal Norte No. 151, worl
Metereological Organization Wmo- No 458 Gene
Switzerland.
- Benoit, G. R., A. L. Hasfield, and J. L. Ragland. 1965.
Growth an yield of Corn. III. Soil Moisture
Temperature Effects. Agronomy Journal Vol. 57:
- 226.
- Bidwell, R.C.S. 1979. Fisiología Vegetal.1: Edición

- Bolaños, J. y G. O. Edmeades. 1993. La fenología del maíz síntesis de los resultados experimentales PRM 1992. Vol. 4 CIMMYT, Guatemala. p. 251-26
- Bolaños, J. J. G. 1993. Caracterización Agronómica Fenológica en base a unidades calor progenitores de híbridos de maíz (*Zea mays* L) para la producción de semillas en el Ba Mexicano. Tesis de Maestría. UAAAN México. 12
- Ciat, 1983. Metodología para obtener semillas de calidad Arroz, Frijol, Maíz, Sorgo. Ed. Unidad semillas del Ciat. pag. 90 - 92.
- Coligado, M.C. and Brown D.M., 1975. A bio-photo thermal model to predict tassel initiation time in corn (*Zea mays* L.) *Agric. Meteorology*, 15: (1975) 13.
- Coligado M.C. and D. M. Brown. 1975 Response of corn (*Zea mays* L.) in the pre-tassel initiation period. temperature and photoperiod. *Agric. Meteorology* 14: 357-67.
- Chapman, C. S. 1993. Uso de modelos de simulación para examinar la variación fenológica del germoplasma de CIMMYT. II. Variación genética en síntesis de los resultados Experimentales del PRM 1992, Vol.4, CIMMYT Guatemala. p. 268-272
- Chapman, C.S. 1993. Uso de modelos de simulación para examinar la variación fenológica del germoplasma de maíz de CIMMYT. I. Variación en tiempo y espacio. en síntesis de los resultados Experimentales del PRM 1992, Vol. 4 CIMMYT Guatemala (1993) p. 262-267.
- Duncan, W. G., D. L. Shaver and W. A. Williams. 1969. Insolation and Temperature effects on Maize growth and yield. *Crop Sci.* 13: 187 - 191.
- Eckert, D. J. and D. R. Hicks. 1986. Maturity Rating System for Corn Cooperative Extension Service. Iowa State University.
- Fina L., A. y Rabelo. C. A. De. 1973. Climatología y fenología agrícola. Ed. Universitaria de Buenos Aires.
- Fischer, K. S. and F.E. Palmer. 1984. Tropical Maize Physiology. P.R. Goldsworthy and N.M. Fischer (Eds) *physiology of Tropical Field Crops*. Wiley. 213-248.

- Francis, C. A. 1971. Influencia del medio ambiente en el crecimiento y desarrollo del maíz, Tópico presentado en la conferencia de los becarios del Ciat, Nov. 25 1971.
- Fry, K. E. 1983 Heat-Unit calculation in cotton crop and insect model Agricultural Research Service. February 23 1983 p. 14.
- Gardner, B. R., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1985. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. USA. 327 pp.
- Grant, R. F. Rochette, P. and Desjardins (1993) Energy Exchange and water use Efficiency of field crops: Simulation model validation.
- Haun, J. R. 1982. Early prediction of yields from Daily Weather data and single predetermined seasonal constants. Dep. de Hortic. Agricultural Meteorology. 27: 201-213.
- Jones, C. A. and J. R. Kiniry. 1986. CERES Maize: A Simulation model of maize growth and development. Texas A. & M. University, Press, College Station, Tx.
- Kanemasu, E. T. , D. L. Bark and E. Chin Choy. 1975. Effect of Soil Temperature on Sorghum Emergence. Plant and Soil. Vol. 4: 411-417.
- Kiniry, R. J. and R. Bonhomme. 1991. Predicting maize phenology, in Predicting Crop Phenology. p. 115-130.
- Los Municipios de Guanajuato. Enciclopedia de los Municipios de México. 1988. 1^a Edición. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de Guanajuato.
- Los Municipios de Coahuila. Enciclopedia de los Municipios de México. 1988. 1^a Edición. Secretaría de Gobernación del Estado de Coahuila.
- Neild, R. E. and Richman, N. H. 1981. Agroclimatic Normal for maize. Agric. Meteorology., 24 : 83 - 95
- Newman, J. E., B. O. Blair, R. F. Dale, L. H. Smith, W. L. Stirm, and L. A. Schaal. 1969. Growing Degree Days: A new system of rating crop maturities could help you predict harvest dates more accurately. CropSoils, Vol: 20-21 pp. 9-12.
- Plantureux, S., P. Girardin, D. Fouquet and J. Y. Chapot 1991. Evaluation and sensitivity analysis of the CERES Maize model in North-eastern France Agronomie. 11: 1 - 8.

- Ritchie, S.W. and J. Hanway. 1982. How a Corn plant develops. special Report No. 48. Iowa State University Science Technology.
- Ritchie, S.W. and J. Hanway. 1984 How a corn plant develops. Special Report No.48, Iowa State University. Iowa.
- Russelle, M. P., W. W. Wilhelm, R.A. Olson, and J.F. Power.1984. Growth Analysis Based on Degree Days. Crop Science, Vol. 24: 28-32.
- Rojas. G. M. y H. Ramírez. 1990. Control Hormonal del desarrollo de las plantas Ed. Limusa S.A. de C.V. México. D.F. P.15.
- Sinclair, T. R., C. E. Murphy and K. R. Knoerr. 1976. Development and evaluation of simplified model for simulating canopy photosynthesis and transpiration. J. Appl. Ecol. 13: 813 - 829.
- Smith, P. J., A. Bootsma and A. D. Gates 1981. Heat Units in Relation to Corn maturity in the Atlantic region of Canada. Agric. Meteorology. 26: 201-213.
- Solorzano, V. E. 1980. Fenología y comportamiento del rendimiento bajo condiciones ambientales contrastantes de diez genotipos de Haba (*Vicia faba* L.) Tesis de Maestria en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Springer, C. H., R. C. E. Herlihy and R. I. Beggs. 1972. Métodos avanzados y modelos. Centro Regional de Ayuda Técnica. México Buenos Aires p. 201-207.
- Stauber, M. S. Zuber, M. S. and Decker .1988. Estimation of the tasselig date of corn (*Zea mays* L.). Agron. Journal. 60: 432-434.
- Thomson, J. R. 1979. An Introduction to Seed Technology. First published. Printed in Great Britain.
- Tollenaar, M. 1977. Sink-source relationship during reproductive development in maize. A review. Maydica. 22: 49 - 75.
- Torres, R.E. 1983. Agrometereología, Ed. Diana , México. p. 109-110.
- Villalpando, J. F. I. 1990. Metodología de investigación en Agroclimatología. SARH-INIFAP. Guadalajara Jal.
- Villalpando, J. F. I. Del REal L. I. y Ruiz, C. J. A. 1991. Temperatura y Fenología Agrícola. Apuntes de curso. Guadalajara. Jal

Warrington, I. J. and E. T. Kanemasu. 1983. Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod: Seedling Emergence, Tassel Initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*, Vol. 75: 749-754.

A P E N D I C E A

Cuadro A.1 Subrutinas y archivos de entradas y salidas de modelo en su versión estandar.

| Subrutinas | archivos de entrada | archivos de salida |
|--------------|---------------------|--------------------|
| MEIN program | Weather | |
| PROGRI | Parameter | OYLD. DAT |
| SOILRI | Parameter | OYLD. DAT |
| WATBAL | | |
| PHENOL | | OYLD. DAT |
| PHASEI | | OYLD. DAT |
| GROSUB | | OYLD. DAT |
| WRITE | | |
| OUTWA | | OWAT. DAT |
| OUTGR | | OBI O. DAT |
| CALDAT | | |

Cuadro A.2 Coeficientes genéticos para algunos cultivos y regiones.

| Cultivar | P1 | P2 | P5 | G2 | G3 |
|--|-----|------|-----|------|-------|
| NORTE DE ESTADOS UNIDOS | | | | | |
| INRA | 135 | 0.00 | -- | -- | -- |
| EDO | 135 | 0.30 | -- | -- | -- |
| A654 X F2 | 135 | 0.00 | -- | -- | -- |
| B60 X R17 | 172 | 0.80 | 685 | 710 | 7.70 |
| B59 X C103 | 172 | 0.80 | 685 | 825 | 10.15 |
| SUR DE NEBRASCA SUR IOWA, SUR ILLINOIS SUR INDIANA | | | | | |
| W64A X W117 | 245 | 0.00 | 685 | 825 | 8.00 |
| B14 X OH43 | 265 | 0.80 | 665 | 780 | 6.90 |
| B8 X 153R | 218 | 0.30 | 760 | 595 | 8.80 |
| NEB611 | 260 | 0.30 | 720 | -- | 7.00 |
| B73 X M017 | 220 | 0.52 | 880 | 7330 | 10.00 |
| TROPICAL HIBRIDOS | | | | | |
| H610 | 340 | 0.52 | 900 | 520 | 6.50 |
| PIO X 304C | 360 | 0.52 | 900 | 550 | 5.60 |

Cuadro A.3 Descripción de las variables en el archivo parameter de la versión estandar.

| Variable | Columna | Format | Descripción |
|----------|---------|--------|--|
| LINEA 1 | | | |
| TITULO | 1-6 | 9A4 | Titulo del trat. a simular |
| LINEA 2 | | | |
| ISOW | 1-3 | 13 | Fecha de siembra (día del año) |
| PLANTS | 5-9 | F5.2 | Dens. Plantas (Plantas/M2) |
| SDPTH | 11-15 | F5.2 | Profundidad de siembra (cm) |
| LAT | 17-21 | F5.2 | Loc. Lat. (Grados neg. al sur) |
| KOUTWA | 23-24 | 12 | Balance de agua frec. en días. |
| KOUTGR | 26-27 | 12 | Frecuencia en días de crecim. |
| IIRR | 29-30 | 12 | 0.0: No riego, 1: Riego especificado por el usuario. |
| INSOIL | 32-35 | F4.2 | Indicador de agua inicial en el suelo 0.0: Para limite inferior (LL) 1.0: Limite superior drenado (DUL) 0.0 INSOIL 1.0: Contenido agua inicial en el suelo aplica por el usuario. |
| ISWSWB | 37-38 | 12 | Balance de agua 0: No balance de agua 1: Balance de agua |
| LINEA 3 | | | |
| NAME | 1-16 | 4A4 | Nombre del cultivar |
| P1 | 18-21 | F4.0 | Grados día de crecimiento (base 8°C) de emergencia plantula a fin de fase juvenil |
| P2 | 23-26 | F4.3 | Coefficiente de sensibilidad al fotoperiodo. |
| P5 | 28-31 | F4.0 | Grados día de crecimiento (base 8°C) de floración madurez fisiológica. |
| G2 | 33-37 | F5.1 | Número potencial de granos (granos/planta) |
| G3 | 39-43 | F5.2 | Velocidad de crecimiento potencial de grano (mg/grano) |
| LINEA 4 | | | |
| ISLKJD | 1-3 | 13 | Fecha de floración al 50% (días del año). |
| MATJD | 5-7 | 13 | Fecha de madurez fisiológica |

Cuadro A.3Continuación

| | | | |
|--------|-------|------|---|
| XYIELD | 9-14 | F6.0 | Rend. de grano (Kg/ha al 15. de humedad) |
| XGRWT | 16-19 | F4.3 | Peso de grano a madurez(g/gran) |
| XGPSM | 21-25 | F5.0 | No. de granos a madurez (granos/m ²) |
| XGPE | 27-30 | F4.0 | No. grano a madurez (granos/m ²) |
| XLAI | 32-35 | F4.1 | Máximo índice de área foliar (m ² /m ²) |
| XBIOM | 37-42 | F6.0 | Máxima biomasa a madurez (Kg/ha) |

LINEA 5

| | | | |
|-------|-------|------|--|
| SALB | 1-3 | F3.2 | Abedo del suelo |
| U | 5-8 | F4.1 | Coef. Evap. de la capa 1 del suelo en (mm) |
| SWCON | 10-13 | F4.3 | Coef. de vel. de drenaje |
| CN2 | 15-18 | F4.2 | No. de curva Runoff |

INFORMACION POR CAPA DEL SUELO

Línea por capa

| | | | |
|-------|-------|------|---|
| DLAYR | 1-4 | F4.1 | Espesor de la capa(cm) |
| LL | 6-9 | F4.3 | Límite inferior de agua extractable por la planta (cm/cm) |
| DUL | 11-14 | F4.3 | Límite mayor extractable (cm/cm) |
| SAT | 16-19 | F4.3 | Contenido de agua a saturación (cm/cm) |
| WR | 21-24 | F4.2 | Factor de distribución del peso de raíz |
| SW | 26-29 | F4.3 | Contenido inicial de agua (cm/cm) |

INFORMACION DE RIEGO

| | | | |
|------|-----|------|-------------------------------|
| JDAY | 1-3 | 13 | Fecha de riego (días del año) |
| AIRR | 5-9 | F5.1 | Riego aproximado (mm) |

Cuadro A.4 Nombre y descripción de los archivos e versión estandar del modelo.

| Nombre | descripción |
|----------------------------|---|
| DIRECT. DAT | Directorio del archivo en el di |
| MODEL | |
| CERES. EXE | Contiene la versión estandar de modelo CERES MAIZE. |
| PARAMETER FILES (EXAMPLES) | |
| STDUL. DAT | Limite superior de agua en el especificado en el riego. |
| STDLL. DAT | Limite inferior de agua en el antes del riego. |
| STDSP. DAT | Agua inicial aplicada en el sue |
| WEATHER FILE (EXAMPLES) | |
| STDWTH. DAT | Datos climáticos |
| DATA OUPUT FILES | |
| OYLD. DAT | Información de rendimiento |
| OBIO. DAT | Peso de la biomasa, hojas, etc. |
| OWAT. DAT | Agua en cada capa del suelo. |
| SOURCE PROGRAM FILE | |
| CERES1. FOR | Programa principal y subru WATBAL |
| CERES2. FOR | Subrutina PHENOL y subrutina C |

A P E N D I C E B

Cuadro B.1 Salida del programa de simulación en la c
SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Pedro de
Colonias Coahuila.

CERES MAIZE OUTPUT SUMMARY

TORREON, 1994 SW = UL, IRR PROGRAM BEGINS DAY 1;
CULTIVAR SSE-255-18-19 X MLS4-1 POPULATION (PLTS/M2) 5.

| GENETIC CONSTANTS | | | | | | | | |
|-------------------|--------|------|-----|---------|-----|--------|-----|----------------|
| P1 | 440.00 | P2 | .52 | P5***** | G2 | 520.00 | G3 | 8.5 |
| SALB | .15 | U | 7.0 | SWCON | .30 | CN2 | 60. | |
| DEPTH-CM | | LL | | DUL | | SAT | | ESW SW WR |
| 0. - 15. | | .150 | | .350 | | .370 | | .200 .350 .930 |
| 15. - 30. | | .150 | | .350 | | .370 | | .200 .350 .750 |
| 30. - 48. | | .150 | | .350 | | .370 | | .200 .350 .420 |
| 48. - 68. | | .150 | | .350 | | .370 | | .200 .350 .150 |
| 68. - 92. | | .150 | | .350 | | .370 | | .200 .350 .050 |
| TOT PROF | | 13.8 | | 32.2 | | 34.0 | | 18.4 32.5 |

IRRIGATION (CMD)
3
DAY 163,163,213,
AMOUNT 42

| WATER BALANCE COMPONENTS CUMULATIVE AFTER GERMINATION | | | | | | | | |
|---|-----|-------------|---------|------|-------|------|-------|-------|
| DATE | DAY | | BIOMASS | LAI | ET | ES | EP | PREC |
| 5/2/93 | 122 | SOWING | | | | | | |
| 5/3/93 | 123 | GERMIN. | | | 14.8 | 14.8 | .0 | 40.0 |
| 5/6/93 | 126 | EMERG. | | | 2.1 | 2.1 | .0 | .0 |
| 6/1/93 | 152 | END JUV. | 121. | 1.67 | 77.9 | 26.1 | 51.8 | 46.0 |
| 6/7/93 | 158 | TAS. INIT. | 240. | 2.86 | 117.8 | 29.1 | 88.7 | 46.0 |
| 7/11/93 | 192 | 75% SILK | 1517. | 5.69 | 332.2 | 49.7 | 282.5 | 232.0 |
| 7/20/93 | | BEG. GR. F. | 1603. | 4.33 | 348.5 | 53.3 | 295.2 | 232.0 |
| 9/1/93 | | END GR. F. | 1723 | .63 | 390.1 | 73.7 | 316.4 | 312.0 |
| 9/4/93 | | PHYS. MAT. | 1723 | .63 | 390.1 | 73.7 | 316.4 | 312.0 |

Cuadro B.1.....Continuación

| | PREDICTED VALUES | | MEASURED VALUES |
|-----------------|------------------|------|-----------------|
| SILKING DAY | 192 | | 191 |
| MATURITY DAY | 247 | | 245 |
| GRAIN KG/HA 15% | 3750 | | 9563 |
| KERN WT G. DRY | .1704 | | .3450 |
| FINAL GPSM | 1860 | | 0. |
| GRAINS/EAR | 332. | | 668. |
| LAI AT SILKING | 5.69 | | 2.90 |
| BIOMASS KG/HA | 17227 | | 14215 |
| | | | |
| GROWTH STAGE | CSD1 | CSD2 | |
| 1 | .00 | .00 | |
| 2 | .00 | .00 | |
| 3 | .00 | .01 | |
| 4 | .66 | .77 | |
| 5 | .87 | .88 | |

Cuadro B.2 Salida del programa de la simulación de comportamiento de la línea AN-7 en San Pedro de las Colonias Coahuila.

CERES MAIZE OUTPUT SUMMARY

TORREON, 1994 SW= IRR PROGRAM BEGINS DAY 188
 CULTIVAR an-7 POPULATION (PLANTS/M2) 5.60

GENETIC CONSTANTS

| | | | | |
|-----------|--------|-----------|-----------|---------|
| P1 580.00 | P2 .52 | P5 ***** | G2 368.00 | G3 4.50 |
| SALB .15 | U 7.0 | SWCON .30 | CN2 60. | |

| DEPTH-CM | LL | DUL | SAT | ESW | SW | WR |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 0- 15. | .150 | .350 | .370 | .200 | .350 | .930 |
| 15. - 30. | .150 | .350 | .370 | .200 | .350 | .750 |
| 30. - 48. | .150 | .350 | .370 | .200 | .350 | .420 |
| 48. - 68 | .150 | .350 | .370 | .200 | .350 | .150 |
| 68. - 92 | .150 | .350 | .370 | .200 | .350 | .050 |
| TOT PROF | 13.8 | 32.2 | 34.0 | 18.4 | 32.2 | |

IRRIGATION (CMD)
 3
 DAY 163,183,213
 AMOUNT 42

WATE BALANCE COMPONENTS CUMULATIVE AFTER GERMINATION

| DATE | DAY | BIOMASS | LAI | ET | ES | EP | PREC | PES |
|---------|-----|------------|------|------|-------|------|-------|-----|
| 4/28/93 | 118 | SOWING | | | | | | |
| 4/29/93 | 119 | GERMIN | | 10.3 | 10.3 | .0 | 40.0 | 16 |
| 5/ 3/93 | 123 | EMERG | | 4.4 | 4.4 | .0 | .0 | 17 |
| 6/ 6/93 | 157 | END JUV. | 269. | 3.13 | 129.5 | 32.8 | 96.7 | 7 |
| 6/12/93 | 163 | TAS. INIT. | 472. | 4.83 | 167.4 | 35.4 | 132.1 | 3 |
| 7/22/93 | 203 | 75% SILK | 1670 | 3.91 | 361.6 | 54.6 | 307.1 | 1 |
| 7/31/93 | 212 | BEG. GR. F | 1760 | 2.88 | 377.5 | 61.8 | 315.6 | -1 |
| 9/18/93 | 261 | END GR. F | 1793 | .26 | 396.6 | 73.8 | 322.7 | 0 |
| 9/21/93 | 264 | PHYS. MAT | 1793 | .26 | 396.6 | 73.8 | 322.7 | 0 |

Cuadro B.2.....Continuación

| | PREDICTED VALUES | MEASURED VALUES |
|-----------------|------------------|-----------------|
| SILKING DAY | 203 | 203 |
| MATURITY DAY | 264 | 263 |
| GRAIN KG/HA 15% | 1377. | 1280. |
| KERN WT G DRY | .0987 | .2500 |
| FINAL GPSM | 1179. | 0. |
| GRAING/EAR | 211. | 235. |
| LAI AT SILKING | 3.91 | 2.80 |
| BIOMASS KG/HA | 17929. | 13215. |

| GROWTH STAGE | CSD1 | SCD2 |
|--------------|------|------|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | .00 | .01 |
| 3 | .21 | .24 |
| 4 | .77 | .81 |
| 5 | .95 | .95 |

Cuadro B.3 Salida del programa de la simulación de crecimiento de maíz
SSE-255-18-19 X MLS4-1 en San Francisco
Rincón Guanajuato.

CERES MAIZE OUTPUT SUMMARY

GUANAJUATO 1994 SW=UL, IRR PROGRAM BEGINS DAY 152

CULTIVAR SSE-255-18-19 X MLS4-1 POPULATION (PLANTS/M2) 5

GENETIC CONSTATS

P1 467.00 P2 .52 P5 883.00 G2 730.00 G3 10.000

SALB .14 U 6.0 SWCON .30 CN2 60.0

| DEPTH-CM | LL | DUL | SAT | ESW | SW | WR |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 0. - 15. | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | .930 |
| 15. - 30. | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | .700 |
| 30. - 50. | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | .320 |
| 50. - 70. | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | .100 |
| 70. - 94. | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | .050 |
| TOT PROF | 15.0 | 29.6 | 34.8 | 14.6 | 29.6 | |

IRRIGATION (MMD)

2
152,237
AMOUNT 32.

WATER BALANCE COMPONENTS CUMULATIVE AFTER GERMINATION

| DATE | DAY | | BIOMASS | LAI | ET | ES | EP | PREC | PE |
|----------|-----|-----------|---------|------|-------|-------|-------|--------|----|
| 6/ 6/93 | 157 | SOWING | | | | | | | |
| 6/ 7/93 | 158 | GERMIN. | | | 14.3 | 14.3 | .0 | | .0 |
| 6/11/93 | 162 | EMERG. | | | 14.5 | 14.5 | .0 | 149.9 | |
| 7/12/93 | 193 | END JUV. | 126. | 1.72 | 119.8 | 81.3 | 38.4 | 584.1 | |
| 7/17/93 | 198 | TAS. INIT | 198. | 2.46 | 141.4 | 89.7 | 51.7 | 729.7 | |
| 8/26/93 | 238 | 75% SILK | 1467. | 5.35 | 351.9 | 121.3 | 230.6 | 1108.1 | |
| 9/ 9/93 | 252 | BEG GR F | 1775. | 4.76 | 409.0 | 128.3 | 280.7 | 1192.5 | |
| 11/17/93 | 321 | END GR F | 2774. | .91 | 577.4 | 160.3 | 417.1 | 1365.2 | |
| 11/22/93 | 326 | PHYS. MAT | 2774 | .91 | 577.4 | 160.3 | 417.1 | 1365.2 | |

Cuadro B.3.....Continuación

| | PREDICTED VALUES | | MEASURED VALUES |
|-----------------|------------------|------|-----------------|
| SILKING DAY | 238 | | 239 |
| MATURITY DAY | 326 | | 319 |
| GRAIN KG/HA 15% | 14648. | | 12291. |
| KERN WT DRY | .3761 | | .3750 |
| FINAL GPSM | 3291. | | 0. |
| GRAINS/EAR | 588. | | 621. |
| LAI AT SILKING | 5.35 | | 3.10 |
| BIOMASS KG/HA | 27739 | | 17119. |
| GROWTH STAGE | CSD1 | CSD2 | |
| 1 | .00 | .00 | |
| 2 | .00 | .00 | |
| 3 | .00 | .00 | |
| 4 | .00 | .00 | |
| 5 | .45 | .48 | |

Cuadro B.4 Salida del programa de simulación en la AN-7 en San Francisco del Rincón Guanajua

CERES MAIZE OUTPUT SUMMARY
 GUANAJUATO 1994 SW=UL, IRR PROGRAM BEGINS DA

CULTIVAR AN-7 POPULATION C PLANTS/M

| | | GENETIC CONSTANTS | | | | | | |
|----------|-----|-------------------|------|-------|--------|------|--------|----|
| P1 | 467 | P2 | .32 | P5 | 883.00 | G2 | 330.00 | G3 |
| SALB | .14 | U | 6.0 | SWCON | .30 | CN2 | | |
| DEPTH-CM | | LL | DUL | SAT | ESW | SW | | |
| 0.- | 15 | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | | |
| 15.- | 30 | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | | |
| 30.- | 50 | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | | |
| 50.- | 70 | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | | |
| 70.- | 94 | .160 | .315 | .370 | .155 | .315 | | |
| TOT PROF | | 15.0 | 29.6 | 34.8 | 14.6 | 29.6 | | |

IRRIGATION (CMD)
 2
 152,237
 AMOUNT 32.

| | | WATER BALANCE COMPONENTS | | | CUMULATIVE AFTER GERMINAT | | |
|----------|-----|--------------------------|-------|------|---------------------------|-------|----------|
| DATE | DAY | BIOMASS | LAI | ET | ES | EP | PRE |
| 6/ 1/93 | 152 | SOWING | | | | | |
| 6/ 2/93 | 153 | GERMIN | | 8.9 | 8.9 | .0 | |
| 6/ 6/93 | 157 | EMERG | | 4.7 | 4.7 | .0 | |
| 7/ 6/93 | 187 | END JUV | 135. | 1.82 | 113.3 | 71.9 | 41.5 4 |
| 7/11/93 | 192 | TAS.INIT | 200. | 2.47 | 135.0 | 80.0 | 55.0 5 |
| 8/20/93 | 232 | 75% SILK | 1469. | 5.36 | 346.4 | 111.7 | 234.7 10 |
| 9/ 2/93 | 245 | BEG GR.F | 1762 | 4.8 | 399.2 | 118.1 | 281.1 11 |
| 11/8/93 | 312 | END GR F | 2259 | 1.39 | 597.3 | 155.1 | 442.2 13 |
| 11/12/93 | 316 | PHYS MAT | 2259 | 1.39 | 597.3 | 155.1 | 442.2 13 |

Cuadro B.4.....Continuación

| | PREDICTED VALUES | MEASURED VALUES |
|-----------------|------------------|-----------------|
| SILKING DAY | 232 | 242 |
| MATURITY DAY | 316 | 326 |
| GRAIN KG/HA 15% | 6492. | 1291. |
| KERN WT G DRY | .3698 | .3750 |
| FINAL GPM | 1483. | 0. |
| GRAINS/EAR | 285. | 621. |
| LAI AT SILKING | 5.36 | 3.10 |
| BIOMASS KG/HA | 22585. | 7219 |

| GROWTH STAGE | CSD1 | CSD2 |
|--------------|------|------|
| 1 | .00 | .00 |
| 2 | .00 | .00 |
| 3 | .00 | .00 |
| 4 | .00 | .00 |
| 5 | .34 | .37 |
