

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

---

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**



**ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE  
TEOCINTLE (*Zea spp.*) EN MEDIAS Y VARIANZAS DE  
VARIETADES SINTÉTICAS DE MAÍZ**

**T E S I S**

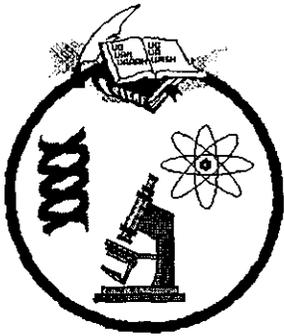
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**JOSÉ MIGUEL PADILLA GARCÍA**

**ZAPOPAN, JALISCO. SEPTIEMBRE DE 2001**



# POSGRADO INTERINSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES

## PICAF

Esta tesis titulada "Estimación del efecto de diferentes fuentes de teocintle (*Zea spp.*) en medias y varianzas de variedades sintéticas de maíz" fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:



UAA



UAAAN



UdeC



UdeG



UMSNH

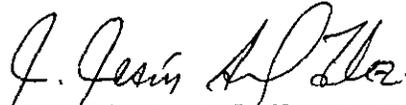


UAN

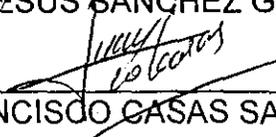
### MAESTRIA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

#### CONSEJO PARTICULAR

TUTOR:

  
DR. JOSE DE JESUS SANCHEZ GONZALEZ

ASESOR:

  
DR. JUAN FRANCISCO CASAS SALAS

ASESOR:

DR. JOSE LUIS RAMIREZ DIAZ

ASESOR:

  
DR. MARIO AGUIZAR SANMIGUEL

ASESOR:

DR. MARIO ABEL GARCIA VAZQUEZ

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Guadalajara, que con su mística propia permite la superación de los hombres y por tanto de la sociedad.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias por las facilidades otorgadas para desarrollar esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo financiero obtenido a través del proyecto 1588 PB, para el desarrollo de esta investigación.

A la Fundación Produce Jalisco, por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. José de Jesús Sánchez González, por su paciencia e interés en lograr sacar adelante al alumno y la investigación, además de su valiosa experiencia y capacidad en el desarrollo de la investigación.

Al Dr. José Luis Ramírez Díaz, por su empeño y gran dedicación en el desarrollo de esta investigación, así como sus sugerencias y correcciones tanto al trabajo como al desempeño y madurez del investigador.

Al Dr. Juan Francisco Casas Salas, que además de ser paciente, con su alumno y amigo, me entusiasmo por ingresar al posgrado y salir adelante.

Al Dr. José Ron Parra y al Ing. Chuela Bonaparte, por su valiosa ayuda.

A mis maestros de la maestría a quienes les aprendí y les debo gran respeto, ya que hacen cumplir la misión de la Universidad con verdadera enseñanza y real aprendizaje.

A Germán Rodríguez, a Chuy Franco, a mi comadre Juanita Pérez Cisneros, a sus hijas Norma y Laura, mi ahijada, por su valiosa ayuda en las diferentes etapas de toma de datos. Gracias

A Imelda Pérez Navarro, a Ana Luisa Lomelí, a Mayra Fabiola, a Jorge Domínguez García, mi ahijado, por la captura de los más de 80,000 datos. Gracias

A mis amigos del CIPROS, Sonia Gómez Covarrubias, Luis Javier Arellano Rodríguez, Adriana Avendaño López, Elías Sandoval Islas, y mis amigos del IMAREP, Lino de la Cruz Larios, Moisés Morales Rivera.

## **DEDICATORIAS**

A Dios, gloria y alabanzas por siempre.

A mi esposa Beatriz Pérez Cisneros, por la paciencia y el apoyo en los tiempos difíciles para ambos, que nos hizo madurar como pareja que comparte toda una vida.

A mi madre María Carmen García Herrera, que su alegría y felicidad nunca se agoten.

A mi abuela materna Magdalena Herrera Arias y a mi abuelo paterno José Padilla Rivera, quienes partieron de este mundo y no alcanzaron a ver a su nieto graduado, y gocen en plenitud en la presencia de Dios.

A mis hermanos: Silvia Berenice, Sabino, Alejandro, Oscar, Sergio, Juan y María del Carmen. Apoyen y animen a sus hijos, con grande amor, a preparar su futuro, ya.

A todos mis sobrinos, espero que pronto superen a éste su tío en estudio académico y lo que venga por delante.

A mis amigos Pbro. Alberto González Siordia, Salvador González Luna, José Sánchez Martínez, por apoyarme cuando desfallecía, en mi persona tienen un amigo.

A mis maestros, baluartes y pilares de esta institución universitaria.

**A TODOS MUCHAS GRACIAS**

## CONTENIDO

	Página
Índice de Cuadros	iii
Índice de Figuras	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Uso de especies silvestres en el mejoramiento genético de cultivos	5
2.2. Uso de especies silvestres en el mejoramiento genético del maíz	5
2.3. Variedades sintéticas	7
2.4. Pruebas de medias y varianzas	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1. Material genético	11
3.2. Ambientes de prueba	15
3.3. Diseño experimental	16
3.4. Variables medidas	17
3.5. Análisis estadístico	19
3.5.1. Análisis de varianza y comparación de medias	19
3.5.2. Pruebas de homogeneidad de varianzas	21
3.5.3. Prueba de homogeneidad de matrices de varianzas-covarianzas	22
IV. RESULTADOS	24
4.1. Análisis de varianza combinado	24
4.1.1. Diseño factorial	24
4.1.2. Comparación de medias	26
4.1.3. Análisis de varianza combinado incluyendo testigos	27

	Página
4.1.4. Comparación de medias de tratamientos	31
4.2. Pruebas de homogeneidad de varianzas	32
4.2.1. Tlajomulco	33
4.2.1.1. Distribuciones de frecuencia	37
4.2.1.2. Homogeneidad de matrices de varianzas–covarianzas	44
4.2.2. Ameca	45
4.2.2.1. Distribuciones de frecuencia	48
4.2.2.2. Homogeneidad de matrices de varianzas – covarianzas	56
4.2.3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett para generaciones dentro de fuentes de germoplasma de teocintle	56
V. DISCUSIÓN	60
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
VII. BIBLIOGRAFÍA	65
APÉNDICE	72

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Líneas de maíz y los híbridos que forman.	11
2.	Poblaciones de teocintle.	12
3.	Grupos de líneas obtenidas con germoplasma de teocintle.	13
4.	Formación de cruzas dialélicas con germoplasma de teocintle raza Mesa Central.	13
5.	Análisis de varianza combinado para el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos.	20
6.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para fuentes de teocintle y generaciones. Tlajomulco y Ameca, Jal.	25
7.	Medias por planta para rendimiento de grano, componentes de rendimiento y variables agronómicas de fuentes de germoplasma de teocintle a través de generaciones. Tlajomulco y Ameca, Jal.	28
8.	Medias por planta para rendimiento de grano, componentes de rendimiento y variables agronómicas de generaciones a través de fuentes de germoplasma de teocintle. Tlajomulco y Ameca, Jal.	28
9.	Cuadrados medios del análisis de varianza combinado incluyendo testigos. Tlajomulco y Ameca, Jal.	29
10.	Medias de tratamientos a través de localidades para rendimiento de grano, sus componentes y caracteres agronómicos. Tlajomulco y Ameca, Jal.	30
11.	Varianzas por tratamiento. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.	34
12.	Valores de $X^2_c$ de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Rendimiento de grano y sus componentes. Tlajomulco, Jal.	35
13.	Valores de $X^2_c$ de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Caracteres agronómicos. Tlajomulco, Jal.	36
14.	Valores del logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas-covarianzas de 10 variables estudiadas. Tlajomulco, Jal.	44
15.	Varianzas por tratamiento. Ameca, Jal.	45
16.	Valores de $X^2_c$ de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Rendimiento de grano y sus componentes. Ameca, Jal.	47

Cuadro		Página
17.	Valores de $\chi^2_c$ de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Caracteres agronómicos. Ameca, Jal.	48
18.	Valores del logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas-covarianzas de 10 variables estudiadas. Ameca, Jal.	56
19.	Valores calculados de $\chi^2_c$ de la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas. Tlajomulco y Ameca, Jal.	57
A1.	Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Rendimiento de grano y sus componentes. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.	73
A2.	Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Rendimiento de grano y sus componentes. Ameca, Jal.	73
A3.	Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Caracteres agronómicos. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.	74
A4.	Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Caracteres agronómicos. Ameca, Jal.	74
A5.	Medias por parcela de Tlajomulco de Zúñiga, Jal. Promedio de 20 plantas por tratamiento.	77
A6.	Medias por parcela de Ameca, Jal. Promedio de 20 plantas por tratamiento.	79
A7.	Varianzas por generación en orden descendente. Rendimiento de grano, sus componentes y caracteres agronómicos. Tlajomulco de Zúñiga y Ameca, Jal.	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Diagrama general de la obtención y avance de los sintéticos de maíz conteniendo 12.5% de teocintle.	14
2.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>2</sub> . Tlajomulco, Jal.	38
3.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>3</sub> . Tlajomulco, Jal.	39
4.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>4</sub> . Tlajomulco, Jal.	40
5.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>2</sub> . Tlajomulco, Jal.	41
6.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>3</sub> . Tlajomulco, Jal.	42
7.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>4</sub> . Tlajomulco, Jal.	43
8.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>2</sub> . Ameca, Jal.	50
9.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>3</sub> . Ameca, Jal.	51
10.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta <sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>4</sub> . Ameca, Jal.	52

Figura		Página
11.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>2</sub> . Ameca, Jal.	53
12.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>3</sub> . Ameca, Jal.	54
13.	Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F <sub>4</sub> . Ameca, Jal.	55

## RESUMEN

Se ha considerado que las variedades sintéticas (VS) son bastante estables y de bajos requerimientos de insumos, pueden ser utilizadas en programas de mejoramiento genético para formar nuevas variedades, o como poblaciones para derivar líneas progenitoras de híbridos superiores. Es importante conocer e incrementar su media y su varianza, parámetros de referencia que utiliza el mejorador para seleccionar la mejor población y definir el programa de selección. Las especies silvestres contienen genes que pueden incrementar significativamente los rendimientos de las especies modernas cultivadas. El objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de seis fuentes de teocintle en los parámetros poblacionales de variedades sintéticas de maíz, medias y varianzas, a través de generaciones de recombinación. La evaluación de las VS se realizó el ciclo primavera-verano (PV) de 1998 en Tlajomulco y Ameca, Jal. Los tratamientos se sembraron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se hicieron análisis de varianza por localidad y combinando localidades. La comparación de medias de generaciones y fuentes de teocintles se hizo aplicando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). Se realizaron pruebas de homogeneidad de varianzas fenotípicas por variable y por localidad y fueron la prueba rápida de Hartley para heterogeneidad de varianzas, la prueba clásica de homogeneidad de varianzas de Bartlett, y la prueba de homogeneidad de matrices de varianzas-covarianzas. Los resultados obtenidos muestran que ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos significativos en la media de rendimiento de grano o sus componentes de los sintéticos, a pesar de que los sintéticos con germoplasma de teocintle no lograron superar la media del sintético original. Las fuentes JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) parecen ser prometedoras para usarse en programas de mejoramiento de áreas subtropicales, se encontró que las varianzas entre

generaciones y localidades no son muy consistentes, y si se pudo mostrar que las fuentes de teocintle afectan los niveles de variabilidad y en varios casos superan significativamente a los materiales originales. Un aspecto importante es que con el estudio de plantas individuales fue posible detectar, aunque no en altas proporciones, plantas con buen potencial y características deseables en los sintéticos con germoplasma de teocintle. sin desviaciones significativas la media y la varianza.

### ABSTRACT

It is considered that synthetic varieties are stable and they require of low inputs. They can also be used in programs of genetic improvement to form new varieties, and to derive lines progenitors of superior hybrids. Also it is important to know and to increase their means and their variances, reference parameters important to breeders in order to select the best population and to define the selection program methods. Wild relatives of crops are potential sources for increasing genetic diversity, resistance to adverse environmental factors, and economic yield. In the case of teosinte (*Zea spp.*), the closest relative of maize (*Zea mays* L.), there are encouraging results for using it in improving maize elite lines; but there is less information about using maize populations containing teosinte germplasm as a potential source in maize improvement. This research was conducted in order to estimate the effect of six sources of teosinte on population parameters (means and variances) through three generations of recombination. Seven synthetics and their generations  $F_2$ ,  $F_3$ , and  $F_4$  were evaluated in Tlajomulco and Ameca, Jalisco, Mexico on irrigation and rainfed conditions, respectively. The experiment was designed as randomized complete block design with four replications. Treatments were arranged as factorial with teosinte sources and generations as factors. Means and phenotypic variances were calculated for each population, and tests for homogeneity of

variances were performed to determine if the observed variances were equal for each treatment. Based on results, none of the germplasm teosinte sources caused significant increases in grain yields and its components, when they were compared to original population. The most promising teosinte sources for using in maize improvement for subtropical areas were JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) and ZD (*Zea diploperennis*). Although variances between generations and locations were not consistent, teosinte sources were capable to modify positively genetic variability for some variables, because variances were greater than those obtained in the original synthetic.

## I. INTRODUCCIÓN

México está entre las regiones de mayor diversidad biológica del mundo, y está considerado como centro de origen de varios cultivos de importancia mundial, dentro de ellos está el maíz. Cerca del 60 % de las especies son endémicas, entre ellas, varios parientes silvestres del maíz, conocidos colectivamente como teocintle (*Zea spp*). El teocintle, es considerado el pariente silvestre más cercano del maíz. El teocintle es considerado fuente potencial de genes "nuevos" que pueden ser transferidos al maíz y formar nuevas poblaciones de maíz con potencial de ser mejorados.

Las actividades en recursos fitogenéticos (RF) se asocian por lo general a la recolección y almacenamiento, sin embargo, la caracterización y evaluación les confieren valor genético para su utilización en los programas de mejoramiento de los principales cultivos. Los parientes silvestres de los cultivos de los cuales obtenemos el alimento, son una categoría de RF, los cuales pueden contribuir a disminuir la vulnerabilidad genética, al identificar genes con caracteres convenientes nuevos.

El valor genético y agronómico que el mejorador les confiere a los RF está en su potencial evolución (Bellon y Smale, 1998). Las especies silvestres juegan un papel importante para la sobrevivencia y evolución de los cultivos. Gran parte de la variabilidad existente en varios cultivos se ha mantenido por la introgresión continua de las especies silvestres emparentadas (Jarvis y Hodgkin, 1999).

El maíz en México tiene gran importancia nacional como fuente generadora de alimento para los más de 90 millones de mexicanos, y es el cultivo más importante por la superficie que se siembra. En el año 2000 se cosecharon 8.661

millones de hectáreas, las cuales produjeron un total de 18.760 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 2.16 t/ha. Para su cultivo se utilizan diferentes clases de semilla como lo son los híbridos, las variedades criollas, las semillas de generaciones avanzadas, las mezclas de semillas y las variedades sintéticas (VS), entre otras.

Desde el punto de vista del mejoramiento genético, una VS se considera una población genéticamente heterogénea, lo cual le permite tener potencial para iniciar un programa de mejoramiento.

El mejorador de plantas busca estrategias para incrementar la variabilidad de los cultivos, siendo una de estas estrategias la formación de variedades sintéticas, para formar poblaciones para programas de selección recurrente con amplia base genética y derivar líneas para programas de hibridación (Casas *et al.*, 2001).

Para tratar de ampliar la base genética de una VS de maíz, se han utilizado en los programas de mejoramiento genético materiales con diferente origen geográfico. Sin embargo, una alternativa que se ha utilizado muy poco para incrementar la diversidad genética en la población que se va a utilizar con fines de mejoramiento, es el uso de las especies silvestres o relacionadas; esto a pesar de que se ha demostrado que son una fuente potencial de genes y de que se logran cambios en algunos caracteres de importancia en el maíz cultivado (Sehgal, 1963; Lambert y Leng, 1965; Nault y Findley, 1982; Galinat, 1985; Chuela, 1999; Casas, 2000).

El temor a utilizar los RF emparentados quizá se deba a que los materiales silvestres pueden tener genes indeseables que dan resultados poco alentadores en las poblaciones segregantes, (CIMMYT, 1997). Una estrategia es transferir genes

deseables de razas criollas y silvestres donadoras hacia líneas élite, y se lleva a cabo mediante la retrocruza, eliminando caracteres no deseables y repitiendo este proceso hasta lograr la introgresión de genes deseados en poblaciones base de alto rendimiento y aceptables agronómicamente (Chuela, 1999; Casas, 2000).

La variabilidad de cualquier población de maíz puede ser medida por la varianza, por lo que el mejorador busca variedades y colectas que tengan la mayor varianza (Valle, 1979). Para el mejorador de plantas los parámetros de referencia de la variabilidad genética de sus poblaciones son la media y la varianza, parámetros estadísticos que dan idea del grado de expresión del carácter y la diversidad genética de sus poblaciones.

A través de la selección el mejorador busca incrementar la media del carácter deseado, mientras que con la varianza poblacional, observa la amplitud de la variabilidad y puede estimar la probabilidad de seleccionar los genotipos deseados. Definidos los parámetros anteriores, el mejorador establece el método de mejoramiento a seguir.

Los objetivos de esta investigación fueron:

- a) estimar el efecto de diferentes fuentes de teocintle en medias y varianzas a través de generaciones de recombinación en variedades sintéticas de maíz,
- b) estimar el efecto de diferentes fuentes de teocintle en medias y varianzas de los caracteres de rendimiento de grano y sus componentes y características agronómicas en variedades sintéticas de maíz, y

c) estimar el efecto de recombinación genética a través de las generaciones  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  en el sintético original y los sintéticos conteniendo teocintle.

La hipótesis de trabajo fue que el germoplasma de teocintle puede contribuir a incrementar la variabilidad genética del maíz cultivado.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Uso de especies silvestres en el mejoramiento genético de cultivos.

Las especies silvestres contienen genes que pueden incrementar significativamente el rendimiento de las especies modernas cultivadas y enriquecer el la base genética que existe en las especies cultivadas (Tanksley y McCouch, 1997).

Smale y McBride (1996) definieron la diversidad genética como la variación o potencial de variación, entre todas las secuencias de genes, conocidos y desconocidos que controlan el desarrollo biológico del cultivo y como expresión en variación morfológica, que confiere aspectos estéticos, rituales y de cultura.

Las especies silvestres son consideradas fuente de genes de mayor importancia para resistencia a factores adversos; como ha sido demostrado en *Lycopersicon pimpinellifolium* en la modificación de caracteres de fruto de *Lycopersicon esculentum* (Tanksley y Nelson 1996); en la transferencia de genes de *Aegilops tauschii* a trigo (*Triticum aestivum*), para la resistencia a enfermedades y plagas (Murphy *et al.*, 1997); y el uso de genes provenientes de *Arachis cardenasii* como fuente de resistencia a diversas enfermedades del cacahuete *Arachis hypogaea* (García *et al.*, 1995).

### 2.2. Uso de especies silvestres en el mejoramiento genético del maíz

Reeves (1950) en un estudio utilizando teocintle para el mejoramiento de líneas de maíz, encontró que la incorporación de teocintle, en algunas líneas

texanas de maíz puede mejorarles ciertas características como tolerancia al calor y a la sequía.

Lambert y Leng (1965), encontraron que para granos por hilera y peso de grano por planta hubo diferencias entre las fuentes de teocintle que usaron y que están geográficamente alejadas, así mismo, encontraron diferencias en poblaciones de teocintle que pueden estar correlacionadas por el origen geográfico de los teocintles en estudio.

Nault y Findley (1982) señalaron que *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán tiene un gran potencial de resistencia, tanto inmune como tolerante, a varios virus y micoplasmas que atacan el maíz, y además, son fuentes únicas a nivel mundial. También este teocintle perenne ha mostrado tener potencial para el mejoramiento del maíz en características asociadas con la mazorca, como son incremento en el número de mazorcas por planta y mayor tolerancia al acame de raíz (Srinivasan y Brewbaker, 1999).

El germoplasma algunas de las veces se clasifica utilizando taxonomía numérica, con propósitos de caracterización cromosómica, al respecto Sánchez *et al.*, (1998) hicieron el análisis de frecuencias de nudos cromosómicos y encontraron que los teocintles de las partes bajas de Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco no son uniformes en cuanto su composición de nudos cromosómicos, sino que forman poblaciones claramente distinguibles entre sí por las frecuencias de ciertos nudos, por los patrones de distribución de frecuencias de nudos individuales y por las frecuencias de nudos específicos. Así mismo, Chalco y Mesa Central, teocintles de la parte alta de México, son diferentes entre sí.

Estudios recientes han demostrado que la incorporación de germoplasma de teocintle modifica positivamente caracteres de herencia cuantitativa en líneas élite de maíz, como son: incremento en el rendimiento de grano, en número de mazorcas por planta, en aspecto de planta, en vigor y sanidad de planta y mazorca y en precocidad de las líneas recobradas. (Chuela, 1999; Casas, 2000)

Chuela (1999) señala la importancia de incorporar o transferir germoplasma de teocintle a líneas de maíz, obteniendo cambios favorables en los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE); además de su potencial utilización en programas de mejoramiento para la selección de progenitores y cruza específicas. Por su parte Casas (2000) concluyó que el uso del teocintle en el mejoramiento genético de líneas elite de maíz, se obtienen modificaciones significativas en medias de caracteres de importancia económica y en incremento de variabilidad.

Chuela (1999) obtuvo respuestas diferenciadas para líneas de maíz y fuentes de teocintle, y Casas (2000) encontró que las razas de teocintle Balsas (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) modificó en mayor grado el rendimiento de grano y sus componentes en líneas de maíz, en especial la fuente JAL. Por su parte el teocintle raza Chalco (CH) y raza Mesa Central (MC) clasificadas como *Zea mays* ssp. *mexicana*, confirieron precocidad al maíz.

### **2.3. Variedades sintéticas.**

Las variedades sintéticas (VS) son generaciones avanzadas de un híbrido múltiple, incrementado después por polinización libre (Sprage, 1955). Estas variedades se forman entrecruzando en todas sus combinaciones híbridas posibles,

un número de genotipos (líneas) seleccionados por su buena aptitud combinatoria general, con el subsecuente mantenimiento de la variedad de polinización libre (Allard, 1960).

Las características que deben reunir son primeramente que puedan formarse de mezclas de semillas de plantas seleccionadas, o de mezcla de diferentes líneas autofecundadas. El resultado fenotípico de una VS será más variable que el de un híbrido, lo cual le confiere mayor estabilidad a través de ambientes, ya que éstas son heterogéneas porque están formadas por genotipos heterocigotos (Chávez y López, 1987).

Las variedades sintéticas de maíz deben tener características de adaptabilidad que les permitan abarcar con ventaja condiciones ambientales y sistemas de cultivos restrictivos tanto para los híbridos, que requieren de las mejores condiciones ambientales y de producción, como para las variedades criollas, que normalmente superan a los híbridos en condiciones ambientales intermedias y desfavorables, y donde el sintético es superior bajo estas condiciones al criollo (Márquez *et al.*, 1983).

Para la formación de una variedad sintética se deben utilizar líneas altamente endogámicas y seleccionadas para formar híbridos, las cuales serán aptas para la formación de VS de alto rendimiento y éstas a su vez puedan usarse como fuentes superiores de germoplasma en el mejoramiento poblacional. Estas líneas bien pueden seleccionarse a través de ensayos internacionales de pruebas de progenies en diferentes localidades, que tengan mayor potencial de rendimiento, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, metodología de trabajo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), (Vasal *et al.*, 1983;

Srinivasan, 1994, Vasal *et al.*, 1994). O bien como en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) donde la formación de los sintéticos se realiza a partir de la combinación de líneas endogámicas élite de programas propios de mejoramiento genético de maíz, para realizar una recombinación de las mejores características genéticas y de ahí derivar en material segregante potencialmente superior y crear a la par variedades de polinización libre (VPL's) adaptadas y mejoradas de acuerdo a las condiciones prevaecientes del agro mexicano, (Ron y Ramírez, 1991, Ramírez *et al.*, 1995a; Ramírez *et al.*, 1995b; Ramírez *et al.*, 1995c; Ramírez *et al.*, 1996).

#### **2.4. Pruebas de medias y varianzas**

Las medias y las varianzas son las propiedades o parámetros genéticos a observar en una población en relación con un carácter cuantitativo (Falconer, 1986)

Los estimadores de parámetros genéticos en poblaciones de maíz son usados como guía para seguir con eficacia los procedimientos de mejoramiento genético para el mejor desarrollo de los caracteres cuantitativos inherentes (Márquez-Sánchez y Hallauer, 1970).

Las pruebas que permiten comparar cada par de sintéticos para decidir si las varianzas que presentan son o no homogéneas, se llevan a cabo a partir de muestras de las varianzas de las poblaciones ( $s_i^2$ ), las cuales son los estimadores de las varianzas poblacionales ( $\sigma_i^2$ ). De las pruebas de homogeneidad de varianzas disponibles en la literatura sobresalen:

- a) La prueba rápida de Hartley para heterogeneidad de varianzas o prueba de  $F_{\text{máxima}}$  de Hartley. Es un cálculo para determinar si existe homogeneidad en las varianzas con valor de  $F_{\text{máx.}}$  (Hartley, 1950),
- b) La prueba de Bartlett para homogeneidad de varianza. En esta prueba los tamaños de muestra en cada uno de los tratamientos necesitan ser iguales, (Snedecor y Cochran, 1967; Valle, 1979),
- c) Prueba para homogeneidad de varianzas de Cochran, prueba relativamente simple desarrollada por Cochran. Así mismo los autores señalan que la prueba sirve cuando se espera que los tratamientos afecten la varianza (Snedecor y Cochran, 1967), y
- d) Prueba de homogeneidad de matrices de varianzas–covarianzas, desarrollando el análisis multivariado, propuesta por Bartlett en 1947 y refinada por Box en 1949 (Morrison, 1978), en que la respuesta simultánea de una unidad experimental con todas las variables, es considerada como una respuesta que generalmente contiene más información acerca de los efectos totales de los tratamientos sobre una serie de respuestas consideradas aisladamente.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Material genético

El material genético utilizado en este estudio fueron las generaciones avanzadas ( $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ ) de siete variedades sintéticas de maíz, seis de ellas conteniendo una fuente diferente de teocintle y la variedad sintética testigo (sin teocintle). Los sintéticos se integraron a partir de seis líneas endogámicas élite de maíz; cinco de ellas (LPC1, LPC2, LPC5, LPC18 y LPC21) son líneas subtropicales obtenidas en el Programa de Maíz del Campo Experimental Centro de Jalisco, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la sexta es una versión blanca de la línea de origen templado Mo17 W formada en los EEUU (Cuadro 1). Las líneas fueron descritas por Ramírez *et al.* (1995a y 1995b) y Casas (2000).

Cuadro 1. Líneas de maíz y los híbridos que forman.

Líneas	Híbridos
LPC1	H – 315
LPC2	Experimental REMACO – 7
LPC5	H – 316 y H – 317
LPC18	H – 357, H – 359, H – 360
LPC21	H – 358, H – 359
Mo17w	B73 x Mo17

A continuación se describe el proceso para la obtención del material genético usado en el presente trabajo. Para la obtención de las variedades sintéticas, cada línea de maíz se cruzó con las seis fuentes de teocintle siguientes: a) dos poblaciones de *Zea mays ssp. mexicana* (Schrader) Illis, colectadas en Chalco, Edo.

de Méx. (CH) y Churintzio, Mich. (MC); b) tres poblaciones de *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley, colectadas en La Lima, Jal. (JAL), Mazatlán, Gro. (MAZ) y San Cristóbal Honduras, Oax. (OAX), y c) una población de *Zea diploperennis* Iltis, Doebley & Guzmán, colectada en Las Joyas, Jal. (ZD). Las poblaciones de teocintle seleccionadas representan la diversidad genética conocida en México, y en su elección se consultó la información disponible relacionada a isoenzimas, morfología, distribución geográfica y nudos cromosómicos (Doebley *et al.*, 1984; Smith *et al.*, 1982; Sánchez *et al.*, 1998). La incorporación del teocintle a las líneas se hizo por el método de retrocruza utilizando a las líneas como progenitor recurrente y a cada fuente de teocintle como progenitor donante. En los ciclos agrícolas de primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI) de 1993 y 1994 se obtuvieron las retrocruzas 1 y 2; de esta manera se formaron siete grupos de líneas: seis grupos (uno por fuente) de líneas modificadas con 12.5% de germoplasma de teocintle y las líneas originales (Cuadro 2, 3 y 4; Figura 1).

Cuadro 2. Poblaciones de teocintle (Chuela, 1999).

Razas, especies	Colección	Sitio de recolección	Altitud
Chalco ( <i>Zea mays</i> ssp. <i>mexicana</i> )	JSG y LOS 93	México - Amecameca km 52	2490
Mesa Central ( <i>Zea mays</i> ssp. <i>mexicana</i> )	JSG y LOS 48	Churintzio, Michoacán	1800
Balsas-Oaxaca ( <i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i> )	JSG y ALA 197	San Cristóbal Honduras	1120
Balsas-Guerrero ( <i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i> )	JSG y LOS 106	Mazatlán	1350
Balsas-Jalisco ( <i>Zea mays</i> ssp. <i>parviglumis</i> )	JSG 200	La Lima – El Rodeo	1460
<i>Zea diploperennis</i>	U. de G.	Las Joyas, Jal.	1800

En el ciclo de PV 1995, en Tlajomulco, Jal., se hicieron cruza dialélicas dentro de cada grupo de líneas, y los sintéticos en F<sub>1</sub> se integraron con la mezcla mecánica de igual número de semillas de las 15 cruza dialélicas (dentro de cada

grupo). En el ciclo de PV 1996 en Tlajomulco, Jal. y de OI 96/97 y 97/98 en Santiago Ixcuintla, Nay. se obtuvieron las generaciones avanzadas F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub> de las siete poblaciones. En el avance generacional, de F<sub>2</sub> a F<sub>4</sub>, se usó el método de cruza planta a planta dentro de cada sintético, con la modalidad de que cada planta se usó una sola vez como hembra o como macho. El número mínimo y máximo de plantas que participaron en la obtención de las generaciones de F<sub>2</sub> a F<sub>4</sub> fueron los siguientes: a) en F<sub>2</sub> participaron 244 y 282, b) en F<sub>3</sub> 94 y 160, y c) en F<sub>4</sub> 200 y 274 plantas, respectivamente (ver Cuadro 19).

Cuadro 3. Grupos de líneas obtenidas con germoplasma de teocintle.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7 Original
LPC1(MC)	LPC1(CH)	LPC1(OAX)	LPC1(MAZ)	LPC1(JAL)	LPC1(ZD)	LPC1
LPC2(MC)	LPC2(CH)	LPC2(OAX)	LPC2(MAZ)	LPC2(JAL)	LPC2(ZD)	LPC2
LPC5(MC)	LPC5(CH)	LPC5(OAX)	LPC5(MAZ)	LPC5(JAL)	LPC5(ZD)	LPC5
LPC18(MC)	LPC18(CH)	LPC18(OAX)	LPC18(MAZ)	LPC18(JAL)	LPC18(ZD)	LPC18
LPC21(MC)	LPC21(CH)	LPC21(OAX)	LPC21(MAZ)	LPC21(JAL)	LPC21(ZD)	LPC21
Mo17w(MC)	Mo17w(CH)	Mo17w(OAX)	Mo17w(MAZ)	Mo17w(JAL)	Mo17w(ZD)	Mo17w

MC = Mesa Central; CH = Chalco; OAX = Oaxaca; MAZ = Mazatlán; JAL = Jalisco; ZD = *Zea diploperennis*.

Cuadro 4. Formación de cruza dialélicas con germoplasma de teocintle raza Mesa Central (MC).

	LPC2(MC)	LPC5(MC)	LPC18(MC)	LPC21(MC)	Mo17w(MC)
LPC1(MC)	X	X	X	X	X
LPC2(MC)		X	X	X	X
LPC5(MC)			X	X	X
LPC18(MC)				X	X
LPC21(MC)					X

La metodología de avance generacional de  $F_2$  a  $F_4$  fue con base en cruzas planta a planta dentro de cada sintético; cada planta fue usada una sola vez como hembra o como macho.

A continuación se presentan las etapas seguidas en la obtención de las variedades sintéticas conteniendo seis fuentes de teocintle y la población original (Figura 1)

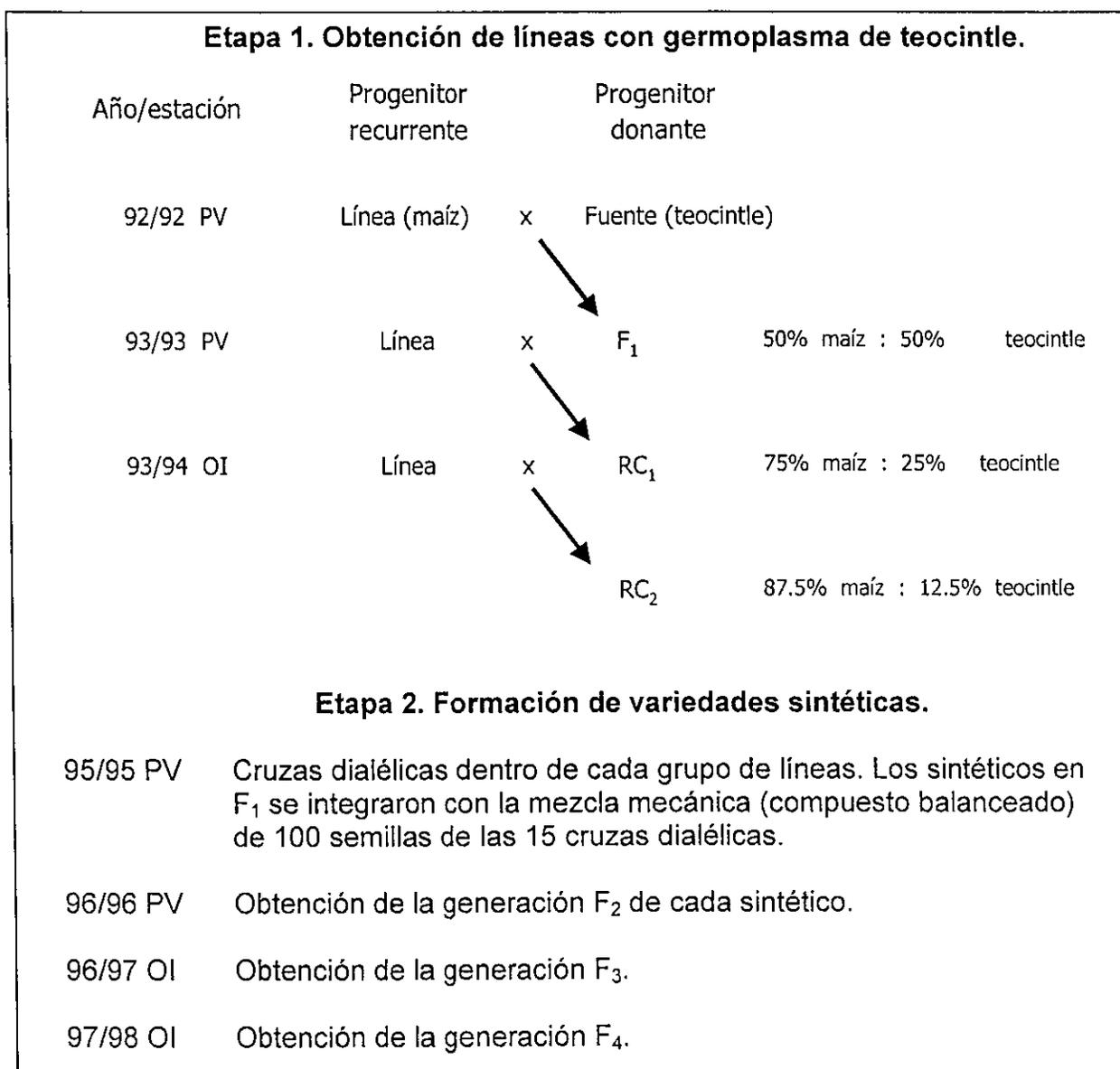


Figura 1. Diagrama general de la obtención y avance de los sintéticos de maíz conteniendo 12.5% de teocintle.

### 3.2. Ambientes de prueba.

Tlajomulco de Zúñiga es una localidad situada a 1520 metros sobre el nivel del mar (msnm), clima semi-seco y semi-cálido, temperatura media anual 20.5°C, precipitación media anual 900 mm y suelo arenoso-arcilloso con tendencia ácida. El experimento se sembró el 5 de junio, la siembra se hizo en seco en el lomo del surco e inmediatamente se aplicó el riego de germinación. La primera fertilización se hizo simultánea a la siembra, y se aplicó el tratamiento 92-92-00; la segunda fertilización se realizó 30 días después de la siembra con 92 kg de N por ha. Para prevenir el ataque de plagas de la raíz se aplicó en el momento de la siembra Furadán al 5% granulado en dosis de 20 kg/ha. El control de maleza se hizo en preemergencia al cultivo y a la maleza aplicando la mezcla de Primagram 500 (3 L/ha) y Gesaprim Combi (2 L/ha); en etapa de la tercer hoja ligulada, se hizo una segunda aplicación con Sansón en dosis de 1 L/ha. Para lograr la densidad de población requerida se hicieron dos aclareos: el primer aclareo fue a cabo a los 25 días después de la siembra, y consistió en eliminar la planta más raquítica; el segundo se hizo a los 35 días, dejando una planta cada 25 cm, lo cual es equivalente a una densidad de población de 50,000 plantas/ha. La cosecha se realizó el 18 de noviembre, a los 166 días después de la siembra.

Ameca es una localidad con altitud de 1300 m, con clima semi-seco, invierno y primavera secos y semi-cálido, sin estación invernal definida, temperatura media anual 21.3°C, precipitación media anual 897 mm, suelos predominante franco arcilloso a arcilloso, con tendencia ácida. La siembra se hizo el 26 de junio, al inicio del temporal, la cosecha se realizó el 8 de diciembre, a los 165 días después de la siembra. El manejo del experimento fue el siguiente: la primera fertilización fue

manualmente un día antes de la siembra, con el tratamiento 190-92-00, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo, el resto del nitrógeno se aplicó 30 días después de la siembra. Para prevenir el ataque de plagas de la raíz se utilizó Furadán al 5% G, con la dosis de 20 kg/ha, el control de maleza se hizo en preemergencia aplicando la mezcla de Primagram 500 (4 L/ha) y Gesaprim Combi (2 L/ha) se hizo una segunda aplicación en post-emergencia con Sansón a razón de 1 L/ha. Se tuvo una emergencia de 2 plantas por mata. El aclareo se hizo a los 35 días después de la siembra, eliminando una planta cada 25 cm para lograr la densidad de población de 50,000 plantas/ha.

### **3.3. Diseño experimental.**

El material genético se integró con siete grupos de sintéticos en sus generaciones  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ , y como testigos se incluyeron la cruza simple H-357 (dos veces por repetición), y el Sintético Intermedio (SI  $R_1F_2$ ); el H-357 se incluyó con el objeto de estimar las posibles fluctuaciones de varianza intraparcelar dentro de repeticiones y el sintético SI  $R_1F_2$  para comparar el valor agronómico de los sintéticos con teocintle. Las variedades sintéticas en sus generaciones  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ , y los testigos H-357 y variedad sintética SI  $R_1F_2$  se evaluaron en ensayos uniformes durante el ciclo PV 98 en las localidades de Tlajomulco y Ameca, Jal. en los sistemas de siembra de punta de riego y temporal, respectivamente. El experimento se diseñó en bloques completos al azar con cuatro repeticiones con un arreglo de tratamientos factorial, donde el factor generaciones tuvo tres niveles ( $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ ) y el factor fuentes con siete niveles (MC, CH, OAX, MAZ, JAL, ZD y Original-sin teocintle).

La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4.0 m, distanciados a 0.80 m con 17 plantas cada uno. Como parcela útil se utilizaron 20 plantas con competencia completa seleccionadas al azar en los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Se tomaron datos individuales por planta de rendimiento de grano (REND), y de sus componentes número de hileras por mazorca (HPM), número de granos por hilera (GPH), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ), y peso de 200 semillas (P200S); así como información agronómica del número de días a floración masculina (FM) y femenina (FF) y altura de planta (AP) y de la mazorca principal (AM).

### **3.4. Variables medidas**

Para evitar en lo posible efectos diferenciales de competencia inter e intraparcelar y evitar sesgos en la estimación de las medias y varianzas de cada sintético se realizó lo siguiente: i) se sembraron semillas equidistantes cada 25 cm con cintas marcadas y el surcado se llevó a cabo de manera mecánica previo chequeo del equipo; ii) durante la siembra, se depositaron tres semillas en cada marca para evitar fallas por problemas de germinación de las semillas; y iii) la cantidad de fertilizante e insecticida aplicados por cada surco fueron iguales..

Las variables estudiadas se describen a continuación y se cuantificaron de acuerdo al criterio que establecieron Ron y Ramírez (1991), con ciertas modificaciones por tratarse de plantas individuales.

- 1. Días a floración masculina.** Número de días transcurridos desde la siembra hasta la liberación de polen al 50% de la espiga de la planta individual.

2. **Días a floración femenina.** Número de días transcurridos desde la siembra hasta la exposición de los estigmas (3 cm de longitud) en el jilote principal.
3. **Altura de planta.** Distancia en centímetros desde el ras del suelo hasta la punta de la espiga.
4. **Altura de mazorca.** Distancia en centímetros desde el ras del suelo hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal.
5. **Hileras de granos.** Se contó del número de hileras de grano en la mazorca principal.
6. **Longitud de la mazorca.** Medición en centímetros desde la base hasta la punta de la mazorca, sin incluir el pedúnculo.
7. **Número de granos por mazorca.** Se contó el número de granos que tuvo una hilera regular en la mazorca.
8. **Diámetro de mazorca.** Se midió en centímetros tomando como referencia el punto medio de la mazorca
10. **Diámetro de olote.** Toma del dato en centímetros con "Vernier", en el punto medio del olote.
11. **Peso de mazorca.** Peso en gramos del total de mazorcas por planta. Para homogenizar la humedad, el desgrane se hizo 30 días después de la cosecha, exponiendo previamente las mazorcas al sol, durante cinco horas diarias promedio.
12. **Peso de grano.** Peso en gramos del total del grano obtenido en la planta.
13. **Peso de 200 semillas.** Se registro el peso en gramos de 200 semillas obtenidas de cada planta. Simultáneamente se determinó el porcentaje de humedad a partir de una muestra homogénea de las 20 plantas de la misma parcela.

- 14. Humedad.** Porcentaje de humedad del grano a la cosecha. Se tomó una muestra de 20 mazorcas éstas se dejaron a secar al ambiente por espacio de tres semanas para lograr homogenizar la humedad de cada una de las mazorcas cosechadas, posteriormente se tomó una muestra de 250 g y se estimó el porcentaje de humedad con el determinador Steinlite SS250 serie 2544, Volt. 115, 50-60 Hz, 5 watts.
- 15. Rendimiento de grano por planta al 0 % de humedad.** Se calculó por planta, a partir del peso del grano, multiplicado por 100 menos el porcentaje de la humedad para obtener 0% de humedad y el producto dividido entre 100.

$$\text{Rend} = [\text{PG} \times (100 - \% \text{ humedad})] / 100$$

### **3.5. Análisis estadístico**

#### **3.5.1. Análisis de varianza y comparación de medias.**

Para cada variable, se hicieron análisis de varianza por localidad y combinando las dos localidades, y sólo se hicieron comparaciones de medias en los factores principales generaciones y fuentes de teocintle utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS). La estructura del análisis de varianza se presenta en el Cuadro 5. Las pruebas de hipótesis se formularon con base en el análisis de varianza combinado. La regla de decisión fue que la hipótesis nula se rechaza si la  $F_c$  correspondiente es mayor que la  $F$  de tablas al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 5. Análisis de varianza combinado para el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F <sub>c</sub>
LOCALIDADES (L)	l-1	SC1	CM1	CM1/CM9
REPETICIONES / L	(r-1)l	SC2	CM2	
GENERACIONES (G)	g-1	SC3	CM3	CM3/CM9
FUENTES DE TEOCINTLE (T)	t-1	SC4	CM4	CM4/CM9
G X T	(g-1)(t-1)	SC5	CM5	CM5/CM9
L X G	(l-1)(g-1)	SC6	CM6	CM6/CM9
L X T	(l-1)(t-1)	SC7	CM7	CM7/CM9
L X G X T	(l-1)(g-1)(t-1)	SC8	CM8	CM8/CM9
ERROR EXPERIMENTAL	GLEE1	SC9	CM9	
ERROR DE MUESTREO	GLEE2	SC10	CM10	
TOTAL	lrgt-1			

1. Medias de generaciones de los sintéticos:

$$H_0: F_2 = F_3 = F_4$$

Ha: Al menos una generación es diferente

2. Fuentes de teocintle

$$H_0: FT_0 = FT_1 = FT_2 = \dots = FT_6$$

Ha: Al menos una fuente es diferente

El resto de hipótesis se refieren a las interacciones generaciones por fuentes de teocintle, localidades por generaciones, localidades por fuentes y localidades por generaciones por fuentes de teocintle.

La comparación de medias de mayor interés involucraron los factores principales generaciones y fuentes de teocintle. En la comparación se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS), cuya expresión es la siguiente:

$$DMS_{(0.05)} = t_{\alpha/2} \times \sqrt{(2S^2 / r)}$$

Donde:

$S^2$  = cuadrado medio del error apropiado

$\alpha$  = nivel de significancia

$r$  = número de repeticiones

$t$  = valor obtenido de la distribución t-student

### 3.5.2. Pruebas de homogeneidad de varianzas.

Para cada variable y cada localidad se llevaron a cabo dos pruebas con el fin de determinar si las varianzas observadas fueron iguales en cada uno de los tratamientos (fuentes y generaciones). La hipótesis bajo prueba fue:

$H_0$ : Los tratamientos presentan la misma varianza

$$\sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots \sigma^2_i = \dots = \sigma^2_r$$

$H_a$ : Al menos un tratamiento presenta varianza diferente

**a) prueba rápida de Hartley para heterogeneidad de varianzas.** La prueba rápida de Hartley para heterogeneidad de varianzas es también conocida como prueba de  $F_{\text{máxima}}$  de Hartley. El estadístico de prueba es  $F_{\text{máx}}$  y se calcula como:

$$F_{\text{max}} = \frac{S_{\text{max}}^2}{S_{\text{min}}^2}$$

siendo:

$$S^2_{\text{máx}} = \max (s_i^2, \dots, s_k^2)$$

$$S^2_{\text{min}} = \min (s_i^2, \dots, s_k^2)$$

El valor calculado de  $F_{Cm\acute{a}x}$  se compara con los valores tabulados de  $F_{m\acute{a}x}$ . S\i el valor de la  $F_{Cm\acute{a}x}$  observada es menor que los valores cr\i ticos de la tabla, entonces no se rechaza la hip\o tesis nula, y sugiere que las varianzas son razonablemente constantes. La tabulaci\o n de  $F_{m\acute{a}x}$  estad\i stica, asumiendo muestreo independiente al azar de una poblaci\o n normal, est\an calculados en Winer (1971).

#### **b) prueba cl\i sica de homogeneidad de varianzas de Bartlett**

La prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas es quiz\a la m\as usada; esta prueba requiere que el tama\o n de muestra de los tratamientos ( $n_j$ ) sean iguales. El estad\i stico usado en la prueba de Bartlett es:

$$\chi^2 = 2.303/c (f \log CM_{error} - \sum f_j \log S_j^2),$$

Donde:

$$f_j = n_j - 1 = \text{grados de libertad para } S_j^2, \quad j = 1, \dots, k$$

$$f = \sum f_j = \text{grados de libertad para el } CM_{error}$$

$$c = 1 + 1 / 3(k - 1) [\sum (1 / f_j - 1 / f)]$$

$$CM_{error} = (\sum SC_j) / \sum f_j$$

#### **3.5.3. Prueba de homogeneidad de matrices de varianzas-covarianzas.**

Con el fin de probar la hip\o tesis de igualdad de los tratamientos analizados (fuentes y generaciones):

$$H_0: \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots \Sigma_t$$

Ha: Al menos uno de los tratamientos tiene una matriz de varianzas-covarianzas diferente del resto.

Para probar la hipótesis nula, se usa la prueba desarrollada por Bartlett en 1947 y refinada por Box en 1949 (Morrison, 1978). El estadístico de prueba  $X^2_c$  se distribuye como  $X^2$  con  $p(p+1)(g-1)/2$  grados de libertad.

$$X^2_c = m[\sum (n_i - 1) \log_e (\det \mathbf{S}_i) - (n - g) \log_e (\det \mathbf{S})]$$

Donde  $\mathbf{S}_i$  es la matriz de varianzas-covarianzas del tratamiento  $i$ ,  $\mathbf{S} = \sum (n_i - 1) \mathbf{S}_i / (n - g)$ , y la constante  $m$  depende del tamaño de muestra de cada tratamiento y del número de variables:

$$m = \{1 - [\sum (1/(n_i - 1)) - (1/(n - g))] [(2p^2 + 3p - 1)/(6(p + 1)(g - 1))]\}$$

en donde  $n_i$  es el tamaño de muestra del tratamiento  $i$ ,  $g$  es el número de grupos o tratamientos y  $p$  es el número de variables.

Cabe señalar que la similaridad entre las matrices de varianzas-covarianzas de cada tratamiento es determinada principalmente por los valores de sus determinantes ( $\det \mathbf{S}_i$ ).

La prueba descrita anteriormente está implementada dentro del PROC DISCRIM del Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1990).

## IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentarán los resultados en dos secciones: i) el análisis de varianza combinado y comparación de medias, ii) pruebas de homogeneidad de varianzas. Aun cuando se llevaron a cabo mediciones de plantas individuales para más de 20 variables, en este trabajo se presentarán en detalle los análisis para las siguientes 10 variables: rendimiento de grano por planta (g), número de hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera, longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), Peso de 200 semillas (g), días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta y altura de mazorca principal. Para el resto de variables, la mayor parte de ellas se expresan en porcentaje, por unidad experimental, mientras que a nivel de plantas individuales sólo se registra presencia o ausencia.

### **4.1. Análisis de varianza combinado**

#### **4.1.1. Diseño factorial**

De acuerdo a los análisis de varianza combinados, se encontraron diferencia significativa al 0.05 de probabilidad en todas las variables estudiadas para fuentes de germoplasma de teocintle (Cuadro 6). En la fuente de variación localidades, hubo diferencias significativas en todas las variables, excepto en de hileras por mazorca, diámetro de mazorca y peso de 200 semillas. En generaciones, sólo se detectaron diferencias para días a floración masculina. En las Interacciones, sólo en muy pocos casos se detectaron diferencias significativas tales como: altura de planta para la interacción fuentes x generaciones; longitud de mazorca, y altura de planta y mazorca para localidades x fuentes.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para fuentes de teocintle y generaciones. Tlajomulco y Ameca, Jal.

FV	GL	Rendimiento de grano	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Peso de 200 semillas	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de Mazorca
Localidades	1	2862.893 *	0.306 <sup>ns</sup>	10.529 *	54.343 *	0.005 <sup>ns</sup>	0.067 <sup>ns</sup>	431.439 *	390.400 *	21916.579 *	11576.010 *
Rep (Loc)	6	317.698 *	0.124 <sup>ns</sup>	3.634 <sup>ns</sup>	0.738 <sup>ns</sup>	0.019 <sup>ns</sup>	5.190 <sup>ns</sup>	1.928 *	2.042 *	287.075 *	142.328 *
Fuentes	6	<b>1296.332*</b>	<b>17.075 *</b>	<b>76.147 *</b>	<b>3.063 *</b>	<b>2.411 *</b>	<b>200.944 *</b>	<b>6.169 *</b>	<b>17.016 *</b>	<b>878.989 *</b>	<b>537.659 *</b>
Generaciones	2	13.58 <sup>ns</sup>	0.489 <sup>ns</sup>	5.588 <sup>ns</sup>	0.535 <sup>ns</sup>	0.029 <sup>ns</sup>	0.242 <sup>ns</sup>	3.459 *	2.605 <sup>ns</sup>	66.886 <sup>ns</sup>	18.126 <sup>ns</sup>
F x G	12	105.158 <sup>ns</sup>	0.414 <sup>ns</sup>	2.743 <sup>ns</sup>	0.551 <sup>ns</sup>	0.013 <sup>ns</sup>	4.462 <sup>ns</sup>	0.891 <sup>ns</sup>	1.106 <sup>ns</sup>	92.900 *	39.900 <sup>ns</sup>
L x F	6	142.713 <sup>ns</sup>	0.152 <sup>ns</sup>	3.024 <sup>ns</sup>	1.082 *	0.017 <sup>ns</sup>	8.262 <sup>ns</sup>	0.557 <sup>ns</sup>	0.554 <sup>ns</sup>	105.970 *	106.812 *
L x G	2	2.311 <sup>ns</sup>	0.101 <sup>ns</sup>	0.698 <sup>ns</sup>	0.009 <sup>ns</sup>	0.002 <sup>ns</sup>	12.799 <sup>ns</sup>	0.430 <sup>ns</sup>	0.825 <sup>ns</sup>	24.612 <sup>ns</sup>	8.074 <sup>ns</sup>
L x G x F	12	159.724 <sup>ns</sup>	0.284 <sup>ns</sup>	2.436 <sup>ns</sup>	0.354 <sup>ns</sup>	0.014 <sup>ns</sup>	7.007 <sup>ns</sup>	0.462 <sup>ns</sup>	0.579 <sup>ns</sup>	71.320 <sup>ns</sup>	22.221 <sup>ns</sup>
Error	120	101.229	0.237	2.598	0.377	0.011	5.919	0.698	0.897	48.049	28.821
Total	167	5001.638	19.182	107.397	61.052	2.521	244.892	446.033	416.024	23492.38	12479.951
CV (%)		7.7	3.6	5.3	3.8	2.6	4.6	1.3	1.5	2.5	4.2

\* Significativo al 0.05 de probabilidad; ns = no significativo

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

El resto de interacciones no resultaron significativas para ninguna de las variables estudiadas. Los coeficientes de variación calculados son bajos, menores del 8%, lo cual indica que las condiciones generales de manejo fueron apropiadas y que las conclusiones derivadas de los resultados podrán considerarse confiables.

#### **4.1.2. Comparación de medias.**

Dado que la mayoría de interacciones no resultaron significativas en los análisis de varianza, se presentan sólo las comparaciones de medias para los factores principales: fuentes de germoplasma de teocintle y generaciones de recombinación. En el Cuadro 7 se presentan los valores medios para las fuentes de germoplasma de teocintle, en promedio de las generaciones. Los sintéticos sin teocintle (Original) mostraron mayor rendimiento y valores mayores de los componentes de rendimiento y caracteres agronómicos. Un efecto del teocintle que puede ser de utilidad en programas de mejoramiento es la obtención de materiales más precoces; las fuentes Chalco (CH) y Mesa Central (MC) dieron origen a sintéticos significativa y numéricamente más precoces que el original (Cuadro 7). Dentro de los sintéticos con teocintle, el de *Zea diploperennis* (ZD), mostró en promedio características más deseables que el resto: supera significativa y numéricamente a MC en rendimiento y longitud de mazorca, también supera al resto de sintéticos con teocintle en hileras por mazorca y diámetro de mazorca. Asimismo ZD superó significativa y numéricamente a Mazatlán (MAZ) y Oaxaca (OAX) en peso de 200 semillas y tuvo menor altura de planta y mazorca que Jalisco (JAL), MAZ y OAX.

Cabe señalar que en promedio, JAL, parece ser una alternativa de gran valor como fuente de germoplasma; excepto para los componentes hileras por mazorca, diámetro de mazorca, y altura de planta y de mazorca, JAL fue significativamente igual en rendimiento de grano que ZD.

Con respecto a las generaciones de los sintéticos (Cuadros 6 y 8), como se recordará, el análisis de varianza sólo detectó diferencias estadísticas para días a floración masculina; en este caso, la generación  $F_2$  presentó una media numérica significativamente mayor que la  $F_3$  y la  $F_4$ .

#### **4.1.3. Análisis de varianza combinado incluyendo testigos.**

Los resultados del análisis de varianza combinado en que se incluyeron al H-357 y al SI  $R_1F_2$ , se presentan en el Cuadro 9. En localidades hubo diferencias significativas para rendimiento de grano, longitud de mazorca, días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca; en tratamientos, hubo diferencias significativas para todas las variables; la interacción localidades x tratamientos resultó significativa solamente para longitud de mazorca, peso de 200 semillas, altura de planta y de mazorca. Nótese en el Cuadro 9, que los coeficientes de variación en todas las variables fueron menores al 8%, lo cual coincide con lo encontrado en el análisis combinado de fuentes de teocintle y generaciones (Cuadro 6), lo que indica confiabilidad en la interpretación de los resultados.

Cuadro 7. Medias por planta para rendimiento de grano, componentes de rendimiento y variables agronómicas de fuentes de germoplasma de teocintle a través de generaciones. Tlajomulco y Ameca, Jal.

Fuente de Teocintle	Rendimiento de grano <sup>1</sup>	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Peso de 200 semillas	Floración masculina	Floración Femenina	Altura de planta	Altura de mazorca
ORIGINAL	145.97a <sup>2</sup>	15.29a	34.02a	16.79a	4.61a	58.92a	63.15a	62.93a	268.48def	120.73f
ZD	130.77b	13.71b	31.35b	16.31bc	4.09b	53.62b	62.54bcd	61.87bc	270.64de	125.62def
JAL	129.83b	13.40c	31.08b	16.50ab	3.89cd	53.33bc	62.86abc	61.76bcd	280.82a	132.55ab
CH	127.61b	12.92d	30.08c	15.90de	3.82de	53.25bcd	61.82f	60.32g	270.96d	127.51d
MAZ	126.26b	13.15cd	29.83c	16.05cde	3.73e	49.66f	62.98ab	61.95b	278.50abc	132.30abc
OAX	125.13bc	12.79d	28.45d	16.19bcd	3.66f	50.98f	62.52bcde	61.19e	280.76ab	133.95a
MC	124.75c	13.31c	29.54c	15.75e	3.90c	52.99bcde	61.93f	60.93ef	266.49f	126.45de
DMS(0.05)	5.75	0.28	0.92	0.35	0.06	1.39	0.48	0.54	3.96	3.07

<sup>1</sup> Promedio de 160 observaciones.

<sup>2</sup> Valores con igual letra dentro de columna no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 8. Medias por planta para rendimiento de grano, componentes de rendimiento y variables agronómicas de generaciones a través de fuentes de germoplasma de teocintle. Tlajomulco y Ameca, Jal.

Generación	Rendimiento de grano <sup>1</sup>	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Longitud de mazorca	Diámetro de Mazorca	Peso de 200 Semillas	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca
F4	130.41a <sup>2</sup>	13.42b	30.36a	16.10a	3.93b	53.32a	62.36b	61.39b	272.84b	128.25a
F3	130.32a	13.61a	30.56a	16.25a	3.98a	53.18a	62.45b	61.50ab	273.59ab	128.00a
F2	129.40a	13.50ab	30.95a	16.28a	3.96ab	53.24a	62.83a	61.81a	274.99a	129.08a
DMS(0.05)	3.76	0.18	0.60	0.23	0.04	0.91	0.31	0.35	2.59	2.01

<sup>1</sup> Promedio de 1120 observaciones

<sup>2</sup> Valores con igual letra dentro de columna no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 9. Cuadros medios del análisis de varianza combinado incluyendo testigos. Tlajomulco y Ameca, Jal.

FV	GL	Rendimiento de grano	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Peso de 200 semillas	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca
Localidad	1	4252.13 *	0.489 <sup>ns</sup>	3.918 <sup>ns</sup>	47.203 *	0.011 <sup>ns</sup>	6.268 <sup>ns</sup>	424.681 *	481.886 *	23700.74 *	13106.80 *
Repetición(L)	6	241.43 *	0.165 <sup>ns</sup>	5.053 <sup>ns</sup>	0.591 <sup>ns</sup>	0.150 <sup>ns</sup>	4.452 <sup>ns</sup>	2.554 *	2.894 *	421.27 *	184.06 *
Tratamiento	23	<b>1524.00 *</b>	<b>8.932 *</b>	<b>47.485 *</b>	<b>1.270 *</b>	<b>1.263 *</b>	<b>126.273 *</b>	<b>12.411 *</b>	<b>15.708 *</b>	<b>588.25 *</b>	<b>628.17 *</b>
L x T	23	158.43 <sup>ns</sup>	0.211 <sup>ns</sup>	2.795 <sup>ns</sup>	0.791 *	0.013 <sup>ns</sup>	10.539 *	0.681 <sup>ns</sup>	0.466 <sup>ns</sup>	102.05 *	47.79 *
Error	138	106.51	0.237	2.515	0.376	0.011	5.489	0.710	0.872	49.310	29.77
Total	191										
CV (%)		7.7	3.5	5.1	3.8	2.6	4.3	1.3	1.5	2.6	4.2
Media		134.04	13.73	31.25	16.24	4.05	54.34	61.86	62.97	275.03	130.58

\* Significativo al 0.05 de probabilidad; ns = no significativo

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

Cuadro 10. Medias de tratamientos a través de localidades para rendimiento de grano, sus componentes y caracteres agronómicos. Tlajomulco y Ameca, Jal.<sup>1</sup>

Fuente	Gen.	Rendimiento de grano	Hileras por mazorca	Granos por hilera	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Peso de 200 semillas	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de Mazorca
T-O	F4	<b>148.14</b> ▶	<b>15.39</b> ▶	34.25	<b>17.08</b> ▶	<b>4.62</b> ▶	<b>59.33</b> ▶	63.16	62.78	268.15	122.24
T-O	F3	146.29	15.39	33.31	16.44	4.61	58.76	63.02	62.74	265.42	119.19◀
T-O	F2	143.47	15.10	<b>34.53</b> ▶	16.84	4.59	58.67	63.27	<b>63.28</b> ▶	271.86	120.75
T-ZD	F3	135.35	13.96	31.61	16.44	4.15	54.15	62.51	61.91	271.64	125.08
T-OAX	F2	131.85	12.87	29.36	16.55	3.68	51.54	63.00	61.63	<b>286.95</b> ▶	<b>138.86</b> ▶
T-JAL	F2	130.21	13.21	31.44	16.66	3.88	53.75	63.14	61.91	283.21	132.93
T-JAL	F4	129.72	13.54	30.49	16.07	3.89	52.08	62.74	61.76	276.31	129.72
T-CH	F3	129.59	13.13	29.69	15.90	3.86	53.12	61.77	60.58	270.80	126.77
T-JAL	F3	129.56	13.44	31.32	16.79	3.89	54.15	62.72	61.61	282.94	134.99
T-ZD	F2	129.54	13.79	31.02	16.25	4.07	53.12	62.40	61.47	267.96	125.31
T-CH	F4	128.78	12.57	29.25	16.03	3.74	53.29	61.75	60.06◀	270.14	127.04
T-MAZ	F3	127.86	12.97	30.00	16.11	3.69	48.61◀	62.50	61.51	277.28	131.50
T-ZD	F4	127.44	13.37	31.43	16.24	4.04	53.60	62.71	62.24	272.33	126.48
T-MAZ	F4	127.31	13.19	29.97	15.98	3.73	50.92	62.85	61.80	280.48	134.21
T-MC	F4	127.27	13.41	29.36	15.58◀	3.89	52.97	61.15◀	60.30	268.24	126.59
T-CH	F2	124.43	13.08	31.32	15.76	3.87	53.33	61.94	60.31	271.93	128.73
T-MC	F3	124.22	13.34	29.73	15.82	3.93	53.14	62.16	61.01	265.93◀	126.94
T-OAX	F4	124.19	12.46◀	27.77◀	15.74	3.61◀	51.03	62.11	60.78	274.23	131.51
T-MAZ	F2	123.60	13.28	29.53	16.07	3.77	49.47	<b>63.59</b> ▶	62.54	277.75	131.19
T-MC	F2	122.74	13.18	29.53	15.84	3.88	52.87	62.46	61.49	265.28	125.82
T-OAX	F3	119.15◀	13.03	28.19	16.27	3.69	50.36	62.45	61.17	281.11	131.49
SI R <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	T	144.50	13.67	33.73	16.08	4.45	64.05	63.89	61.89	263.24	126.09
H-357(T1)	T	169.27	15.94	36.69	16.43	4.89	60.89	67.11	64.91	293.99	155.29
H-357(T2)	T	173.44	16.23	36.71	16.80	4.92	60.92	67.04	64.94	293.63	155.31
DMS(0.05)		10.20	0.48	1.57	0.61	0.10	2.32	0.83	0.92	6.94	5.39
CV		7.70	3.50	5.10	3.80	2.60	4.30	1.30	1.50	2.60	4.20

▶ = mayor media en sintéticos; ◀ = menor media en sintéticos

T-MC= Mesa Central, T-CH= Chalco, T-OAX= Oaxaca, T-MAZ= Mazatlán, T-JAL= Jalisco, T-ZD= *Zea diploperennis*,

TO= Sintético sin teocintle, T= Testigos.

<sup>1</sup> promedio de 160 observaciones

#### 4.1.4. Comparación de medias de tratamientos

Aun cuando los análisis de varianza del Cuadro 9 indican que la interacción localidades x tratamientos resultó significativa para algunos caracteres, la comparación de medias de tratamientos se presentará con base en los valores calculados a través de localidades. Como era de esperarse (Cuadro 10), el híbrido simple H-357 mostró los valores promedio más altos en todos los caracteres, excepto en longitud de mazorca.

Sin considerar los testigos, las generaciones  $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$  de los sintéticos originales (sin teocintle) mostraron consistentemente los valores medios mayores, con excepción de altura de planta en que los sintéticos en  $F_2$  de OAX y JAL y altura de mazorca en  $F_2$  de OAX y  $F_3$  de JAL, mostraron promedios más altos (Cuadro 10). Dentro de los sintéticos con germoplasma de teocintle, lo más destacado en rendimiento de grano y otros caracteres agronómicos, es la generación  $F_3$  con *Zea diploperennis* (ZD), este sintético superó numéricamente al resto en rendimiento de grano, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, peso de 200 semillas y es uno de los materiales con menor altura de planta y mazorca. Las generaciones  $F_2$  y  $F_4$  con germoplasma de ZD presentaron valores intermedios para rendimiento y relativamente altos para el resto de caracteres. Todas las generaciones de los sintéticos con germoplasma de JAL aparecen en el grupo superior, con valores altos de rendimiento de grano y sus componentes; adicionalmente, este sintético mostró los mayores valores para longitud de mazorca. El sintético  $F_2$  con germoplasma de OAX parece ser un germoplasma prometedor en cuanto a rendimiento y longitud de mazorca, sin embargo, las generaciones  $F_3$  y  $F_4$  mostraron, en general, valores bajos (Cuadro 10). De manera consistente, los

sintéticos con germoplasma de CH y MC (*Zea mays* ssp. *mexicana*) mostraron las plantas más precoces de todos los sintéticos estudiados. Los sintéticos con germoplasma de MAZ no destacaron en ninguna de las variables estudiadas, y presentaron junto con OAX (*Zea mays* ssp. *parviglumis*), los valores más bajos para peso de 200 semillas en las tres generaciones (Cuadro 10).

#### **4.2. Pruebas de homogeneidad de varianzas.**

Con el objeto de tener una idea de la influencia de las diferentes fuentes de teocintle en la variabilidad de sintéticos de maíz, se hicieron las pruebas siguientes: i) la prueba rápida de Hartley para heterogeneidad de varianzas, ii) la prueba clásica de homogeneidad de varianzas de Bartlett, y iii) la prueba de Bartlett para la matriz de varianzas-covarianzas para los 21 tratamiento (fuente y generación). Adicionalmente, para algunas variables, se presentan gráficas de distribución de frecuencia, comparando los sintéticos sin teocintle, contra aquellos con las diferentes fuentes. En cada caso, las varianzas fueron calculadas a partir de 80 plantas (20 plantas por parcela y 4 repeticiones). Los resultados de esta sección se presentaran por localidad. Tanto para Tlajomulco como para Ameca, las pruebas simples de Hartley y Bartlett se hicieron dividiendo el material experimental en cinco grupos diferentes: a) todos los tratamientos ( $F_2$ ,  $F_3$  y  $F_4$ , H-357 y SI  $R_1F_2$ ); b) sintéticos en segunda generación filial ( $F_2$ ) incluyendo SI  $R_1F_2$ ; c) sintéticos en segunda generación filial ( $F_2$ ); d) sintéticos en tercera generación filial ( $F_3$ ); y e) sintéticos en cuarta generación filial ( $F_4$ ).

#### 4.2.1. Tlajomulco

Como era de esperarse, la cruce simple H-357 mostró las menores varianzas para todos los caracteres estudiados (Cuadro 11). Con respecto a los sintéticos no hay una tendencia aparente acerca de la influencia de las generaciones o de las fuentes de germoplasma sobre los valores de las varianzas. Las mayores varianzas para rendimiento de grano se presentan en la  $F_2$  de los sintéticos JAL, ZD y OAX, mientras que las menores ocurren en la  $F_2$  y  $F_3$  del sintético con CH y en  $F_4$  del sintético JAL. En el resto de las variables, como se dijo anteriormente, no hay una tendencia definida; si acaso, MC en  $F_2$  presenta valores altos de varianzas para granos por hilera, diámetro de mazorca, peso de 200 semillas y altura de mazorca, mientras que OAX presenta en  $F_4$  el valor más bajo para hileras por mazorca, granos por hilera y longitud de mazorca, ésta última en  $F_3$ ; el sintético MC en  $F_4$ , presentó los valores más bajos para días a floración masculina y femenina (Cuadro 11y A7).

Las pruebas de Hartley y Bartlett para Heterogeneidad de Varianzas para rendimiento de grano y sus componentes de rendimiento se presentan en el Cuadro 12 y para caracteres agronómicos en el Cuadro 13.

Con respecto a rendimiento de grano sólo se detectaron diferencias cuando se incluyeron todos los tratamientos, parece ser claro que dichas diferencias se deben al H-357, ya que la varianza fue casi tres veces menor que la obtenida en el sintético  $F_2$  con la fuente JAL de teocintle (Cuadros 11 y 12). No se detectaron diferencias dentro del resto de grupos, es decir entre las generaciones  $F_2$ ,  $F_3$  o  $F_4$ ; a pesar de lo anterior, llama la atención que los sintéticos original y ZD mantienen varianzas altas a través de las diferentes generaciones, CH mantiene varianzas bajas en las diferentes generaciones, mientras que en JAL las varianzas decrecen

Cuadro 11. Varianzas por tratamiento. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.

FUE	GEN	VREND	VHPM	VGPH	VLON	VDMZ	VP200S	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	F2	1679.280	3.800	50.645▶	5.224	0.242▶	168.188▶	7.435	9.253	584.210	368.577
T-MC	F3	2042.480	3.038	41.896	5.065	0.126	100.011	6.230	8.121	500.080	269.896
T-MC	F4	1812.180	3.942	36.949	3.734	0.211	122.970	3.700●	5.158●	663.380	177.967
T-CH	F2	1576.590	3.682	40.612	4.546	0.214	118.072	6.247	8.301	521.260	207.532
T-CH	F3	1465.060●	3.246	37.726	4.658	0.160	99.939	4.609	6.416	458.490	145.484●
T-CH	F4	1557.440	5.706	34.142	3.993	0.160	128.710	5.165	7.233	627.950	241.631
T-OAX	F2	2231.320	3.618	49.858	6.120▶	0.206	116.788	8.450	9.983	691.490	317.107
T-OAX	F3	2139.930	3.572	41.132	3.139●	0.139	108.512	8.501	10.639	574.770	416.936▶
T-OAX	F4	1767.570	2.709◀●	27.457●	4.366	0.162	109.500	6.298	10.473	854.710	252.385
T-MAZ	F2	1852.460	3.985	37.332	4.071	0.228	67.213●	5.503	9.564	599.080	180.005
T-MAZ	F3	1666.060	3.775	28.010	3.804	0.160	85.297	7.105	8.567	477.710	254.450
T-MAZ	F4	1518.770	4.087	35.588	4.412	0.169	83.655	8.582	10.063	643.900	321.120
T-JAL	F2	2529.110▶	4.153	28.233	5.186	0.197	131.778	9.187▶	12.762▶	865.150	196.683
T-JAL	F3	1532.870	3.732	33.118	3.958	0.172	131.625	5.070	6.909	471.740	190.175
T-JAL	F4	1485.370	3.836	39.087	5.892	0.139	104.313	5.865	9.886	478.600	187.367
T-ZD	F2	2339.630	4.151	43.100	4.881	0.186	134.173	7.070	7.138	773.000	302.519
T-ZD	F3	1706.580	4.849	37.656	5.275	0.232	133.004	7.994	11.762	595.360	253.623
T-ZD	F4	2190.750	3.764	40.538	4.975	0.167	146.307	6.791	11.402	917.510▶	338.499
T-O	F2	2204.630	3.734	45.634	5.539	0.133	137.555	6.653	7.494	536.300	160.306
T-O	F3	2043.110	3.968	45.909	5.695	0.151	146.318	5.615	8.771	443.350	215.276
T-O	F4	2169.370	5.727▶	34.972	5.721	0.104●	129.449	8.405	9.487	288.520◀●	167.458
SIR1F2	F2	1657.550	2.840	32.155	3.491	0.089	101.996	3.437◀	6.607	404.720	192.364
H-357	F1	974.950◀	3.068	20.050◀	2.081◀	0.046◀	25.861◀	4.981	4.608◀	354.240	111.793◀

▶ = mayor varianza; ◀ = menor varianza; ● = menor varianza sintético

VREND = varianza del rendimiento de grano por planta; VHPM = varianza del número de hileras por mazorca;

VGPH = varianza del número de granos por hilera; VLMZ = varianza de longitud de mazorca;

VDMZ = varianza del diámetro de mazorca; VP200S = varianza del peso de 200 semillas;

VFM = varianza del número de días a floración masculina; VFF = varianza del número de días a floración femenina;

VAP = varianza de altura de planta; y VAM = varianza de altura de mazorca.

dramáticamente de F<sub>2</sub> a F<sub>4</sub> (Cuadro 11y A7). Al analizar los componentes de rendimiento, hubo diferencias significativas en número de hileras por mazorca, se detectaron diferencias entre los sintéticos en F<sub>4</sub>, debido principalmente al valor bajo de la varianza del sintético con la fuente OAX y alto en el original; En granos por hilera hubo diferencias entre las generaciones F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> (Cuadro 12); JAL presentó la varianza más baja de las F<sub>2</sub>, y MAZ dentro de las F<sub>3</sub>.

Las varianzas de longitud de mazorca fueron significativamente diferentes sólo entre los sintéticos F<sub>3</sub>; OAX presentó la menor varianza y la mayor correspondió

al original (Cuadros 11 y 12). En diámetro de mazorca se detectaron diferencias en todas las generaciones, las varianzas de menor y mayor valor fueron respectivamente para: Original y MC en F<sub>2</sub>, MC y ZD en F<sub>3</sub> y Original y MC en la F<sub>4</sub>. En cuanto a peso de 200 semillas, se detectaron diferencias significativas en F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> y F<sub>4</sub>; en todos los casos el sintético con germoplasma de MAZ presentó las varianzas con menor valor (Cuadros 11, 12 y A7).

Cuadro 12. Valores de  $X^2_c$  de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Rendimiento de grano y sus componentes. Tlajomulco, Jal.

		REND_GR <sup>27</sup>	HPM	GPH	LMZ	DMZ	P200S
F2, F3, F4 y Testigos	Hartley	2.59 *	1.35 <sup>ns</sup>	2.53 *	2.94 *	5.30 *	6.50 *
	Bartlett	48.50 *	31.62 <sup>ns</sup>	49.13 *	65.23 *	139.13 *	147.24 *
F2 y Sintético	Hartley	1.53 <sup>ns</sup>	1.35 <sup>ns</sup>	1.57 <sup>ns</sup>	1.75 *	2.72 *	1.65 *
	Bartlett	8.78 <sup>ns</sup>	3.79 <sup>ns</sup>	11.25 <sup>ns</sup>	8.45 <sup>ns</sup>	26.50 *	18.42 *
F2	Hartley	1.60 <sup>ns</sup>	1.15 <sup>ns</sup>	1.79 *	1.50 <sup>ns</sup>	1.82 *	2.50 *
	Bartlett	7.25 <sup>ns</sup>	0.75 <sup>ns</sup>	8.91 <sup>ns</sup>	4.09 <sup>ns</sup>	8.14 <sup>ns</sup>	17.13 *
F3	Hartley	1.46 <sup>ns</sup>	1.58 <sup>ns</sup>	1.64 *	1.81 *	1.85 *	1.72 *
	Bartlett	5.28 <sup>ns</sup>	5.34 <sup>ns</sup>	6.06 <sup>ns</sup>	9.97 <sup>ns</sup>	9.08 <sup>ns</sup>	8.78 <sup>ns</sup>
F4	Hartley	1.47 <sup>ns</sup>	1.87 *	1.47 <sup>ns</sup>	1.58 <sup>ns</sup>	2.02 *	1.75 *
	Bartlett	6.14 <sup>ns</sup>	15.56 *	3.53 <sup>ns</sup>	7.07 <sup>ns</sup>	10.25 <sup>ns</sup>	7.47 <sup>ns</sup>

\*Significativo al 5% de probabilidad; ns = no significativo.

REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera;

LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas;

Testigos = H-357 y SI R1F2; Sintético = SI R1 F2.

Como se señaló anteriormente, en rendimiento de grano y sus componentes, no hay tendencias muy claras en cuanto a la magnitud de las varianzas y la detección de diferencias significativas dentro de grupos de sintéticos; en el caso de los caracteres agronómicos, las tendencias más evidentes con base en los resultados de los Cuadros 11, 14 y A7, en todos los casos se detectaron diferencias significativas, excepto en la altura de planta y generación F<sub>3</sub>, es decir al menos una varianza fue diferente al resto. Dentro de los sintéticos F<sub>2</sub>, JAL tuvo las mayores

Cuadro 13. Valores de  $X^2_c$  de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Caracteres agronómicos. Tlajomulco, Jal.

		FM	FF	AP	AM
F2, F3, F4 y Testigos	Hartley	2.67 *	2.77 *	2.44 *	3.30 *
	Bartlett	59.36 *	66.74 *	76.56 *	107.25 *
F2 y Sintético	Hartley	1.84 *	1.93 *	2.14 *	1.91 *
	Bartlett	23.00 *	12.82 <sup>ns</sup>	15.76 *	26.65 *
F2	Hartley	1.67 *	1.79 *	1.66 *	2.30 *
	Bartlett	7.25 <sup>ns</sup>	9.32 <sup>ns</sup>	8.77 <sup>ns</sup>	24.59 *
F3	Hartley	1.84 *	1.83 *	1.34 <sup>ns</sup>	2.86 *
	Bartlett	12.39 *	11.09 <sup>ns</sup>	3.10 <sup>ns</sup>	25.76 *
F4	Hartley	2.32 *	2.21 *	2.59 *	2.02 *
	Bartlett	18.45 *	16.23 *	31.95 *	18.95 *

\*Significativo al 5% de probabilidad; ns = no significativo.

FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina;

AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Testigos = H-357 y SI R1 F2; Sintético = SI R1 F2.

varianzas de rendimiento de grano, hileras por mazorca, días a floración masculina, días a floración femenina y altura de planta, mientras que las menores correspondieron a CH, OAX, MAZ, ZD y CH, respectivamente. Con respecto a los sintéticos en F<sub>3</sub>, CH tuvo las menores varianzas de rendimiento de grano, días a floración masculina, días a floración femenina y altura de mazorca, con las mayores varianzas para OAX, OAX, ZD y OAX, respectivamente. Finalmente dentro de los sintéticos F<sub>4</sub>, ZD tuvo las mayores varianzas en rendimiento de grano, granos por hilera, peso de 200 semillas, días a floración femenina, altura de planta y altura de mazorca, mientras que JAL, OAX, MAZ, MC, Original y Original mostraron las menores varianzas, respectivamente.

#### 4.2.1.1. Distribuciones de frecuencia

Con el fin de dar una idea gráfica de las magnitudes de la media y la varianza en los sintéticos con germoplasma de teocintle, comparados con los originales, se presentan las figuras 2, 3 y 4 para rendimiento de grano y las figuras 5, 6 y 7 para días a floración femenina. Aun cuando no se detectaron diferencias entre las varianzas dentro de cada una de las generaciones de los sintéticos en rendimiento de grano, es interesante señalar que en algunos de los sintéticos con germoplasma de teocintle existen variantes iguales y aún superiores (variación transgresiva) que en el sintético original; tal es el caso de OAX, JAL y ZD en la generación F<sub>2</sub>; MC en F<sub>3</sub>; MC, y ZD en la F<sub>4</sub>.

En lo referente a días a floración femenina, se presenta una situación similar a la descrita para rendimiento de grano, es decir, existen variantes más precoces en los sintéticos con teocintle que en el original, en una buena proporción. Destacan con gran claridad los sintéticos MC y CH (*Zea mays* ssp. *mexicana*).

Es también de importancia destacar que en la mayoría de los casos la media de los sintéticos con teocintle es menor y la varianza es mayor numéricamente con respecto a los originales.

Aun cuando no se presentan pruebas estadísticas para probar la normalidad de las distribuciones de frecuencia conviene mencionar lo siguiente: tanto en el caso de rendimiento como en días a floración femenina, la forma de las distribuciones tiende a ser más semejante a la normal en las generaciones más avanzadas. Esta situación es más evidente en los sintéticos originales, mientras que en varios de los sintéticos con teocintle se presentan algunas distribuciones bimodales.

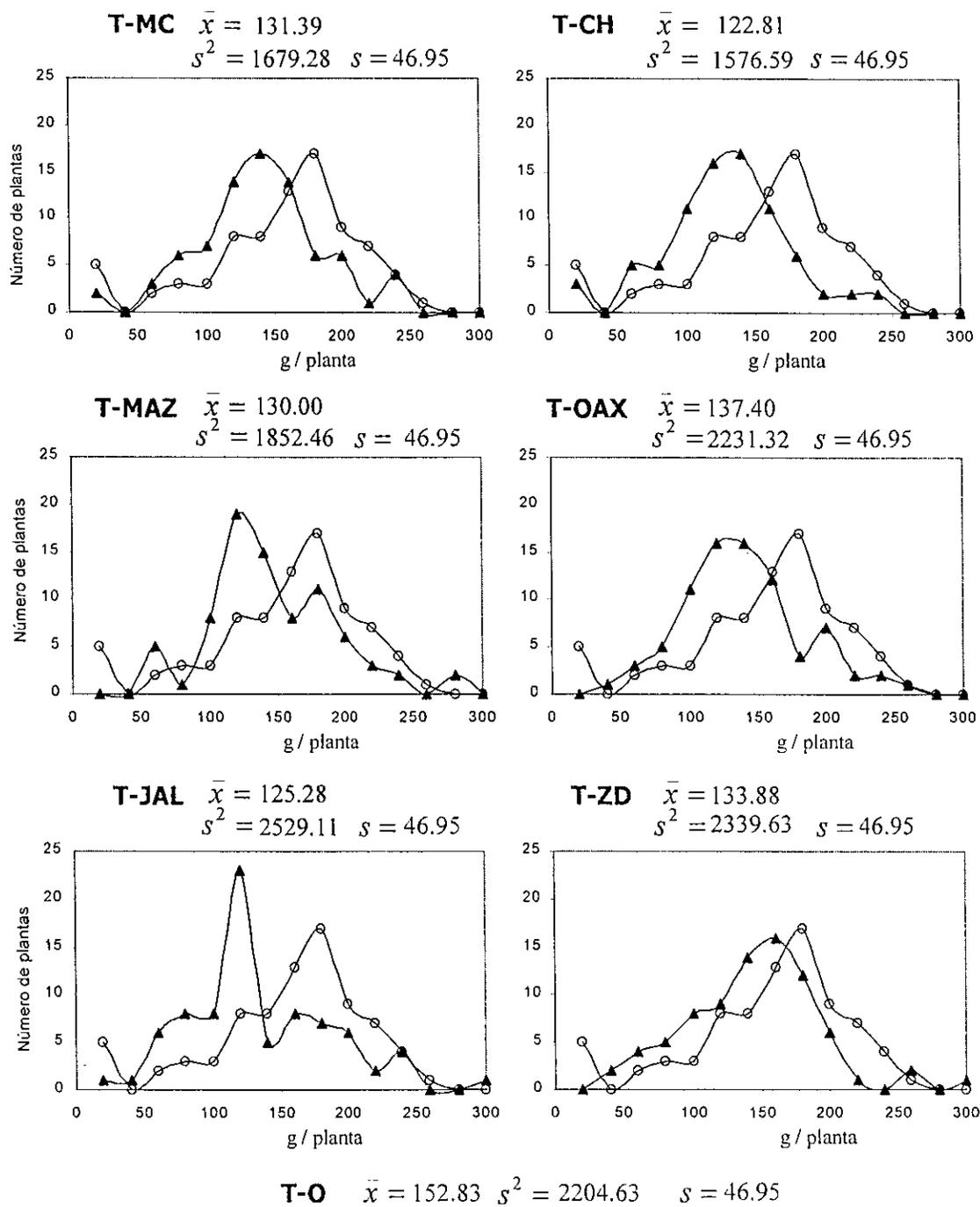


Figura 2. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>2</sub>. Tlajomulco, Jal.

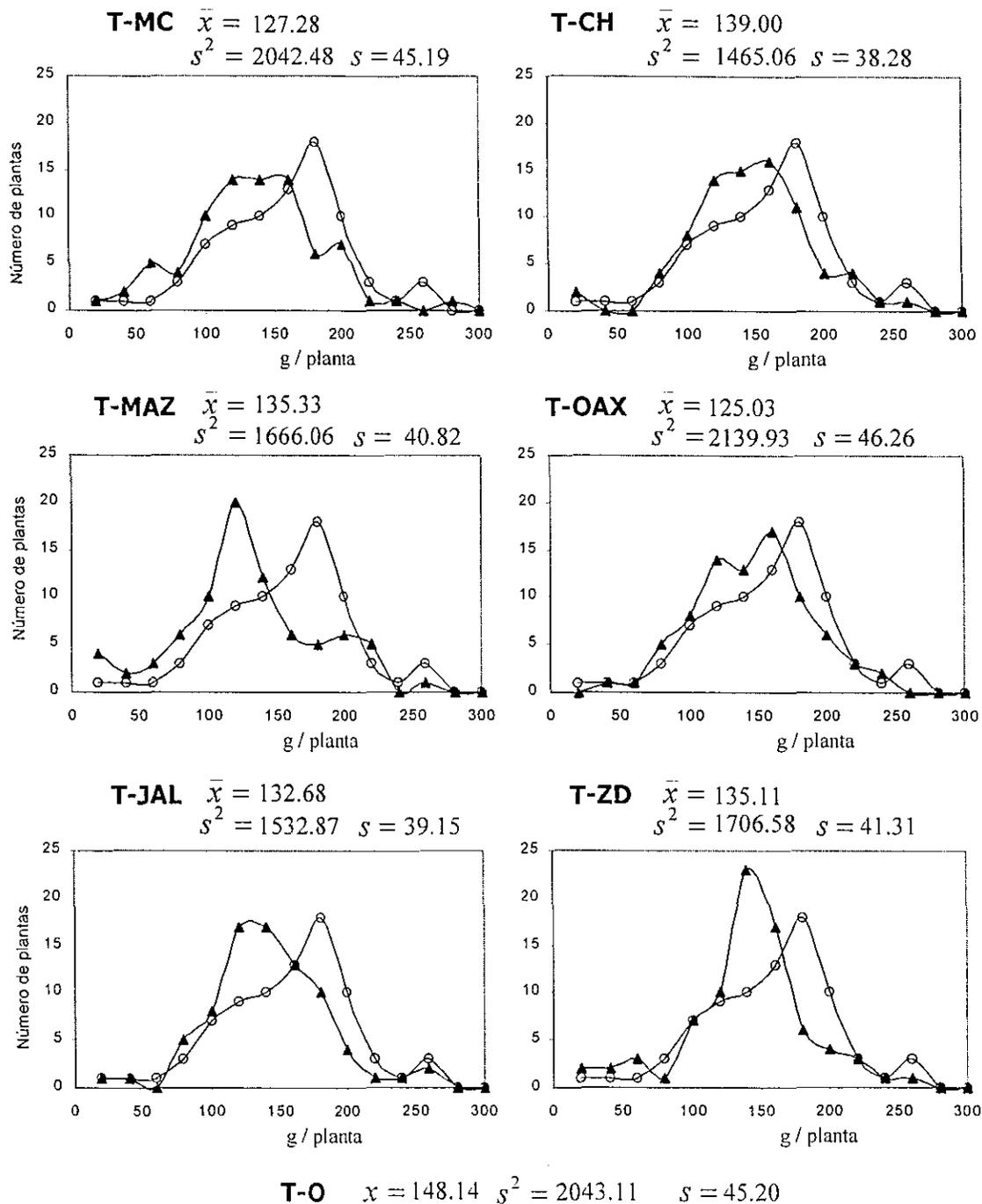


Figura 3. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>3</sub>. Tlajomulco, Jal.

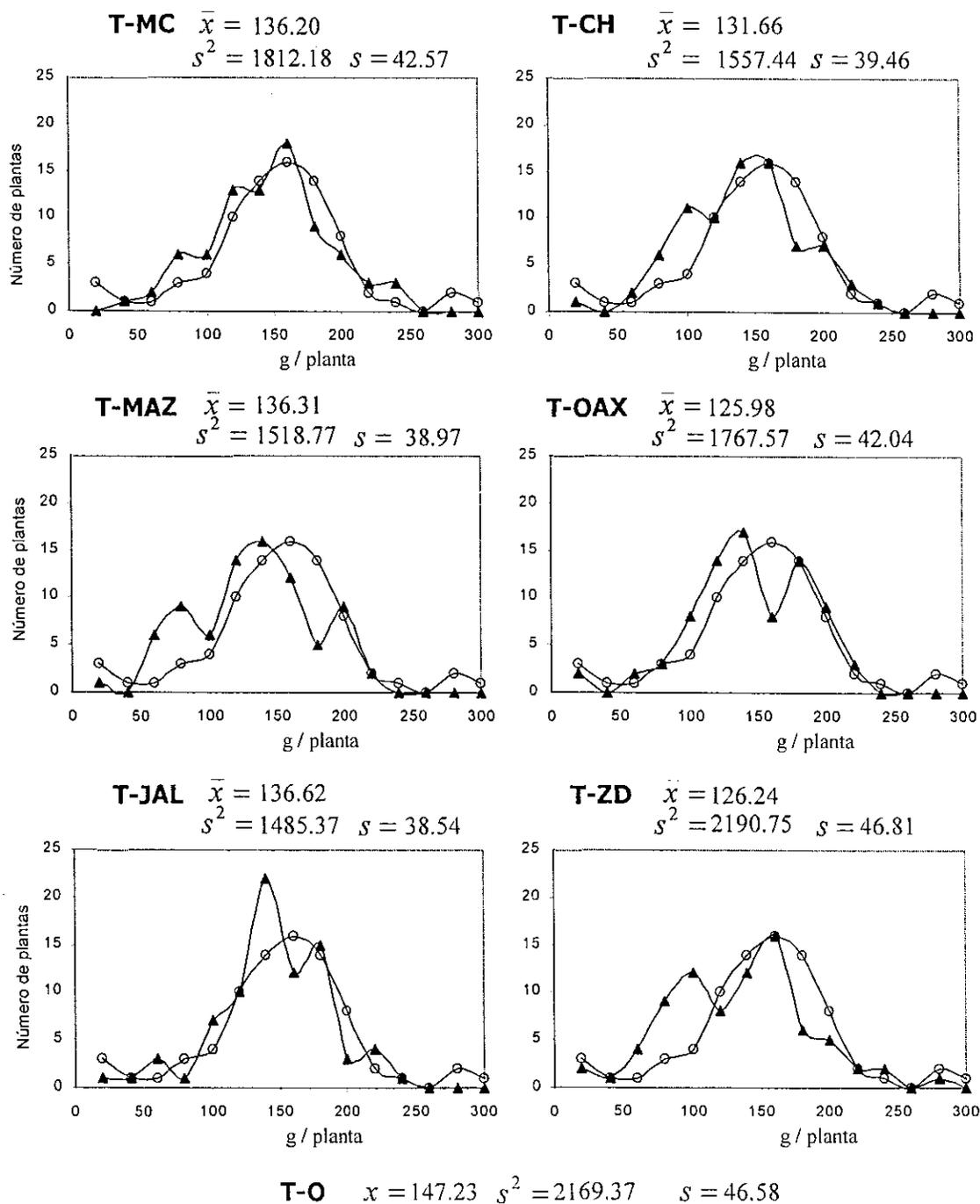


Figura 4. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>4</sub>. Tlajomulco, Jal.

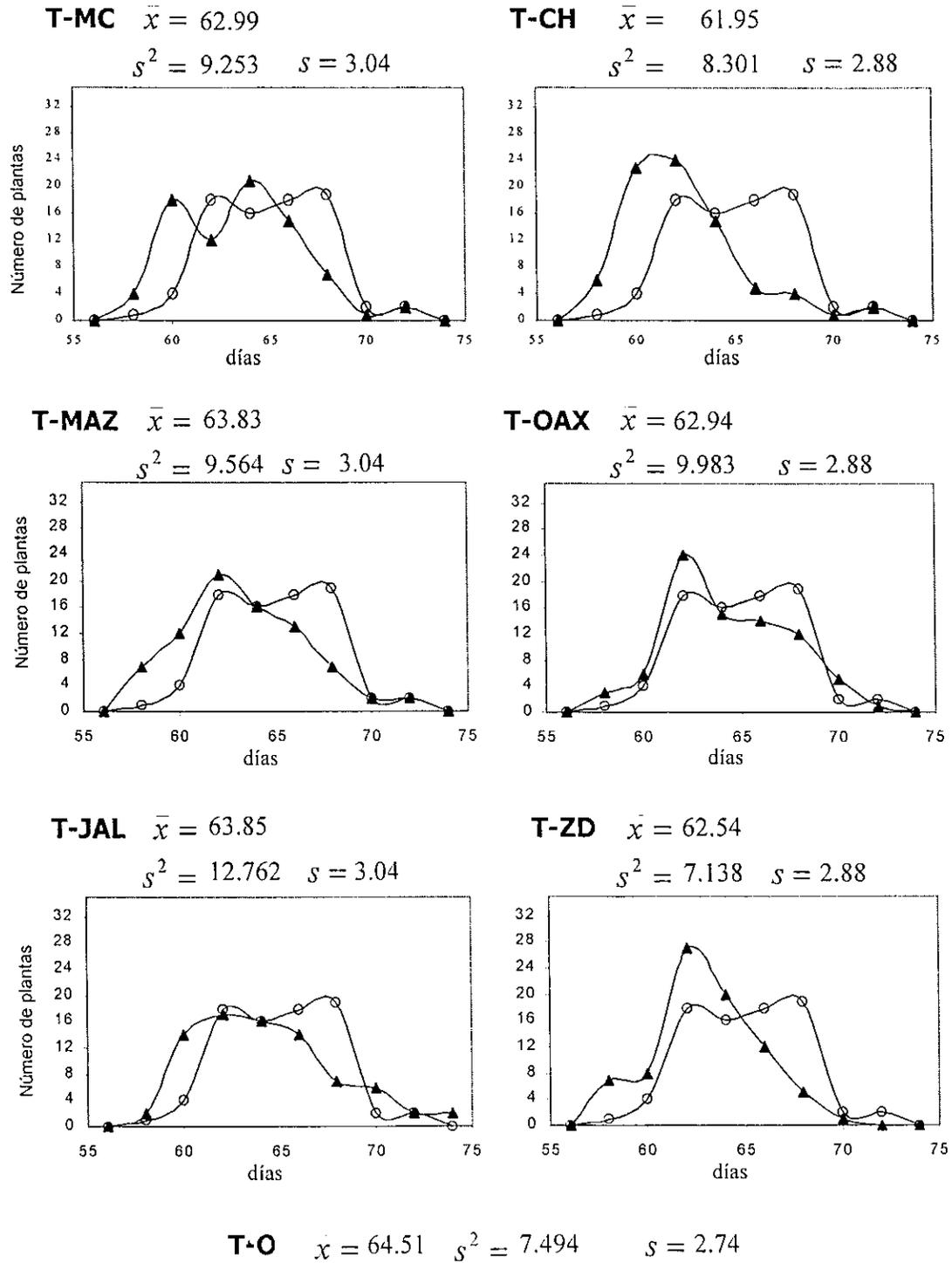


Figura 5. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>2</sub>. Tlajomulco, Jal.

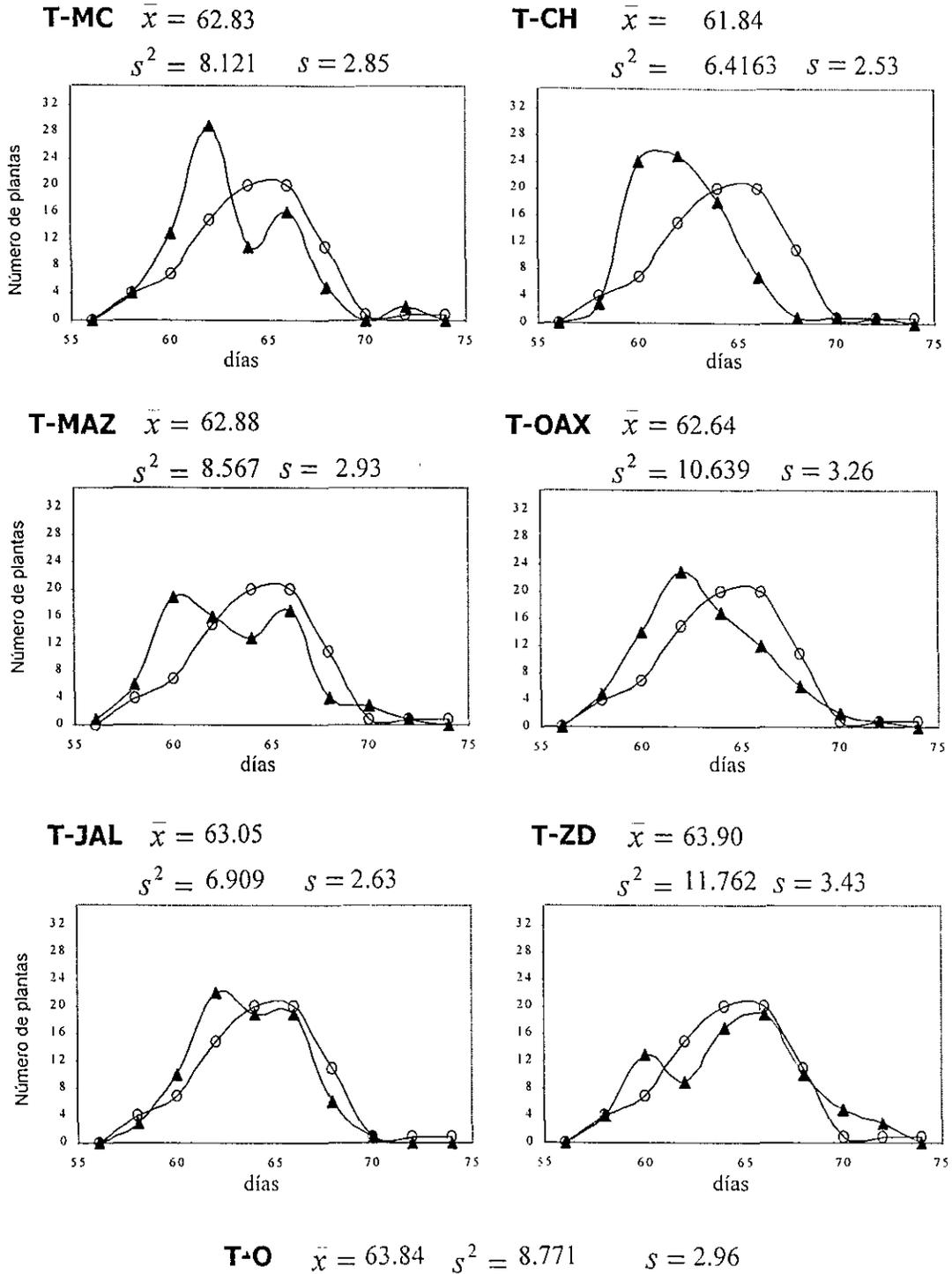


Figura 6. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>3</sub>. Tlajomulco, Jal.

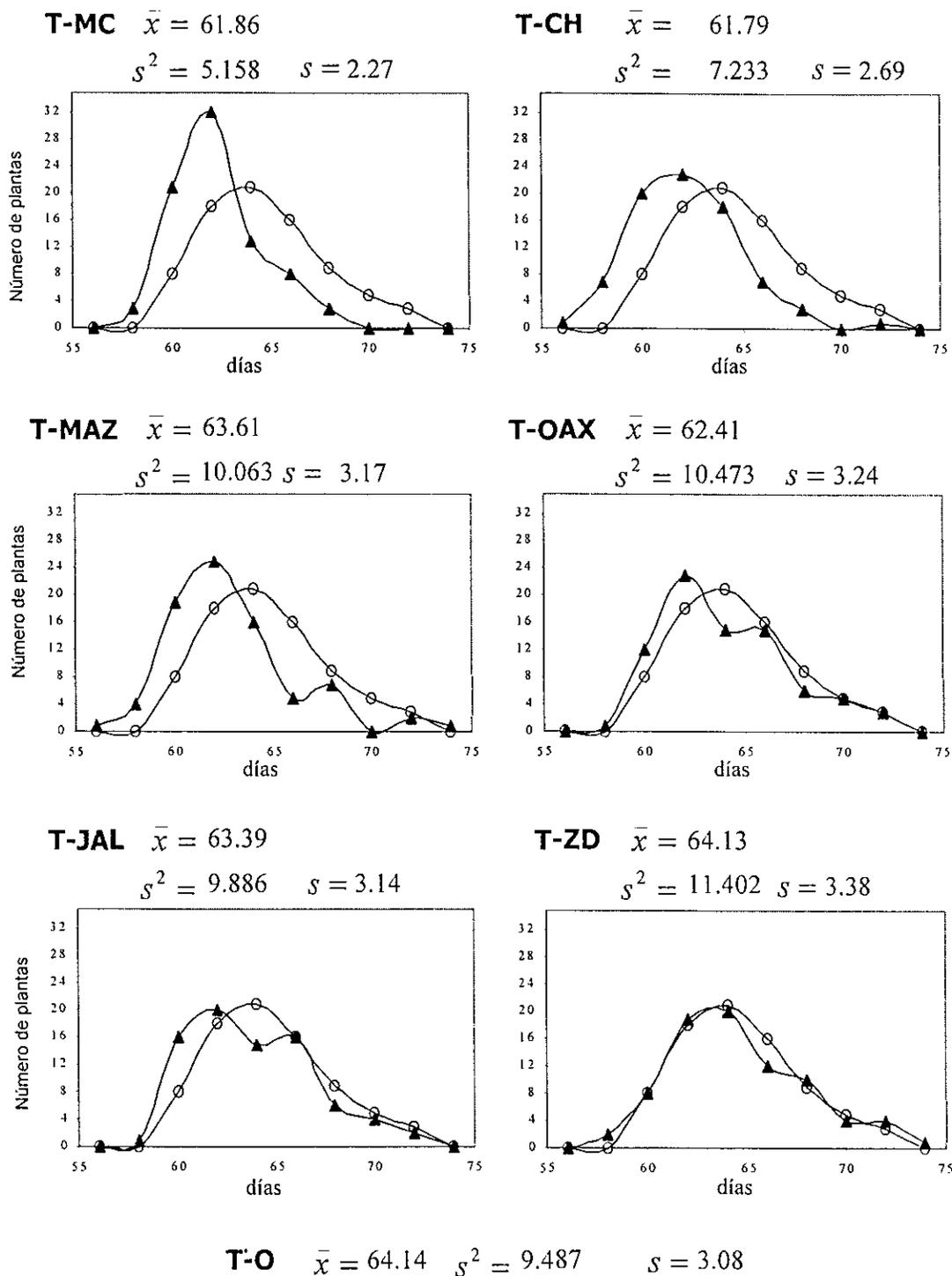


Figura 7. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación  $F_4$ . Tlajomulco, Jal.

#### 4.2.1.2. Homogeneidad de matrices de varianzas – covarianzas

Con el objeto de tener una idea global de la magnitud de las varianzas y covarianzas de todas las variables en conjunto, se llevó a cabo la prueba de Bartlett modificada por Box (Morrison, 1978). Debido al espacio requerido no se incluyeron las matrices de varianzas-covarianzas para cada sintético, sin embargo, se presenta el logaritmo natural del determinante de cada una de las matrices (Cuadro 14). De acuerdo con Cliff (1987), si varias matrices son similares, dicha similaridad se reflejará en los valores de los determinantes. Adicionalmente se presentan los valores de  $\chi^2$  y su significancia para las pruebas realizadas dentro de cada generación.

Cuadro 14. Valores del logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas – covarianzas de las 10 variables estudiadas. Tlajomulco, Jal.

FUENTE	GENERACION		
	F2	F3	F4
T-MC	29.85	27.50	27.41
T-CH	27.86	26.65	27.88
T-OAX	28.62	28.69	28.07
T-MAZ	28.07	27.02	27.59
T-JAL	29.20	27.07	27.76
T-ZD	28.26	28.75	29.67
<b>ORIGINAL</b>	25.75	27.86	27.61
$\chi^2$	499.51	406.15	479.46
<b>Prob &gt; <math>\chi^2</math></b>	0.0001	0.0027	0.0001

Nótese que en todas las generaciones se detectaron diferencias significativas para las matrices de varianzas – covarianzas. De acuerdo a los valores del logaritmo natural del determinante, en la F<sub>2</sub> el sintético original presentó la menor variación global mientras que MC y JAL la mayor; en la F<sub>3</sub> CH y ZD presentaron la menor y

mayor variación respectivamente. Con respecto a la F<sub>4</sub>, MC, MAZ presentaron valores bajos y ZD los valores más altos.

#### 4.2.2. Ameca

Las varianzas por tratamiento se presentan en el Cuadro 15. De manera similar que en Tlajomulco, los sintéticos en F<sub>2</sub> de JAL y ZD tuvieron las mayores varianzas en rendimiento de grano.

Cuadro 15. Varianzas por tratamiento. Ameca, Jal.

FUE	GEN	VREND	VHPM	VGPH	VLON	VDMZ	VP200S	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	F2	1822.410	4.025	43.719	6.225	0.194	114.683	5.397	9.430	845.380	421.575
T-MC	F3	1510.920	4.577	37.281	3.954●	0.235	64.001	4.101	7.597	657.500	385.007
T-MC	F4	1836.450	3.537	33.663	4.806	0.250	100.759	4.538	9.487	1043.150	449.063
T-CH	F2	1876.780	4.087	24.554	7.911	0.249	135.674	5.927	<b>11.539▶</b>	793.690	378.524
T-CH	F3	1856.170	3.942	<b>53.078▶</b>	6.393	0.257	86.173	3.267●	4.653●	1016.050	558.247
T-CH	F4	1785.370	4.125	36.256	5.086	0.240	98.094	3.923	5.615	353.540●	294.866
T-OAX	F2	1609.820	3.438	43.827	6.120	0.190	113.428	6.501	11.032	704.690	472.982
T-OAX	F3	1639.660	<b>5.927▶</b>	40.820	7.654	0.209	111.014	5.959	10.289	866.380	<b>568.554▶</b>
T-OAX	F4	1516.440	3.016	38.589	5.630	<b>0.286▶</b>	106.404	4.309	8.829	<b>1151.610▶</b>	383.158
T-MAZ	F2	1627.450	3.654	38.080	5.577	0.231	112.757	5.757	7.639	589.840	438.632
T-MAZ	F3	1462.360	3.815	34.802	7.969	0.207	60.046●	5.725	8.560	793.190	419.564
T-MAZ	F4	1546.380	5.142	49.149	<b>9.840▶</b>	0.239	106.562	5.094	7.582	799.960	457.822
T-JAL	F2	<b>2046.540▶</b>	3.816	35.086	4.785	0.244	<b>140.776▶</b>	4.513	8.506	594.180	350.543
T-JAL	F3	1458.830	3.556	41.550	5.780	0.121	89.630	6.013	7.387	963.570	509.935
T-JAL	F4	1455.770	3.407	36.024	7.737	0.155	91.212	4.237	10.095	954.740	449.361
T-ZD	F2	1851.340	3.403	28.365	5.439	0.172	94.925	4.413	8.344	868.760	285.772
T-ZD	F3	1253.730	4.769	22.486●	5.323	0.176	104.440	3.787	7.347	608.710	355.113
T-ZD	F4	970.970●	2.809◀●	30.342	5.903	0.152	69.021	4.043	6.458	614.300	508.834
T-O	F2	1695.340	3.722	37.893	7.471	0.132	106.033	4.304	6.884	695.080	253.597
T-O	F3	1240.260	4.977	32.851	5.828	0.106●	102.479	<b>6.899▶</b>	10.588	656.640	389.863
T-O	F4	1280.730	5.743	38.840	7.303	0.129	76.645	3.389	8.045	385.770	203.081●
SIR1F2	F2	1251.910	3.028	23.975	4.530	0.090	72.906	3.648	5.442	484.040	296.547
H-357	F1	489.910◀	3.443	15.771◀	2.416◀	0.038◀	14.718◀	1.611◀	1.894◀	203.010◀	180.766◀

▶ = mayor varianza; ◀ = menor varianza; ● = menor varianza sintético

VREND = varianza del rendimiento de grano por planta; VHPM = varianza del número de hileras por mazorca;

VGPH = varianza del número de granos por hilera; VLMZ = varianza de longitud de mazorca;

VDMZ = varianza del diámetro de mazorca; VP200S = varianza del peso de 200 semillas;

VFM = varianza del número de días a floración masculina; VFF = varianza del número de días a floración femenina;

VAP = varianza de altura de planta; y VAM = varianza de altura de mazorca.

Las principales tendencias en cuanto a la magnitud de las varianzas que se puede mencionar son: las menores varianzas ocurrieron en ZD y los sintéticos originales. Dentro de las  $F_2$ , ZD mostró las menores varianzas en hileras por mazorca y peso de 200 semillas; dentro de las  $F_3$  en granos por hilera, altura de planta y altura de mazorca; mientras que dentro de las  $F_4$  en rendimiento de grano, hileras por mazorca, granos por hilera y peso de 200 semillas. Los sintéticos originales por su parte mostraron varianzas bajas dentro de las  $F_2$  en diámetro de mazorca, días a floración masculina, días a floración femenina y altura de mazorca; dentro de las  $F_3$  en rendimiento de grano y diámetro de mazorca; dentro de las  $F_4$  en diámetro de mazorca, días a floración masculina, altura de planta y altura de mazorca. La tendencia de varianzas de mayor magnitud numérica se observaron en la  $F_2$  y  $F_3$  para CH y OAX. En OAX se obtuvieron las varianzas más altas para hileras por mazorca, peso de 200 semillas y altura de mazorca en  $F_3$ , y diámetro de mazorca y en altura de planta en  $F_4$  (Cuadro 15, A7).

Los resultados de las pruebas de Hartley y Bartlett se presentan para rendimiento de grano y componentes de rendimiento en el Cuadro 16. Cuando se incluyeron todos los tratamientos, se detectaron diferencias significativas para todas las variables. A continuación se describirán los resultados más relevantes por generación, indicando entre paréntesis la varianza menor y mayor para las variables en que se detectó significancia.

Cuadro 16. Valores de  $X^2_c$  de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Rendimiento de grano y sus componentes. Ameca, Jal.

		REND_GR	HPM	GPH	LMZ	DMZ	P200S
F2, F3, F4 y Testigos	Hartley	4.18 *	1.18 <sup>ns</sup>	2.78 *	3.27 *	6.50 *	9.56 *
	Bartlett	97.49 *	35.61 *	78.43 *	91.3 *	202.74 *	200.12 *
F2 y Sintético	Hartley	1.63 *	1.35 <sup>ns</sup>	1.83 *	1.75 *	2.77 *	1.93 *
	Bartlett	5.76 <sup>ns</sup>	2.61 <sup>ns</sup>	15.50 *	10.61 <sup>ns</sup>	29.67 *	11.16 <sup>ns</sup>
F2	Hartley	1.27 <sup>ns</sup>	1.20 <sup>ns</sup>	1.78 *	1.65 *	1.88 *	1.48 <sup>ns</sup>
	Bartlett	1.74 <sup>ns</sup>	1.17 <sup>ns</sup>	10.43 <sup>ns</sup>	7.42 <sup>ns</sup>	11.37 <sup>ns</sup>	4.37 <sup>ns</sup>
F3	Hartley	1.50 <sup>ns</sup>	1.67 *	2.36 *	2.02 *	2.42 *	1.85 *
	Bartlett	4.73 <sup>ns</sup>	7.41 <sup>ns</sup>	15.58 *	12.61 *	24.55 *	13.06 *
F4	Hartley	1.89 *	2.04 *	1.62 *	2.05 *	2.23 *	1.54 <sup>ns</sup>
	Bartlett	10.35 <sup>ns</sup>	17.26 *	5.41 <sup>ns</sup>	16.02 *	21.68 *	6.39 <sup>ns</sup>

\*Significativo al 5% de probabilidad; ns = no significativo.

REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera;

LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas;

Testigos = H-357 y SI R1 F2; Sintético = SI R1 F2.

Al comparar las  $F_2$ , se detectaron diferencias estadísticas sólo para granos por hilera (CH y OAX), longitud de mazorca (JAL y CH) y diámetro de mazorca (Original y Chalco). Dentro de las  $F_3$  hubo diferencias estadísticas en hileras por mazorca (JAL y OAX), granos por hilera (ZD y CH), longitud de mazorca (MC y MAZ), diámetro de mazorca (Original y CH) y peso de 200 semillas (MAZ y OAX). Con respecto a la  $F_4$  las diferencias ocurrieron en rendimiento de grano (ZD y MC), hileras por mazorca (ZD y Original), granos por hilera (ZD y MAZ), longitud de mazorca (MC y MAZ) y diámetro de mazorca (Original y OAX). Cuadro 16 y A7.

Los resultados de las pruebas de Hartley y Bartlett para los caracteres agronómicos se presentan en el Cuadro 17. Cuando se incluyeron todos los tratamientos, se detectaron diferencias significativas para todas las variables.

Cuadro 17. Valores de  $X^2_c$  de las pruebas de Hartley y Bartlett para homogeneidad de varianzas. Caracteres agronómicos. Ameca, Jal.

		FM	FF	AP	AM
F2, F3, F4 y Testigos	Hartley	4.04 *	6.09 *	4.28 *	2.62 *
	Bartlett	103.59 *	150.67 *	159.53 *	89.75 *
F2 y Sintético	Hartley	1.78 *	2.12 *	1.79 *	1.59 <sup>ns</sup>
	Bartlett	10.51 <sup>ns</sup>	16.24 *	10.94 <sup>ns</sup>	13.64 *
F2	Hartley	1.51 <sup>ns</sup>	1.67 *	1.47 <sup>ns</sup>	1.86 *
	Bartlett	6.30 <sup>ns</sup>	8.39 <sup>ns</sup>	5.79 <sup>ns</sup>	11.98 <sup>ns</sup>
F3	Hartley	2.11 *	2.28 *	1.67 *	1.60 *
	Bartlett	18.19 *	16.62 *	9.67 <sup>ns</sup>	8.81 <sup>ns</sup>
F4	Hartley	1.50 <sup>ns</sup>	1.80 *	3.26 *	2.51 *
	Bartlett	3.74 <sup>ns</sup>	10.09 <sup>ns</sup>	48.92 *	22.19 *

\*Significativo al 5% de probabilidad; ns = no significativo.

FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina;

AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; Testigos = H-357 y SI R1 F2; Sintético = SI R1 F2.

Las comparaciones dentro de la generación F<sub>2</sub> indicaron diferencias significativas en días a floración femenina (Original y CH) y altura de mazorca (Original y OAX). En las F<sub>3</sub> se detectaron diferencias significativas para todas las variables; las varianzas menores y mayores ocurrieron de la siguiente manera: floración masculina y femenina (CH y Original), altura de planta (ZD y CH) y altura de mazorca (ZD y OAX). En las F<sub>4</sub> las diferencias ocurrieron en días a floración femenina (CH y JAL), altura de planta (CH y OAX) y Altura de mazorca (Original y ZD). Cuadro 17 y A7.

#### 4.2.2.1. Distribuciones de frecuencia

La presentación gráfica de las magnitudes de media y varianza en los sintéticos con germoplasma de teocintle, comparados con los originales, se presentan las figuras 8, 9 y 10 para rendimiento de grano y las figuras 11, 12 y 13 para días a floración femenina. Aun cuando sólo se detectaron diferencias entre las

varianzas dentro de la generación  $F_4$  de los sintéticos en cuanto al rendimiento de grano, de la misma manera que en Tlajomulco, en Ameca también se observaron variantes en baja frecuencia en los sintéticos con germoplasma de teocintle, iguales y aún superiores que en el sintético original. En la  $F_2$  se observaron en MC, CH, JAL y ZD; en la  $F_3$  fueron definitivamente poco frecuentes las variantes, observándose algunas en ZD; en la  $F_4$  se detectaron en MC, CH, MAZ, OAX y JAL mayor frecuencia de variantes.

El comportamiento del número de días a floración femenina es muy similar a lo descrito para Tlajomulco, es decir, las variantes más precoces se observaron en los sintéticos con teocintle MC y CH (*Zea mays ssp. mexicana*), aún presentando baja varianza. De la misma manera, en la mayoría de los casos la media de los sintéticos con teocintle fue menor y la varianza mayor, con respecto a los originales.

Con menor claridad que para Tlajomulco, las distribuciones de frecuencia tienden a ser más semejantes a la normal en las generaciones más avanzadas. Esta situación es más evidente en las distribuciones de días a floración femenina.

TESIS/CUCBA

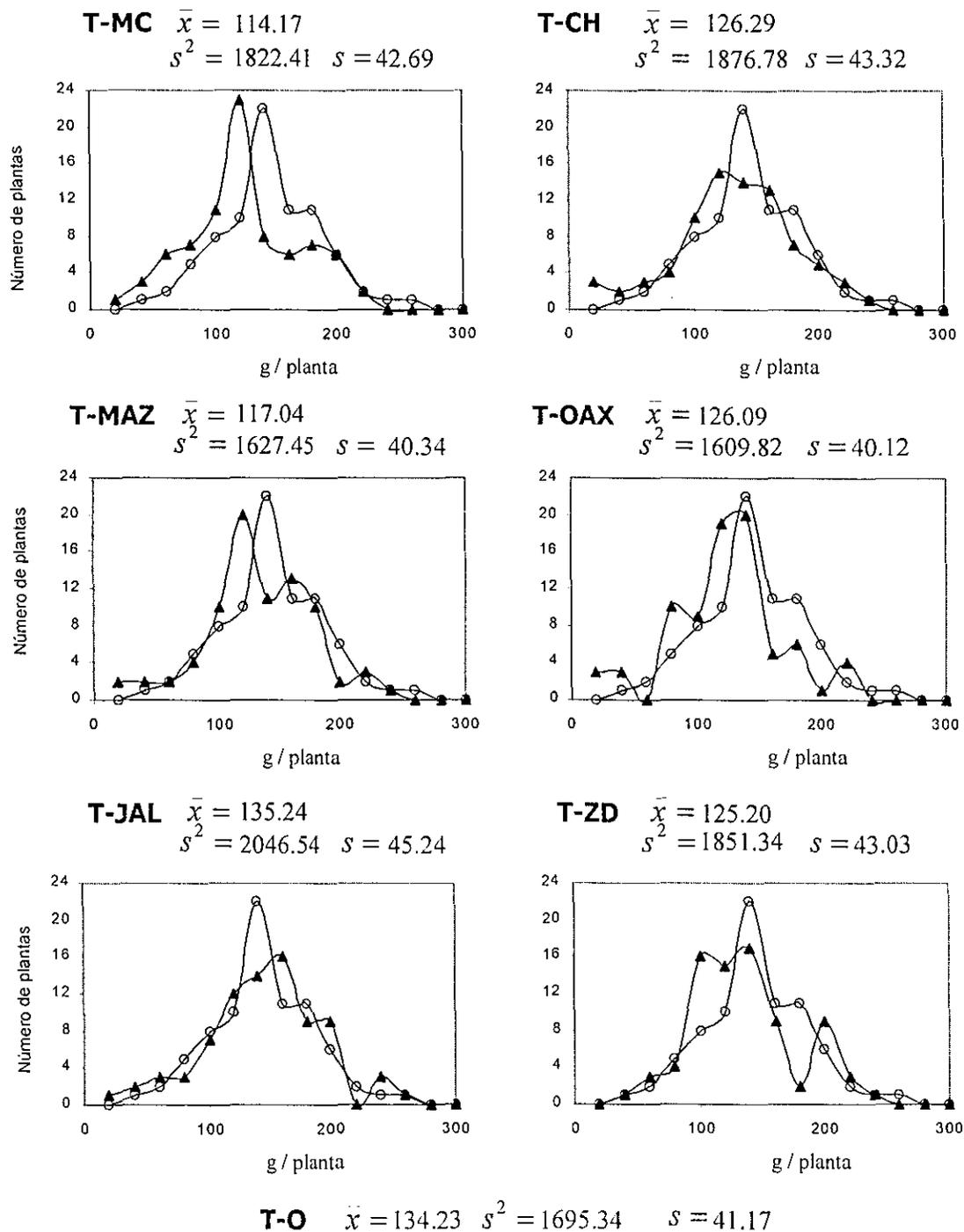


Figura 8. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>2</sub>. Ameca, Jal.

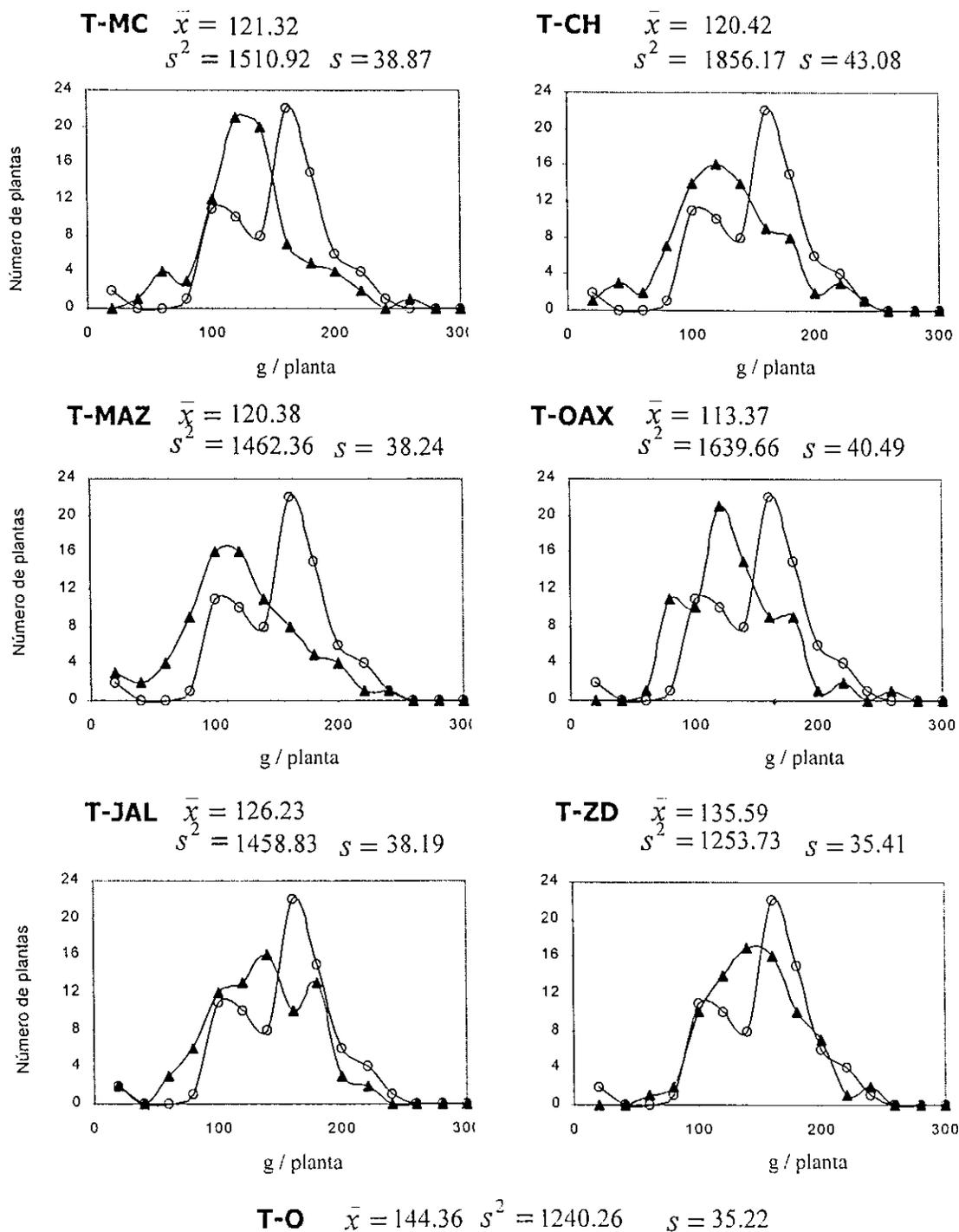


Figura 9. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>3</sub>. Ameca, Jal.

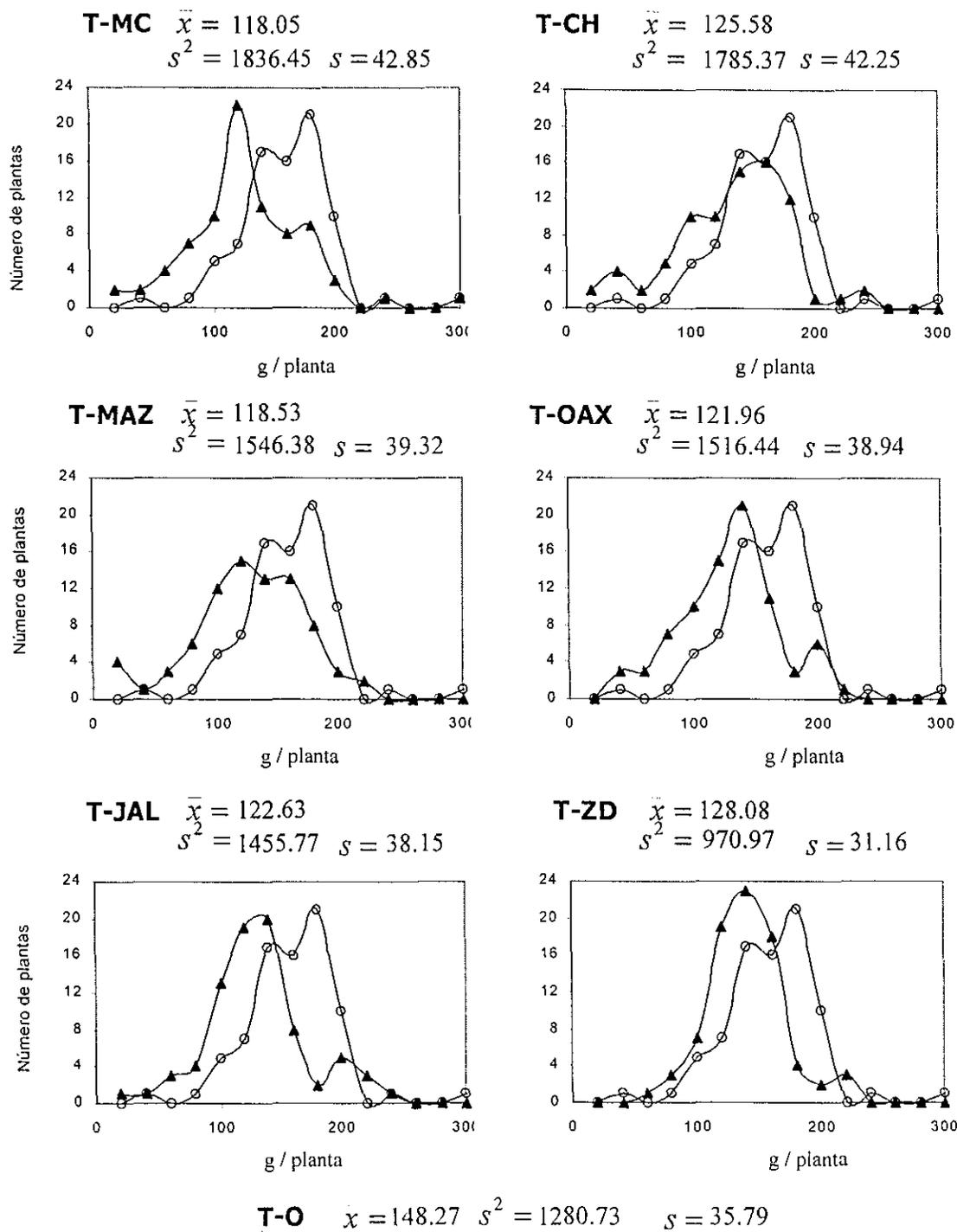


Figura 10. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en el rendimiento de grano planta<sup>-1</sup> del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación F<sub>4</sub>. Ameca, Jal.

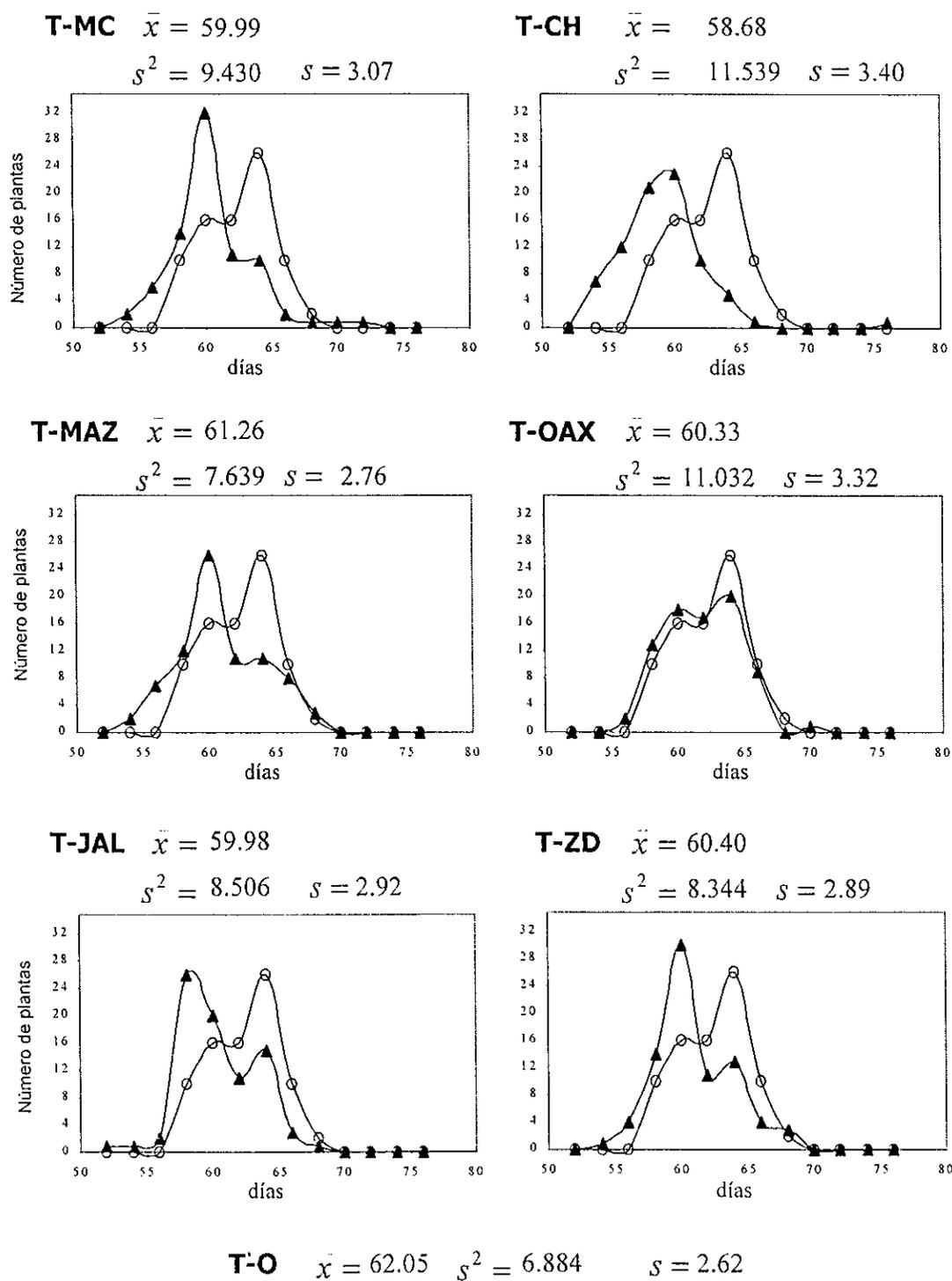


Figura 11. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación  $F_2$ . Ameca, Jal.

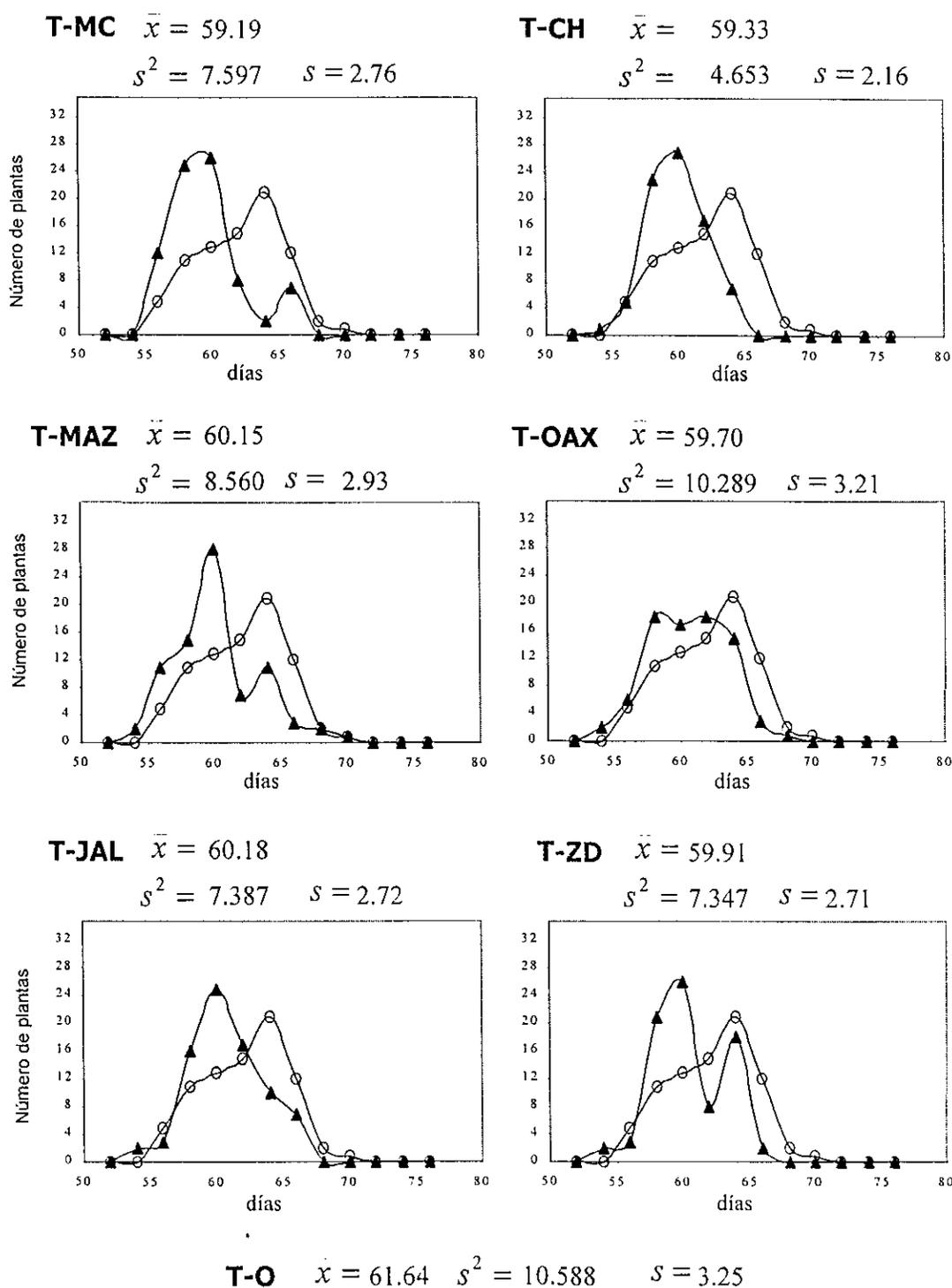


Figura 12. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (círculo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación  $F_3$ . Ameca, Jal.

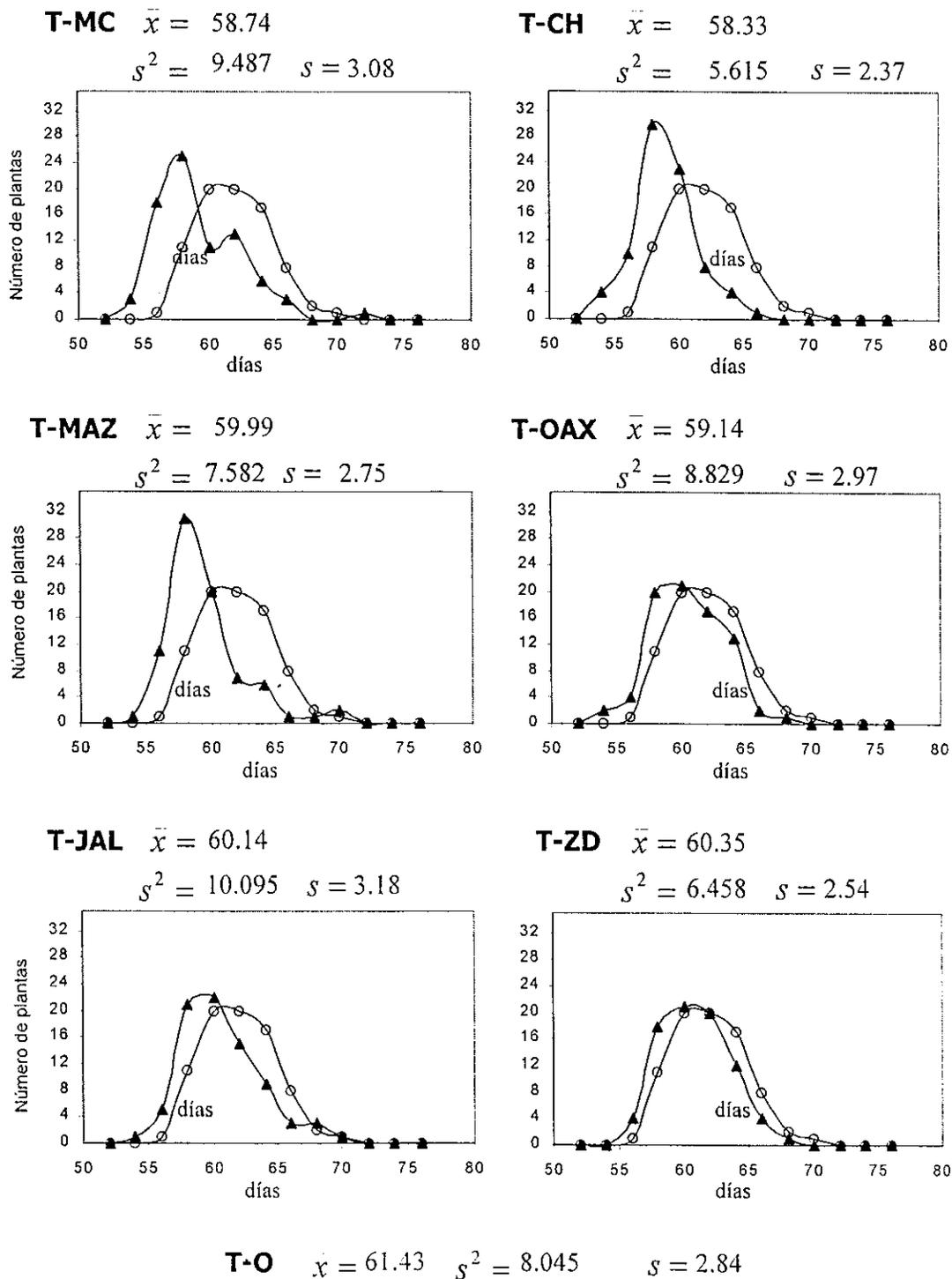


Figura 13. Distribución de frecuencias observadas (80 observaciones) y estimadores de los parámetros poblacionales en días a floración femenina del sintético sin teocintle (circulo) y con seis fuentes de teocintle (triángulo). Generación  $F_4$ . Ameca, Jal.

#### 4.2.2.2. Homogeneidad de matrices de varianzas – covarianzas

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la prueba de Bartlett modificada por Box (Morrison, 1978). En dicho cuadro, se presenta el logaritmo natural del determinante de cada una de las matrices y los valores de  $\chi^2$  y su significancia para las pruebas realizadas dentro de cada generación.

Cuadro 18. Valores de logaritmo natural del determinante de las matrices de varianzas – covarianzas de las 10 variables estudiadas. Ameca, Jal.

FUENTE	GENERACION		
	F2	F3	F4
T-MC	28.76	27.72	29.23
T-CH	29.38	29.41	25.99
T-OAX	28.68	29.68	30.05
T-MAZ	29.24	28.24	30.37
T-JAL	28.74	28.51	29.67
T-ZD	27.54	27.46	27.41
ORIGINAL	26.46	26.95	26.01
$\chi^2$	516.89	535.12	502.61
Prob > $\chi^2$	0.0001	0.0001	0.0001

De similar manera que en Tlajomulco, en todas las generaciones se detectaron diferencias significativas para las matrices de varianzas – covarianzas. De acuerdo a los valores del logaritmo natural del determinante, en la F<sub>2</sub> y en la F<sub>3</sub>, el sintético original presentó la menor variación global mientras que en la F<sub>4</sub>, CH y el original presentaron los valores más bajos (Cuadro 18).

#### 4.2.3. Prueba de homogeneidad de varianzas de Bartlett para generaciones dentro de fuentes de germoplasma de teocintle.

En el Cuadro 19 se presentan los valores de  $\chi^2$  y su significancia para las comparaciones de varianzas de generaciones dentro de fuentes de germoplasma de

teocintle; como referencia se incluye la prueba general que involucra a los 21 sintéticos. Estas pruebas se hicieron con el objeto de tener una idea de los posibles efectos de deriva genética y desequilibrio de ligamiento. Las pruebas de Hartley se incluyen en los cuadros A1, A2, A3 y A4 del Apéndice.

Cuadro 19. Valores calculados de  $X^2_c$  de la prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas. Tlajomulco y Ameca, Jal.

		FUENTE DE GERMOPLASMA							
Variable	LOC	F2, F3, F4	MC	CH	OAX	MAZ	JAL	ZD	ORIG
REND	Tlajomulco	22.30	0.76	0.12	1.17	0.77	7.25 ◀	2.07	0.12
	Ameca	23.30	0.93	0.05	0.12	0.22	3.08	8.40 ◀	2.37
HPM	Tlajomulco	24.00	1.51	7.00 ▶	2.02	0.13	0.24	1.26	4.18
	Ameca	31.00	1.29	0.04	10.30 ▶	2.78	0.26	5.74	3.73
GPH	Tlajomulco	22.60	1.98	0.58	6.87 ◀	1.79	2.05	0.35	1.75
	Ameca	31.80	1.34	11.30 ▶	0.31	2.57	0.65	1.89	0.63
LON	Tlajomulco	23.10	2.59	0.52	8.50 ▶	0.43	3.12	0.13	0.02
	Ameca	37.00	4.10	3.79	1.98	6.18 ▶	4.60	0.24	1.44
DMZ	Tlajomulco	36.80	8.72 ◀	2.21	3.05	2.98	2.34	2.17	2.68
	Ameca	59.10	1.36	0.09	3.63	0.44	10.10 ◀	0.47	1.08
P200S	Tlajomulco	34.30	5.34	1.25	0.13	1.34	1.37	0.22	0.29
	Ameca	36.50	6.94 ◀	4.31	0.08	8.81 ◀	5.28	3.56	2.41
FM	Tlajomulco	40.50	9.45 ◀	1.86	2.23	3.83	7.77 ◀	0.57	3.25
	Ameca	36.00	1.53	7.47 ◀	3.55	0.37	2.80	0.46	10.50 ▶
FF	Tlajomulco	37.10	6.99 ◀	1.31	0.09	0.53	7.28 ◀	5.79	1.12
	Ameca	37.80	1.23	19.00 ◀	1.01	0.37	1.93	1.29	3.79
AP	Tlajomulco	55.10	1.56	1.98	3.10	1.86	9.92 ◀	3.66	7.57 ◀
	Ameca	65.50	4.15	21.50 ◀	4.81	2.28	5.66	3.34	7.73 ◀
AM	Tlajomulco	69.50	10.20 ◀	5.13	4.97	6.50 ▶	0.05	1.64	2.04
	Ameca	49.10	0.47	8.24 ◀	3.04	0.15	2.79	6.77 ▶	8.84 ◀
PROG.	<sup>1</sup>	F2	274	276	244	262	254	282	264
PROG.		F3	160	118	108	94	110	140	144
PROG.		F4	242	250	200	274	240	200	200

▶ Valor significativo con incremento de varianzas de F2 a F4. ◀ Valor significativo con reducción de varianzas de F2 a F4.

<sup>1</sup> Número de plantas usadas en la obtención de los sintéticos en F2, F3 y F4.

REND = rendimiento de grano por planta; HPM = número de hileras por mazorca; GPH = número de granos por hilera;

LMZ = longitud de mazorca; DMZ = diámetro de mazorca; P200S = peso de 200 semillas;

FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AP = altura de planta, y

AM = altura de mazorca.

En teoría, aun cuando no exista ligamiento, cuando se sintetizan poblaciones y se consideran simultáneamente más de dos genes, dichas poblaciones no se

encuentran en equilibrio genético. Cuando hay ligamiento, el equilibrio se alcanzará gradualmente a través de generaciones de recombinación (Márquez, 1988; Martins y da Silva, 1998; Chuela, 1999). La importancia del ligamiento es que en teoría, al haber menos genotipos, se reduce la variabilidad genética. Si el número de líneas que integran los sintéticos es el apropiado (6 a 8), la media de  $F_2$  a  $F_4$  no cambia aun con desequilibrio. Por su parte, las disminuciones drásticas en el tamaño de las poblaciones tienden a disminuir la variabilidad, la mayoría de las veces de manera aleatoria y la media puede verse afectada por efectos de la endogamia.

Es conveniente recordar que aun cuando la interacción genotipo-ambiente localidad x tratamiento no fue de gran importancia (Cuadros 6 y 9), en las localidades hubo diferencias para la mayoría de los caracteres, de tal manera que los resultados del Cuadro 19 están sujetos a dichos efectos.

Con respecto a rendimiento de grano hay dos casos de reducciones significativas en las varianzas de  $F_2$  a  $F_4$ : un caso se presentó con la fuente JAL en Tlajomulco, donde la varianza en  $F_2$  de 2529 redujo a 1485 en  $F_4$  su valor (Cuadro 11). El otro caso se detectó en Ameca con la fuente ZD; cuya varianza en  $F_2$  fue de 1851 y en  $F_4$  se redujo a 971 (Cuadro 15). Aun cuando las diferencias de las varianzas de  $F_2$  a  $F_4$  en JAL y ZD no son uniformes en las dos localidades, numéricamente si se observó tendencia a disminuir; estos resultados parecen indicar la existencia de un "cuello de botella", a pesar de que los números de plantas usados en la obtención de los sintéticos están dentro de los tamaños de población recomendados (Crossa *et al.*, 1994).

De las 140 pruebas de  $\chi^2$  realizadas, 28 resultaron significativas. Ocho de esas pruebas detectaron incrementos significativos en las varianzas, mientras que

20 mostraron reducciones. Estos resultados indican que en los sintéticos estudiados pudieron haberse presentado tanto el desequilibrio de ligamiento como deriva genética. Aun cuando en rendimiento de grano solamente se presentaron los casos de ZD y JAL, las reducciones en el tamaño efectivo de las poblaciones y el tamaño de muestra empleado para estimar las varianzas pueden ser factores de gran importancia para el diseño de trabajos futuros.

## V. DISCUSIÓN

Antes de discutir los resultados presentados con anterioridad es importante mencionar que Chuela (1999) evaluó las cruzas dialélicas que dieron origen a los sintéticos usados en este estudio. Los objetivos del estudio de Chuela (1999) fueron estimar el efecto de las diferentes fuentes de teocintle en aptitud combinatoria y varianzas genéticas; la población de referencia de dicho estudio fueron los sintéticos que podrían resultar de recombinar las cruzas dialélicas. A pesar de que se reconoce que el conocimiento de las proporciones de variación genética aditiva y no aditiva son de primera importancia en el diseño de programas de mejoramiento, en el presente trabajo se estudió la variación de cada sintético en mayor detalle y se considera que se pudo avanzar en el conocimiento de la variabilidad de cada sintético y su comportamiento a través de varias generaciones de recombinación.

En esta investigación se encontró, en promedio de las dos localidades, que ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos numéricos significativos en la media de rendimiento de grano o sus componentes de los sintéticos al compararse con los originales, lo cual concuerda con los resultados informados por Chuela (1999). La explicación más congruente de estos resultados se relaciona con la condición homocigótica o heterocigótica de los segmentos de teocintle en cada uno de los sintéticos. Como se describió en materiales y métodos, con excepción de los originales, cada uno de los sintéticos se integró con líneas que contenían 12.5% de la misma fuente de teocintle.

De acuerdo a Sehgal (1963), la heterosis e incrementos en rendimiento y sus componentes ocurre cuando los segmentos cromosómicos incorporados del teocintle

se encuentran en forma heterocigótica. En este estudio, la probabilidad de encontrar altas proporciones de segmentos heterocigotos son más reducidas que si en cada línea tuviera un origen diferente con respecto a teocintle. A pesar de que los sintéticos con germoplasma de teocintle no lograron superar la media de los originales, las fuentes JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) resultaron prometedoras para usarse en programas de mejoramiento genético de maíz de áreas subtropicales.

Diversos investigadores han sugerido la posibilidad de incrementar la variabilidad genética y de introducir heterosis adicional al maíz por medio de la incorporación de germoplasma de las especies silvestres (Stalker, 1989; Magoja y Pischedda, 1994). Aun cuando en este trabajo se encontró que las varianzas entre generaciones y localidades no son muy consistentes, se pudo mostrar que las fuentes de teocintle modifican los niveles de variabilidad y en varios casos superan numéricamente a los materiales originales (Cuadros 6, 10, 11, 12, 13, 15, 16 y 17). Un aspecto importante es que con el estudio de plantas individuales fue posible detectar, aunque no en altas proporciones, plantas con buen potencial y características deseables en los sintéticos con germoplasma de teocintle (Figuras 2 a 13). No obstante que puede ser prometedor el hecho de observar variantes transgresivas, en trabajos futuros se requerirá probar su valor en los programas de mejoramiento en estudios de aptitud combinatoria y heterosis.

Con base en que los errores experimentales fueron pequeños, la interacción genotipo-ambiente fue significativa en muy pocos casos y que la variación debida al material genético y a las localidades fue la de mayor importancia, las diferencias

detectadas entre las fuentes de germoplasma de teocintle y generaciones de recombinación tanto en medias como en varianzas pueden atribuirse a lo siguiente:

i) cada una de las líneas de maíz pudo haber sufrido modificaciones en diferentes regiones del genoma al combinarse con las diferentes fuentes de teocintle; esas diferencias pueden traducirse en número y tipo de alelos favorables y desfavorables así como condición de heterocigocidad, ii) aun cuando hubo control del porcentaje de germoplasma de teocintle de cada línea y sintético (12.5%), para cada sintético, no necesariamente cada línea de maíz se cruzó con las mismas plantas de teocintle. Hay que mencionar que las poblaciones de teocintle provienen de diferentes regiones de México y que la diversidad genética dentro de poblaciones es diferente (Doebley et al. 1984). iii) se ha publicado la existencia de variabilidad en ligamiento y distancias de recombinación en retrocruzas entre maíz y teocintle (Williams et al., 1995); que indican que la recombinación disminuye entre progenitores distantes y que esa limitación es menor en generaciones más avanzadas de retrocruzamiento, iv) a pesar de que los métodos, materiales y los resultados de este trabajo no son suficientes, parece haber indicios de reducciones en el tamaño efectivo de algunos sintéticos y aunque en menor proporción, la existencia de desequilibrio de ligamiento; adicionalmente, existe la posibilidad que el número de plantas por tratamiento (80) sea insuficiente para estimar sin desviaciones significativas la media y la varianza, y v) el desarrollo de genotipos especiales para uso específico, según Reetz Jr (1999), podría pagar por la identificación y preservación de caracteres cualitativos especiales.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ninguna de las fuentes de germoplasma de teocintle causó incrementos significativos en la media de rendimiento de grano o sus componentes de los sintéticos al compararse con el sintético original.

Las fuentes de teocintle JAL (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y ZD (*Zea diploperennis*) parecen ser las más prometedoras para usarse en programas de mejoramiento genético de maíz de áreas subtropicales.

No obstante que las varianzas entre generaciones y localidades no son consistentes, si se pudo demostrar que las fuentes de teocintle modifican los niveles de variabilidad, y en varios casos superan significativamente al sintético original.

En el estudio de plantas individuales se identificaron en los sintéticos con germoplasma de teocintle variantes transgresivas con alto rendimiento y características deseables (aunque no en altas proporciones); pero se requiere evaluarlas en trabajos futuros en programas de mejoramiento en estudios de aptitud combinatoria y heterosis.

Finalmente, sería recomendable investigar los siguientes aspectos:

- i) evaluar la utilidad de las fuentes de germoplasma más prometedoras, sobre todo como fuente de materiales superiores en aptitud combinatoria y heterosis tanto de rendimiento de grano como de componentes del rendimiento y resistencia a factores adversos como enfermedades, plagas o sequía,

- ii) determinar si la incorporación de germoplasma de teocintle puede causar problemas de desequilibrio de ligamiento en comparación con materiales originales,
- iii) estimar si hubo deriva genética y pérdida sensible de alelos o diversidad genética a través de generaciones de recombinación por medio del uso de marcadores moleculares,
- iv) determinar el tamaño óptimo de muestra para la estimación de medias y varianzas en las variedades sintéticas con y sin germoplasma de teocintle.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Allard, R.W. 1960. Principles of plant breeding. John Wiley and Sons. Inc. Nueva York. *pp.* 305-310.
- Bellon, M. and M. Smale. 1998. A conceptual framework for Valuing On-Farm Genetic Resources. CIMMYT Economics Working Paper No. 98-05. Mexico, D.F.: CIMMYT. 17 p.
- Casas S., J. F. 2000. Uso del teocintle (*Zea ssp.*) en el mejoramiento genético de líneas élite de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Agrícolas y Forestales, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. *pp.* 26-58.
- Casas S., J. F., J. J. Sánchez G., J. L. Ramírez D., J. Ron P., y S. Montes H. 2001. Rendimiento y sus componentes en retrocruzas maíz-teocintle. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 24: 17-26.
- CIMMYT. 1997. Las personas y la colaboración: Plan a mediano plazo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), 1998-2000+. México, D.F.: CIMMYT. *pp.* 10-11.
- Cliff, N. 1987. Analyzing multivariate data. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. 494 p.
- Crossa, J., S. Taba, S.A. Eberhart, and P. Bretting 1994. Practical considerations for maintaining germplasm in maize. *Theor. Appl. Genet.* 89: 89-95.
- Chávez A., J.L. y E. López P. 1987. Mejoramiento de Plantas II. Apuntes. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento de Fitomejoramiento. Buenavista, Saltillo, Coah., México. *pp.* 147-154.

- Chuela B., M. 1999. Análisis genético de las cruzas dialélicas de seis líneas de maíz con germoplasma de teocintle. Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo de Áreas de Temporal. Coordinación de Postgrado, División de Ciencias Agronómicas, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. pp. 34-94.
- Doebley, J. F., M. M. Goodman, and C. W. Stuber. 1984. Isoenzymatic variation in *Zea* (GRAMINEAE). *Systematic Botany*. 9:203-218.
- Falconer, D.S. 1986. Introducción a la genética cuantitativa. 2da. Ed. Trad. Fidel Márquez S. CECOSA. México. 383 p.
- Galinat, W. C. 1985. Teosinte, the antecessor of maize: perspectives for its use in maize breeding for the tropics. pp. 93-103. *In*: Brandolini, A., and F. Salamin (eds.). *Breeding strategies for maize production improvement in the tropics*. FAO. Italy.
- García, G. M., H. T. Stalker, and G. Kochert. 1995. Introgression analysis of and interspecific hybrid population in peanuts (*Arachis hypogaea*) using RFLP and RAPD markers. *Genome*. 38: 166-176.
- Guzmán, R. y H. H. Iltis. 1991. Protección a genes perennes de maíz en una reserva de la biosfera. *Diversity*. 7:89-92.
- Hartley, H. O. 1950. The maximum F-ratio as a short-cut test for heterogeneity of variance. *Biometrika*. 37: 308-312.
- Hussein, M.A., A. Bjornstad, A.H. Aastveit and T. Berg. (2001). BARTEST. A SAS program for Bartlett test on equality of variances. Institutt for Plantefag, Agricultural University of Norway. <http://www.nlh.no/ipf/Publikasjoner/hussein/>.

- Jarvis, D. I. and T. Hodgkin, 1999. Wild relatives and crop cultivars: detecting natural introgression and farmer selection of new genetic combinations in agroecosystems. *Molecular Ecology*. 8: S159-S173.
- Lambert, R.J. and E. R. Leng. 1965. Backcross response of two mature plant traits for certain corn - teosinte hybrids. *Crop Sci*. 5:239-241.
- Magoja, J.L. and G. Pischedda. 1994. Maize x Teosinte hybridization. pp. 85-101. *In*: Y.P.S. Bajaj (Ed.) *Biotechnology in agriculture and forestry*. Vol 25 Maize. Springer-Verlag.
- Márquez S., F. 1988. *Genotecnia Vegetal: Métodos – Teoría – Resultados*. Tomo II. AGT Editor. México. pp. 360-479.
- Márquez-Sánchez F., and A. R. Hallauer. 1970. Influence of sample size on the estimation of genetic variances in a synthetic variety of maize. I. Grain yield. *Crop Sci*. 10:357-361.
- Márquez S., F., P. Ramírez V., y H. Córdova O. 1983. *Variedades Sintéticas de Maíz*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 3-70.
- Martins M. E. Q. P., and W. J. da Silva. 1998. Genetic and genotypic frequencies of endosperm mutants in maize populations under natural selection. *J. Heredity*. 89: 516-524.
- Morrison, D. F. 1978. *Multivariate Statistical Methods*. 2nd. Edition. McGraw Hill. 415 p.
- Murphy, J. P., C. A. Griffey, P. L. Finney, and S. Leath. 1997. Agronomic and grain quality of *Triticum aestivum* x *Aegilops tauschii* backcross populations. *Crop Sci*. 37: 1960-1965.

- Nault, L. R., W. R. Findley. 1982. *Zea diploperennis*: A primitive relative offers new traits to improve corn. *Desert Plants* 3(4): 202-205.
- Ramírez D. J. L., J. Ron P. y O. Cota A. 1995a. H-315 híbrido de maíz de ciclo intermedio para la zona subtropical y tropical de México. Folleto técnico núm. 3. Campo Experimental Centro de Jalisco. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. Tlajomulco, Jalisco. pp. 4-20.
- Ramírez D., J. L., J. Ron P., J. B. Maya L. y O. Cota A. 1995b. H-357 y H-358 híbridos de maíz de cruce simple para la zona subtropical y tropical de México. Folleto técnico núm. 4. Campo Experimental Centro de Jalisco. Centro de Investigaciones del pacífico Centro. INIFAP. Tlajomulco, Jalisco. pp. 4-23.
- Ramírez D. J. L., J. Ron P., J. B. Maya L. y O. Cota A. 1995c. H-359 y H-360 híbridos trilineales de maíz para la zona subtropical y tropical de México. Folleto técnico núm. 5. Campo Experimental Centro de Jalisco. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. INIFAP. Tlajomulco, Jalisco. pp. 4-20.
- Ramírez D., J. L., J. Ron P., J. B. Maya L., A. García B., H. Venegas S., H. Delgado M. y H. Ramírez V. 1996. Estrategias y resultados de investigación del programa de mejoramiento genético de maíz del INIFAP en Jalisco, México. *Germen*, Boletín No. 12. SOMEFI. pp. 15 – 39.
- Reets Jr. H. F. 1999. Impact of new technologies and production systems on modern corn production. *Maydica* 44: 47-53.
- Reeves, R.G. 1950. The Use of Teosinte in the Improvement of Corn Inbreds. *Agron. J.* 42: 248-251.

- Ron P., J., y J. L. Ramírez D. 1991. Miranda-355: nueva variedad de maíz para El Bajío: descripción varietal y resultados. Folleto técnico núm. 1. Campo Experimental Zapopan. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Jalisco. INIFAP. SARH, Zapopan, Jalisco, México. *pp.* 2-17.
- Sánchez G., J. J., T. A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández C., A. López R., y J. A. Ruiz C. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. Libro técnico No. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. INIFAP. 149 p.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS Users' guide: Statistics, Version 6. Cary, NC. SAS Institute, Inc.
- Sehgal, S. M. 1963. Effects of teosinte and "tripsacum" introgression in maize. Bussey Inst., Harvard Univ., Cambridge, MA. 63 p.
- Smale, M., and T. McBride. 1996. Understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetic resources. Part 1 of CIMMYT 1995/96 World Wheat Facts and Trends: Understanding Global Trends in the Use of Wheat Diversity and International Flows of Wheat Genetic Resources. Mexico, D.F.: CIMMYT. *pp.* 29-30.
- Smith, J. S. C., M. M. Goodman, and T. A. Kato Y. 1982. Variation within teosinte. II. Numerical analysis of chromosome knob data. *Econ. Bot.* 36: 100-112.
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. 1967. Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica. Traducción de la quinta edición en inglés por J. A. Reinos F. Edit. CECOSA. Novena impresión en español. *pp.* 366-369.
- Sprage, G. F. 1955. Corn Breeding. *In: Corn and Corn Improvement.* G. F. Sprage (Ed). Academic Press, New York. 255 p.

- Srinivasan, G., and J. L. Brewbaker. 1999. Genetic analysis of hybrids between maize and perennial teosinte. I. Morphological traits. *Maydica* 44: 353-369.
- Srinivasan, G. 1994. International Testing and the Adoption of Subtropical, Midaltitude, and Highland Germplasm. *pp.87-95. In: Bjarnason M. (Ed). The Subtropical, Midaltitude and Highland . Maize Subprogram. Mexico, D.F.: CIMMYT.*
- Stalker, H. T. 1989. Utilizing Wild Species for Crop Improvement. *pp. 139-151. In: Stalker H. T., and C. Chapman, (Eds.). Scientific Management of Germplasm: Characterization, Evaluation and Enhancement. IBPGR Training Courses: Lecture Series. 2. Rome with the Department of Crop Science North Carolina State University.*
- Tanksley, S. D. and J. C. Nelson. 1996. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTL's from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92:191-203.
- Tanksley, S. D., and S. R. McCouch. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. *Science.* 377(2):1063-1066.
- Valle S., L. 1979. Aplicación del método de Anderson para estimar varianza en presencia de covarianza. Tesis de Maestría en Ciencias, especialidad en Estadística. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. *pp.1-20.*
- Vasal, S. K., S. McLean, and L. Narro. 1994. Lowland Tropical Germplasm Development and Population Improvement at CIMMYT Headquarters. *pp. 1-13. In: Vasal S. K., and McLean S. (Eds). The Lowland Tropical Maize Subprogram. Mexico, D.F.: CIMMYT.*

- Vasal, S. K., A. Ortega C. y S. Pandey. 1983. Programa de Manejo, Mejoramiento y Utilización del Germoplasma de Maíz en el CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, El Batán, México. 26 p.
- Williams, C.G, M.M. Goodman, and C.W. Stuber 1995. Comparative recombination distances among *Zea mays* L. inbreds, wide crosses and interspecific hybrids. *Genetics*. 141: 1573-1581.
- Winer, B. J. 1971. *Statistical principles in experimental design*. 2nd. edition. McGraw-Hill New York, NY. pp. 205-209.

## APÉNDICE

**PRUEBA DE HARTLEY PARA GENERACIONES ( $F_{\text{máx}}=s^2_{\text{máx}} / s^2_{\text{mín}}$ ) con G.L. 79 y  $\alpha = 1.49$**

**Rendimiento y sus componentes**

Cuadro A1. Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Rendimiento de grano y sus componentes. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.

	VREND	VHPM	VGPH	VLMZ	VDMZ	VP200S
T-MC	1.216 <sup>ns</sup>	1.298 <sup>ns</sup>	1.371 <sup>ns</sup>	1.399 <sup>ns</sup>	<b>1.931 *</b>	<b>1.682 *</b>
T-CH	1.076 <sup>ns</sup>	<b>1.758 *</b>	1.189 <sup>ns</sup>	1.167 <sup>ns</sup>	1.339 <sup>ns</sup>	1.288 <sup>ns</sup>
T-OAX	1.262 <sup>ns</sup>	1.336 <sup>ns</sup>	<b>1.816 *</b>	<b>1.950 *</b>	1.481 <sup>ns</sup>	1.076 <sup>ns</sup>
T-MAZ	1.220 <sup>ns</sup>	1.083 <sup>ns</sup>	1.333 <sup>ns</sup>	1.160 <sup>ns</sup>	1.428 <sup>ns</sup>	1.269 <sup>ns</sup>
T-JAL	<b>1.703 *</b>	1.113 <sup>ns</sup>	1.384 <sup>ns</sup>	<b>1.489 *</b>	1.415 <sup>ns</sup>	1.263 <sup>ns</sup>
T-ZD	1.371 <sup>ns</sup>	1.288 <sup>ns</sup>	1.145 <sup>ns</sup>	1.081 <sup>ns</sup>	1.386 <sup>ns</sup>	1.100 <sup>ns</sup>
T-O	1.079 <sup>ns</sup>	<b>1.534 *</b>	1.313 <sup>ns</sup>	1.033 <sup>ns</sup>	1.452 <sup>ns</sup>	1.130 <sup>ns</sup>

\* = significativos al 0.05 % de probabilidad

VREND= varianza de rendimiento; VHPM= varianza de hileras por mazorca;

VGPH= varianza de granos por hilera; VLMZ= varianza de longitud de mazorca;

VDMZ= varianza de diámetro de mazorca; y VP200S= varianza del peso de 200 semillas.

Cuadro A2. Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Rendimiento de grano y sus componentes. Ameca, Jal.

	VREND	VHPM	VGPH	VLMZ	VDMZ	VP200S
T-MC	1.215 <sup>ns</sup>	1.294 <sup>ns</sup>	1.299 <sup>ns</sup>	<b>1.574 *</b>	1.291 <sup>ns</sup>	<b>1.792 *</b>
T-CH	1.051 <sup>ns</sup>	1.046 <sup>ns</sup>	<b>2.162 *</b>	<b>1.555 *</b>	1.071 <sup>ns</sup>	<b>1.574 *</b>
T-OAX	1.081 <sup>ns</sup>	<b>1.965 *</b>	1.136 <sup>ns</sup>	1.359 <sup>ns</sup>	<b>1.504 *</b>	1.066 <sup>ns</sup>
T-MAZ	1.113 <sup>ns</sup>	1.407 <sup>ns</sup>	1.412 <sup>ns</sup>	<b>1.764 *</b>	1.155 <sup>ns</sup>	<b>1.878 *</b>
T-JAL	1.406 <sup>ns</sup>	1.120 <sup>ns</sup>	1.184 <sup>ns</sup>	<b>1.617 *</b>	<b>2.023 *</b>	<b>1.571 *</b>
T-ZD	<b>1.907 *</b>	<b>1.698 *</b>	1.349 <sup>ns</sup>	1.109 <sup>ns</sup>	1.156 <sup>ns</sup>	<b>1.513 *</b>
T-O	1.367 <sup>ns</sup>	<b>1.543 *</b>	1.182 <sup>ns</sup>	1.282 <sup>ns</sup>	1.244 <sup>ns</sup>	1.383 <sup>ns</sup>

\* = significativos al 0.05 % de probabilidad

VREND= varianza de rendimiento; VHPM= varianza de hileras por mazorca;

VGPH= varianza de granos por hilera; VLMZ= varianza de longitud de mazorca;

VDMZ= varianza de diámetro de mazorca; y VP200S= varianza del peso de 200 semillas.

### Caracteres agronómicos

Cuadro A3. Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Caracteres agronómicos. Tlajomulco de Zúñiga, Jal.

	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	<b>2.010 *</b>	<b>1.794 *</b>	1.327 <sup>ns</sup>	<b>2.071 *</b>
T-CH	1.355 <sup>ns</sup>	1.294 <sup>ns</sup>	1.370 <sup>ns</sup>	<b>1.661 *</b>
T-OAX	1.350 <sup>ns</sup>	1.066 <sup>ns</sup>	<b>1.487 *</b>	<b>1.652 *</b>
T-MAZ	<b>1.559 *</b>	1.175 <sup>ns</sup>	1.348 <sup>ns</sup>	<b>1.784 *</b>
T-JAL	<b>1.812 *</b>	<b>1.847 *</b>	<b>1.834 *</b>	1.050 <sup>ns</sup>
T-ZD	1.177 <sup>ns</sup>	<b>1.648 *</b>	<b>1.541 *</b>	1.335 <sup>ns</sup>
T-O	<b>1.497 *</b>	1.266 <sup>ns</sup>	<b>1.859 *</b>	1.343 <sup>ns</sup>

\* = significativos al 0.05 % de probabilidad

VFM= varianza de floración masculina; VFF= varianza de floración femenina;

VAP= varianza de altura de planta; y VAM= varianza de altura de mazorca.

Cuadro A4. Homogeneidad de varianzas según la prueba de Hartley. Caracteres agronómicos. Ameca, Jal.

	VFM	VFF	VAP	VAM
T-MC	1.316 <sup>ns</sup>	1.249 <sup>ns</sup>	<b>1.587 *</b>	1.166 <sup>ns</sup>
T-CH	<b>1.814 *</b>	<b>2.480 *</b>	<b>2.874 *</b>	<b>1.893 *</b>
T-OAX	<b>1.509 *</b>	1.250 <sup>ns</sup>	<b>1.634 *</b>	1.484 <sup>ns</sup>
T-MAZ	1.130 <sup>ns</sup>	1.129 <sup>ns</sup>	1.356 <sup>ns</sup>	1.091 <sup>ns</sup>
T-JAL	1.419 <sup>ns</sup>	1.367 <sup>ns</sup>	<b>1.622 *</b>	1.455 <sup>ns</sup>
T-ZD	1.165 <sup>ns</sup>	1.292 <sup>ns</sup>	1.427 <sup>ns</sup>	<b>1.781 *</b>
T-O	<b>2.036 *</b>	<b>1.538 *</b>	<b>1.802 *</b>	<b>1.920 *</b>

\* = significativos al 0.05 % de probabilidad

VFM= varianza de floración masculina; VFF= varianza de floración femenina;

VAP= varianza de altura de planta; y VAM= varianza de altura de mazorca.

Programa SAS para la Prueba de Bartlett para heterogeneidad de varianzas.  
Modificado y adaptado de la versión de Hussein *et al.* (2001).  
([www.nlh.no/ipf/publikasjoner/hussein/transfrm/bartest.txt](http://www.nlh.no/ipf/publikasjoner/hussein/transfrm/bartest.txt)).

```
LIBNAME PPWB 'C:\SAS'; /* INCLUIR LA BIBLIOTECA APROPIADA */
```

```
options ls=120 ps=85 pageno=1;
data b;infile 'c:\ TLAJO-1998.prn' lrecl=157;
input par 6. nloc $7. loc 2. rep 3. fue 3. gen 3. trat 4. ntrat $8. f $4. g $4.
np ff fm ap am ham ar at mzp hpm gph lmz dmz cal do pmz pgr p200s hum;
```

```
REND_GR=pgr*(100-hum)/100;
IF TRAT=24 THEN TRAT=23;
/* if trat < 8; */
/* if trat > 7 and trat < 15; */
/* if trat > 14 and trat < 22; */
```

```
data b1;infile 'c:\ AME-1998.prn' lrecl=156;
input par 6. nloc $5. loc 3. rep 3. fue 3. gen 3. trat 4. ntrat $8. f $4. g $4.
np ff fm ap am ham ar at mzp hpm gph lmz dmz cal do pmz pgr p200s hum;
```

```
REND_GR=pgr*(100-hum)/100;
IF TRAT=24 THEN TRAT=23;
/* if trat < 8;*/
/* if trat > 7 and trat < 15; */
/* if trat > 14 and trat < 22; */
```

```
/****** MACRO PARA PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS *****/
/****** EL ARCHIVO DE LECTURA DEBERA NOMBRARSE B *****/
```

```
%MACRO BART(VARI);
DATA BART;SET B;KEEP TRAT &VARI;
PROC SORT;BY TRAT;
PROC UNIVARIATE DATA=BART NOPRINT;
VAR &VARI;
BY TRAT;
OUTPUT OUT=DDD N=N VAR=VARIANCE;
DATA STALK;
SET DDD (KEEP=N);
IF N GT 0;
DATA STALK2;
SET DDD (KEEP=VARIANCE);
DATA STALK3;SET DDD (KEEP=TRAT);
RUN;
PROC IML;
RESET NOPRINT NOLOG ;
USE STALK;
READ ALL INTO N;
USE STALK2;
READ ALL INTO VAR;
USE STALK3;READ ALL INTO TRAT;
A=NROW(N);
B=N[+,]/A;
T=N^{-1};
W=(N^{-1}[+,]-A);
J=T##{-1};
JQ=J[+,]-W##{-1};
```

```
SPSQ=(T*VAR)/W;  
VLOG=log10(VAR);  
Q=W*log10(SPSQ)-(T*VLOG);  
C=1+(1/(3*(A-1)))*JQ;  
CHISQ=2.3026*Q/C;  
PROBCHI=1-PROBCHI(CHISQ,(A-1));  
VARTEST=CHISQ||PROBCHI;  
D={CHISQ PVALUE};  
PRINT TRAT N VAR;  
/*PRINT A, B, T, W, J, JQ, SPSQ, VLOG, Q, C;*/  
PRINT 'PRUEBA DE BARTLETT PARA HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS' ,  
    VARTEST{C=D};  
%MEND ;
```

```
/****** FIN DEL MACRO *****/
```

```
%BART(REND_GR);  
%BART(HPM );  
%BART(GPH );  
%BART(LMZ );  
%BART(DMZ );  
%BART(P200S);  
%BART(FM );  
%BART(FF );  
%BART(AP );  
%BART(AM );
```

```
QUIT;RUN;
```

Cuadro A5. Medias por parcela de Tlajomulco de Zúñiga, Jal. Promedio de 20 plantas por tratamiento.

TRAT	FUE	REP	GEN	REN	FF	FM	AP	AM	HAM	AR	AT	MZxP	HPM	GPH	LMZ	DMZ	CAL	DO	PMZ	PGR	P200s
1	T-MC	1	F2	129.675	62.35	63.10	247.30	112.70	7.60	0.05	0.00	1.80	12.60	27.80	15.800	3.815	6.050	2.095	174.440	143.605	52.870
1	T-MC	2	F2	132.985	62.10	63.75	262.15	132.95	6.70	0.00	0.05	1.90	13.21	27.21	15.784	3.805	5.800	2.289	184.537	149.926	54.374
1	T-MC	3	F2	125.169	64.35	65.20	256.95	124.00	6.90	0.05	0.00	1.90	13.80	27.05	15.175	3.780	5.600	2.150	174.579	140.011	52.016
1	T-MC	4	F2	137.722	63.15	64.80	259.05	118.05	7.25	0.00	0.00	1.70	13.35	32.70	15.860	3.900	6.400	2.285	188.130	154.570	50.140
2	T-CH	1	F2	135.667	60.80	62.55	255.70	117.25	6.90	0.00	0.00	1.85	12.84	30.95	15.405	3.868	6.211	2.321	181.611	151.753	54.111
2	T-CH	2	F2	141.243	61.30	62.85	264.30	122.75	7.75	0.05	0.00	1.60	13.47	32.79	15.232	3.989	6.579	2.405	190.047	158.879	55.890
2	T-CH	3	F2	109.407	64.15	65.70	266.85	125.00	7.75	0.00	0.00	1.50	12.63	29.00	14.268	3.853	5.632	2.300	145.568	122.516	53.437
2	T-CH	4	F2	104.940	61.55	63.85	262.75	124.00	7.70	0.00	0.00	1.65	12.85	30.05	15.020	3.690	5.800	2.030	141.925	116.990	50.860
3	T-OAX	1	F2	131.020	63.05	64.45	268.80	124.30	6.75	0.00	0.10	2.05	13.55	29.50	15.010	3.835	5.150	2.200	187.950	153.240	52.630
3	T-OAX	2	F2	134.922	62.10	63.30	277.10	128.80	7.40	0.05	0.00	2.00	12.85	25.75	15.970	3.715	5.950	2.275	187.635	150.920	55.005
3	T-OAX	3	F2	139.049	63.45	65.40	280.95	135.60	7.05	0.00	0.10	1.95	12.65	30.55	16.785	3.630	6.150	2.155	193.085	155.885	51.545
3	T-OAX	4	F2	144.614	63.15	65.15	269.25	123.85	6.65	0.00	0.00	2.20	12.75	29.40	15.965	3.700	5.900	1.975	194.290	161.400	52.875
4	T-MAZ	1	F2	120.530	64.25	64.95	262.10	115.60	8.00	0.00	0.00	1.70	13.25	29.05	15.355	3.765	5.500	2.200	165.085	135.275	51.025
4	T-MAZ	2	F2	133.278	62.90	64.20	261.90	114.25	8.20	0.00	0.00	2.20	12.95	29.85	15.660	3.700	5.500	2.255	182.660	149.080	47.025
4	T-MAZ	3	F2	118.308	64.35	65.15	268.00	128.00	8.45	0.00	0.00	1.85	13.80	29.00	14.800	3.935	5.200	2.350	160.245	132.040	50.535
4	T-MAZ	4	F2	147.895	63.80	65.20	277.30	121.80	7.40	0.00	0.00	1.80	13.20	31.70	16.290	3.805	6.350	2.350	197.360	163.060	50.240
5	T-JAL	1	F2	133.822	63.20	64.30	244.55	109.10	7.65	0.00	0.00	1.60	12.11	32.00	16.632	3.979	6.368	2.121	176.089	148.526	54.695
5	T-JAL	2	F2	109.445	65.20	66.30	264.00	121.65	7.40	0.00	0.00	1.55	12.75	28.20	16.016	3.635	5.200	2.105	148.765	122.285	54.695
5	T-JAL	3	F2	128.970	63.95	65.00	272.15	127.35	8.50	0.00	0.00	1.70	12.80	30.40	14.710	3.740	6.000	2.105	171.935	143.940	50.440
5	T-JAL	4	F2	128.892	63.05	64.60	268.85	122.00	7.90	0.00	0.00	1.65	14.16	28.75	15.070	3.995	6.000	2.255	174.680	144.175	54.600
6	T-ZD	1	F2	119.790	63.70	65.30	249.70	108.05	8.45	0.00	0.05	1.65	13.80	29.55	14.090	4.010	5.950	2.400	158.775	133.100	48.185
6	T-ZD	2	F2	134.699	61.55	62.20	257.55	117.40	7.20	0.00	0.00	1.65	13.70	29.20	15.695	4.040	5.650	2.440	182.005	150.670	55.090
6	T-ZD	3	F2	136.904	63.05	63.90	265.95	124.50	8.40	0.00	0.00	1.50	14.20	32.90	16.300	4.175	6.000	2.550	183.470	152.795	54.645
6	T-ZD	4	F2	144.113	61.85	63.15	264.30	120.50	7.10	0.05	0.00	1.75	13.40	31.70	15.600	4.070	6.300	2.530	195.405	160.840	53.520
7	T-O	1	F2	139.224	65.05	64.50	252.50	109.90	7.85	0.00	0.00	1.10	15.00	34.39	17.042	4.532	6.000	2.737	186.133	155.906	56.367
7	T-O	2	F2	152.168	63.85	63.30	258.50	112.00	8.20	0.05	0.00	1.15	14.70	35.00	16.480	4.675	6.250	2.675	202.880	170.975	62.630
7	T-O	3	F2	167.112	63.85	63.80	258.00	114.00	7.65	0.00	0.00	1.30	15.25	36.40	17.200	4.630	5.850	2.515	222.410	187.345	62.090
7	T-O	4	F2	152.827	65.30	66.10	264.90	115.50	7.75	0.00	0.00	1.00	15.89	35.83	16.833	4.767	6.278	2.494	202.483	171.139	59.456
8	T-MC	1	F3	125.148	62.10	63.00	253.15	114.00	7.35	0.00	0.00	1.55	13.60	30.70	15.770	4.005	6.000	2.485	171.425	140.300	53.870
8	T-MC	2	F3	137.304	61.95	63.15	253.60	119.25	7.00	0.05	0.05	1.95	12.79	29.11	15.137	3.889	5.737	2.374	183.116	152.053	52.284
8	T-MC	3	F3	101.675	65.20	65.55	253.90	115.95	7.40	0.00	0.00	1.35	13.65	27.60	14.790	3.925	5.850	2.515	138.970	113.730	50.410
8	T-MC	4	F3	144.979	62.05	63.55	272.25	131.00	7.15	0.05	0.00	1.85	12.95	29.50	15.485	3.885	6.200	2.165	196.915	162.350	54.485
9	T-CH	1	F3	132.460	62.05	63.55	251.45	111.55	7.70	0.00	0.05	1.85	12.45	30.75	15.785	3.920	5.950	2.385	177.410	148.000	53.640
9	T-CH	2	F3	147.500	61.85	62.70	266.55	121.75	8.00	0.00	0.00	2.00	13.32	28.11	15.832	3.879	6.211	2.368	199.337	165.174	56.090
9	T-CH	3	F3	136.194	61.30	62.42	267.65	125.30	6.95	0.00	0.00	2.10	13.10	30.60	15.075	3.860	6.050	2.120	183.505	152.855	55.450
9	T-CH	4	F3	139.835	62.15	63.85	261.35	115.00	7.45	0.05	0.00	1.80	13.63	29.42	15.690	3.926	6.316	2.279	192.863	157.295	49.926
10	T-OAX	1	F3	111.007	62.25	64.35	272.55	128.55	6.95	0.00	0.00	1.90	12.55	27.70	15.525	3.590	5.300	2.168	154.568	123.616	45.732
10	T-OAX	2	F3	135.221	62.30	63.05	260.05	117.70	7.20	0.00	0.00	2.15	12.94	28.56	15.317	3.683	5.111	2.261	186.956	150.917	50.878
10	T-OAX	3	F3	118.610	62.10	63.85	262.85	118.95	6.90	0.00	0.05	1.75	12.70	27.00	15.435	3.720	6.150	2.160	163.625	133.120	51.570
10	T-OAX	4	F3	135.272	63.90	65.05	267.35	134.90	7.05	0.00	0.00	2.00	13.11	28.84	16.590	3.737	5.684	2.163	185.011	150.974	52.668
11	T-MAZ	1	F3	135.160	61.45	62.26	257.35	120.80	6.65	0.00	0.05	1.85	12.95	30.40	15.350	3.785	6.100	2.040	178.305	149.845	48.335
11	T-MAZ	2	F3	132.643	63.15	63.70	267.00	121.75	8.15	0.00	0.00	2.10	13.15	30.35	15.960	3.620	6.150	2.150	178.520	148.870	45.915
11	T-MAZ	3	F3	129.282	63.50	64.80	259.05	120.15	7.15	0.00	0.05	1.95	12.45	31.37	15.374	3.685	6.350	2.280	177.395	144.935	50.950
11	T-MAZ	4	F3	144.246	63.40	64.40	260.75	121.60	7.10	0.00	0.00	2.05	14.05	31.10	15.670	3.845	6.400	2.190	191.605	161.530	47.645
12	T-JAL	1	F3	123.850	63.00	64.84	270.35	128.95	6.95	0.00	0.00	1.85	12.74	30.75	15.675	3.725	6.050	2.090	162.710	136.700	50.665
12	T-JAL	2	F3	124.088	62.40	63.85	260.00	116.50	8.00	0.00	0.00	1.65	13.32	29.68	15.500	3.758	6.105	2.268	169.989	138.337	53.916
12	T-JAL	3	F3	136.879	64.35	64.75	271.70	125.60	7.00	0.00	0.00	1.45	14.40	31.70	16.150	4.090	5.500	2.425	187.470	154.665	58.125
12	T-JAL	4	F3	145.891	62.45	64.35	279.55	124.75	8.20	0.05	0.00	1.80	14.15	32.20	16.075	4.000	6.250	2.400	192.305	161.205	51.175
13	T-ZD	1	F3	129.041	62.95	63.95	250.35	107.45	8.00	0.00	0.00	1.80	13.35	29.30	14.955	3.975	6.000	2.310	175.620	144.180	52.485
13	T-ZD	2	F3	121.856	64.25	64.10	256.10	113.50	7.45	0.00	0.05	1.60	12.89	30.58	15.247	4.047	6.105	2.179	165.705	136.000	51.305
13	T-ZD	3	F3	140.626	64.70	65.35	262.70	120.15	7.40	0.05	0.00	1.65	14.10	32.35	16.070	4.060	6.450	2.390	189.445	157.300	52.650
13	T-ZD	4	F3	148.929	63.70	64.30	275.05	123.65	7.85	0.00	0.00	1.70	13.79	31.47	16.132	4.289	5.579	2.574	202.037	166.774	52.437
14	T-O	1	F3	157.829	64.45	64.95	261.40	119.45	7.25	0.00	0.00	1.25	15.75	34.20	15.885	4.645	6.150	2.800	208.455	176.345	56.445
14	T-O	2	F3	147.464	63.40	63.85	254.25	115.50	7.85	0.00	0.00	1.25	15.35	34.30	16.155	4.500	6.100	2.720	193.705	165.690	57.190
14	T-O	3	F3	140.119	64.85	65.05	250.80	112.95	7.00	0.00	0.00	1.20	14.16	29.32	15.805	4.426	5.632	2.500	184.663	156.558	58.858
14	T-O	4	F3	147.139	62.65	63.85	260.10	114.90	7.40	0.00	0.05	1.15	15.00	34.11	16.240	4.535	6.850	2			

TRAT	FUE	REP	GEN	REN	FF	FM	AP	AM	HAM	AR	AT	MZxP	HPM	GPH	LMZ	DMZ	CAL	DO	PMZ	PGR	P200S
19	T-JAL	1	F4	120.696	63.75	65.10	252.35	108.25	7.05	0.00	0.05	1.60	13.05	30.47	15.184	3.911	5.842	2.116	164.279	133.958	50.205
19	T-JAL	2	F4	126.247	64.55	65.45	269.35	123.25	7.35	0.10	0.00	1.75	13.90	28.80	15.045	3.945	5.550	2.210	173.145	142.330	55.010
19	T-JAL	3	F4	152.006	62.95	63.74	262.25	118.30	7.55	0.00	0.00	2.10	13.55	31.00	14.875	3.835	6.250	2.320	203.850	170.220	51.995
19	T-JAL	4	F4	147.532	62.30	63.90	271.75	124.25	7.65	0.00	0.00	1.95	13.80	30.55	16.685	3.885	5.700	2.255	202.320	165.025	54.860
20	T-ZD	1	F4	130.298	65.25	65.25	252.90	116.70	7.10	0.00	0.00	1.70	13.40	32.05	15.925	4.020	6.150	2.210	172.795	144.615	52.925
20	T-ZD	2	F4	118.500	62.05	62.50	247.75	105.25	7.20	0.05	0.10	1.55	13.10	30.80	15.990	3.930	5.600	2.400	160.630	132.255	50.875
20	T-ZD	3	F4	104.944	66.35	66.30	262.20	124.45	7.55	0.00	0.00	1.25	13.28	30.11	15.047	3.863	5.368	2.395	139.744	116.217	51.116
20	T-ZD	4	F4	151.229	62.85	64.50	266.45	123.25	8.25	0.00	0.00	1.70	13.35	30.40	15.785	4.095	5.500	2.515	199.535	165.640	54.100
21	T-O	1	F4	134.745	63.75	64.45	253.90	109.55	7.30	0.00	0.00	1.10	15.80	33.50	15.920	4.550	5.550	2.780	178.620	150.050	53.810
21	T-O	2	F4	127.531	67.05	67.70	256.95	115.25	7.60	0.00	0.00	1.00	15.65	31.29	16.259	4.488	5.389	2.589	167.153	142.812	57.965
21	T-O	3	F4	155.857	62.65	63.55	255.45	114.25	7.95	0.00	0.05	1.35	14.40	36.42	17.411	4.490	6.300	2.595	207.520	175.120	59.690
21	T-O	4	F4	170.784	63.10	63.85	262.35	119.70	7.30	0.00	0.00	1.25	15.10	34.65	17.020	4.700	6.150	2.630	223.530	190.820	62.775
22	T-G	1	F2	171.442	63.15	65.05	247.85	113.70	7.55	0.05	0.00	1.35	13.60	36.30	17.045	4.470	7.700	2.595	230.790	193.720	68.195
22	T-G	2	F2	157.330	63.95	65.45	258.90	119.80	8.05	0.10	0.00	1.30	13.58	33.58	15.963	4.468	6.895	2.616	212.047	175.984	67.305
22	T-G	3	F2	157.907	63.45	65.40	264.70	126.00	8.50	0.05	0.00	1.20	13.20	32.40	15.895	4.515	6.850	2.600	212.260	176.630	68.255
22	T-G	4	F2	149.240	63.50	65.80	275.75	128.00	8.15	0.00	0.00	1.30	13.40	35.10	16.095	4.415	6.500	2.415	197.600	167.685	64.845
23	T-A	1	F1	179.699	64.40	66.50	276.30	145.70	6.70	0.00	0.00	1.15	15.80	38.80	16.400	4.880	7.850	2.770	239.640	203.050	62.820
23	T-A	2	F1	183.357	64.60	67.05	278.75	139.90	7.20	0.00	0.00	1.10	16.15	37.20	16.760	4.880	7.100	2.910	237.085	199.735	64.185
23	T-A	3	F1	166.864	67.75	70.35	285.90	148.75	6.90	0.00	0.00	1.25	15.90	35.70	15.910	4.720	7.450	2.726	221.326	188.547	59.253
23	T-A	4	F1	164.895	67.25	70.25	285.80	150.00	6.85	0.00	0.00	1.05	16.00	37.55	16.270	4.860	7.050	2.730	216.550	185.275	62.060
24	T-A	1	F1	177.588	64.70	67.15	262.15	130.15	7.00	0.00	0.00	1.25	16.25	38.05	16.850	4.860	7.550	2.640	231.970	197.980	59.600
24	T-A	2	F1	175.233	65.60	67.85	271.75	141.75	6.75	0.00	0.00	1.15	15.35	37.95	17.130	4.820	7.100	2.510	232.680	196.670	62.225
24	T-A	3	F1	185.983	67.40	70.10	294.95	154.20	6.80	0.00	0.00	1.30	16.35	34.85	16.555	4.915	7.550	3.000	246.125	210.150	62.070
24	T-A	4	F1	184.557	65.95	68.65	293.45	153.95	6.80	0.00	0.00	1.15	16.50	38.35	16.530	4.920	7.500	2.670	243.175	207.135	61.675

TRAT= tratamiento; FUE= fuente; REP= repetición; GEN= generación; REN= rendimiento de grano (g);

FF= floración femenina (días); FM= floración masculina (días); AP= altura de planta (cm); AM= altura de mazorca (cm);

HAM= número de hojas arriba de la mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MZxP= mazorcas por planta;

HPM= hileras por mazorca; GPH= granos por hilera; LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm);

CAL= calificación visual de mazorca; DO= diámetro de olote (cm); PMZ= peso de mazorca (g); PGR= peso de grano (g);

P200S= peso de 200 semillas (g); T-MC= sintético Mesa Central; T-CH= sintético Chalco; T-OAX= sintético Oaxaca;

T-MAZ= sintético Mazatlán; T-JAL= sintético Jalisco; T-ZD= sintético Zea *diploperenne*; T-O= sintético Original sin teocintle;

T-G= SI R1F2; T-A= H-357

Cuadro A6. Medias por parcela de Ameca, Jal. Promedio de 20 plantas por tratamiento.

TRAT	FUE	REP	GEN	REN	FF	FM	AP	AM	HAM	AR	AT	MZxP	HPM	GPH	LMZ	DMZ	CAL	DO	PMZ	PGR	P200s
1	T-MC	1	F2	107.357	60.75	61.20	255.15	111.20	6.70	0.00	0.00	1.20	12.00	28.45	15.295	3.890	6.250	2.080	141.500	119.285	58.130
1	T-MC	2	F2	115.788	60.05	60.80	279.65	133.50	7.10	0.05	0.05	1.35	13.20	32.68	16.675	3.935	6.400	2.200	153.153	128.368	50.668
1	T-MC	3	F2	110.907	58.90	60.15	280.30	138.85	6.95	0.00	0.05	1.45	13.25	31.50	15.900	3.835	6.250	2.130	149.045	124.615	50.460
1	T-MC	4	F2	122.614	60.25	60.70	281.70	135.30	7.35	0.00	0.00	1.35	14.00	28.90	16.230	4.115	6.400	2.220	162.800	135.635	54.190
2	T-CH	1	F2	134.436	58.70	60.45	282.25	133.45	7.05	0.00	0.05	1.50	13.60	32.16	16.905	3.990	6.100	2.200	177.089	149.042	55.932
2	T-CH	2	F2	121.301	59.20	60.55	278.15	132.05	6.70	0.00	0.05	1.30	12.95	31.95	16.547	3.821	6.053	2.205	159.932	134.779	49.484
2	T-CH	3	F2	121.781	57.35	58.90	287.00	136.80	7.30	0.00	0.10	1.50	13.25	30.80	15.955	3.825	6.300	2.100	161.790	135.765	52.870
2	T-CH	4	F2	127.636	59.45	60.70	278.45	138.55	6.75	0.00	0.15	1.30	13.00	32.85	16.695	3.960	6.900	2.190	166.485	141.190	54.190
3	T-OAX	1	F2	132.370	59.15	60.90	296.80	145.45	7.00	0.05	0.00	1.80	13.20	30.80	17.025	3.735	5.900	2.070	176.990	146.265	50.725
3	T-OAX	2	F2	109.748	60.80	61.60	296.70	154.20	6.90	0.00	0.25	1.80	12.53	27.16	16.095	3.440	5.650	2.030	150.637	121.268	46.416
3	T-OAX	3	F2	138.060	61.65	62.50	304.50	154.85	7.10	0.00	0.00	1.85	12.58	33.00	18.011	3.768	6.211	2.095	184.647	152.553	53.705
3	T-OAX	4	F2	124.196	59.70	60.70	301.50	143.80	6.90	0.00	0.00	1.90	12.85	28.80	17.600	3.635	6.050	2.150	168.405	137.690	49.275
4	T-MAZ	1	F2	112.008	61.00	62.60	289.65	144.55	7.15	0.00	0.00	1.40	13.35	28.45	16.685	3.660	5.900	2.130	149.065	124.040	45.500
4	T-MAZ	2	F2	111.852	62.15	63.15	282.20	148.45	6.75	0.10	0.05	1.45	13.21	27.21	16.063	3.674	6.421	2.005	147.795	124.142	49.242
4	T-MAZ	3	F2	121.151	60.70	61.05	283.40	134.80	7.35	0.05	0.10	1.60	12.85	28.55	17.020	3.690	6.100	1.950	158.170	134.165	50.855
4	T-MAZ	4	F2	123.163	61.20	62.40	297.45	142.10	6.85	0.05	0.05	1.40	13.68	32.47	16.721	3.900	6.737	2.111	161.321	137.000	51.442
5	T-JAL	1	F2	135.065	60.00	61.47	302.15	146.35	7.15	0.05	0.25	1.80	13.00	31.79	17.911	3.800	6.105	2.147	176.653	149.574	53.379
5	T-JAL	2	F2	126.440	60.35	61.75	308.20	149.25	7.05	0.00	0.00	1.55	12.90	35.15	18.555	3.775	6.250	2.160	171.535	140.645	52.230
5	T-JAL	3	F2	149.318	60.00	60.35	314.40	145.70	7.30	0.00	0.00	1.55	14.35	33.70	17.450	4.115	6.500	2.250	195.750	165.175	54.510
5	T-JAL	4	F2	130.153	59.55	61.16	291.35	142.05	7.10	0.00	0.05	1.40	13.60	31.55	16.960	3.995	6.800	2.190	171.150	144.775	55.455
6	T-ZD	1	F2	111.472	60.45	61.85	276.40	132.05	7.30	0.00	0.00	1.25	13.60	31.55	17.485	3.980	6.600	2.245	147.005	123.310	51.335
6	T-ZD	2	F2	123.482	60.60	60.80	276.35	131.10	7.40	0.05	0.15	1.15	13.80	31.25	16.900	4.185	6.100	2.335	163.370	137.355	58.010
6	T-ZD	3	F2	131.012	61.45	61.79	269.65	134.30	7.25	0.00	0.05	1.50	13.90	30.85	17.010	3.945	6.150	2.150	173.905	144.925	50.120
6	T-ZD	4	F2	134.836	59.10	60.20	283.80	134.55	7.35	0.00	0.00	1.45	13.90	31.15	16.895	4.185	6.700	2.330	178.370	149.320	54.035
7	T-O	1	F2	109.645	63.75	63.10	275.55	124.45	7.55	0.00	0.25	1.00	14.75	30.60	16.025	4.375	6.500	2.345	144.195	121.155	53.085
7	T-O	2	F2	141.543	61.65	62.15	280.15	129.80	7.75	0.10	0.10	1.00	15.00	36.95	17.640	4.575	6.650	2.515	186.790	157.445	58.165
7	T-O	3	F2	143.609	62.15	62.10	293.25	134.90	7.50	0.05	0.10	1.05	15.15	32.85	16.305	4.715	6.700	2.430	182.735	159.035	59.375
7	T-O	4	F2	142.124	60.65	61.10	292.05	125.45	7.60	0.00	0.10	1.15	15.10	34.30	17.205	4.470	6.400	2.405	182.245	156.870	58.025
8	T-MC	1	F3	120.147	59.50	60.50	278.10	131.15	7.25	0.00	0.00	1.40	14.20	30.10	16.210	3.955	6.700	2.185	158.495	133.645	51.005
8	T-MC	2	F3	127.571	59.45	60.50	278.95	138.05	7.05	0.00	0.10	1.35	13.70	30.25	16.600	4.035	6.650	2.345	171.755	142.220	55.695
8	T-MC	3	F3	124.284	59.00	60.60	271.40	136.70	6.90	0.00	0.05	1.55	13.40	29.89	16.780	3.885	6.200	2.210	167.540	136.855	54.185
8	T-MC	4	F3	113.292	58.80	60.45	266.10	129.40	6.80	0.00	0.00	1.45	12.40	30.65	15.775	3.870	6.250	2.135	150.500	126.020	53.155
9	T-CH	1	F3	113.504	59.10	60.32	290.80	138.40	7.30	0.00	0.00	2.05	13.20	29.25	16.100	3.665	6.100	2.095	150.280	125.280	47.995
9	T-CH	2	F3	122.998	60.10	60.70	276.15	135.75	7.05	0.05	0.00	1.55	12.55	29.35	16.940	3.645	6.300	1.990	160.335	136.210	52.410
9	T-CH	3	F3	124.580	59.05	60.65	279.25	137.30	7.30	0.00	0.05	1.50	13.35	29.30	15.905	3.950	6.350	2.135	164.190	138.115	54.875
9	T-CH	4	F3	120.579	59.05	59.90	273.20	129.10	7.10	0.10	0.00	1.25	13.47	30.74	15.879	4.037	6.737	2.226	157.921	133.384	54.674
10	T-OAX	1	F3	114.908	60.05	61.50	294.45	134.85	7.15	0.00	0.10	1.40	13.05	29.15	16.530	3.740	6.150	2.040	151.545	126.970	50.280
10	T-OAX	2	F3	111.454	59.80	61.00	289.80	139.35	7.00	0.00	0.20	1.30	14.05	28.26	16.500	3.879	6.211	2.121	147.447	123.563	51.900
10	T-OAX	3	F3	120.435	58.20	59.95	300.45	139.35	7.25	0.00	0.00	1.65	13.50	28.70	17.775	3.635	5.650	2.135	164.425	133.225	50.730
10	T-OAX	4	F3	106.692	60.75	60.74	281.35	138.25	6.75	0.00	0.05	2.00	12.37	27.33	16.432	3.521	5.368	2.121	147.133	118.283	48.983
11	T-MAZ	1	F3	116.628	60.60	60.95	287.85	139.80	7.20	0.00	0.00	1.75	13.15	28.15	17.440	3.670	5.850	2.085	155.765	128.445	51.225
11	T-MAZ	2	F3	119.102	59.90	61.00	304.40	149.05	7.05	0.00	0.05	1.90	12.30	29.30	16.125	3.585	5.950	1.835	156.560	131.750	47.400
11	T-MAZ	3	F3	120.966	59.25	60.79	292.20	139.10	7.25	0.05	0.05	1.75	12.80	29.30	15.925	3.745	6.200	2.020	160.660	133.960	48.970
11	T-MAZ	4	F3	124.811	60.85	61.90	289.60	139.75	7.10	0.00	0.05	1.90	12.90	30.10	16.965	3.605	6.050	2.005	168.700	137.760	48.455
12	T-JAL	1	F3	124.518	60.20	61.40	293.70	149.00	6.80	0.00	0.10	1.40	13.50	29.89	18.263	3.860	5.950	2.170	167.126	138.200	53.237
12	T-JAL	2	F3	122.826	60.70	61.75	299.15	151.50	7.00	0.00	0.10	1.25	13.47	31.53	17.132	3.921	6.737	2.053	161.374	136.474	56.468
12	T-JAL	3	F3	128.655	60.15	60.65	294.10	144.60	7.25	0.05	0.10	1.60	12.50	33.70	16.810	3.905	6.200	2.150	171.110	142.475	55.930
12	T-JAL	4	F3	128.924	59.65	60.25	295.00	139.05	7.10	0.00	0.10	1.45	13.40	30.95	18.755	3.870	6.200	2.090	171.030	143.090	53.755
13	T-ZD	1	F3	130.190	60.35	60.55	281.70	133.90	7.05	0.00	0.00	1.35	13.90	32.00	17.620	4.135	6.500	2.320	169.810	144.015	54.045
13	T-ZD	2	F3	136.284	60.15	60.90	291.35	138.15	7.45	0.05	0.10	1.20	15.10	32.20	17.680	4.265	6.500	2.295	178.565	151.595	58.905
13	T-ZD	3	F3	133.250	60.25	61.00	276.80	136.25	7.40	0.00	0.05	1.45	14.90	32.10	16.350	4.230	6.350	2.335	173.620	148.220	54.300
13	T-ZD	4	F3	142.628	58.90	59.95	279.05	127.60	7.30	0.00	0.00	1.45	13.60	32.85	17.375	4.205	6.700	2.340	186.490	158.300	56.865
14	T-O	1	F3	144.212	63.55	62.80	273.45	118.50	7.40	0.00	0.00	1.00	15.15	33.65	16.720	4.605	7.250	2.480	187.315	160.235	60.915
14	T-O	2	F3	138.100	62.30	62.25	281.60	133.60	7.35	0.10	0.05	1.60	16.00	32.85	17.450	4.705	6.800	2.545	178.105	151.925	58.115
14	T-O	3	F3	145.775	60.45	60.60	269.95	121.10	7.30	0.05	0.10	1.10	15.70	32.65	15.995	4.725	6.750	2.511	185.822	160.900	62.300
14	T-O	4	F3	149.332	60.25	60.80	271.80	117.55	7.45	0.00	0.05	1.05	15.90	35.25	17.260	4.700	6.700	2.545			

TRAT	FUE	REP	GEN	REN	FF	FM	AP	AM	HAM	AR	AT	MZxP	HPM	GPH	LMZ	DMZ	CAL	DO	PMZ	PGR	P200S
19	T-JAL	1	F4	119.436	61.40	61.70	285.30	142.90	7.05	0.00	0.10	1.45	13.45	32.80	16.800	3.950	6.450	2.155	157.655	132.120	50.035
19	T-JAL	2	F4	124.786	59.50	60.85	281.75	142.00	6.85	0.00	0.05	1.45	13.75	27.70	17.110	3.825	6.100	2.160	164.865	137.885	51.720
19	T-JAL	3	F4	122.293	59.75	60.65	293.10	141.60	7.20	0.00	0.10	1.35	12.90	32.75	16.885	3.940	6.450	2.105	162.530	135.580	51.545
19	T-JAL	4	F4	123.987	59.90	60.55	294.65	137.20	7.00	0.00	0.05	1.70	13.89	29.79	15.890	3.811	6.842	2.037	161.637	137.611	51.147
20	T-ZD	1	F4	129.522	60.20	60.80	290.90	134.30	7.35	0.00	0.05	1.30	13.20	31.45	16.770	4.120	6.700	2.195	169.135	143.435	54.075
20	T-ZD	2	F4	117.303	60.85	61.05	286.75	136.30	7.35	0.05	0.00	1.20	13.30	30.15	17.460	4.000	6.300	2.340	157.460	131.065	53.650
20	T-ZD	3	F4	130.831	59.70	60.25	290.55	134.10	7.60	0.05	0.10	1.40	13.90	33.85	16.470	4.075	6.800	2.250	170.430	145.045	55.895
20	T-ZD	4	F4	134.672	60.65	61.05	281.10	137.45	7.20	0.00	0.05	1.40	13.45	32.50	16.380	4.215	6.500	2.260	175.300	149.635	56.035
21	T-O	1	F4	157.950	61.25	61.55	284.85	132.95	7.30	0.00	0.00	1.00	15.40	38.80	18.550	4.730	6.700	2.540	202.605	174.530	61.455
21	T-O	2	F4	143.435	61.80	61.55	278.45	130.20	7.25	0.00	0.10	1.10	15.65	33.42	17.075	4.525	6.700	2.405	185.820	159.550	59.575
21	T-O	3	F4	151.089	61.95	61.85	281.65	128.90	7.60	0.05	0.05	1.05	15.75	32.70	16.925	4.750	6.700	2.490	191.460	165.305	61.100
21	T-O	4	F4	140.604	60.70	60.80	271.60	127.10	7.30	0.00	0.00	1.00	15.45	32.80	17.410	4.715	6.400	2.525	180.620	155.535	58.045
22	T-G	1	F2	146.313	59.55	62.05	267.70	130.55	7.50	0.00	0.00	1.20	14.20	35.50	16.025	4.600	6.700	2.420	188.920	162.030	62.440
22	T-G	2	F2	114.524	60.80	62.90	250.25	122.40	7.55	0.05	0.10	1.05	13.40	31.70	15.245	4.250	6.950	2.325	149.020	127.390	58.460
22	T-G	3	F2	126.754	60.35	62.25	273.00	136.30	7.65	0.00	0.00	1.00	14.10	31.50	16.295	4.380	6.650	2.445	166.115	140.215	61.930
22	T-G	4	F2	133.139	60.40	62.20	267.75	132.00	7.35	0.00	0.00	1.05	13.90	33.75	18.065	4.490	7.150	2.490	173.560	147.115	61.100
23	T-A	1	F1	179.214	63.35	65.40	315.55	173.05	6.80	0.00	0.00	1.05	14.70	37.85	17.010	4.970	8.000	2.630	232.435	199.570	61.165
23	T-A	2	F1	145.838	64.10	65.70	294.35	159.40	6.90	0.05	0.05	1.00	16.20	33.40	15.075	4.905	7.700	2.575	190.905	163.495	58.745
23	T-A	3	F1	176.400	63.55	65.55	310.80	164.20	6.90	0.00	0.05	1.00	17.00	36.70	17.470	5.080	7.850	2.825	230.970	197.095	59.595
23	T-A	4	F1	157.743	64.25	66.05	304.45	162.35	6.75	0.05	0.05	1.00	15.75	36.35	16.525	4.825	7.800	2.725	205.090	175.270	59.235
24	T-A	1	F1	174.649	64.65	66.65	302.75	158.15	6.60	0.00	0.05	1.00	16.60	36.65	17.115	5.080	8.000	2.705	229.390	194.270	60.845
24	T-A	2	F1	167.824	63.70	65.25	306.05	171.05	6.85	0.00	0.00	1.00	16.10	36.35	16.840	4.955	7.900	2.730	219.500	187.095	61.425
24	T-A	3	F1	153.969	64.25	65.75	309.90	164.20	6.90	0.05	0.00	1.00	15.95	35.80	16.295	4.850	7.950	2.605	201.755	171.840	58.555
24	T-A	4	F1	167.693	63.30	64.90	308.05	169.05	7.00	0.00	0.00	1.00	16.70	35.65	17.095	4.940	7.900	2.715	218.135	186.325	60.940

TRAT= tratamiento; FUE= fuente; REP= repetición; GEN= generación; REN= rendimiento de grano (g);

FF= floración femenina (días); FM= floración masculina (días); AP= altura de planta (cm); AM= altura de mazorca (cm);

HAM= número de hojas arriba de la mazorca; AR= acame de raíz; AT= acame de tallo; MZxP= mazorcas por planta;

HPM= hileras por mazorca; GPH= granos por hilera; LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm);

CAL= calificación visual de mazorca; DO= diámetro de olote (cm); PMZ= peso de mazorca (g); PGR= peso de grano (g);

P200S= peso de 200 semillas (g); T-MC= sintético Mesa Central; T-CH= sintético Chalco; T-OAX= sintético Oaxaca;

T-MAZ= sintético Mazatlán; T-JAL= sintético Jalisco; T-ZD= sintético Zea *diploperenne*; T-O= sintético Original sin teocintle;

T-G= SI R1F2; T-A= H-357

Cuadro A7. Varianzas por generación en orden descendente. Rendimiento de grano, sus componentes y caracteres agronómicos. Tlajomulco de Zúñiga y Ameca, Jal.

LOCALIDAD TLAJOMULCO																													
FUE	GEN	VREND	FUE	GEN	VHPM	FUE	GEN	VGPH	FUE	GEN	VLON	FUE	GEN	VDMZ	FUE	GEN	VP200S	FUE	GEN	VFM	FUE	GEN	VFF	FUE	GEN	VAP	FUE	GEN	VAM
T-JAL	F2	2529.11	T-JAL	F2	4.153	T-MC	F2	50.645	T-OAX	F2	6.120	T-MC	F2	0.242	T-MC	F2	168.188	T-JAL	F2	9.187	T-JAL	F2	12.762	T-JAL	F2	865.15	T-MC	F2	368.577
T-ZD	F2	2339.63	T-ZD	F2	4.151	T-OAX	F2	49.858	T-O	F2	5.539	T-MAZ	F2	0.228	T-O	F2	137.555	T-OAX	F2	8.460	T-OAX	F2	9.983	T-ZD	F2	773.00	T-OAX	F2	317.107
T-OAX	F2	2231.32	T-MAZ	F2	3.985	T-O	F2	45.634	T-MC	F2	5.224	T-CH	F2	0.214	T-ZD	F2	134.173	T-MC	F2	7.435	T-MAZ	F2	9.564	T-OAX	F2	691.49	T-ZD	F2	302.519
T-O	F2	2204.63	T-MC	F2	3.800	T-ZD	F2	43.100	T-JAL	F2	5.186	T-OAX	F2	0.206	T-JAL	F2	131.778	T-ZD	F2	7.069	T-MC	F2	9.253	T-MAZ	F2	599.08	T-CH	F2	207.532
T-MAZ	F2	1852.45	T-O	F2	3.734	T-CH	F2	40.612	T-ZD	F2	4.881	T-JAL	F2	0.197	T-CH	F2	118.072	T-O	F2	6.653	T-CH	F2	8.301	T-MC	F2	584.21	T-JAL	F2	196.683
T-MC	F2	1679.28	T-CH	F2	3.681	T-MAZ	F2	37.332	T-CH	F2	4.546	T-ZD	F2	0.186	T-OAX	F2	116.788	T-CH	F2	6.247	T-O	F2	7.494	T-O	F2	536.30	T-MAZ	F2	180.005
T-CH	F2	1576.59	T-OAX	F2	3.618	T-JAL	F2	28.233	T-MAZ	F2	4.071	T-O	F2	0.133	T-MAZ	F2	67.213	T-MAZ	F2	5.503	T-ZD	F2	7.138	T-CH	F2	521.26	T-O	F2	160.306
T-OAX	F3	2139.93	T-ZD	F3	4.849	T-O	F3	45.909	T-O	F3	5.695	T-ZD	F3	0.232	T-O	F3	146.318	T-OAX	F3	8.501	T-ZD	F3	11.762	T-ZD	F3	595.36	T-OAX	F3	416.936
T-O	F3	2043.11	T-O	F3	3.968	T-MC	F3	41.896	T-ZD	F3	5.275	T-JAL	F3	0.172	T-ZD	F3	133.004	T-ZD	F3	7.994	T-OAX	F3	10.639	T-OAX	F3	574.77	T-MC	F3	269.896
T-MC	F3	2042.48	T-MAZ	F3	3.775	T-OAX	F3	41.132	T-MC	F3	5.065	T-CH	F3	0.160	T-JAL	F3	131.625	T-MAZ	F3	7.105	T-O	F3	8.771	T-MC	F3	500.08	T-MAZ	F3	254.450
T-ZD	F3	1706.58	T-JAL	F3	3.732	T-CH	F3	37.726	T-CH	F3	4.658	T-MAZ	F3	0.159	T-OAX	F3	108.512	T-MC	F3	6.230	T-MAZ	F3	8.567	T-MAZ	F3	477.71	T-ZD	F3	253.623
T-MAZ	F3	1666.06	T-OAX	F3	3.572	T-ZD	F3	37.656	T-JAL	F3	3.958	T-O	F3	0.151	T-MC	F3	100.011	T-O	F3	5.615	T-MC	F3	8.121	T-JAL	F3	471.74	T-O	F3	215.276
T-JAL	F3	1532.87	T-CH	F3	3.246	T-JAL	F3	33.118	T-MAZ	F3	3.804	T-OAX	F3	0.139	T-CH	F3	99.939	T-JAL	F3	5.070	T-JAL	F3	6.909	T-CH	F3	458.49	T-JAL	F3	190.175
T-CH	F3	1465.06	T-MC	F3	3.038	T-MAZ	F3	28.010	T-OAX	F3	3.139	T-MC	F3	0.126	T-MAZ	F3	85.297	T-CH	F3	4.609	T-CH	F3	6.416	T-O	F3	443.35	T-CH	F3	145.484
T-ZD	F4	2190.75	T-O	F4	5.727	T-ZD	F4	40.538	T-JAL	F4	5.892	T-MC	F4	0.211	T-ZD	F4	146.307	T-MAZ	F4	8.582	T-ZD	F4	11.402	T-ZD	F4	917.51	T-ZD	F4	338.499
T-O	F4	2169.37	T-CH	F4	5.706	T-JAL	F4	39.087	T-O	F4	5.721	T-MAZ	F4	0.168	T-O	F4	129.449	T-O	F4	8.405	T-OAX	F4	10.473	T-OAX	F4	854.71	T-MAZ	F4	321.120
T-MC	F4	1812.18	T-MAZ	F4	4.087	T-MC	F4	36.949	T-ZD	F4	4.975	T-ZD	F4	0.167	T-CH	F4	128.71	T-ZD	F4	6.791	T-MAZ	F4	10.063	T-MC	F4	663.38	T-OAX	F4	252.385
T-OAX	F4	1787.57	T-MC	F4	3.942	T-MAZ	F4	35.588	T-MAZ	F4	4.411	T-OAX	F4	0.162	T-MC	F4	122.97	T-OAX	F4	6.298	T-JAL	F4	9.886	T-MAZ	F4	643.90	T-CH	F4	241.631
T-CH	F4	1557.44	T-JAL	F4	3.836	T-O	F4	34.972	T-OAX	F4	4.366	T-CH	F4	0.160	T-OAX	F4	109.5	T-JAL	F4	5.865	T-O	F4	9.487	T-CH	F4	627.95	T-JAL	F4	187.367
T-MAZ	F4	1518.77	T-ZD	F4	3.764	T-CH	F4	34.142	T-CH	F4	3.993	T-JAL	F4	0.139	T-JAL	F4	104.313	T-CH	F4	5.165	T-CH	F4	7.233	T-JAL	F4	478.60	T-MC	F4	177.967
T-JAL	F4	1485.37	T-OAX	F4	2.709	T-OAX	F4	27.457	T-MC	F4	3.734	T-O	F4	0.104	T-MAZ	F4	83.655	T-MC	F4	3.700	T-MC	F4	5.158	T-O	F4	288.52	T-O	F4	167.458
SIRI	F2	1657.55	SIRI	F2	2.840	SIRI	F2	32.155	SIRI	F2	3.491	SIRI	F2	0.089	SIRI	F2	101.996	SIRI	F2	3.437	SIRI	F2	6.607	SIRI	F2	404.72	SIRI	F2	192.364
H-357	F1	974.95	H-357	F1	3.068	H-357	F1	20.050	H-357	F1	2.081	H-357	F1	0.046	H-357	F1	25.861	H-357	F1	4.981	H-357	F1	4.608	H-357	F1	354.24	H-357	F1	111.793
LOCALIDAD AMECA																													
T-JAL	F2	2046.54	T-CH	F2	4.087	T-OAX	F2	43.827	T-CH	F2	7.911	T-CH	F2	0.249	T-JAL	F2	140.776	T-OAX	F2	6.501	T-CH	F2	11.539	T-ZD	F2	868.76	T-OAX	F2	472.982
T-CH	F2	1876.78	T-MC	F2	4.025	T-MC	F2	43.719	T-O	F2	7.471	T-JAL	F2	0.244	T-CH	F2	135.674	T-CH	F2	5.927	T-OAX	F2	11.032	T-MC	F2	845.38	T-MAZ	F2	438.632
T-ZD	F2	1851.34	T-JAL	F2	3.816	T-MAZ	F2	38.080	T-MC	F2	6.225	T-MAZ	F2	0.231	T-MC	F2	114.683	T-MAZ	F2	5.757	T-MC	F2	9.430	T-CH	F2	793.69	T-MC	F2	421.575
T-MC	F2	1822.41	T-O	F2	3.722	T-O	F2	37.893	T-OAX	F2	6.120	T-MC	F2	0.194	T-OAX	F2	113.428	T-MC	F2	5.397	T-JAL	F2	8.506	T-OAX	F2	704.69	T-CH	F2	378.524
T-O	F2	1695.34	T-MAZ	F2	3.654	T-JAL	F2	35.086	T-MAZ	F2	5.577	T-OAX	F2	0.190	T-MAZ	F2	112.757	T-JAL	F2	4.513	T-ZD	F2	8.344	T-O	F2	695.08	T-JAL	F2	350.543
T-MAZ	F2	1627.45	T-OAX	F2	3.438	T-ZD	F2	28.365	T-ZD	F2	5.439	T-ZD	F2	0.172	T-O	F2	106.033	T-ZD	F2	4.413	T-MAZ	F2	7.639	T-JAL	F2	594.18	T-ZD	F2	285.772
T-OAX	F2	1609.82	T-ZD	F2	3.403	T-CH	F2	24.554	T-JAL	F2	4.785	T-O	F2	0.132	T-ZD	F2	94.925	T-O	F2	4.304	T-O	F2	6.884	T-MAZ	F2	589.84	T-O	F2	253.597
T-CH	F3	1856.17	T-OAX	F3	5.927	T-CH	F3	53.078	T-MAZ	F3	7.969	T-CH	F3	0.257	T-OAX	F3	111.014	T-O	F3	6.899	T-O	F3	10.588	T-CH	F3	1016.05	T-OAX	F3	568.554
T-OAX	F3	1639.66	T-O	F3	4.977	T-JAL	F3	41.550	T-OAX	F3	7.654	T-MC	F3	0.235	T-ZD	F3	104.44	T-JAL	F3	6.013	T-OAX	F3	10.289	T-JAL	F3	963.57	T-CH	F3	558.247
T-MC	F3	1510.92	T-ZD	F3	4.769	T-OAX	F3	40.820	T-CH	F3	6.392	T-OAX	F3	0.209	T-O	F3	102.479	T-OAX	F3	5.958	T-MAZ	F3	8.560	T-OAX	F3	866.38	T-JAL	F3	509.935
T-MAZ	F3	1462.36	T-MC	F3	4.577	T-MC	F3	37.281	T-O	F3	5.828	T-MAZ	F3	0.207	T-JAL	F3	89.63	T-MAZ	F3	5.725	T-MC	F3	7.597	T-MAZ	F3	793.19	T-MAZ	F3	419.564
T-JAL	F3	1458.83	T-CH	F3	3.942	T-MAZ	F3	34.802	T-JAL	F3	5.780	T-ZD	F3	0.176	T-CH	F3	86.173	T-MC	F3	4.101	T-JAL	F3	7.387	T-MC	F3	657.50	T-O	F3	389.863
T-ZD	F3	1253.73	T-MAZ	F3	3.815	T-O	F3	32.851	T-ZD	F3	5.323	T-JAL	F3	0.121	T-MC	F3	64.001	T-ZD	F3	3.787	T-ZD	F3	7.347	T-O	F3	656.64	T-MC	F3	385.007
T-O	F3	1240.26	T-JAL	F3	3.556	T-ZD	F3	22.486	T-MC	F3	3.954	T-O	F3	0.106	T-MAZ	F3	60.046	T-CH	F3	3.267	T-CH	F3	4.653	T-ZD	F3	680.71	T-ZD	F3	355.113
T-MC	F4	1836.45	T-O	F4	5.743	T-MAZ	F4	49.149	T-MAZ	F4	9.840	T-OAX	F4	0.286	T-MAZ	F4	106.562	T-MAZ	F4	5.094	T-JAL	F4	10.095	T-OAX	F4	1151.61	T-ZD	F4	508.834
T-CH	F4	1785.37	T-MAZ	F4	5.142	T-O	F4	38.840	T-JAL	F4	7.737	T-MC	F4	0.250	T-OAX	F4	106.404	T-MC	F4	4.538	T-MC	F4	9.487	T-MC	F4	1043.15	T-MAZ	F4	457.822
T-MAZ	F4	1546.38	T-CH	F4	4.125	T-OAX	F4	38.589	T-O	F4	7.303	T-CH	F4	0.240	T-MC	F4	100.759	T-OAX	F4	4.309	T-OAX	F4	8.829	T-JAL	F4	954.74	T-JAL	F4	449.351
T-OAX	F4	1516.44	T-MC	F4	3.537	T-CH	F4	36.256	T-ZD	F4	5.903	T-MAZ	F4	0.239	T-CH	F4	98.094	T-JAL	F4	4.237	T-O	F4	8.045	T-MAZ	F4	799.96	T-MC	F4	449.063
T-JAL	F4	1455.77	T-JAL	F4	3.407	T-JAL	F4	36.024	T-OAX	F4	5.630	T-JAL	F4	0.155	T-JAL	F4	91.212	T-ZD	F4	4.043	T-MAZ	F4	7.582	T-ZD	F4	614.30	T-OAX	F4	383.158
T-O	F4	1280.73	T-OAX	F4	3.016	T-MC	F4	33.663	T-CH	F4	5.086	T-ZD	F4	0.152	T-O	F4	76.645	T-CH	F4	3.923	T-ZD	F4	6.458	T-O	F4	385.77	T-CH	F4	294.866
T-ZD	F4	970.97	T-ZD	F4	2.809	T-ZD	F4	30.342	T-MC	F4	4.806	T-O	F4	0.129	T-ZD	F4	69.021	T-O	F4	3.388	T-CH	F4	5.615	T-CH	F4	353.54	T-O	F4	203.081
SIRI	F2	1251.91	SIRI	F2	3.028	SIRI	F2	23.975	SIRI	F2	4.530	SIRI	F2	0.090	SIRI	F2	72.906	SIRI	F2	3.648	SIRI	F2	5.442	SIRI	F2	484.04	SIRI	F2	296.547
H-357	F1	489.91	H-357	F1	3.443	H-357	F1	15.771	H-357	F1	2.416	H-357	F1	0.038	H-357	F1	14.718	H-357	F1	1.611	H-357	F1	1.894	H-357	F1	203.01	H-357	F1	180.766