



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Cambios en el rendimiento y otras características agronómicas de híbridos de Maíz formados durante el periodo de 1990 a 2010.

Tesis
que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en
Biosistemática y Manejo de Recursos
Naturales y Agrícolas

Presenta
Juan Manuel Cruz Monasterio

DIRECTOR
Dr. José Ron Parra

Zapopan, Jalisco

11 de Mayo de 2012.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

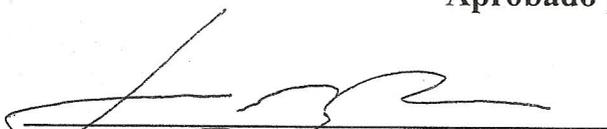
Cambios en el rendimiento y otras características agronómicas de híbridos de Maíz formados durante el periodo de 1990 a 2010.

Por

Juan Manuel Cruz Monasterio

Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas

Aprobado por:


Dr. José Ron Parra
Director de Tesis e integrante del Jurado

ABRIL 27, 2012
Fecha


MC. José Rafael Gómez G.
Co-Director externo y Asesor del Comité Particular e integrante del Jurado

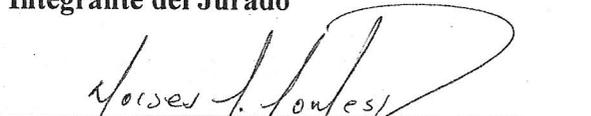
ABRIL 27, 2012
Fecha


Dr. José de Jesús Sánchez González.
Asesor del Comité Particular e integrante del Jurado

Abril 27, 2012
Fecha


Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba
Integrante del Jurado

Abril/27, 2012
Fecha


Dr. Moisés Martín Morales Rivera
Integrante del Jurado

Abril 27/2012
Fecha

DEDICATORIA

A mis Padres y hermanos todos ellos (†):

Ma. Del Consuelo Monasterio Arredondo, Lucio Cruz Villanueva, Raquel, Beatriz y Jesús, por su gran amor, apoyo incondicional que recibí de algunos por un lapso de su existencia y en otros casos donde me brindaron siempre su ayuda hasta sus últimos días de su vida, que dios los tenga ya en su reino.

A mi Esposa e Hijos:

María Graciela Ortiz Quintero, Jesús Manuel, Rebeca y Juan Francisco, que son el amor de mi vida y fuente de inspiración, les agradezco su apoyo incondicional para continuar mis planes profesionales sin pensar en el tiempo que les he quitado.

A mis hermanos:

Lucio Rafael, Tomas Oliverio, Luis y Carlos Gabriel, por su apoyo, aliento para seguir cultivando mi educación.

A Monsanto y al grupo de Mejoradores de Maíz:

Diego Diz, Manuel Oyervides, Humberto Gutiérrez, José R. Gómez, Isidro Álvarez, Carlos León, Roberto Herrera, Eduardo Hernández, Armando Rodríguez, Jesús Alcázar, Leopoldo Rivera por su increíble apoyo y amistad para continuar mis planes de estudios de maestría, por sus enseñanzas, su gran humildad y calidad de trabajo que ha sido fielmente recompensadas con este escrito de tesis.

A mis compadres Alicia de la Rosa, Raymundo Betancourt por haber forjado una filosofía de trabajo y lealtad hacia la investigación, aquí una muestra de su alumno.

A todas aquellas personas quienes han colaborado desde hace mucho tiempo forjando mi formación profesional sin afán de recompensa y que quizás no han recibido siquiera un nombramiento en esta hoja, aquí les doy las gracias y que dios les bendiga.

AGRADECIMIENTOS

A Jesucristo nuestro señor y dios, por la vida, la salud y la oportunidad de finalizar esta nueva etapa de estudios de maestría de mi carrera profesional.

A la Universidad de Guadalajara y en especial al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por la formación académica recibida.

A la empresa Monsanto por la oportunidad brindada para consolidar mi carrera de estudios de maestría.

A los Drs. de la maestría BIMARENA José Ron Parra, Fernando Santa Cruz R., José de Jesús Sánchez, Diego G. Eguiarte, Lino de la Cruz y Moisés Rivera por su apoyo, participación, revisión del presente documento y por el tiempo dedicado durante los semestres que fue consolidando paso a paso este documento de tesis.

Al grupo de asesores José Ron Parra, José Gómez, José de Jesús Sánchez por su colaboración, tiempo dedicado y sugerencias a la revisión de este documento.

A mis compañeros de grupo Adán Rojas Avendaño, Nicasio David Sánchez Cruz por las experiencias compartidas a lo largo de nuestro periodo de estudios de postgrado.

Este espacio reservado para todas aquellas personas que han colaborado con la siembra, conducción del experimento, toma de datos y análisis de resultados entre ellos a Francisco Aceves, Alexis Almeida †, Esteban Chávez, Humberto Covarrubias, Jaime Elizarraras, Sergio Cervantes, Salvador García, Jesús Vázquez, Víctor Santana y a todo el grupo de asistentes y técnicos de campo que no pueden ser nombrados por que la lista sería demasiado extensa, muchas gracias a todos por su profesionalismo y por el excelente trabajo que se ve reflejado en los resultados de este valioso estudio.

RESUMEN

El rendimiento de grano de híbridos modernos de maíz comerciales normalmente excede a sus predecesores. Los estudios de variedades cultivadas usadas históricamente en la agricultura proveen mediciones de ganancia genética a través del tiempo. En este trabajo el objetivo principal fue conocer los cambios en el rendimiento de grano y otras características agronómicas en 20 híbridos comerciales de maíz liberados en el periodo de 1990 a 2010, en tres densidades de población. El trabajo de investigación se desarrollo en Sinaloa en el ciclo Otoño-Invierno 2009-2010 bajo condiciones de riego. El experimento se sembró en ocho ambientes en un arreglo de parcelas divididas, donde los 20 híbridos (divididos en 8 épocas) constituyeron a la parcela principal y las tres densidades de población las sub-parcelas. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones en parcelas de 4 surcos de 4.5 m de longitud. El coeficiente de variación de la prueba para la variable de rendimiento de grano fue de 6.18. Se encontraron diferencias altamente significativas entre ambientes y épocas para todos los caracteres medidos (rendimiento, % de humedad, altura de planta y mazorca, acame de raíz y tallo, floración masculina y femenina, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso específico). El rendimiento de grano se incrementó en 547 kg/ha/época y la humedad en el grano disminuyo 1.45% hasta la última época, por la mayor precocidad de los híbridos. La ganancia en rendimiento por el uso de altas densidades de población fue de 5.5% (115,000 contra 75,000 plantas/ha) y el acame de raíz disminuyo en 1%. Respecto a las características de mazorca el número de hileras se incremento en una y el diámetro de mazorca incremento en un mm, para el número de granos por hilera esta disminuyo en tres granos y se disminuyo la longitud de mazorca en 10 mm. Dentro de las características fisiológicas significativas y que han cambiado a través de estos 20 años de mejoramiento se identifica al tamaño de espiga que disminuyo su longitud en 10 cm y la disminución en el ángulo de hoja en 20°. Se concluye que los híbridos nuevos fueron mejores que los híbridos viejos para la mayoría de los caracteres.

ABSTRACT

The grain yield of modern commercial maize hybrids typically exceeds its predecessors. Studies of varieties grown historically in agriculture provide measurements of genetic gain over time. In this work the main objective was to determine changes in grain yield and other agronomic traits in 20 commercial corn hybrids released in the period 1990 to 2010 grown in three population densities. The research work was developed in Sinaloa in the Autumn-Winter 2009-2010 under irrigated conditions. The experiment was planted in eight environments in a split plot arrangement, where the 20 hybrids (representing 8 historically eras) were the main plot whereas the three population densities were the sub-plots. The experimental design was a randomized complete block with two replications in plots of 4 rows of 4.5 m in length. The coefficient of variation for grain yield of the test was 6.18. Highly significant differences were found between environments and eras for all measured characteristics (yield,% moisture, plant and ear height, root and stalk lodging, male and female flowering, ear length, ear diameter, number of rows, numbers of kernels per row, specific weight). Grain yield increased by 547 kg / ha / era and in the grain moisture decreased 1.45% over last stage probably due to earliness of the hybrids. The yield genetic gain by the use of high population densities (115,000 to 75,000 plants / ha) was 5.5% and root lodging decreased by 1%. Regarding to the characteristics of the ear, the number of rows was increased (1), and the number of kernels per row decreases (3 kernels), also decrease the length (10 mm) and diameter increase (1 mm) of the ear. Among the significant and physiological characteristics that have changed over these 20 years of breeding identifies the size of the tassel and leaf angle in both characteristics decrease tassel length in 10 and leaf angle also decrease in 30°. It was concluded that the new modern hybrids were better than older hybrids for most of the characters evaluated.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INDICE	iii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE CUADROS DEL APENDICE	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Ganancia genética	4
2.2 Cambios morfológicos y fisiológicos	12
2.3 Densidades de población	22
2.4 Componentes de rendimiento	28
III MATERIALES Y METODOS	30
3.1 Localidades de estudio	30
3.2 Material genético	31
3.3 Manejo de cultivo	32
3.4 Caracteres o variables evaluadas	33
3.5 Diseño experimental	37
3.6 Análisis estadísticos	37
IV RESULTADOS Y DISCUSION	40
V CONCLUSIONES	68
VI BIBLIOGRAFIA	69
VII APENDICE	75

LISTA DE CUADROS.	Pág.
Cuadro 1. Localidades de siembra otoño-invierno 2009-2010.	30
Cuadro 2. Descripción de los híbridos, años y épocas de lanzamiento.	31
Cuadro 3. Análisis de varianza para caracteres de planta y de mazorca.	41
Cuadro 4. Rendimiento de grano para épocas y para híbridos.	43
Cuadro 5. Medias en densidades de plantas para las diferentes características agronómicas de planta y mazorca.	45
Cuadro 6. Diferencias de medias de rendimiento (ton/ha) para híbridos y por épocas en las tres densidades de población.	49
Cuadro 7. Medias a través de ocho localidades de los 20 híbridos evaluados para sus diferentes caracteres de planta y mazorca.	52
Cuadro 8. Resultado del análisis de componentes principales para las características agronómicas.	53
Cuadro 9. Resultados del análisis de regresión cuadrática para los cuatro componentes de rendimiento principales.	60
Cuadro 10. Valores medios por grupos para algunas características de mazorca.	60
Cuadro 11. Análisis de varianza de las principales variables morfo-fisiológicas.	62

Cuadro 12. Resultados del análisis de componentes principales para las variables morfo-fisiológicas.	64
Cuadro 13. Medias de híbridos agrupadas de acuerdo a la prueba de t para las características morfológicas.	67

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE	Pág.
A1. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad de Angostura	75
A2. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Campo Eureka	76
A3. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Casas Grandes	77
A4. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Caimanero	78
A5. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Mochicaui	79
A6. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Poblado	80
A7. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Quila	81
A8. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Villa Benito Juarez	82
A9. Promedios de características morfo-fisiológicas de las variables ángulo de hoja y tamaño de espiga.	83

LISTA DE FIGURAS.	Pág.
Figura 1. Promedios de rendimiento de maíz 1865-2005, periodos dominados por variedades de PL, híbridos de cruza dobles, cruza simples y maíz gmo donde muestra las regresiones y el rendimiento por año. (Kg/Bu).	11
Figura 2. Promedio rendimiento kg/ha de maíz (15.5% de humedad) para U.S. y Canadá.	19
Figura 3. Disección del rendimiento, formación del proceso de componentes fisiológicos al nivel de cultivo. (Adaptado de Tollenaar y Lee, 2006)	20
Figura 4. Patrón de acumulación de material seca y distribución a través de la estación de crecimiento una planta madura de maíz. (Adaptado de Tollenaar y Lee, 2006)	21
Figura 5. Densidad de plantas a cosecha de grano de maíz en Iowa y Minnesota durante 11 años.	22
Figura 6. Ilustración de la medición de los diferentes componentes de rendimiento; (1) muestra general de mazorcas de un tratamiento, (2) corte transversal de mazorca, (3) uniformidad de mazorca de una muestra seleccionada de un tratamiento, (4) forma de medir el diámetro de mazorca usando el vernier, (5) medición de la longitud de mazorca, (6) medición del peso específico mediante el hectólitro.	35
Figura 7. Regresión lineal para rendimiento de grano en ton/ha para las ocho épocas durante los años 1990-2010.	42
Figura 8. Respuesta en rendimiento y % de humedad para las ocho épocas de mejoramiento.	44

Figura 9. Análisis de regresión y respuesta a la densidad de población para las ocho épocas de mejoramiento	46
Figura 10. Respuesta general a tres diferentes densidades de población por época de mejoramiento.	47
Figura 11. Respuesta individual de los híbridos a las tres densidades de Población en las ocho diferentes épocas.	48
Figura 12. Grafico de contribución del mejoramiento genético y la densidad de plantas.	51
Figura 13. Grafica bidimensional de asociación de 13 variables analizadas por componentes principales.	54
Figura 14. Análisis de regresión cuadrática para diámetro de mazorca durante las ocho épocas de mejoramiento.	56
Figura 15. Regresión cuadrática para el carácter de número de hileras para las ocho épocas de mejoramiento.	57
Figura 16. Análisis de regresión cuadrática para longitud de mazorca durante las ocho épocas de mejoramiento.	58
Figura 17. Regresión cuadrática para el número de granos por hilera durante las ocho épocas de mejoramiento.	59
Figura 18. Vista de una mazorca del híbrido XM1240 con un corte transversal y grano desgranado.	61

Figura 19. Grafico del ángulo de inserción de las hojas superiores a través de las ocho épocas de mejoramiento. 65

Figura 20. Grafico del número de ramas laterales de la espiga a través de las ocho épocas de mejoramiento. 66

I INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) en México es el cultivo agrícola más importante desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. El maíz ocupa el primer lugar en producción y superficie cultivada en relación con los cereales más importantes que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente). La superficie de maíz sembrada en México durante el año 2009 fue de 7.7 millones de hectáreas, de las cuales el 85.6% correspondieron al ciclo Primavera Verano, y el 14.3% al ciclo Otoño. Del total de la superficie sembrada, el 82% se cultiva en condiciones de temporal y el 18% bajo condiciones de riego. La producción promedio anual durante ese año fue de 20.1 millones de toneladas. El rendimiento ponderado promedio a nivel nacional fue de 3.24 ton/ha. Los principales estados productores de maíz blanco en México son: Sinaloa, que aporta el 23% del total; Jalisco, 13%; Michoacán, Chiapas y Guerrero contribuyen con el 7% cada uno; en conjunto, estas entidades aportaron el 57% de la producción total (Palacios *et al.*, 2008).

La importancia del maíz en México es sin duda de gran relevancia al igual que en otras latitudes por lo que se han realizado diferentes investigaciones con este cereal principalmente en estimaciones de ganancia genética para rendimiento de híbridos de maíz; sin excepción, la ganancia genética en rendimiento durante los pasados 70 años ha sido positiva y lineal. Estimaciones del promedio de ganancia por año varía pero las tendencias oscilan entre los rangos de 65-75 kg/ha/año para los Estados Unidos de Norteamérica. A través de los años, los híbridos han cambiado favorablemente en rendimiento y tolerancia a estrés biótico y abiótico.

Entre los factores responsables de los incrementos en rendimiento, están las prácticas culturales y el mejoramiento genético. El incremento en la ganancia genética en rendimiento de los híbridos ha venido acompañado de cambios en las características de planta y mazorca, resistencia al acame de raíz y tallo, tolerancia a factores abióticos, tolerancia a factores bióticos, respuesta a densidades de plantas, tolerancia a herbicidas y otras características fisiológicas (Duvick, 2005).

A partir de 1991 inició un repunte muy importante en el cultivo de maíz en Sinaloa y ha sido durante los últimos diecisiete años cuando este cultivo ha observado un crecimiento acelerado en superficie por la disminución de otros cultivos como el arroz, cártamo, garbanzo y trigo entre otros y por el incremento en el rendimiento. Este incremento en el rendimiento de maíz se debe principalmente a que existen agricultores altamente tecnificados, mecanizados y que hacen uso de altas fertilizaciones; prácticas agrícolas y además de que cuentan con suelos muy fértiles y con riego que han hecho del cultivo el más importante en el estado de Sinaloa. Una práctica agrícola muy importante es el uso de altas densidades de plantas las cuales se han incrementado hasta en 110,000 ptas. /ha; esta práctica junto con el ancho de surco han jugado un papel importante en el incremento del rendimiento. Adicional a esto la selección adecuada de los híbridos junto con la experiencia de los productores en el manejo del cultivo, han sido determinantes para elevar los niveles productivos que se han venido observando a través de los años (Palacios *et al.*, 2008).

El crecimiento de la superficie de maíz en Sinaloa es reciente con una producción actual de 540 mil hectáreas y una producción anual de 500 mil toneladas. De 2001 a 2007 los rendimientos incrementaron de 8.3 a 10.4 ton/ha respectivamente.

El rendimiento de grano de híbridos modernos de maíz comerciales normalmente excede a sus predecesores. Estudios de variedades cultivadas históricamente usadas en la agricultura proveen mediciones de ganancia genética y la evolución o cambio en rendimiento durante periodos de mejoramiento genético.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo General de este trabajo es:

Evaluar el rendimiento de híbridos de maíz liberados en el periodo de 1990 a 2010 para el ciclo agrícola Otoño-Invierno en Sinaloa.

Los objetivos específicos:

a) Conocer el comportamiento de híbridos agrupados en 8 épocas de lanzamiento al mercado.

b) Medir el impacto de los cambios en densidad de población sobre el rendimiento de maíz y conocer la respuesta de los híbridos a densidades de población.

c) Estimar la ganancia genética por época para rendimiento y otras características de importancia agronómica y componentes de rendimiento.

1.2. HIPOTESIS

El rendimiento y otras características agronómicas de híbridos comerciales son diferentes entre épocas de liberación y densidades de población.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ganancia genética

Los incrementos en rendimiento de grano de maíz se deben básicamente a cuatro factores principales que son:

1. La ganancia genética.
2. Los cambios morfológicos y fisiológicos.
3. Las densidades de población.
4. Los componentes de rendimiento.

Es básico por tanto hablar en primer término de la arquitectura de la planta por la importancia en la evolución y cómo los mejoradores de plantas han ido modificando sus partes a través del tiempo para hacer más efectiva su actividad fisiológica.

Donald (1968) describe la importancia de un tipo de planta ideal, donde mucho del mejoramiento de plantas se basa en la eliminación de defectos o selección para rendimiento. La función principal es la de aprovechar el valor del ideotipo para influenciar la fotosíntesis, crecimiento y producción del grano. La mayoría de los mejoradores de plantas han desarrollado una gama impresionante de técnicas en su búsqueda para incrementar el rendimiento y de una mejor calidad en los cultivos. El mejoramiento por mutación, poliploidía, la explotación del vigor híbrido, el cultivo de embriones y los avances en los análisis y diseños están entre los muchos procedimientos que han permitido programas de mejoramiento efectivos.

Ahora que se describe un tipo de planta y de cómo poder encaminar a mejorarla, se visualiza otro de los conceptos que más se hablara en este estudio que es el potencial de rendimiento el cual es definido como el rendimiento de un cultivar cuando crece en un medio ambiente al cual está adaptado, con nutrientes y agua no limitados y con un efectivo control de plagas, enfermedades, malezas, acames y cualquier otro estrés (Evans y Fischer 1999).

Ahora se hablará de cómo innumerables estudios y en geografías diferentes se han hecho para tratar el tema de ganancia genética y/o progreso genético.

Russell (1974), en una de las primeras reseñas en este tipo de estudios, menciona que el progreso para algunos caracteres, tales como resistencia a insectos, calidad del grano, resistencia al acame, o a la madurez, puede ser obvio o fácil de determinar, pero para otros caracteres, tales como rendimiento del grano, el progreso es más difícil de determinarse. La ganancia en rendimiento que se observa durante años ha ocurrido debido a la mejora varietal que interactúa con los cambios en prácticas culturales y el clima. Los mejoradores contribuyeron significativamente a la mejora en rendimiento de grano de maíz con la introducción de los híbridos, principalmente cruza dobles, en los 1930's. Las estimaciones para la mejora de estos híbridos sobre las variedades de polinización libre varían, pero fueron entre 25-35%. Después del lanzamiento del híbrido inicial, las ganancias subsecuentes con el lanzamiento de híbridos más nuevos parecían mucho menos dramáticos aunque mejoras substanciales fueron llevadas a cabo en otros rasgos agronómicos y para las líneas progenitoras *per se*.

Se considera que el mejoramiento en la genética de los híbridos del maíz a través de los años puede ser una consecuencia del incremento en la heterosis y/o del mejoramiento de las líneas progenitoras. La mayoría de la mejora en la habilidad de rendimiento para líneas e híbridos ocurrió entre los años 50's y los años 70's. Las líneas y los híbridos recientes presentan mejor establecimiento, permanecen verdes, y tienen espigas más pequeñas que sus antecesores. (Meghji *et al.*, 1984).

En los primeros trabajos en Francia durante los años 1950 a 1985 se hace una evaluación de la ganancia genética en maíz usando treinta y tres híbridos del maíz comparados en tres densidades de planta. Los híbridos estuvieron

aleatorizados en tres grupos según su precocidad y estudiados en sus áreas de adaptación. De 1950 a 1980 la media de la ganancia genética fue 0.08 t/ha/año comparada con la ganancia media agrícola nacional de 0.144. t/ha/año en el mismo período. El aumento genético fue así de cerca de 50% de la ganancia agrícola total. El aumento fue 0.1 t/ha/año para los híbridos muy precoces y precoces, 0.06 para híbridos semi-precoces y 0.08 para los híbridos precoces. La mejora más importante fue obtenida para la resistencia al acame: el porcentaje de acame decreció a partir 20.2% a 3.5 %. Este aumento resulta por una parte de la mejora genética de las variedades que cambian rápidamente, por otra parte de la evolución de las técnicas culturales. Una parte del progreso genético se debe al paso de los híbridos dobles a los híbridos de cruza triple y a los híbridos simples que maximizan el valor específico de las combinaciones híbridas (Derieux *et al.*, 1987).

Tollenaar (1989) menciona que el análisis del mejoramiento de cultivos durante las últimas décadas puede aclarar los factores que han contribuido a la ganancia genética de las variedades cultivadas y el entendimiento de los factores fundamentales de la ganancia genética que pueden ayudar a sostener el mejoramiento de la ganancia genética en el futuro. La ganancia genética total del rendimiento de grano a la densidad de planta óptima para el rendimiento de grano fue 1.7% por año. Aproximadamente un tercio de la ganancia genética en el rendimiento de grano puede ser atribuido a la reducción de acame de tallo. Una comparación de los híbridos más viejos y más recientes indica que aproximadamente el 15% de la ganancia genética total del rendimiento de grano puede ser atribuido al índice de cosecha. Por lo tanto, el incremento en la acumulación de la materia seca total se atribuyó el 85% de la ganancia genética del rendimiento de grano.

Moran *et al.* (1993), en un estudio realizado de ganancia genética en México de los años 1955 a 1985 para variedades de maíz del Bajío, reportan que para las variedades de ciclo precoz-intermedio la mejora fue para características

agronómicas como resistencia al acame y sanidad de mazorca. Para las variedades de ciclo intermedio-tardío observaron un incremento en rendimiento de 178 kg ha por época y una mejora en características agronómicas.

En otro tipo de estudios de ganancia genética en Sudamérica, se analizó el comportamiento de 154 híbridos experimentales evaluados durante el periodo de 1979 a 1991 en ensayos regionales conducidos en la faja maicera de Argentina, para estimar la ganancia genética para rendimiento de grano en la región; usando modelos de regresión y usando un testigo común para el análisis de todas las pruebas, donde el número de localidades varió de 9 a 15 por año y usando aproximadamente 56,000 plantas/ha. Los resultados muestran un rango de ganancia genética de 1.05 q/ha/año donde el medio ambiente restringe la expresión del mejoramiento genético y donde los resultados muestran que es en los mejores ambientes donde los híbridos muestran los más altos rendimientos así como en ambientes sub-óptimos (Eyherabide *et al.*, 1994).

En Brasil inicia el mejoramiento genético en 1930 pero es en 1950 donde se intensifica el mejoramiento para la producción de híbridos de maíz. Actualmente hay numerosas compañías que conducen programas de mejoramiento para producir continuamente mejoramiento de híbridos. Durante 30 años de 1963 a 1993 estimaron el progreso genético de pruebas conducidas por una red de evaluación coordinada por un organismo oficial (EMBRAPA) usando datos de ensayos nacionales de rendimiento; los ensayos tienen 40% de entradas comunes y están presentes durante dos años consecutivos, sin embargo cada año algunas entradas fueron remplazadas por entradas presumiblemente superiores, de ahí la dificultad de tener una prueba homogénea a través de los 30 años usados para la estimación de ganancia. Esta fue calculada mediante dos modelos, para M1 el progreso fue de 1,798 kg/ha (60kg/ha/año) y para M2 fue de 3,960 kg/ha (123 kg/ha/año). Se considero a M2 como el método más realístico para el concepto clásico de ganancia genética (Cunha y Franzon 1997).

Duvick y Cassman (1999) mencionan que aunque hay una considerable incertidumbre en la predicción de los requerimientos globales para la alimentación y para los alimentos de granos para los próximos 30 años no hay duda que el total de los requerimientos serán incrementados substancialmente. Los más importantes criterios de selección usados por los mejoradores de maíz son rendimiento y estabilidad de rendimiento. Otras características agronómicas tales como resistencia a insectos, altura de planta y acames son también tomados en cuenta. En 1981 mejoradores de maíz de Estados Unidos de compañías líderes de semilla reportan que los híbridos usualmente permanecen en el mercado por un promedio de 7 años, pero ellos esperan que este ciclo de vida llegue a ser más corto en futuros años. Los remplazos ocurren primariamente porque las nuevas líneas producen híbridos de alto rendimiento y no porque las líneas viejas y sus híbridos hayan sucumbido a problemas de insectos o enfermedades. Ahora tienen mejores herramientas de análisis y más información para hacer comparaciones híbridas y las utilizan. Sin embargo, hay una nueva razón para la sustitución de los híbridos que es la introducción de características de ingeniería genética tales como tolerancia a herbicidas o la resistencia a una plaga o a una enfermedad. Los mejoradores entonces continuarán su trabajo de mejorar el rendimiento y la tolerancia al estrés vía cambios en características cuantitativas heredables.

Bruulsema *et al.* (2000) mencionan que los rendimientos máximos registrados, bajo un sistema con condiciones de campo ideal, excede hoy en día los rendimientos promedio por un amplio margen. Extensiva investigación en Ontario ha mostrado que la ganancia genética en rendimiento no ha resultado del incremento en el potencial de rendimiento, sino del incremento en la habilidad para tolerar el estrés. Los nuevos híbridos sufren menor reducción del rendimiento bajo condiciones de estrés de sequia, altas densidades de población, interferencia de malezas, bajo nitrógeno, daño por herbicidas y bajas temperaturas nocturnas. Estos cambios en la tolerancia al estrés son el producto de los mejoradores de plantas que han seleccionando para rendimiento a altas densidades de población

y sobre un amplio rango de ambientes de evaluación. El rendimiento de los cultivos puede incrementar significativamente la captura o uso de recursos. Nuevos híbridos capturan más luz usando altas densidades de población y por el retardo en la senescencia de hojas. Estos también capturan más agua y nutrientes del suelo incrementando la actividad del sistema radicular. Pequeñas ganancias también han sido hechas en el uso eficiente de recursos, en híbridos con hojas más erectas.

Echarte y Andrade (2003) indican en sus trabajos que el rendimiento de grano en maíz está muy relacionado con la biomasa de la planta a cosecha. El índice de cosecha (IC) y su estabilidad son determinantes claves en el rendimiento del cultivo. La materia seca por planta y rendimiento de grano por planta y sus componentes fueron medidos a la madurez fisiológica. En general, un recurso disponible en incremento por planta, híbridos modernos muestran incrementos más pronunciados en número de granos por planta que en híbridos viejos. Los híbridos de maíz difieren en las relaciones entre rendimiento de planta (Y_p) la biomasa de planta (S_p) y la estabilidad en el índice de cosecha.

Los incrementos en el potencial de rendimiento de grano han sido debidos al sucesivo desarrollo de variedades mejor adaptadas. Una razón vital para medir la diversidad genética es el de monitorear los cambios en la amplia base de germoplasma. Esto es importante para direccionar que germoplasma se está perdiendo y entender mejor los cambios del proceso que puede liderar los cambios en la diversidad genética a través del tiempo. La contribución más significativa del sector público al mejoramiento de híbridos en las eras de 1930 y 1940 fueron las líneas desarrolladas de BSSS. El desarrollo de los mejoradores del sector publico en la Universidad del estado de Iowa de BSSS fue el pivote en la producción de híbridos de U.S. líneas de B37, B73, B84 y B14 contribuyeron significativamente en muchas de estas eras de híbridos. Un factor importante en la

ganancia genética ha sido la introducción de diversidad genética que fue previamente adaptada a otras regiones (Smith, *et al.*, 2004).

El maíz es el mayor cultivo en Serbia con 1.20 a 1.35 millones de hectáreas sembradas y con 5.7 millones de ton en promedio en producción de grano anual en los últimos 25 años. De acuerdo con datos estadísticos del libro anual de estadística en Serbia de 2005, de 1947 a 2004 la producción de maíz en Serbia ha incrementado 56 kg/ha/año. Durante este tiempo se distinguen 3 periodos diferentes donde el rango de incrementos en Serbia ha sido reconocido. El primero de 1947 a 1964 caracterizado por el cultivo de variedades de polinización libre locales, seguida de híbridos de cruza doble importados de estados unidos que tuvieron un incremento en la producción de maíz de 72 kg/ha/año. Durante el periodo de 1965 a 1986 la producción de grano, representada por híbridos de cruza simple y el mejoramiento de las prácticas culturales ha ido incrementando 114 kg/ha/año. Debido principalmente a las dificultades económicas en la producción agrícola durante los últimos 20 años la producción de grano decreció un rango de 45 kg/ha/año (Drinic, *et al.*, 2007).

Troyer y Rosenbrook (2009) describen toda una historia del desarrollo de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) y del desarrollo de la industria de semilla de maíz. Charles Darwin reviso en “La variación de plantas y animales bajo domesticación” explicando porque solamente las variedades de polinización libre populares y ampliamente adaptadas persisten en los antecesores de híbridos de maíz de los U.S.

El germoplasma (Reid Yellow Dent) contribuye con un 56% del germoplasma en los documentos antecesores de los actuales híbridos de maíz de los U.S. y otras variedades populares (Lancaster Puro y Minnesota 13) contribuyen con otro 44%. Estas variedades adaptadas contribuyeron ampliamente a los híbridos adaptados. Los híbridos de maíz fueron primeramente comercializados en los principios de los 1930’s cuando el promedio de rendimiento anual de maíz en los

U.S. de 1,518 kg/ha y un promedio de producción de maíz de 51 millones de Mg (2 billones de búshels). En 2007 el promedio estimado de rendimiento de maíz en los U.S. fue de 9,474 kg/ha y una producción de maíz en los Estados Unidos de 332.7 millones Mg (13.1 billones de búshels). Estos incrementos fueron por el uso de mejores híbridos, prácticas de cultivo y biotecnología, como se observa en la Figura 1.

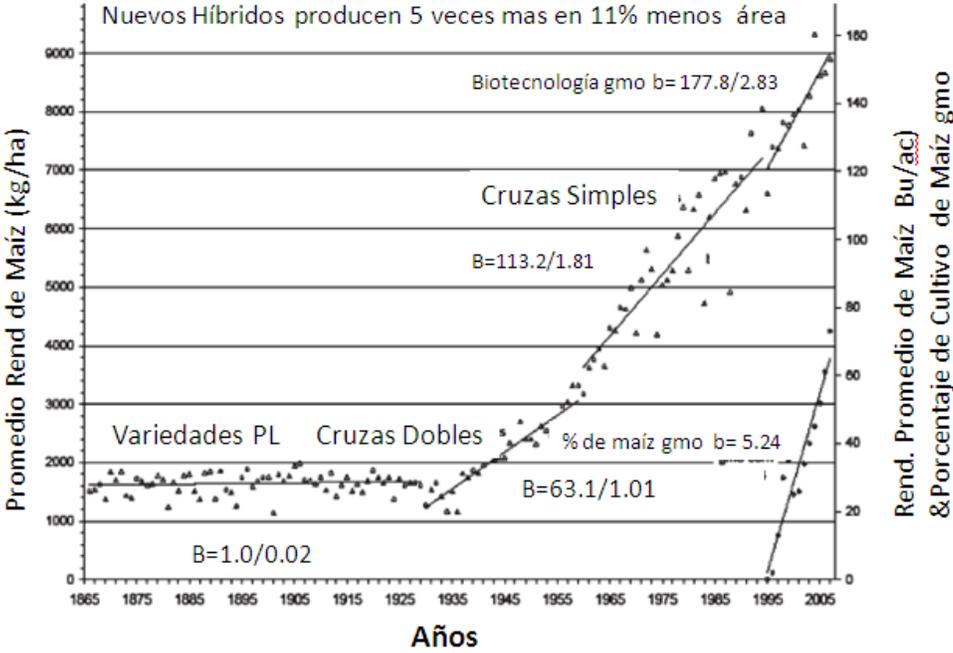


Figura 1. Promedios de rendimiento de maíz 1865-2005, periodos dominados por variedades de PL, híbridos de cruzas dobles, cruzas simples y maíz gmo donde muestran las regresiones y el rendimiento por año. (Kg/Bu). Datos compilados USDA por E. Wellin y F. Troyer

Xiaoke, *et al.* (2011) reportan que China es el segundo productor más grande del maíz del mundo, con un área anual cultivada de aproximadamente 25 millones de has y una producción de 130.2 millones de Ton. En China, las variedades de polinización libre (OPVs) que habían sido cultivadas extensivamente antes de los años 50 fueron remplazadas gradualmente por los híbridos de cruza doble en los años 60. Los años 70 marcaron el lanzamiento de los híbridos de cruza simple. La producción del maíz ha aumentado significativamente desde los años 50, especialmente durante los años 70. Cuatro de cinco ciclos de reemplazos de híbrido del maíz han ocurrido en China desde los años 70. Los análisis retrospectivos del rendimiento genético pueden proporcionar una comprensión de potencial genético inexplorado e indicar los caminos para el futuro del mejoramiento en rendimiento. Sobre un período de 40 años, la ganancia genética en rendimiento promedio es de 94.7 kg/ha/año y el 53% de esto fue atribuible al mejoramiento emprendido en China. Los híbridos más nuevos demostraron incrementos en la tolerancia a los componentes de estrés. El incremento en el rendimiento de grano en maíz en China será alcanzada a través de poblaciones de planta más altas, y ésta requerirá mayor mejoramiento para tolerancia al estrés.

2.2 Cambios morfológicos y fisiológicos.

Cavalieri y Smith (1985) reportan que un estudio de variedades históricamente importantes puede proporcionar la información de los rasgos fisiológicos que se han cambiado durante la selección para rendimiento. La duración del período de llenado de grano incrementó con el año del lanzamiento mientras que la tasa de llenado de grano no cambió. El incremento en la duración de llenado de grano fue el resultado de una madurez fisiológica tardía (formación de la capa negra) más que un cambio en fecha de floración. La sanidad de planta al final del ciclo fue mejorada en híbridos más nuevos, que pudieron haber proporcionado un área foliar más viable para soportar el prolongado llenado de grano. La tasa de secado de grano fue calculada por regresión del contenido en agua del grano en unidades

calor. Varias características previamente propuestas para ser asociadas a la tasa de secado (número de hojas, fecha de secado de la hoja, ángulo de la hoja, y número de granos por hilera) fueron correlacionados con año del lanzamiento híbrido.

Dwyer y Tollenaar (1989) reportan que los cambios en el clima, las técnicas de manejo y la genética han contribuido a la ganancia en rendimiento. La contribución genética ha oscilado entre 33 a 79%. En este estudio se investigaron diferencias en la fotosíntesis en respuesta a la radiación (PRI) y la tasa de crecimiento del cultivo y rendimiento de grano cosechado en ocho híbridos y tres densidades de población. Generalmente un mejoramiento paralelo en fotosíntesis y respuesta a la radiación en híbridos más recientes sugiere que el incremento en rendimiento puede ser al menos parcialmente medido por la gran tasa neta de fotosíntesis foliar. El mejoramiento genético en PRI siguiendo de un estrés de frío puede ser un importante atributo fisiológico para híbridos de alto rendimiento. La respuesta fisiológica puede no ser conscientemente seleccionada en el pasado, pero el PRI ha jugado un papel importante en el incremento de rendimiento en los últimos 30 años.

Tollenaar (1991) menciona que el mejoramiento genético en rendimiento de grano de híbridos de maíz de Norte América durante las últimas tres a cinco décadas se puede atribuir al incremento en la producción de biomasa. El desarrollo fenológico diferenció muy poco entre los híbridos viejos y nuevos. Los rangos de aparición de la hoja, los días de siembra a floración y de la floración a la madurez, y la pérdida de humedad de grano durante el período de llenado de grano no demostraron una tendencia constante con el año del lanzamiento del híbrido. El intervalo de la espiga y la aparición de los estigmas, sin embargo, tendieron a ser más corto para los nuevos híbridos que para los viejos. Las diferencias en índice de la acumulación de la materia seca entre híbridos eran las más grandes en las últimas etapas del desarrollo (tres semanas post floración a la

madurez). La mejora en la acumulación de la materia seca de híbridos más viejos a los híbridos nuevos puede ser atribuible, en parte al incremento y tolerancia de altas densidades de plantas.

Tollenaar y Aguilera (1997) mencionan que el mejoramiento del rendimiento de grano de los híbridos del maíz en Ontario se ha asociado al incremento en la tolerancia al estrés de híbridos más nuevos. La fenología del maíz, la acumulación de la materia seca, el rendimiento de grano, la conductancia estomática, la fluorescencia de la clorofila de la hoja, y el contenido de la clorofila de la hoja fueron las características estudiadas. La fecha de floración y la conductancia estomática durante el período de llenado de grano fueron afectadas menos por el bajo N del suelo e interferencia de la maleza. La materia seca en floración y madurez fue reducida cerca del 20% por estrés simple del bajo N del suelo y por la interferencia de la maleza y de cerca de 55% por la combinación de ambos estreses. La reducción en el rendimiento del grano debido a interferencia de la maleza fue del 21% mayor en el Pride 5 que en el Pioneer 3902. La diferente respuesta de los dos híbridos al estrés fue más grande durante el período de floración, según lo indicado por la mayor reducción en índice de la cosecha y número de granos en el híbrido viejo que en el híbrido nuevo debido al estrés.

Desde 1930, los rendimientos en Estados Unidos se han cuadruplicado, estudios previos han examinado variedades de maíz durante este periodo documentando cambios en rendimiento, ángulo de la hoja, tamaño de espiga, tolerancia a sequia y resistencia a insectos, pero no han examinado cambios durante la fase vegetativa para resistencia a roya común (*Puccinia sorghi*). Treinta y seis cultivares de la faja maicera sembrados durante seis eras comprendidas entre 1930 a 2006 fueron evaluados para los cambios en características agronómicas en la fase vegetativa y para resistencia a roya. El efecto de variedades fue altamente significativo ($P \geq 0.01$) para todas las características en ambos grupos de madurez, asimismo para medio ambiente y era/ambiente fueron

significativos. La mejora genética ha resultado de nuevos y mejores métodos de mejoramiento, diseños experimentales, análisis estadísticos y genética cuantitativa, (Riedeman y Tracy 1999).

Frei (2000), en un estudio realizado en el Norte de Europa reporta que el mejoramiento para adaptación en una estación de crecimiento larga y fría ha distinguido los cambios en el comportamiento del crecimiento y del rendimiento fisiológico. Un rápido crecimiento precoz y una floración temprana combinado con una larga duración del llenado de grano y un extenso stay green han proporcionado la base para híbridos con un alto potencial de rendimiento. Una larga fase entre la antesis y la acumulación del almidón se correlaciona con altos rendimientos en híbridos modernos. La alta producción de rastrojo esta negativamente ligada con el rendimiento de grano. Las características requeridas como baja temperatura en el crecimiento, floración temprana, vigor inicial, tolerancia al frío, stay green, rápido llenado de grano y dureza de endospermo han jugado una parte en el desarrollo adaptativo. El mejoramiento ha sido exitoso recombinando estas variantes favorables de cada una de estas características y ha generado nuevos genotipos con más alta productividad.

Tollenaar *et al.* (2004) aseveran que la heterosis en maíz ha sido estudiada desde principios de 1900, muy poco es conocido acerca de la heterosis y de los efectos fisiológicos en los componentes de rendimiento de grano. Los datos registrados para rendimiento de grano fueron acumulación de materia seca (DMA) en cuatro etapas de desarrollo, índice de cosecha, índice de área foliar, número final de hojas, ancho y largo de hoja, tasa de aparición de la hoja, estado verde, número de mazorcas, peso y número de granos, número de días a la aparición de estigmas y madurez fisiológica. Los resultados muestran que la heterosis para rendimiento de grano en maíz puede ser atribuida a 1) heterosis para DMA antes de floración la cual resulta de una gran intercepción de luz debido al incremento en el tamaño de hoja; 2) heterosis para DMA durante el periodo de llenado de grano,

la cual resulta de una gran intercepción de luz debido al máximo índice de área foliar y el incremento del estado verde; y 3) heterosis por el índice de cosecha.

Ding *et al.* (2005) estudiaron los cambios en atributos fisiológicos post-antesis relacionados al mejoramiento genético para rendimiento de grano, fueron estudiados en seis híbridos de maíz ampliamente cultivados en el Norte de China durante los pasados 50 años. La tasa de fotosíntesis es afectada no solo por factores ambientales (radiación, temperatura, disponibilidad de agua y nutrientes, enfermedades, prácticas culturales, etc.) sino también por variables genéticas (área foliar total, orientación a la radiación, estructura anatómica, contenido de clorofila y actividad enzimática, etc.). Esto ha sugerido que el incremento en rendimiento de maíz puede ser al menos parcialmente medido por una alta tasa de fotosíntesis foliar. Nuevos híbridos producen más altos rendimientos de maíz comparados con los viejos principalmente porque estos pueden mantenerse activos foto-sintetizando cuando los híbridos viejos mueren durante el periodo de llenado de grano. La declinación en la tasa de fotosíntesis de híbridos viejos durante la senescencia es generalmente atribuida a la degradación de ambas componentes estructural y funcional de los cloroplastos.

O'Neill *et al.* (2004) mencionan que mantener actualmente altos rendimientos en híbridos de maíz sembrados en los Estados Unidos de América es una amenaza ambiental debido al continuo abuso de agua y nitrógeno aportados. Hay una hipótesis que menciona que los híbridos desarrollados recientemente deben ser más tolerantes al estrés de agua y nitrógeno que los híbridos viejos. Para reducir el exceso de confianza en la producción, los esfuerzos futuros en el mejoramiento de maíz deben enfocarse en el mejoramiento a la tolerancia al estrés de agua y nitrógeno, utilizando mecanismos apropiados de tolerancia. Variables agronómicas como número de granos por unidad de área fueron altamente correlacionados con rendimiento de grano ($r = 0.98$), indicando la habilidad del híbrido para maximizar el número de granos bajo variaciones de

agua y nitrógeno y donde el suplemento fue crítico para maximizar rendimiento. Los mecanismos fisiológicos asociados con la habilidad para mantener el número de granos bajo condiciones de estrés debe de ser una alta prioridad de los programas de mejoramiento. Doce híbridos de Maíz de tres eras de lanzamiento (1970, principios de 1990's y finales de 1990's) fueron desarrollados bajo niveles deficitarios y óptimos de agua y nitrógeno para caracterizar su respuesta agronómica variando las cantidades de agua y nitrógeno. Mientras que en las eras de híbridos no hubo diferencias, híbridos individuales variaron en su habilidad para mantener rendimientos bajo estrés de agua y nitrógeno; colectivamente estos resultados no soportan nuestra hipótesis inicial con respecto al incremento de la tolerancia al estrés de agua y nitrógeno para los híbridos mas nuevos contra los más viejos y que son resultados contrarios a los de Tollenaar y Wu quienes sugirieron que los nuevos híbridos poseen mayor tolerancia al estrés que los híbridos viejos.

Valentinuz y Tollenaar (2004) estudiaron el mejoramiento de rendimiento de grano en maíz asociado con el retardo de la senescencia de las hojas. Los resultados de este estudio claramente muestran que el rango de la senescencia de las hojas durante el periodo de llenado de grano es más rápido en híbridos más viejos que en los híbridos nuevos de maíz y el resultado de las diferencias en intercepción de luz por el área foliar durante el periodo de llenado de grano puede influir en parte para las diferencias de rendimiento de grano entre híbridos viejos y nuevos. Las diferencias de área foliar entre los híbridos viejos y nuevos fueron encontradas para las secciones de arriba y de debajo de la mazorca; el híbrido más viejo tenía una mayor proporción de área foliar en la sección superior y una proporción más baja en la sección inferior. Este pequeño pero significativo cambio en la distribución del área foliar refleja una arquitectura de planta muy cercana a un árbol de navidad en los híbridos más recientes, una característica que tiende a ser más favorable para la intercepción de luz.

Tollenaar y Lee (2006) comentan que el mejoramiento en rendimiento es el resultado de cambios en los procesos fisiológicos subyacentes y se ha examinado que el proceso del componente fisiológico está asociado con la ganancia genética y la heterosis en maíz. Cambios en dos procesos importantes parecen estar implicados en la mejora genética en el rendimiento de grano y diferencias en el rendimiento entre los híbridos y sus líneas parentales. Primero, la fotosíntesis que mantiene la hoja durante el período de llenado de grano parece ser el contribuidor más importante en los incrementos en la acumulación de la materia seca. En segundo lugar, el incremento en la disección del grano durante el período sensible de la determinación del número de granos parece ser el mayor factor en el incremento en el número de granos. Dos procesos que han influenciado distintamente el mejoramiento genético y la heterosis son área foliar máxima por la planta e índice de cosecha. La ganancia genética no se asocia a un cambio en índice de la cosecha porque el incremento en número de granos y el incremento en la acumulación de la materia seca durante el período de llenado de grano han sido proporcionales, mientras que el incremento en el número de granos es mucho más grande que el incremento relativo en la acumulación de la materia seca durante el periodo de llenado de grano. El incremento en rendimiento es el resultado de cambios en procesos fisiológicos subyacentes y el incremento en rendimiento se puede disectar en procesos del componente fisiológico al nivel de cultivo entero (comunidad de plantas a través de su ciclo de vida), empezando con el rendimiento de grano. El rendimiento de grano es el producto de la acumulación de la materia seca (o biomasa) y del índice de la cosecha (la proporción de materia seca del grano a la madurez fisiológica). La acumulación de la materia seca en la madurez, en otras palabras, es la integración de la intercepción de la luz y la utilización de la luz por la estructura de la planta a través del ciclo de vida. La materia seca del grano (índice de cosecha) es función de granos por planta y del peso de grano. Cada uno de esos componentes del proceso se puede disectar más a fondo en subcomponentes.

Tollenaar y Lee (2007) hacen referencia a que el rendimiento de grano de maíz comercial no es exclusivamente debido al mejoramiento genético, pues ha sido un cambio substancial en prácticas agronómicas durante los años del período de 1965 a 1970. Comenzando en alguna parte en los años 1960 con el uso de los fertilizantes comerciales, con el incremento de los niveles de N que ocurrieron hasta mediados de los años ochenta. Un control mejor de las malezas fue alcanzado con el uso de herbicidas. Más uniforme distribución de plantas dentro del campo fue alcanzada por la reducción del ancho de surco de 102 cm a 76 cm a mediados de 1960 y principios de 1970. Las siembras de maíz tempranas han sido efectivas para incrementar la estación de crecimiento y, por lo tanto, del período del tiempo que las plantas pueden absorber la incidencia de radiación solar. Finalmente, la densidad de población de plantas gradualmente incrementaron de 30,000 plantas/ha a 79,000 plantas/ ha. En general el 60% de este incremento en rendimiento de grano es atribuido al mejoramiento genético y con un 40% que es atribuida al mejoramiento de prácticas agronómicas (Figura 2.)

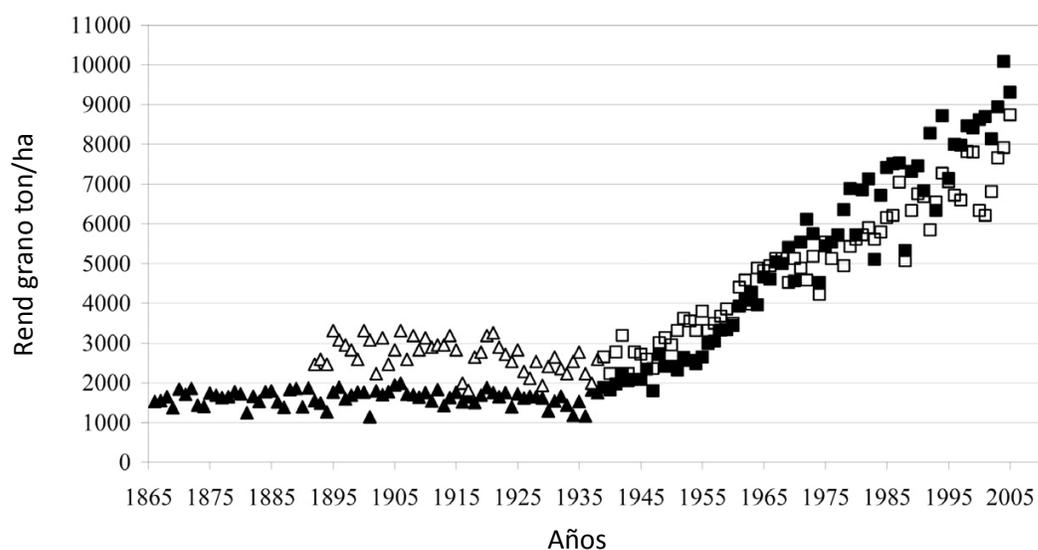


Figura 2. Promedio rendimiento kg/ha de maíz (15.5% de humedad) para U.S. (1865–2005) y Canadá (1892–2005), 1866-1938 (Rendimiento era Pre-híbridos US y Canadá ▲ ▪), 1939 a 2005 (Rendimiento era híbridos US y Canadá ■ ▪). Datos recopilados por el ministro de agricultura, alimentos y cuestiones rurales de USDA y Ontario (OMAFRA).

El rendimiento de maíz puede ser disectado en procesos de componentes fisiológicos al nivel de cultivo que ocurren durante varias fases del desarrollo en el ciclo de vida de la planta. En fin, el rendimiento de grano es el producto de la acumulación de materia seca (biomasa) y de asignar una porción del total de la biomasa al grano (Figura 3).

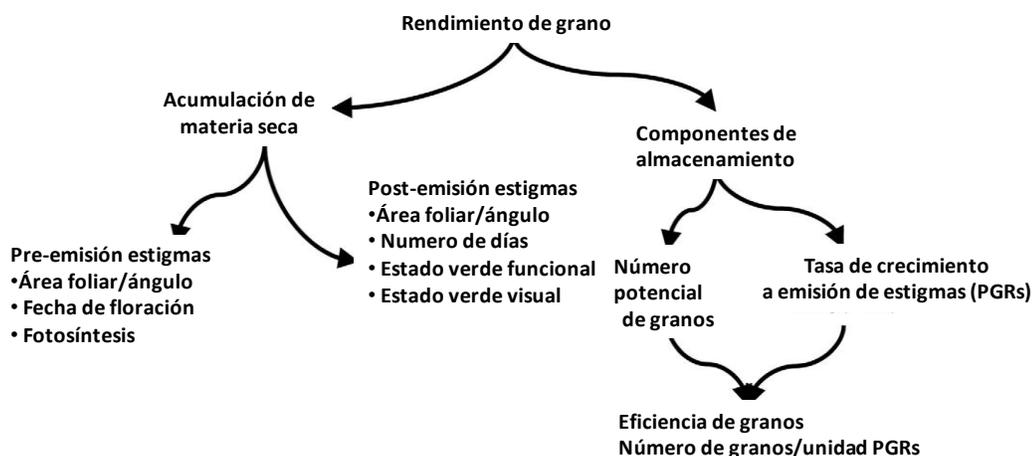


Figura 3. Disección del rendimiento, formación del proceso de componentes fisiológicos al nivel de cultivo (Adaptado de Tollenaar y Lee, 2006).

Los procesos que influyen en la acumulación de la materia seca (DMA) se refieren comúnmente a los componentes de la “fuente”, mientras que los procesos que influyen en la materia seca que se asigna al grano son referidos como los componentes de “almacenamiento”. Es esencial que la fuente y el almacenamiento se mantengan en balance, y que el mejoramiento de uno acompañe el mejoramiento del otro. Una forma en que el estrés abiótico actúa en la planta de maíz es alterando los procesos de balance entre la fuente y el almacenamiento entre uno y otro. El exceso en capacidad de la fuente, relativa a la capacidad de el almacenamiento, resulta en otros tejidos (ej. hojas, tallos) actuando como mazorca. Hojas moradas, tejidos suaves y tallos durante el periodo de llenado de grano (GFP) son clásicos síntomas de excesos de capacidad en la fuente. Excesos en la capacidad del almacenamiento relativo a la capacidad de la fuente resultan en la senescencia prematura de hojas y tallos

durante el periodo de llenado de grano GFP. En un híbrido moderno de maíz en un ciclo corto aproximadamente el 50% del total de materia seca es acumulada por la floración (estigma y anteras), con el remanente 50% de materia seca es destinado al periodo de llenado de grano (Figura 4).

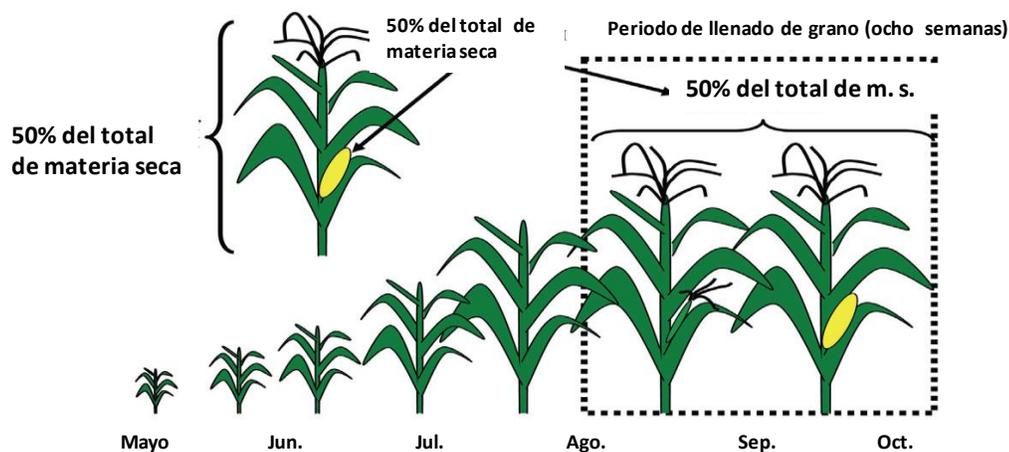


Figura 4. Patrón de acumulación de materia seca y distribución a través de la estación de crecimiento una planta madura de maíz (adaptado de Tollenaar y Lee, 2006).

Echarte *et al.* (2008) en un estudio para cuantificar respuesta a nitrógeno (N), menciona que el uso eficiente de nitrógeno es mayor en híbridos de maíz nuevos que en viejos, pero que las diferencias en los mecanismos fisiológicos subyacentes en la eficiencia de uso del N es desconocido. La tasa de intercambio de carbono en la hoja (CER), índice de clorofila, y la tasa de transporte de electrones (ETR) fueron medidos dos semanas antes de floración y ocho semanas después de floración. Los componentes de materia seca de la planta y el contenido de N fueron determinados desde una semana antes de floración hasta la madurez. Al nivel de hoja, CER declinó durante el periodo de llenado de grano y esta declinación fue más grande en disponibilidad del nivel de más bajo N que en alta disponibilidad de N. Esta declinación de CER durante el periodo de llenado

de grano fue menor en híbridos nuevos que en viejos en ambos niveles de disponibilidad de bajo y alto nitrógeno.

2.3 Densidades de población.

Troyer y Rosenbrook (1983) en uno de los primeros trabajos sobre densidades de plantas reportan que la era de 1960's evidencia muchos y amplios cambios para maíz y para las prácticas de crecimiento de maíz (Figura 5). Los híbridos precoces llegaron a ser populares y las cruzas simples remplazaron a las cruzas dobles. El uso de altas densidades de población para evaluar el comportamiento fue un intento de obtener su tendencia e identificar híbridos superiores para el futuro. Las pruebas de altas densidades redujeron el rendimiento medio del 76 a 73 q/ha, incrementando los rangos entre híbridos de 40 a 44 q/ha. La evaluación por encima de la densidad optima de plantas incrementó las plantas jorras, tallos quebrados y mazorcas caídas; también incremento el rango entre entradas, aumentando la facilidad de la selección contra estos rasgos. Los híbridos comerciales superiores resultaron vía altas densidades de población probadas.

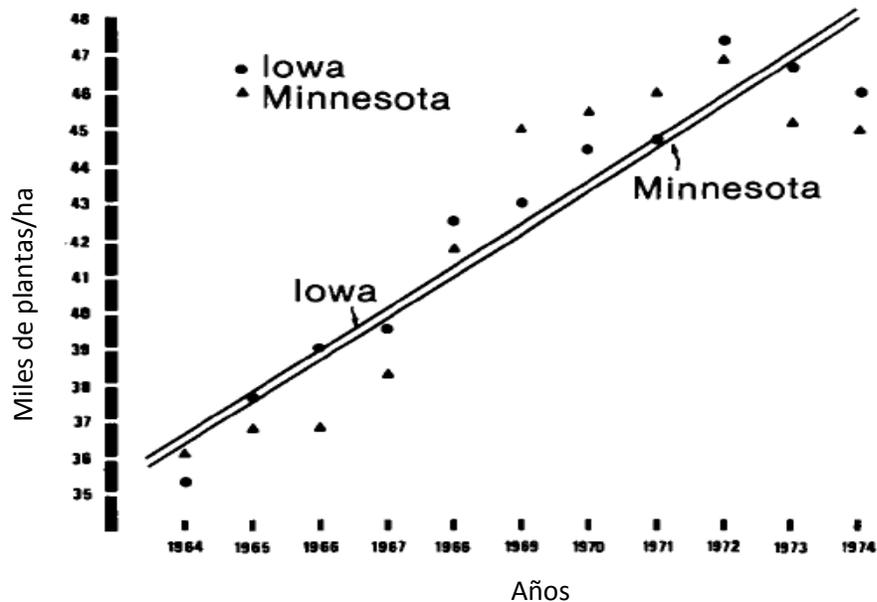


Figura 5. Densidad de plantas a cosecha de grano de maíz en Iowa y Minnesota durante 11 años (Troyer y Rosenbrook 1983).

Carlone y Russell (1987) evaluaron el comportamiento de variedades de maíz representando cinco eras de 10 años en doce combinaciones de tratamientos de densidades de plantas y niveles de Nitrógeno. Incluyeron cuatro variedades de polinización libre y seis cruza simples de 1930 a 1980. Las variedades fueron sembradas por dos años cerca de Ames, IA a las densidades de 34,445; 51,661; y 68,889 plantas/ha y niveles de N de 0, 80, 160 y 240 kg de N/ha. Las interacciones de variedades x densidades y niveles de densidades x nitrógeno fueron altamente significativas. Las interacciones de segundo orden Densidades x niveles de N x variedades fue significativa para rendimiento. Longitud de mazorca fue el componente de rendimiento que tuvo la más alta correlación con rendimiento, entre las combinaciones de tratamientos.

Echarte *et al.* (2002) investigaron la respuesta del número de granos de maíz para altas densidades en cuatro híbridos de Argentina liberados entre 1965 y 1993. Asumiendo que el número de granos es el principal componente de rendimiento y usando un marco de referencia entre el número de granos por planta (KNP) y la tasa de crecimiento de la planta (dentro de esta agrupa los estigmas) (PGRs). Se probó la hipótesis de que los híbridos modernos producen más granos debido a que estos tienen más grande la PGRs o más granos por unidad de PGRs que su contraparte de híbridos viejos. La materia seca del jilote, el rendimiento de grano y sus componentes fueron medidos a la madurez fisiológica. El rendimiento de grano promedio de híbridos viejos fue 7.7 t/ha e incrementó con el año de liberación a una tasa de 173 kg/ha/año. La respuesta del rendimiento de grano a la densidad de plantas fue curvilínea. El rendimiento de grano estuvo asociado con el número de granos por m² ($r=0.95$, $P<0.05$) mayor que con peso de grano ($r=-0.28$, $P>0.05$). La respuesta a rendimiento de grano para densidad de plantas fue positiva y fuertemente relacionada al número de granos por m² y negativa y débilmente relacionada con el peso de grano.

Sangoi *et al.* (2002) mencionan que los híbridos de maíz difieren en su respuesta a densidades de plantas. La mejora en tolerancia al aglomeramiento ha sido obtenida a través del mundo como resultado de la selección de híbridos con mejor rendimiento a densidad de plantas a través de amplias áreas de pruebas. Sin embargo el entendimiento de determinantes morfo-fisiológicas de maíz de tolerancia al estrés de densidades de población necesita mejorarse. El incremento en densidades de población incrementó jorreo en las plantas, intervalo más largo entre antesis-estigmas y un decremento en el número de granos por mazorca mas drásticamente para híbridos viejos que para los modernos. El mejor comportamiento para híbridos actuales a supra-óptimas densidades de población fue favorable para un juego de tres características. Primero por baja partición de materia seca a la espiga, estimulando un mayor balance relacionado entre la inflorescencia hembra y macho. Segundo por una mejor arquitectura de la planta con planta baja, menor y mayor hoja erecta, mejora en la intercepción de la radiación solar. Tercero por un rango de inserción de mazorca baja y altura de planta, promoviendo mayormente la resistencia al acame de tallo. Estas características contribuyeron significativamente al rendimiento de grano y positiva respuesta a altas densidades en los híbridos modernos.

Tokatlidis y Koutrobas (2004) comentan que el mejoramiento en rendimiento de grano por unidad de superficie de híbridos modernos de maíz es debido al incremento óptimo de densidades de población más que al mejoramiento en rendimiento de grano por planta. Las características asociadas con tolerancia a varios estreses, incluyen densidades de población, y la eficiencia en uso y captura de recursos ha ayudado a tener híbridos modernos más productivos. La ausencia de plantas y la irregularidad de la emergencia de plantas constituyen problemas comunes en el campo. La pérdida de rendimiento de grano debido a la ausencia de plantas es pobremente compensada por el incremento de rendimiento de las plantas cercanas y por tanto el rendimiento de grano por unidad de superficie decrece. La irregularidad en la emergencia de las plantas conduce a la variabilidad

entre planta y planta, el impacto empieza fuertemente bajo altas densidades de población. La variabilidad de planta a planta esta asociada con un decremento en el uso eficiente de recursos y por lo tanto con una reducción en el rendimiento de grano. La reducción en rendimiento de grano a altas densidades de plantas también resulta de un incremento en el intervalo polen-estigmas y seguidamente de jorreo de plantas.

Fasoula y Tollenaar (2005) reportan que la densidad de plantas representa el factor de manejo agronómico en maíz que ha cambiado considerablemente durante las pasadas seis décadas. Los datos de un estudio hecho en cuatro híbridos y ocho diferentes densidades de población demuestran que la densidad de plantas afecta el rendimiento de cultivo y la respuesta a la selección. La densidad de plantas afecta el rendimiento de cultivo indirectamente, a través del incremento en el nivel de competencia. Competencia, es decir la interferencia planta a planta con igual distribución de los recursos para el crecimiento que incrementan casi linealmente con el incremento en la densidad de plantas. La competencia es medida por el coeficiente de variación (CV) del rendimiento de plantas individuales. Para maximizar el rendimiento del cultivo, es esencial optimizar la uniformidad en el número de plantas para minimizar la variación planta a planta, es decir para minimizar la competencia. Adicionalmente se encontró que altas densidades de población reducen la respuesta a la selección porque 1) esta incrementa el CV de rendimientos de plantas individuales, 2) Una reducción del rendimiento de plantas individuales y diferencias entre híbridos de maíz y 3) y una reducción del rendimiento de grano por planta.

Tokatlidis *et al.* (2005) mencionan que los beneficios en el uso de híbridos a densidades independientes fueron definidos como aquellos cuyo rendimiento máximo de grano por unidad de área es alcanzado en un amplio rango de densidades de plantas. Los resultados mostraron que el número de hileras, mazorcas por planta, longitud de mazorca y concentración de proteína del grano

incrementaron cuando disminuyó la densidad de plantas. El número de días de siembra entre caída de polen y aparición de estigmas, intervalo de polen-estigmas y humedad de grano a cosecha disminuyó cuando se redujo la densidad de plantas. La disminución de la densidad de plantas fue asociada con una disminución en la variabilidad planta a planta para altura de planta, altura de mazorca y longitud de mazorca. El desarrollo de densidades independientes para híbridos de maíz puede contribuir a incrementar la producción de proteína, disminuir el costo del secado de grano, reducir pérdidas en campo como resultado de una madurez precoz, la disminución del jorreo resultado de una mejora en la sincronización de caída de polen y recepción de estigmas. Además, la mejora en la uniformidad de plantas del cultivo bajo densidades bajas es esencial para rendimientos más altos y estables por unidad de área. Consecuentemente, es muy importante que el agricultor conozca la exacta densidad óptima de cada híbrido que ellos siembren.

Sharratt y McWilliams (2005) en un estudio sobre surcos angostos menciona que en maíz se ha abogado estos últimos años para alentar su producción, pero los estudios anteriores no han podido aclarar la complejidad de los factores que promueven la producción del maíz sembrada en surcos angostos. Las distancias entre surcos usadas fueron de 0.38, 0.57 y 0.76 m como el principal tratamiento y los híbridos de maíz como el tratamiento secundario. La densidad de longitud de raíz, uso del agua por el cultivo, interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), temperatura del suelo, y la evaporación del suelo fueron medidas en cada tratamiento del espaciamiento de surco durante la estación de crecimiento. La producción del grano y uso del agua del maíz en surco angosto fue igualado, o aún excedido, al ampliamente usado en surco de maíz convencional. El maíz en surco angosto tenía una mejor uniformidad y distribución de la raíz y una interceptación de 5 a 15% más PAR en días claros, este último ha ayudado probablemente a suprimir temperatura y evaporación del suelo durante el crecimiento vegetativo comparado con el crecimiento de maíz en surcos

convencionales. Los resultados de este estudio sugieren que cualquier ventaja en rendimiento de maíz en surcos angostos puede resultar del establecimiento de una mejor uniformidad de raíz y distribución de la hoja que la ayuda en explotar recursos de agua y luz del suelo y la reducción de temperaturas y la evaporación del suelo comparado con el crecimiento de maíz en surcos convencionales.

Sarlangue *et al.* (2007) mencionan que el rendimiento de grano en maíz responde favorablemente a las densidades de población (D). Las densidades de población tienen un importante efecto en el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz. El rendimiento de maíz responde a estos incrementos en densidades de plantas, pero esta respuesta incrementa con la disminución del largo de ciclo. Sin embargo la interacción de los híbridos a la densidad de plantas usualmente encontrada no es bien comprendida. La relación entre biomasa por planta a la madurez (Bp) y la densidad (D) y entre rendimiento por planta (Yp) y Bp fueron usadas para explicar la respuesta de los híbridos a la óptima densidad dentro de un rango de 10.3 a 13.7 plantas/m². Los híbridos con la mas baja densidad optima presentaron la mayor biomasa particionandola en plasticidad y reproductiva. El incremento en la densidad produjo un incremento en la producción de biomasa por unidad de área en todos los híbridos.

2.4 Componentes de rendimiento.

El incremento en la prolificidad y la reducción de plantas jorras ha sido identificado como una característica fisiológica en híbridos de maíz que son tolerantes al estrés ambiental inducido por las altas densidades de plantas. El análisis demostró que la mejora de la producción del grano de los híbridos del maíz de Ontario fue asociada a un aumento en número de granos por planta y tasas de crecimiento más altas de la planta a partir de una semana antes de emisión de estigmas a tres semanas post floración. El aumento en granos por planta fue asociado a un aumento en granos por la planta (Tollenaar *et al.*, 1992).

Otegui y Bonhomme (1998) en un estudio sobre componentes de rendimiento de grano indica que el número de granos está correlacionado con el rendimiento de grano pero existe desconfianza acerca de la extensión del periodo crítico para la cantidad de granos. Una predicción exacta del número de granos puede ser usada para hacer una estimación temprana del rendimiento de grano. En general el número de granos se ha relacionado con la intercepción de luz, con la fotosíntesis de la planta y la producción de biomasa durante un periodo crítico.

Andrade *et al.* (1999) comenta que el rendimiento de grano esta muy asociado con el número de granos a cosecha. Sin embargo, no es entendible el mecanismo para determinar el número de granos y sí de gran importancia para fisiólogos, estadísticos y mejoradores. El número de granos por planta (KNP) depende del número de mazorcas por planta y el número de granos por mazorca a la etapa de madurez fisiológica. Este último componente varía mucho con los cambios ambientales. Diferentes reportes identifican la etapa de crecimiento del maíz cuando el número de granos es más susceptible al estrés como lo es el periodo de intervalo de floración. Por tanto el estado fisiológico del cultivo a esta etapa es crítico para la cantidad de granos.

Echarte *et al.* (2004) indica que un mayor número de granos por planta en híbridos recientes fue relacionado con una mayor cantidad de granos en la primera mazorca y no a una mayor prolificidad (Echarte y Andrade, 2003). La reducción genética en el tamaño de espiga o la remoción de la espiga ha favorecido generalmente la partición de la materia seca a la mazorca y en el incremento en la cantidad de granos. El tamaño de espiga ha declinado linealmente en híbridos de los Estados Unidos de 1930 a 1990. Adicional diferencias en el número de granos por unidad puede ser asociada con diferencias en sincronización o fecundación.

Echarte *et al.* (2006) en un estudio de híbridos de Argentina encontraron que el número de granos por planta fue el principal componente de rendimiento que explican los incrementos en rendimiento de grano. Dos consecuencias que no quedan muy claras son los efectos del esfuerzo del mejoramiento en el peso de grano y sus componentes (por ej. la tasa de crecimiento del grano y la duración del periodo efectivo de llenado de grano) y la respuesta del peso de grano a las fuentes de variación durante el periodo de llenado de grano. Adicionalmente una alta y positiva correlación entre el periodo de llenado de grano y el número de células del endospermo y granos de almidón determinan el tamaño del grano.

Scott *et al.* (2006) determinaron como los híbridos modernos han impactado la composición del grano y el contenido de aminoácidos del cultivo de maíz. La composición de granos ha exhibido una tendencia clara con el tiempo, a la disminución de proteína y el incremento de almidón. La calidad nutricional es particularmente importante porque mucho del grano de maíz que es producido es usado para alimento humano o de ganado; este ha sido reportado que la proteína del grano decreció en promedio 0.3% y en el cual el almidón del grano incrementó en promedio 0.3% en un periodo de 10 años y el contenido de aceite no cambio significativamente en la era de híbridos. En general, el desarrollo de híbridos modernos ha reducido el contenido de proteína, pero la calidad nutricional de esta proteína no ha cambiado.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localidades de estudio

El trabajo de investigación se estableció en Sinaloa en las localidades ubicadas en la parte Norte, Centro y Sur del estado durante el ciclo Otoño-Invierno 2009-2010, todas las pruebas se sembraron bajo condiciones de riego. El experimento se estableció con agricultores cooperantes. En el Cuadro 1 se describen las localidades y su ubicación, fechas de siembra-cosecha y la fertilización usada, así como el número de riegos para cada una de ellas.

Cuadro 1. Localidades de siembra otoño-invierno 2009-2010.

Localidades	Latitud	Longitud	F. siembra	F. cosecha	Fertilización	Riegos
Villa Benito Juárez	24.43	-107.33	13-Nov-09	16-May-10	493-75-50	6
Caimanero	24.91	-107.75	14-Nov-09	20-May-10	548-00-00	5
Poblado	27.27	-109.26	21-Dec-09	26-Jun-10	493-34-34	5
Angostura	25.68	-108.1	30-Nov-09	7-Jun-10	446-18-00	5
Campo Eureka	24.29	-107.24	4-Dic-2009	20-May-10	541-75-50	5
Quila	24.27	-107.14	9-Dic-2009	31-May-10	455-75-50	5
Mochicahui	25.87	-108.85	10-Dic-2009	19-Jun-10	408-00-00	6
Casas Grandes	25.39	-108.34	26-Dic-2009	23-May-10	348-40-00	4

Los experimentos tuvieron un periodo de siembra iniciando el 13 de noviembre y finalizando el 18 de diciembre. Esta se realizó con sembradora de precisión marca Almaco sembrando 52 semillas/ surco y se aclaró a las densidades de planta necesarias; estas se evaluaron en tres densidades de población descritas como densidad baja a 75,000, intermedia a 95,000 y alta a 115,000 ptas. /ha para cada repetición.

3.2 Material genético

Se evaluaron 20 híbridos comerciales que se sembraron durante los años 1990 a 2010. Se identifican ocho épocas de acuerdo a los lanzamientos que las empresas semilleras (Asgrow, Dekalb y Pioneer) realizaron en diferentes años. En las primeras tres épocas hay un reducido número de híbridos debido a que los lanzamientos de híbridos en el año 1991 iniciaban su comercialización; posteriormente de la época cuatro a la ocho hubo una consistencia de tres productos para cada época. Los híbridos fueron seleccionados por su permanencia en el mercado de Sinaloa.

La descripción de los tratamientos, años de lanzamiento así como las épocas se describen a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los híbridos, años y épocas de lanzamiento.

No. Tratamiento	Híbrido	Año/Lanzamiento	Épocas
1	XPM7500	1991	1
2	XPM7545	1994	2
3	XPM7573		2
4	XPM7419	1996	3
5	XPM7597		3
6	XPM7539	1999	4
7	COMPI54		4
8	XPM7514		4
9	XPM1501	2003	5
10	COMPI57		5
11	XPM2020		5
12	COMPI49	2006	6
13	XMP4002		6
14	XPM2022		6
15	XPM8461	2008	7
16	XPM4006		7
17	XPM2030		7
18	XPM1240	2009	8
19	XPM8281		8
20	COMPI46		8

3.3 Manejo de Cultivo

La fertilización promedio usada en cada una de las pruebas fue de 495-75-50 de N-P-K, aunque estas variaron dependiendo de los agricultores cooperantes, tipo de suelo y con un promedio de cinco riegos en el ciclo de cultivo. La alta fertilización de nitrógeno es debida al uso de altas densidades de población por el agricultor donde en promedio son alrededor de 110,000 ptas. /ha. El tipo de suelo predominante en la región fue el arcilloso y con una excelente fertilidad del suelo, este tipo de suelos ocupan el 90% de la superficie del estado de Sinaloa. El manejo de cultivo y las prácticas culturales fueron aplicadas por los productores, de manera general se hicieron cuatro aplicaciones de insecticida, primeramente a la siembra con Lorsban 5% G usando 20 kg/ha para control de insectos del suelo, posteriormente para gusano cogollero aplicando Ambush a razón de 300 ml/ha con dos aplicaciones y otra más de insecticida granulado usando Pounce 20 kg/ha directa al cogollo; en las parcelas donde se presentó araña roja se hizo una aplicación más con Talstar a razón de 1 lt/ha.

Para el control de malezas, como la siembra es a tierra venida y se da un paso de rastra se tiene un control de malezas total, después durante el desarrollo del cultivo se dieron dos cultivos donde se eliminaron el resto de las malezas y el cultivo en general se desarrolló libre de malezas.

La fertilización se realizó en diferentes formas de acuerdo a los insumos presentes en el mercado y a las facilidades por los productores, los productos usados varían desde Urea, triple 17-17-17 y Amoniaco; las formulas de fertilización fueron presentadas en el Cuadro 1 y en resumen estas fueron altas sobre todo en Nitrógeno.

En cuanto a los riegos también son presentados en el Cuadro 1 y se dieron en promedio cinco, para las fuentes de agua de riego se aprovechan los escurrimientos superficiales provenientes de las Sierra de Chihuahua y Durango y la distribución de los volúmenes de agua de los ríos a los largo del estado, que son almacenados en dos presas principales (Miguel Hidalgo en el Norte y

Sanalona en Culiacán) que son las que proveen de riego a todas las siembras del estado.

El clima es cálido a templado cálido en los valles, con una temperatura media anual histórica de 1981-1986 de 25° C, así como una precipitación promedio de 830 mm que ocurre en el verano entre julio a septiembre. El ciclo de cultivo se presentó dentro de los promedios anuales de años anteriores (días promedio). La cosecha se realizó en forma mecánica usando una cosechadora New Holland de doble parcela a los 180 días después de siembra iniciando en junio 15 y terminando en julio 5 de 2010.

3.4 Caracteres o variables evaluadas

Los caracteres evaluados fueron tomados de acuerdo al estado fenológico de la planta, durante el ciclo de cultivo y fueron los siguientes:

1. Días a floración femenina (S50D), se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en el cual el 50% de las plantas de la parcela tienen estigmas de 2-3 cm de largo.
2. Días a floración masculina (P50D), se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en que en el 50% de las plantas de la parcela hubo emisión de polen.
3. Altura de planta (PHT), se promediaron 10 plantas tomadas al azar midiendo la altura de la base planta hasta la hoja bandera en cm., se midió de 2-3 semanas posteriores a la floración.
4. Altura de mazorca (EHT), se promediaron 10 plantas elegidas al azar midiendo desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior en cm., se midió de 2-3 semanas posteriores a la floración.

5. Acame de raíz (RTLTP), los datos de acame de raíz y de tallo se toman al final del ciclo justo antes de la cosecha; se registro el dato del total de plantas que presentaron una inclinación mayor de 30° o más a partir de la perpendicular en la base de la planta donde comienza la zona radical. Los datos fueron convertidos a porcentaje.
6. Acame de tallo (STLP), se registró el número de plantas con tallos rotos o doblados abajo de la mazorca. Los datos fueron convertidos a porcentaje.
7. Porcentaje de humedad (MST), porcentaje de humedad del grano a la cosecha justo después de tomar el peso de campo.
8. Peso de campo (SHW) registro del peso del grano de todas las plantas de la parcela en kg., tanto el peso de campo como la humedad de grano fueron medidos por la báscula y determinador de humedad que vienen integrados en la cosechadora Allis Chalmers del sistema ALMACO.
9. Rendimiento de grano (YLD, YLD_BE), calculado en kg/ha al 15.5% y como resultado de la siguiente conversión $((100-MST)/84.5)*(SHW/100)*10,000/$ largo de surcos x ancho de surco).

Justo antes de que entrara la cosechadora se cosecharon a mano los surcos laterales descartando las mazorcas orilleras para eliminar el efecto de orilla; para determinar la medición de las características de mazorca; en la Figura 6 se muestran la forma de como se realizó y enseguida se hace la descripción de cada una de ellas:

1. Número de hileras, promedió de 10 mazorcas elegidas al azar contando el número de hileras de cada mazorca.
2. Número de granos por hilera, se promedió el número de granos por hilera de 10 mazorcas tomadas al azar.
3. Longitud de mazorca, se promedió la longitud de 10 mazorcas midiendo desde la base a la punta de la mazorca y expresada en cm

4. Diámetro de Mazorca, se promedió el diámetro de 10 mazorcas tomadas al azar en cm justo en la parte central de la mazorca y usando un vernier digital para su medición.
5. Peso específico, este se tomó usando una muestra desgranada de 10 mazorcas, usando el hectólitro para su medición.

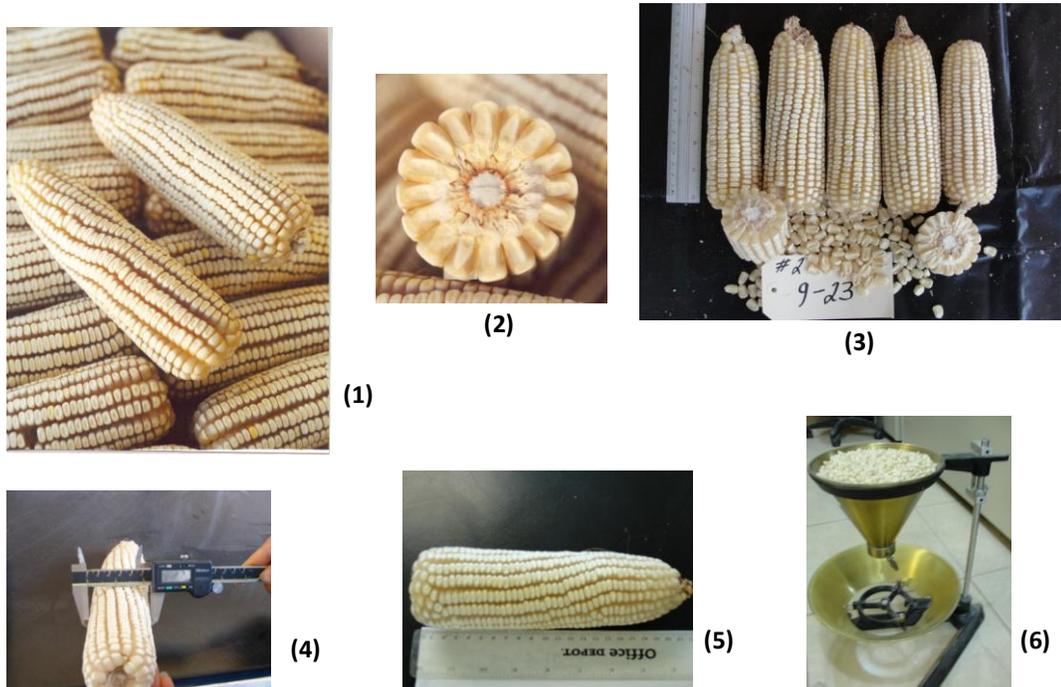


Figura 6. Ilustración de la medición de los diferentes componentes de rendimiento; (1) muestra general de mazorcas de un tratamiento, (2) corte transversal de mazorca, (3) uniformidad de mazorca de una muestra seleccionada de un tratamiento, (4) forma de medir el diámetro de mazorca usando el vernier, (5) medición de la longitud de mazorca, (6) medición del peso específico mediante el hectólitro.

Para los caracteres de hoja y espiga se tomaron en una segunda siembra, donde se incluyeron todos los genotipos en la localidad de Villa Hidalgo, Nayarit en el ciclo de invierno 2011. La siembra se realizó el 12 de enero de 2011, sembrando 4 surcos de 4.5 mts depositando 25 semillas/ híbrido y aclareando a una densidad de 85,000 plantas/ha. La siembra se realizó en orden de entrada en un bloque de 4 surcos con una repetición. Estas características se tomaron ocho días después de terminada la floración y a continuación se describe la medición:

- a) Longitud de espiga, esta se tomó promediando 10 espigas tomadas al azar, midiendo desde la parte basal de la espiga hasta la punta de la misma y expresándose en cm.
- b) Número de ramas en espiga. Se contó el número de ramas laterales primarias y secundarias.
- c) Forma de la espiga. Fue definida por el ángulo entre el eje principal y las ramas secundarias en el tercio inferior de la espiga
- d) Angulo de hojas. Se midió el ángulo formado entre la nervadura central de la hoja y el eje del tallo tanto en hojas arriba de la mazorca como debajo de la mazorca, mediante la ayuda de una regla o transportador que se coloca en la inserción de la hoja en forma perpendicular al tallo.
- e) Número de hojas. De la misma manera se promedió el número de hojas abajo y arriba de la mazorca tomando 10 plantas al azar.

3.5 Diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos repeticiones usando un arreglo de parcelas subdivididas, en la parcela grande estuvieron las repeticiones y en la parcela intermedia las densidades y en la parcela chica las épocas. El experimento se sembró en ocho localidades.

La parcela experimental utilizada fue de cuatro surcos de 5.5 m de longitud, separadas a 0,80 m entre surcos, con 1 m de calle o 4.5 m de longitud de parcela para finalmente tener una área de parcela útil de 7.2 m²., representada por los dos surcos centrales de cada parcela.

3.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante una serie de programas estadísticos descritos a continuación:

- a) Análisis de varianza combinado para parcelas subdivididas. Se realizó el análisis usando el paquete estadístico SAS mediante el modelo mixto para el diseño de parcelas subdivididas.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = M + Li + Rj + Dk + El + L(R)_{ij} + LD_{ik} + RD(L)_{JKi} + DE_{kl} + LE_{il} + LDE_{ikl} + (L)RE_{ijl} + \epsilon_{ijkl}$$

$I = 1, 2, 3, 4 \dots 8$ (Localidades) (L)

$J = 1, 2$ (Repeticiones) (R)

$K = 1, 2, 3$ (Densidades) (D)

$L = 1, 2, 3, 4 \dots 8$ (Épocas) (E)

- b) Análisis de regresión. El análisis de regresión lineal y cuadrática fue usado para examinar las relaciones entre tratamientos observados y la época donde se usó el cultivar. La variable dependiente fue épocas de mejoramiento y las variables independientes fueron rendimiento de grano, densidades de población, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera.
- c) Correlaciones. El análisis para las correlaciones fue usado entre rendimiento, densidades de plantas y los componentes de rendimiento, mediante una correlación múltiple usando el coeficiente de correlación de Spearman.

La ecuación utilizada en este procedimiento es la siguiente:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{N^3 - N}$$

Donde:

r_s = coeficiente de correlación de Spearman.

d^2 = diferencias existentes entre los rangos de las dos variables, elevadas al cuadrado.

N = tamaño de la muestra expresada en parejas de rangos de las variables.

Σ = sumatoria.

- d) Análisis de componentes principales. Este análisis fue usado para determinar las variables que más contribuyeron al rendimiento, se realizó usando el programa Minitab versión 15. Para esto se analizaron 13 características agronómicas, este análisis fue basado principalmente en el valor de la varianza y de los cuales seis componentes resultaron ser los más importantes.

El cálculo de los componentes principales se realizó mediante la expresión:

$$X_{ij} = a_{il} \cdot Z_{lj} + \dots + a_{ik} \cdot Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} \cdot Z_{sk}$$

donde, a son los coeficientes y los Z son valores estandarizados que tienen las variables en cada uno de los sujetos de la muestra.

- e) Anova para características morfológicas. Un sistema JMP 8.0 (Jonh Macintosh Project, SAS visual data discovery) fue usado para el cálculo del análisis de varianza de características morfológicas entre las cuales están longitud de espiga, número de ramas en la espiga, forma de la espiga, ángulo de hojas y número de hojas abajo y arriba de la mazorca.
- f) Pruebas de t . La prueba de t de student fue usada para el cálculo de diferencias mínimas y se realizó usando el programa JMP 8.0 (SAS visual data discovery).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se muestra el análisis de varianza para todos los caracteres de planta y mazorca. Se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades y épocas para todos los caracteres medidos (rendimiento de grano, % de humedad, acame de raíz y tallo, altura de planta y mazorca, floración femenina y masculina, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera y peso específico) a excepción de diámetro de mazorca entre localidades. De hecho, estas dos fuentes de variación son las que contribuyeron en mayor medida a la variación total de todas las características consideradas en la prueba, mientras que Densidades fueron significativas para rendimiento de grano, altura de mazorca, longitud de mazorca y número de hileras.

Para rendimiento de grano ton/ha se encontraron diferencias altamente significativas entre localidades, densidades, épocas y para las interacciones Rep/Loc, Loc*Densidades y Rep*Densidades (Loc).

Otras diferencias altamente significativas se encontraron para humedad en Rep/Loc; para acame de raíz en la interacción Loc*Epocas; y en Densidades para las variables de altura de mazorca, longitud de mazorca y número de hileras.

El coeficiente de variación en la evaluación del ensayo para la característica de rendimiento de grano fue de 6.18 lo que demuestra una alta confiabilidad de los datos.

Cuadro 3. Análisis de varianza para caracteres de planta y mazorca.

Fuentes de variación	G.l	Cuadrados Medios										
		Rend. de Grano (ton/ha)	Humedad (%)	Acame Raíz (%)	Acame Tallo (%)	Altura de Maz (cm)	Altura de Pta (cm)	Floración femenina (días)	Floración masculina (días)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Longitud de mazorca (cm)
LOC	7	69841.4195**	68.1137**	283.8212**	41.7630**	148932.3338**	259228.7879**	0.015	24.4482**	23.7985**	430.7510**	29.1659*
Rep	1	1401.146	15.730	0.035	0.653	91.004	136.742	0.042	0.061	4.810	12.640	
Rep(LOC)	7	1112.9675**	8.4753858**	26.051	3.137	22.822	159.975	0.002	0.085	5.598	0.415	4.902
Densidades	2	1813.7578**	0.959	46.253	6.377	1145.9070**	1514.804	0.020	0.913	20.5080**	130.3528**	4.990
LOC*Densidades	14	486.2723**	2.185	7.001	4.088	132.460	129.104	0.035	0.499	3.598	5.748	6.934
Rep*Densidades(LOC)	16	704.8864**	1.860	20.094	1.719	170.556	259.236	0.050	0.281	3.622	14.214	12.239
Epocas	7	16442.0619**	51.9620**	98.2781**	3.307	901.5542**	947.5298**	0.3558**	16.0948**	10.4043**	89.6113**	938.9583**
LOC*Epocas	49	302.974	2.549	29.9628**	2.694	132.219	269.286	0.034	0.480	1.928	9.942	24.951
Rep*Epocas(LOC)	56	157.156	0.829	7.948	2.630	60.463	125.261	0.039	0.603	1.437	7.519	74.419
Densidades*Epocas	14	102.975	1.004	11.307	5.212	38.648	55.516	0.061	0.643	1.605	4.563	43.664
LOC*Densidades*Epocas	98	137.035	0.879	9.485	3.158	70.815	89.043	0.023	0.522	0.836	4.292	93.211
Error	258	152.169	1.341	10.625	3.155	95.608	161.144	0.048	0.750	1.955	6.356	
Total	359	926.651	2.307	13.845	3.468	1027.681	1758.997	0.052	1.136	1.853	11.886	

* Significativo al 0.05% nivel de probabilidad

** Altamente significativo al 0.01% nivel de probabilidad

Épocas fue altamente significativa para rendimiento de grano, el mejoramiento ha sido efectivo para el incremento en rendimiento de grano a través de las ocho épocas a lo largo de los 20 años; ya que los híbridos nuevos han sido más sobresalientes que los híbridos más viejos. Esto mismo fue encontrado en investigaciones por varios mejoradores (Russell, 1974., Duvick, 2005., Frei, 2000., Derieux, 1987., Tollenaar, 1989., Cunha y Franzon, 1997., Bruuselma, 2000., Eyherabide, 1994). En la Figura 7 se muestra la regresión lineal y el comportamiento a través de los 20 años durante las ocho épocas, donde se observa una tendencia ascendente con un incremento de 547 kg por época de 1990 a 2010. La mayor contribución se observa entre 1990 y 1994 y paulatinamente en las siguientes épocas fue más uniforme. Si se traduce el rendimiento en kg/ha/año esta tendencia demuestra un incremento constante de 200 kg.

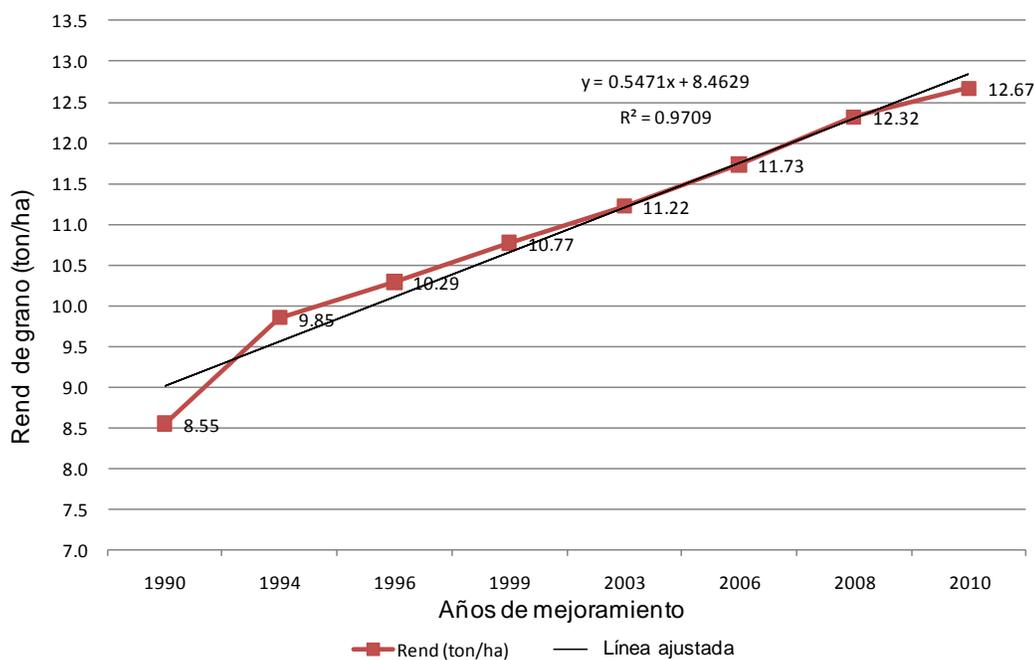


Figura 7. Regresión lineal para rendimiento de grano en ton/ha para las ocho épocas durante los años 1990-2010.

En el Cuadro 4 se presenta para épocas e híbridos el rendimiento de grano; se observa una diferencia muy marcada por el grupo de híbridos que representa cada época. Posteriormente se presenta la comparación entre híbridos dentro de cada época donde ya los híbridos muestran similitudes aun entre diferentes épocas pero se observa una tendencia muy constante con la época o año de liberación. El híbrido XPM1240 y el XPM7500 muestran los polos opuestos para la primera y octava época con el más alto y más bajo rendimiento, respectivamente.

Cuadro 4. Rendimiento de grano para épocas y para híbridos.

Época	Grupos *	Media Rend de grano (ton/ha)	Híbridos	Época	Grupos *	Media Rend de grano (ton/ha)
8	A	12.7	XPM1240	8	A	13.7
7	B	12.3	XPM8281	8	A B	12.6
6	C	11.7	XPM8461	7	B C	12.5
5	D	11.2	XPM2030	7	B C D	12.3
4	E	10.8	XPM4006	7	B C D E	12.2
3	F	10.3	XMP4002	6	B C D E F	11.9
2	G	9.9	XPM2020	5	B C D E F	11.9
1	H	8.6	COMPI46	8	B C D E F	11.8
			COMPI49	6	C D E F G	11.4
			XPM1501	5	C D E F G	11.4
			XPM2022	6	D E F G H	11.3
			XPM7514	4	E F G H I	11.1
			XPM7539	4	F G H I	11.1
			COMPI57	5	F G H I	11.0
			XPM7419	3	G H I J	10.4
			XPM7597	3	H I J	10.2
			COMPI54	4	H I J	10.2
			XPM7573	2	I J	10.0
			XPM7545	2	J K	9.7
			XPM7500	1	K	8.6
α=0.05						
t=1.96347						

*Medias con la misma letra son iguales estadísticamente al 5% nivel de probabilidad.

En la Figura 8 se observa el comportamiento del rendimiento y % de humedad, la alta significancia encontrada para las dos variables y donde se explica que la mayor ganancia se observa en la época 2 con 1.3 ton/ha y después se mantiene una ganancia entre 400 y 500 kg/época y siendo cada vez menor hasta tener en la última época una ganancia de 350 kg/época. La humedad disminuye en 1.45% desde la época uno a la ocho, la selección para mejorar la madurez y los intentos por tener híbridos de menor ciclo son una de las explicaciones del mejoramiento durante estos 20 años. Algunos de estos estudios de madurez se realizaron en Europa por Frei, (2000) y Derieux, (1987) donde la pérdida de humedad fue una condición del mejoramiento.

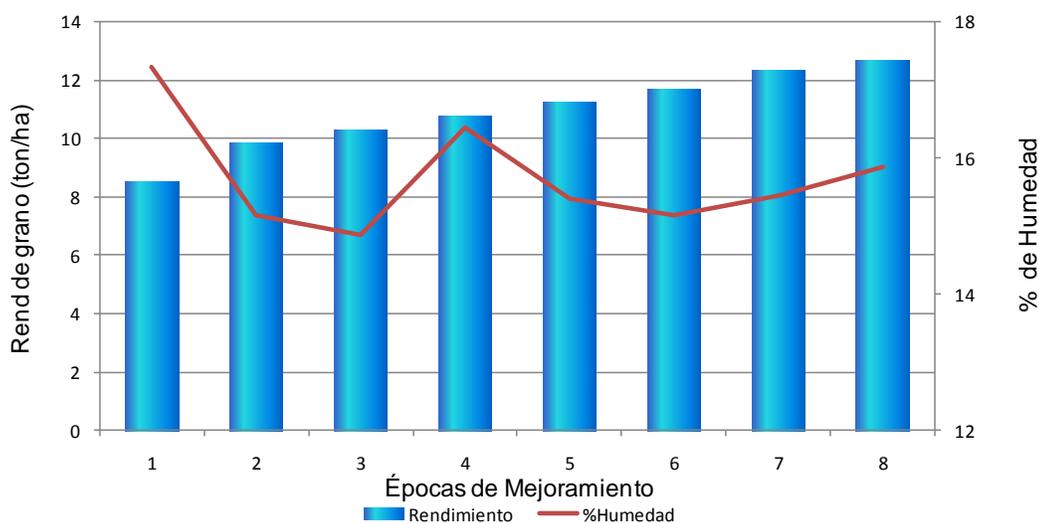


Figura 8. Respuesta en rendimiento y % de humedad para las ocho épocas de mejoramiento.

En el Cuadro 5 se presentan las medias de densidades de planta para los caracteres de planta y mazorca. El uso de la densidad intermedia sobre la densidad baja incrementó en el rendimiento 2.7% y para la más alta 5.5% contrario a lo que encontraron Troyer y Rosenbrook (1983), donde encontraron una reducción en el rendimiento con el uso de altas densidades.

También algunas variables se incrementaron por la densidad más alta, como el acame de raíz y tallo, altura de planta y mazorca; asimismo, hubo una disminución en la longitud de mazorca, número de granos por hilera, número de hileras y diámetro de mazorca.

Cuadro 5. Medias en densidades de plantas para las diferentes características agronómicas de planta y mazorca.

Densidad de Plantas (miles)	Rend de grano ton/ha	(%) Humedad	Altura/ planta (cm)	Altura/ mazorca (cm)	acame de raíz (%)	acame de tallo (%)	Total plantas dañadas	Total plantas	Long/ maz (cm)	No. granos/ hilera	No. de hileras	Diámetro de mazorca (cm)	Mala cob *
115	11.580	15.62	228.5	121.7	2.39	1.13	3.53	75	14.74	33.34	14.7	5.0	1.4
95	11.272	15.69	223.4	116.7	2.03	0.72	2.75	66	14.80	33.68	14.7	5.0	1.4
75	10.970	15.55	221.5	115.3	1.55	0.74	2.29	55	15.65	35.61	14.8	5.1	1.9

*Escala de 1-5 donde 1 es buena y 5 es mala cobertura

En la Figura 9, se presenta el análisis de regresión y comportamiento para las tres densidades de población en las ocho épocas de mejoramiento. La densidad alta de 115,000 plantas muestra un incremento de 590 kg/ha; para la densidad intermedia de 95,000 plantas el incremento es de 557 kg/ha y para la densidad baja de 75,000 plantas es de 495 kg. La respuesta es lineal durante las ocho épocas de mejoramiento y para las tres densidades de población. Es muy importante resaltar la separación entre las líneas de regresión para cada densidad y como incrementa este diferencial paulatinamente desde la primera época hasta encontrar el mayor diferencial en las épocas más modernas; podemos asumir que el comportamiento futuro será el de continuar esta trayectoria mostrada al final de la época ocho para los siguientes lanzamientos de híbridos. Esta evolución de

respuesta a densidades de población muy posiblemente va a ir acompañada de diferentes arreglos en campo como el uso de surcos angostos o una distribución espaciada en campo entre plantas para maximizar el rendimiento del cultivo tal como lo menciona Fasoula y Tollenaar, 2005.

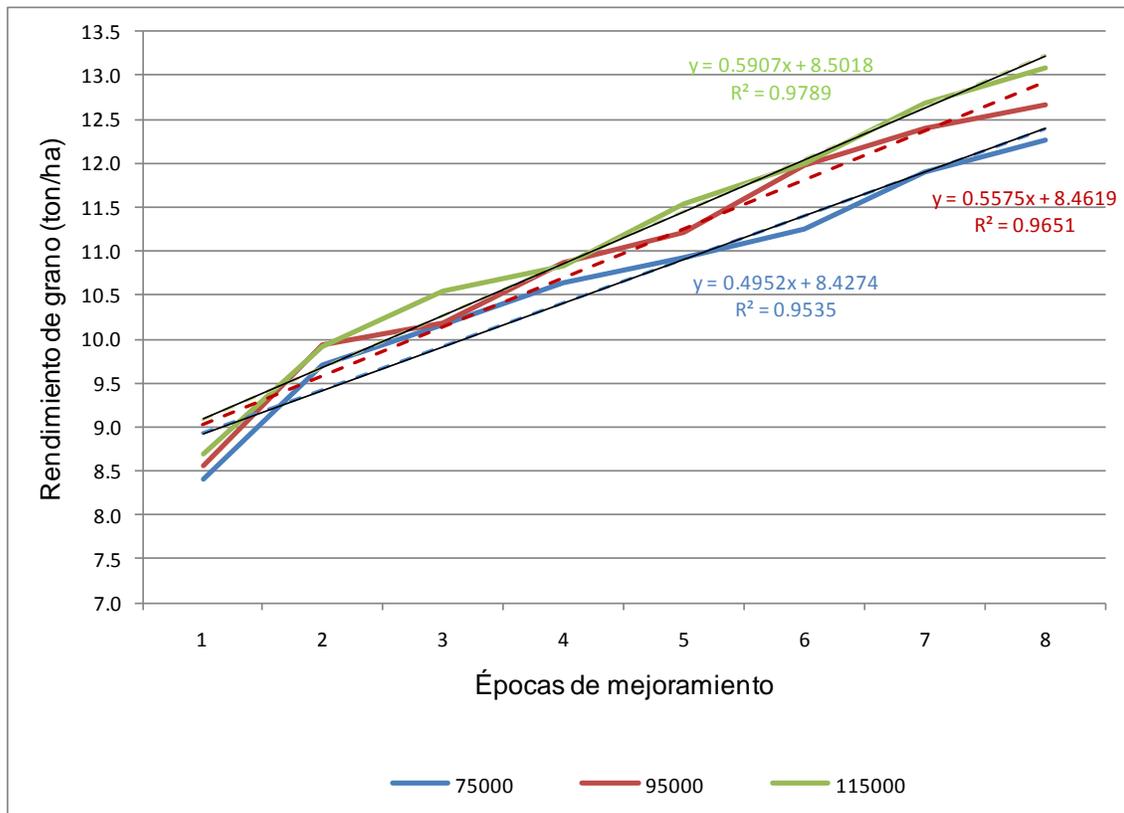


Figura 9. Análisis de regresión y respuesta a la densidad de población para las ocho épocas de mejoramiento.

En la Figura 10 se muestra la respuesta general de los híbridos en cada época de mejoramiento a las diferentes densidades de plantas. Desde la época 5 ya es notoria la respuesta a densidades de población de los híbridos de lanzamiento pero más claramente en las dos últimas épocas (siete y ocho) donde el diferencial entre las tres densidades usadas es importante entre 2 a 4% entre densidad baja-intermedia y entre intermedia-alta; también podemos observar la tendencia a la respuesta futura de los híbridos modernos por la continuidad y nivel de cada barra.

Es importante mencionar que los híbridos de las primeras épocas (dos y cuatro) respondieron mejor en densidades bajas o intermedias; lo que indica que en las primeras épocas la selección para mejoramiento fue basada solo a rendimiento de grano y a partir de la época 5 ya se incluyó la selección para altas densidades. Se encontró una alta correlación positiva $r_s=0.98$ entre el rendimiento de grano por época. Esta respuesta de densidades de población al rendimiento de grano fue encontrado por Sangoi *et al.* (2002) donde los híbridos en particular responden a las densidades de población por la selección efectuada por el mejorador.

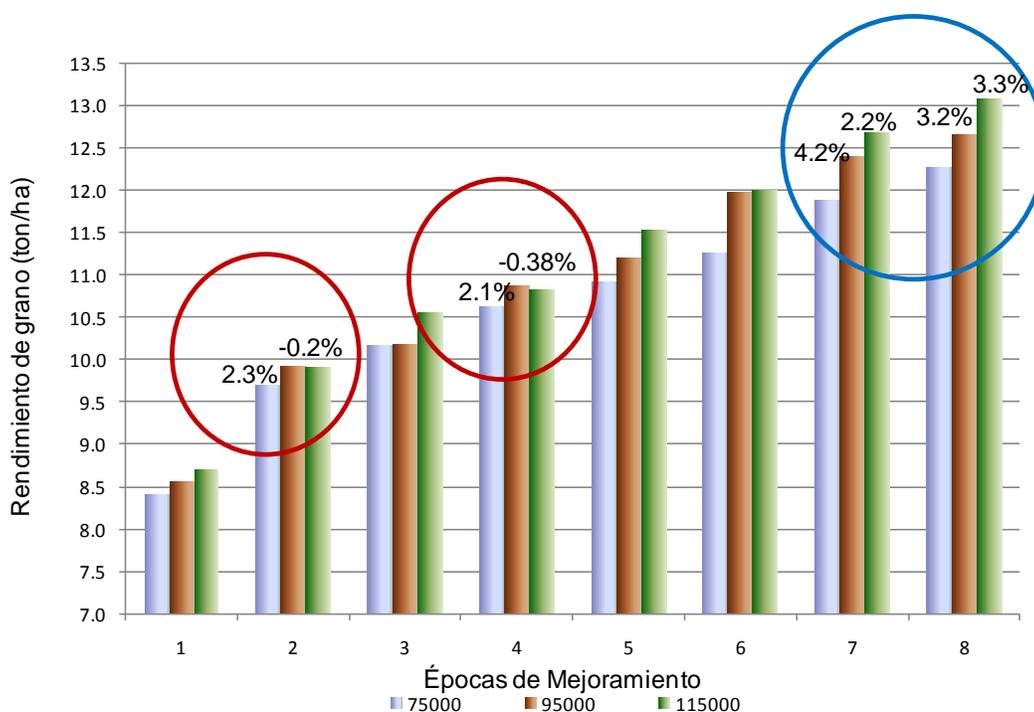


Figura 10. Respuesta general a tres diferentes densidades de población por época de mejoramiento.

En la Figura 11 se muestra la respuesta individual de los 20 híbridos a las tres densidades de plantas a través de las ocho épocas de mejoramiento. Podemos identificar híbridos en particular que responden a las tres densidades de plantas y en diferentes épocas como el XPM7545, XPM1501, XPM2022, XPM4006 y

XPM2030 en las épocas dos, cinco, seis y siete respectivamente; a su vez también híbridos con respuesta negativa como XPM7539, XPM7514 en la época cuatro; muy similar a lo encontrado por otros autores que mencionan que los híbridos responden a una densidad óptima para la cual fueron creados Sangoi *et al.* (2002). También podemos observar en círculos rojos a híbridos de las épocas siete y ocho a una mejor respuesta a altas densidades de población y concuerda con la selección hecha por el mejorador ya que la selección con el uso de altas densidades dio inicio en la época seis. La prueba de *t* de student de diferencias mínimas para densidades de población indica una alta significancia para cada una de las densidades de población y concuerda con otros autores que mencionan que cada híbrido tiene la capacidad de responder a una densidad óptima Sangoi *et al.* (2002) y Tokatlidis y Koutrobas (2004).

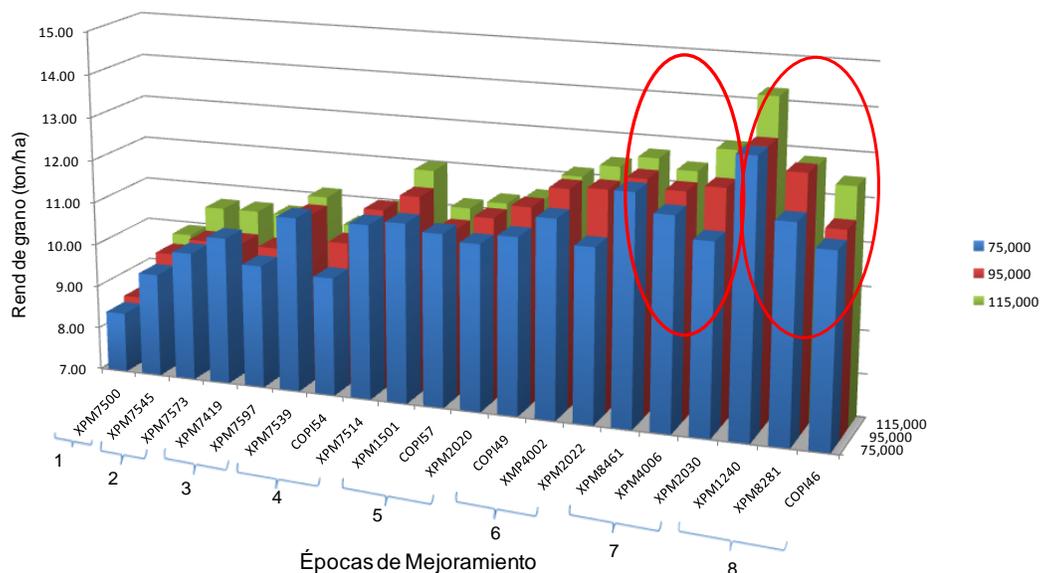


Figura 11. Respuesta individual de los híbridos a tres densidades de población en las ocho diferentes épocas.

Se encontró una alta correlación positiva ($r_s = 0.95$) usando la correlación de rangos de Spearman para rendimiento de grano para los híbridos que se agrupan en cada época; es decir hay híbridos dentro de cada época que contribuyen más que otros al rendimiento promedio de cada época y lo podemos ver en el Cuadro 6 donde los híbridos resaltados en negritas contribuyen mas al rendimiento de la época que los no resaltados que tienen menor rendimiento al promedio de la época.

Cuadro 6. Diferencias de medias de rendimiento (ton/ha) para híbridos y por épocas en las tres densidades de población.

Híbrido	Época	Densidad de plantas /ha			Media Rend. de grano ton/ha	
		75,000	95,000	115,000	Promedio/época	Promedio/híbrido
XPM7500	1	8.40	8.55	8.70	8.55	8.55
XPM7545	2	9.42	9.69	9.93	9.96	9.68
XPM7573	2	10.01	10.08	10.65	9.96	10.25
XPM7419	3	10.44	10.11	10.65	10.30	10.40
XPM7597	3	9.87	10.07	10.64	10.30	10.19
XPM7539	4	11.07	10.95	11.15	10.80	11.06
COPI54	4	9.76	10.35	10.54	10.80	10.22
XPM7514	4	11.07	11.20	10.98	10.80	11.08
XPM1501	5	11.18	11.58	11.99	11.26	11.58
COPI57	5	11.03	10.91	11.19	11.26	11.04
XPM2020	5	10.88	11.25	11.38	11.26	11.17
COPI49	6	11.11	11.57	11.55	11.74	11.41
XMP4002	6	11.61	12.06	12.14	11.74	11.93
XPM2022	6	11.05	12.12	12.44	11.74	11.87
XPM8461	7	12.34	12.43	12.69	12.32	12.49
XPM4006	7	11.92	12.23	12.48	12.32	12.21
XPM2030	7	11.42	12.38	13.02	12.32	12.27
XPM1240	8	13.35	13.35	14.26	12.70	13.65
XPM8281	8	12.00	12.85	12.81	12.70	12.55
COPI46	8	11.47	11.69	12.44	12.70	11.87

En la figura 12 se muestra la relación y/o diferencia en la contribución que ha tenido el mejoramiento genético y las densidades de población en la dinámica del rendimiento de maíz en Sinaloa a través de estos 20 años de mejoramiento. Partiendo de que el rendimiento de grano inicial de híbrido es de 8.4 ton/ha o época uno y que el híbrido más moderno o de la época ocho es de 12.27 ton/ha, hay una diferencia de 3.87 ton/ha en los 20 años debido al mejoramiento genético si se usa solo la densidad de 75,000 plantas/ha ya que asumimos es la densidad usada por el agricultor; después se calcula la diferencia con la alta densidad de 115,000 plantas/ha y por lo tanto tenemos que la diferencia en rendimiento por el uso de densidades de población es en promedio de 2.3% por época. En las últimas dos épocas se observa como esta diferencia por el uso de densidades es mayor que en las primeras épocas producto de la selección a altas densidades al ver como se amplía el margen de separación entre la línea verde y roja. A su vez también mencionar que en el mejoramiento genético está incluido el uso de diferentes tipos de híbridos y por otro lado en las prácticas agronómicas están las altas fertilizaciones principalmente de nitrógeno, control de insectos y malezas entre los más importantes, este mismo desglose fue expuesto por Duvick (2005) y Tollenaar y Lee (2007); explicando un 65% por mejoramiento genético y 35% por prácticas agronómicas.

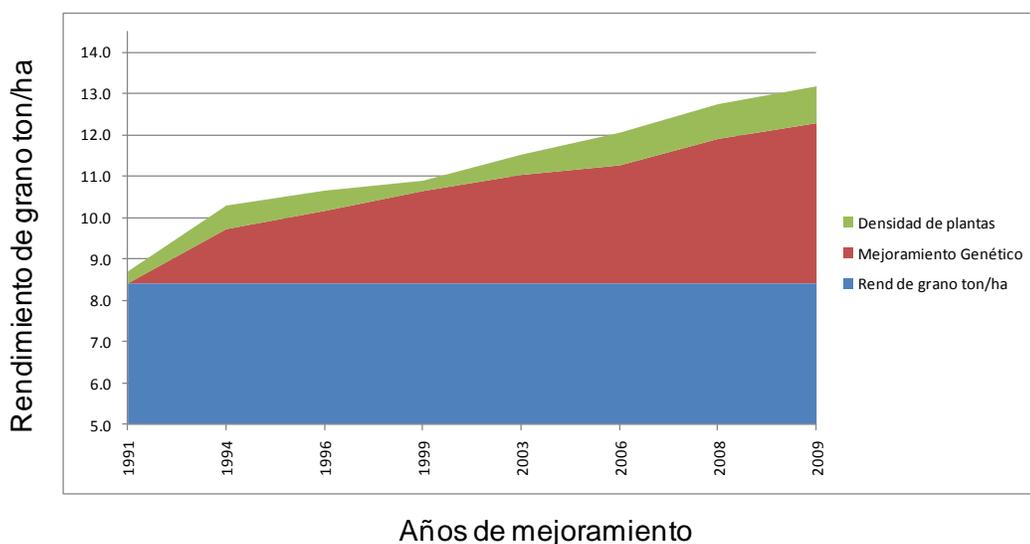


Figura 12. Grafico de contribución del mejoramiento genético y la densidad de plantas.

En el Cuadro 7 se muestran las medias de los híbridos a través de ocho localidades para los caracteres de planta y mazorca; los híbridos ordenados por su rendimiento de mayor a menor y sus épocas respectivas. El híbrido mas rendidor fue una crusa simple (XPM1240) lo cual indica el desarrollo promisorio de este tipo de híbridos en el estado de Sinaloa. La prueba de *t* de diferencias mínimas significativas para rendimiento de grano para cada uno de los 20 híbridos evaluados se presenta en el cuadro 4 y la crusa simple XPM1240 empieza a marcar una diferencia sobre el resto de los híbridos y en la que se asemejan estas épocas actuales a las mencionadas por Derieux *et al.* (1987) y Troyer y Rosenbrook (2009) que hacen una descripción de la evolución de los tipos de híbridos.

Cuadro 7. Medias a través de ocho localidades de los 20 híbridos evaluados para sus diferentes caracteres de planta y mazorca.

Tratamiento	Híbrido	Época	Rend (ton/ha)	(%) Humedad	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Acame de tallo (%)	Acame de raíz (%)	Total plantas dañadas	Longitud mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Número de hileras	Diámetro/mazorca (cm)	Mala cob *
18	XPM1240	8	13.650	17.29	223.1	118.3	1.76	0.61	2.37	14.85	32.67	16.5	5.5	1.3
19	XPM8281	8	12.550	16.00	223.1	119.2	1.54	0.37	1.91	14.87	33.43	15.4	5.3	1.5
15	XPM8461	7	12.480	15.35	225.0	121.7	1.54	0.90	2.44	15.23	34.36	15.2	5.2	2.0
17	XPM2030	7	12.270	15.50	219.2	123.9	2.59	0.16	2.75	14.22	32.28	15.4	5.3	1.9
16	XPM4006	7	12.200	15.48	222.2	120.8	1.43	1.13	2.56	14.94	34.42	15.0	5.2	1.7
13	XMP4002	6	11.930	15.56	220.0	120.6	1.78	1.22	3.00	14.89	33.96	15.4	5.2	1.9
14	XPM2022	6	11.860	15.15	226.9	118.9	0.59	0.47	1.06	15.19	33.69	14.7	5.1	1.8
20	COMPI46	8	11.860	14.31	233.6	119.7	1.03	0.99	2.02	14.79	33.66	15.5	5.1	1.7
9	XPM1501	5	11.580	15.46	216.9	113.1	0.63	0.57	1.20	14.51	34.12	14.5	5.0	1.6
12	COMPI49	6	11.410	14.79	228.9	120.3	0.92	0.77	1.69	16.16	34.72	13.5	4.8	1.1
11	XPM2020	5	11.160	15.60	213.6	113.1	2.43	0.85	3.28	15.23	35.06	14.7	5.0	1.7
8	XPM7514	4	11.080	16.84	230.6	127.2	0.96	0.76	1.72	15.32	36.93	14.6	5.1	1.3
6	XPM7539	4	11.050	17.21	231.1	129.4	1.95	1.03	2.98	15.77	36.13	14.7	5.0	1.5
10	COMPI57	5	11.040	15.18	235.8	114.4	1.87	0.96	2.83	15.88	36.26	13.5	4.9	1.4
4	XPM7419	3	10.400	14.40	217.2	110.3	2.09	0.56	2.65	16.21	38.26	14.6	4.8	2.0
3	XPM7573	2	10.240	15.41	213.3	110.8	2.42	1.77	4.19	14.33	31.19	14.0	4.9	1.3
7	COMPI54	4	10.210	15.30	237.5	112.5	2.61	1.13	3.73	16.27	36.29	13.7	4.7	1.4
5	XPM7597	3	10.190	15.35	221.9	111.7	1.74	1.43	3.17	13.96	31.57	13.9	4.9	1.5
2	XPM7545	2	9.670	14.93	231.9	120.8	4.70	0.81	5.51	14.64	33.16	15.2	4.9	1.6
1	XPM7500	1	8.540	17.33	217.8	111.7	5.21	0.81	6.02	14.06	32.14	14.6	4.9	1.6

* Calificación con la escala de 1 a 5, donde 1 fue la mejor cobertura

El Cuadro 8 muestra un análisis de componentes principales; entre los caracteres de mayor importancia están rendimiento de grano en ton/ha, diámetro de mazorca, número de hileras, longitud de mazorca; que contribuyeron a la varianza total con 27.9, 21.8, 14.3 y 12.3 % respectivamente y explican el 76.3% de la varianza acumulada. También se observan características que contribuyeron con una muy baja proporción de la varianza entre las que se encuentran % de humedad, floración masculina y femenina y % de acame de raíz y tallo con 2.2, 1.5, 1.1 y 0.6%, respectivamente, y presentan una suma total de 3.3% de la varianza acumulada.

Cuadro 8. Resultado del análisis de componentes principales para las características agronómicas.

	Rend. de grano (ton/ha)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras	Longitud de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Humedad (%)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Total plantas dañadas
Valor del componente p.	3.6218	2.8357	1.8637	1.5945	1.0445	0.8229	0.5015	0.2854	0.19	0.1424	0.0826	0.0149	0
Proporción de la varianza	0.279	0.218	0.143	0.123	0.08	0.063	0.039	0.022	0.015	0.011	0.006	0.001	0
Varianza acumulada	0.279	0.497	0.64	0.763	0.843	0.906	0.945	0.967	0.982	0.993	0.999	1	1

	Rend. de grano (ton/ha)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras	Longitud de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Humedad (%)	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Total plantas dañadas
Componentes principales	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13
Rend. de grano (ton/ha)	0.412	-0.260	-0.036	-0.099	-0.105	-0.020	-0.134	-0.474	0.648	-0.269	0.050	0.050	-0.001
Diámetro/mazorca (cm)	0.315	-0.418	0.079	0.040	0.125	-0.162	-0.021	0.044	-0.007	0.785	0.240	0.003	0.000
Número de hileras	0.213	-0.426	0.026	0.066	0.317	-0.243	-0.298	0.557	-0.043	-0.383	-0.246	-0.026	0.000
Longitud de mazorca	0.172	0.420	0.265	-0.175	0.280	-0.306	-0.035	-0.165	0.110	0.237	-0.646	-0.085	-0.001
Número de granos/hilera	0.130	0.390	0.370	-0.176	0.271	-0.284	-0.184	0.040	-0.038	-0.183	0.659	0.056	0.001
Altura de mazorca (cm)	0.107	-0.255	0.099	-0.613	-0.153	0.114	-0.251	-0.304	-0.576	-0.080	-0.080	-0.050	0
Altura de planta (cm)	0.052	0.113	-0.156	-0.681	-0.059	0.245	0.174	0.511	0.354	0.120	0.028	0.018	0
Humedad (%)	-0.118	-0.323	0.366	-0.138	0.091	-0.240	0.787	-0.072	-0.019	-0.194	0.001	-0.004	0
Floración Masculina (días)	-0.377	-0.136	0.429	-0.003	-0.183	0.062	-0.249	0.062	0.252	0.062	0.033	-0.696	0
Floración Femenina (días)	-0.375	-0.132	0.441	-0.027	-0.168	0.035	-0.253	0.060	0.165	0.095	-0.117	0.707	0
Acame de raíz (%)	-0.373	-0.129	-0.217	-0.134	0.547	0.076	-0.079	-0.199	0.091	0.033	0.049	0.006	-0.646
Acame de tallo (%)	-0.170	0.018	-0.306	-0.128	-0.476	-0.743	-0.059	0.053	0.014	0.026	0.025	-0.006	-0.272
Total plantas dañadas	-0.401	-0.110	-0.313	-0.170	0.313	-0.214	-0.094	-0.160	0.089	0.040	0.051	0.003	0.714

En la Figura 13 se observa la asociación de las características agronómicas a los componentes principales donde se identifican tres grupos de características que están más asociadas, en uno grupo se encuentra diámetro de mazorca, número de hileras y altura de mazorca y conjuntamente rendimiento de grano; otra asociación de características esta agrupada por la longitud de mazorca, el número de granos por hilera, peso específico; otros valores que forman otra asociación como días a floración masculina y femenina, % de acame de tallo y raíz y finalmente otros que permanecen en la parte intermedia como % de humedad y altura de planta que están disociados y precisamente los valores de la varianza son los mas bajos del análisis.

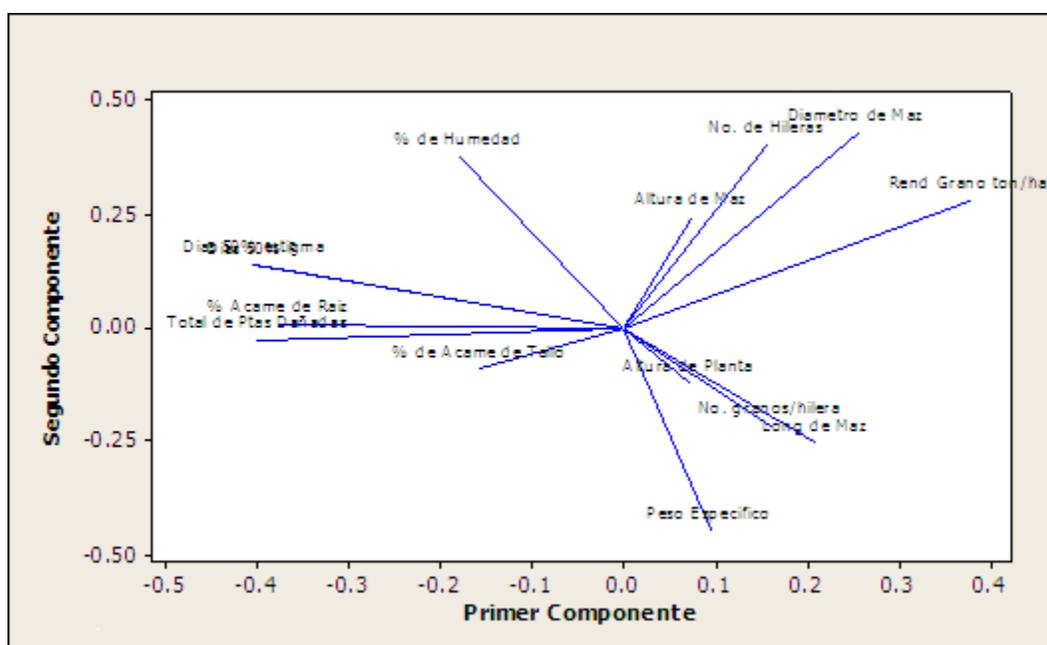


Figura 13. Grafico bidimensional de asociación de 13 variables analizadas por componentes principales.

Entre los caracteres de planta que han contribuido al rendimiento esta la altura de mazorca, híbridos más bajos presentan mayor tolerancia al acame sobre todo los híbridos mas nuevos; la altura de mazorca ha disminuido en ocho cm que aunque casi imperceptible es suficiente para tener híbridos de mejor porte de planta y soportar el acame así como facilitar la cosecha mecánica. Para la altura de planta esta no presentó significancia estadística, los híbridos nuevos y los viejos fueron similares. El acame de raíz disminuyó en 3% en los híbridos mas nuevos lo cual refleja una selección efectiva para lograr híbridos parados hasta la cosecha. El acame de tallo disminuyó en 0.15% no presentó significancia estadística a través de épocas. El total de plantas acamadas que es la suma del porcentaje de plantas de acame de raíz y el porcentaje de plantas con acame de tallo fue significativo, se redujo en 2% en los 20 años de mejoramiento, lo cual representa una gran ventaja en campo al mantener los híbridos de pie hasta la cosecha y coincide con Derieux *et al.* (1987) quienes también encontraron reducciones significativas en acame de raíz y tallo.

Se consideran componentes de rendimiento a todas aquellas variables o características de mazorca que contribuyen al rendimiento.

En la Figura 14 se muestran los resultados para diámetro de mazorca, a través de épocas, que aumento significativamente en un mm. Fue uno de los componentes más importantes que contribuyó al rendimiento con un porcentaje del 21.8% que indirectamente representa un mayor número de granos como lo reportan en sus estudios otros autores (Echarte *et al.* 2004, 2006). En el Cuadro 9 se muestra la significancia para las regresiones cuadráticas de los cuatro componentes de rendimiento mostrados en los siguientes gráficos.

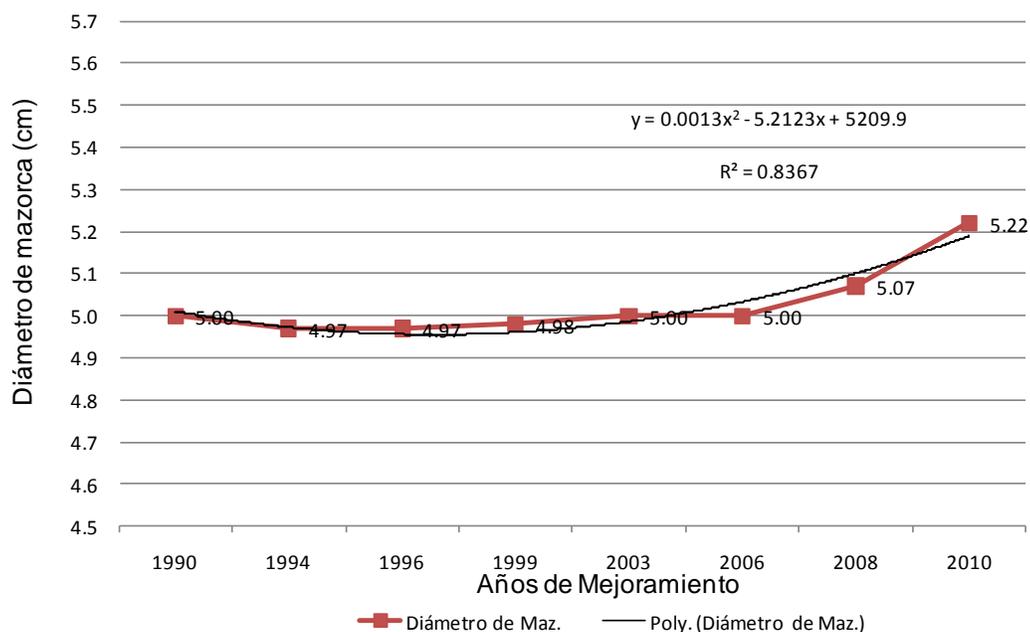


Figura 14. Análisis de regresión cuadrática para diámetro de mazorca durante las ocho épocas de mejoramiento.

En la Figura 15 se presenta el número de hileras que se incremento en uno a través de las ocho épocas. Contribuye con 14.3% al rendimiento y junto con el diámetro de mazorca fueron dos de las variables con mayor contribución al rendimiento por el aporte en el número de granos tal como lo ha reportado otros autores (Echarte *et al.*, 2004, 2006).

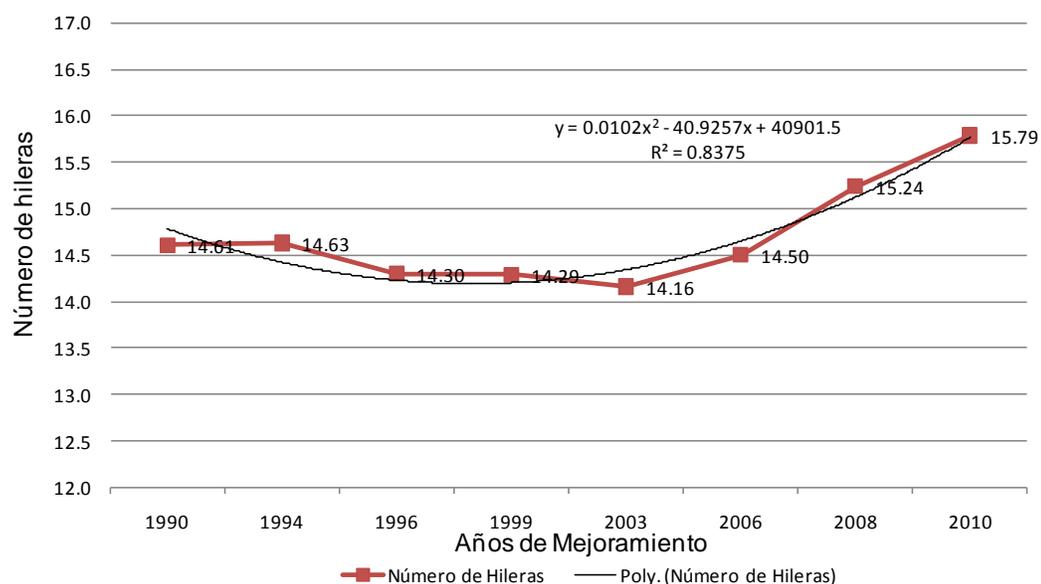


Figura 15. Regresión cuadrática para el carácter de número de hileras para las ocho épocas de mejoramiento.

En la Figura 16 se muestra la longitud de mazorca, hubo una disminución de 1cm en híbridos nuevos; la tendencia al final muestra que hay una ventaja de los híbridos comercializados en las últimas épocas. Esta característica contribuye con un 12.3% y es el tercer componente en importancia después del diámetro de mazorca y el número de hileras; esto es contrario a lo encontrado por Carlone y Russell, 1987 donde para ellos fue significativa.

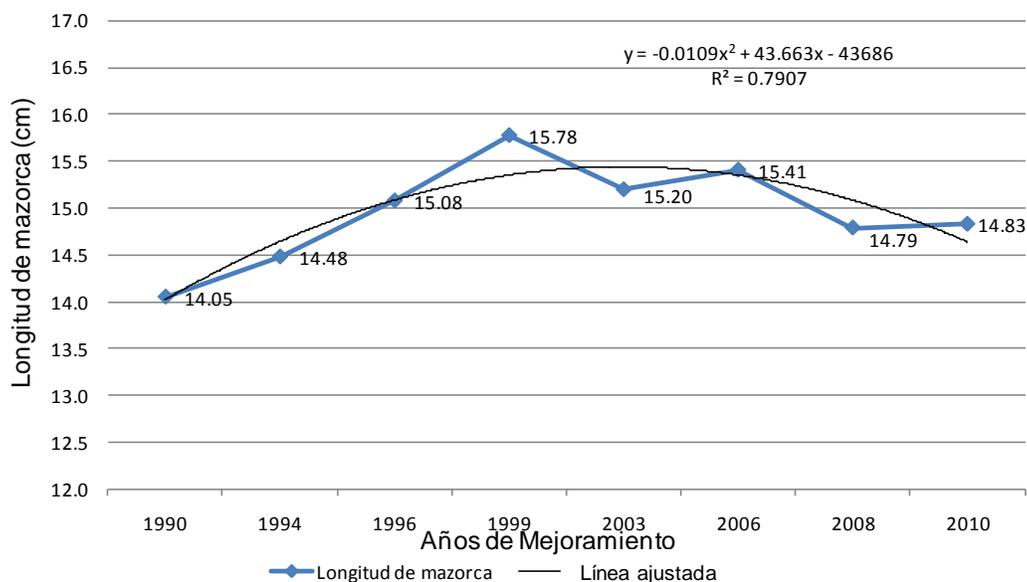


Figura 16. Análisis de regresión cuadrática para longitud de mazorca durante las ocho épocas de mejoramiento.

En la Figura 17 se muestra el de número de granos por hilera que disminuyó en tres granos a través de las ocho épocas; en la grafica de regresión cuadrática donde las épocas cuatro, tres y cinco fueron las más importantes posiblemente con híbridos de mazorca larga entre 1996 a 2003. La selección para densidades de población en las últimas tres épocas disminuyó la longitud de mazorca y por tanto el número de granos por hilera. Estos resultados son contrarios a los reportados por Echarte, et al. (2004)

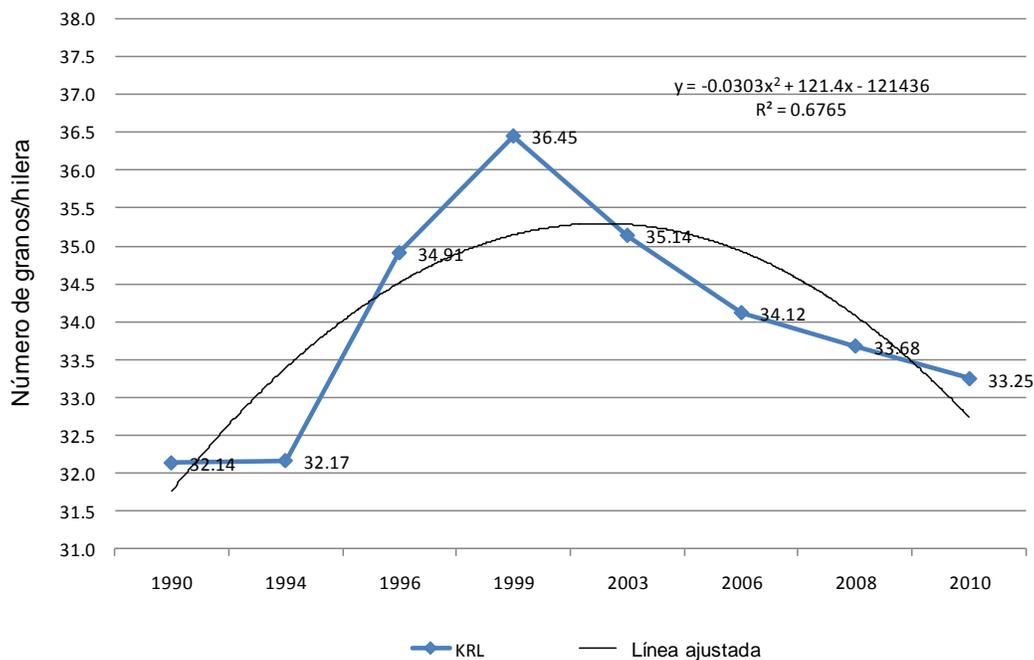


Figura 17. Regresión cuadrática para el número de granos por hilera durante las ocho épocas de mejoramiento.

La respuesta en el número de granos quizás se debe al cambio en el uso de densidades de población que se da en los noventas, en esta época es donde se tenían híbridos con mayor número de granos por hilera. Derivado del uso de densidades más altas, la longitud de mazorca disminuye y el número de granos empieza a declinar por el continuo incremento en el número de plantas por unidad de área. Esta tendencia la corrobora tanto el número de hileras, diámetro de mazorca y longitud de mazorca que se mantuvieron casi constantes; de ahí que las densidades de población marquen esta diferencia en el número de granos.

En el Cuadro 9 se presentan los valores de las regresiones cuadráticas para los cuatro componentes de rendimiento donde se observan valores significativos para los caracteres número de hileras y diámetro de mazorca. Para longitud de mazorca y número de granos por hilera no se encontró significancia.

Cuadro 9. Resultados del análisis de regresión cuadrática para los cuatro componentes de rendimiento principales.

Fuente de variación	Modelo		Error		R ²	Significancia
	g.l.	Cuadrados medios	g.l.	Cuadrados medios		
Número de hileras	2	0.9009	5	0.0699	0.8375	*
Diámetro de mazorca (cm)	2	0.0209	5	0.0016	0.8367	*
Longitud de mazorca (cm)	2	0.8108	5	0.0858	0.7907	NS
Número de granos/hilera	2	5.2821	5	1.0103	0.6765	NS

* Significativo al 5% nivel de probabilidad

En el Cuadro 10 se presentan la prueba de *t* para diferencias mínimas significativas para los componentes de mazorca más importantes. Para diámetro de mazorca se distinguen 5 grupos, prácticamente en las épocas seis y ocho el incremento fue de 0.3 cm; para número de hileras hay una continuidad de las tres últimas épocas seis, siete y ocho y donde solo la época siete y ocho son diferentes. Para longitud de mazorca y número de granos/hilera la época cuatro repite en ambas características como la más significativa y esto se comprueba al ver los gráficos de regresión mostrados anteriormente en las Figuras 16 y 17.

Cuadro 10. Valores medios por grupos para algunas características de mazorca.

Diámetro de mazorca			Número de hileras			Longitud de mazorca			Número de granos/hilera		
Época	Grupos	Media (cm)	Época	Grupos	Media	Época	Grupos	Media (cm)	Época	Grupos	Media
8	A	5.3	8	A	15.4	4	A	15.9	4	A	36.6
7	B	5.2	7	B	15.0	6	B	15.4	3	B	35.2
6	C	5.0	6	C	14.6	3	B C	15.2	5	B C	35.0
5	C D	5.0	4	C	14.5	5	B C	15.1	6	C D	34.1
2	D	4.9	1	C	14.4	8	C D	14.8	7	D E	33.7
4	D	4.9	5	C	14.3	7	C D	14.8	8	E F	33.1
1	D E	4.9	2	C	14.3	2	D E	14.5	2	F	32.2
3	E	4.8	3	C	14.2	1	E	13.9	1	F	31.8

$\alpha=0.050$
 $t=1.9692$

En la Figura 18 se muestra el ejemplo del híbrido XM1240 (híbrido nuevo), donde se observa la longitud de mazorca, diámetro y profundidad de grano. Es una mazorca cilíndrica de grano dentado blanco, en esta se puede apreciar las tres características que se hacen mención y que han contribuido y explican junto con el rendimiento el 84.3 % del total de la varianza.



Figura 18. Vista de la mazorca del híbrido XM1240 con un corte transversal y grano desgranado.

El tamaño de la espiga y la posición de la hoja son dos características que fueron significativas en estudios anteriores por otros autores que evaluaron híbridos de diferentes épocas (Meghji et al. 1984) estas diferencias encontradas sirvieron para definir un número de variables a evaluar en este trabajo con los siguientes resultados.

En el Cuadro 11 se muestra el análisis de varianza para las diferentes características morfológicas para espiga y hojas. Todas las características presentaron una alta significancia como son ángulo de hoja de la mazorca superior, ángulo de inserción de hojas arriba de la mazorca, ángulo de inserción de hojas debajo de la mazorca, número de ramas laterales de la espiga, número de ramas secundarias de la espiga, longitud de espiga, longitud del eje de la espiga, longitud del pedúnculo, longitud de ramas laterales, número de hojas arriba y debajo de la mazorca. Esto concuerda con los resultados encontrados por el fisiólogo Tollenaar, 1989 que realizó trabajos con ángulo de hoja y tamaño de espiga en híbridos de diferentes épocas.

Cuadro 11. Análisis de varianza de las principales variables morfo-fisiológicas.

Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios										
		Ángulo de hojas/maz sup (°)	Ángulo de inserción/hojas arriba maz (°)	Ángulo de inserción/hojas abajo maz (°)	Número laterales	Ramas espiga	Número secundarias espiga	Longitud de espiga (cm)	Longitud del eje espiga (cm)	Longitud de pedunculo (cm)	Longitud ramas laterales (cm)	Número hojas arriba maz.
Repetición	9	27.31	11.76	16.86	4.36	0.76	10.40	9.65	0.73	4.58	0.23	
Tratamiento	19	251.35**	1424997.37**	207.39**	149.86**	12.46**	58.68**	30.76**	66.39**	51.47**	1.84**	
Error	171	40.14	98004.45	20.44	3.82	0.06	3.57	1.74	0.28	1.38	0.00	

* Significativo al 5% nivel de probabilidad

** Significativo al 1% nivel de probabilidad

En el Cuadro 12 se presenta un análisis de componentes principales para las principales características morfológicas de planta; tanto para el ángulo de las hojas como para el tamaño de espiga fueron las que presentaron la mayor proporción de la varianza y coinciden con otros autores (Tollenaar, 1989). Las variables más importantes y que explican el 91.3% de proporción de la varianza fueron ángulo de hoja de la mazorca superior, ángulo de inserción de hojas arriba de la mazorca, ángulo de inserción debajo de la mazorca, número de ramas laterales y longitud de espiga con 39.2, 18.1, 16.6, 9.9 y 7.6 %; las variables que presentan menor valor y contribución son el número de hojas arriba y debajo de la mazorca.

Cuadro 12. Resultado del análisis de componentes principales para las variables morfo-fisiológicas.

	Ángulo de hoja/maz sup (°)	Ángulo de ins arriba maz (°)	Ángulo de ins debajo maz (°)	Número ramas laterales/ espiga	Número ramas secundarias/ espiga	Longitud de espiga (cm)	Longitud del eje/espiga (cm)	Longitud del pedunculo (cm)	Longitud de ramas laterales/espiga (cm)	Número de hojas arriba maz	Número de hojas abajo maz
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Valor del componente p.	0.305	-0.439	-0.094	-0.298	-0.210	-0.176	-0.216	0.425	-0.470	-0.210	-0.223
Proporción de la varianza	0.299	-0.464	-0.153	-0.202	-0.187	0.155	-0.089	-0.705	0.224	-0.103	0.078
Varianza acumulada	0.433	-0.026	-0.127	-0.261	-0.062	-0.135	0.336	0.401	0.525	0.292	0.266
	0.429	0.011	0.052	0.285	0.303	0.046	0.182	-0.071	-0.457	-0.124	0.614
	0.403	0.074	0.283	0.280	0.139	-0.014	0.268	0.009	0.254	-0.518	-0.499
	0.295	0.221	-0.495	0.190	-0.059	0.068	0.219	-0.173	-0.292	0.467	-0.440
	-0.184	0.046	-0.555	0.277	-0.423	0.279	0.152	0.204	0.090	-0.463	0.187
	0.121	0.522	0.095	-0.155	-0.500	-0.559	-0.019	-0.250	-0.100	-0.168	0.127
	0.277	0.340	-0.334	-0.011	0.332	0.026	-0.720	0.068	0.215	-0.126	0.024
	-0.190	0.155	-0.313	-0.606	0.455	-0.047	0.370	-0.116	-0.115	-0.315	-0.055
	-0.185	-0.351	-0.313	0.373	0.238	-0.726	0.021	-0.068	0.129	-0.013	0.006

En la Figura 19 se muestra la gráfica para ángulo de inserción de las hojas arriba de la mazorca donde se observa una disminución en el ángulo de la hoja a través de las ocho épocas; es decir los híbridos modernos tendieron a tener las hojas mas erectas comparados con los de las épocas viejas; esta característica de hojas erectas de los híbridos modernos permite una mayor incidencia de luz sobre las hojas y una mayor fotosíntesis de la planta y por consiguiente un mejor rendimiento por planta, esto mismo fue observado por diversos fisiólogos como Valentinuz y Tollenaar (2004) y Tollenaar y Lee (2006).

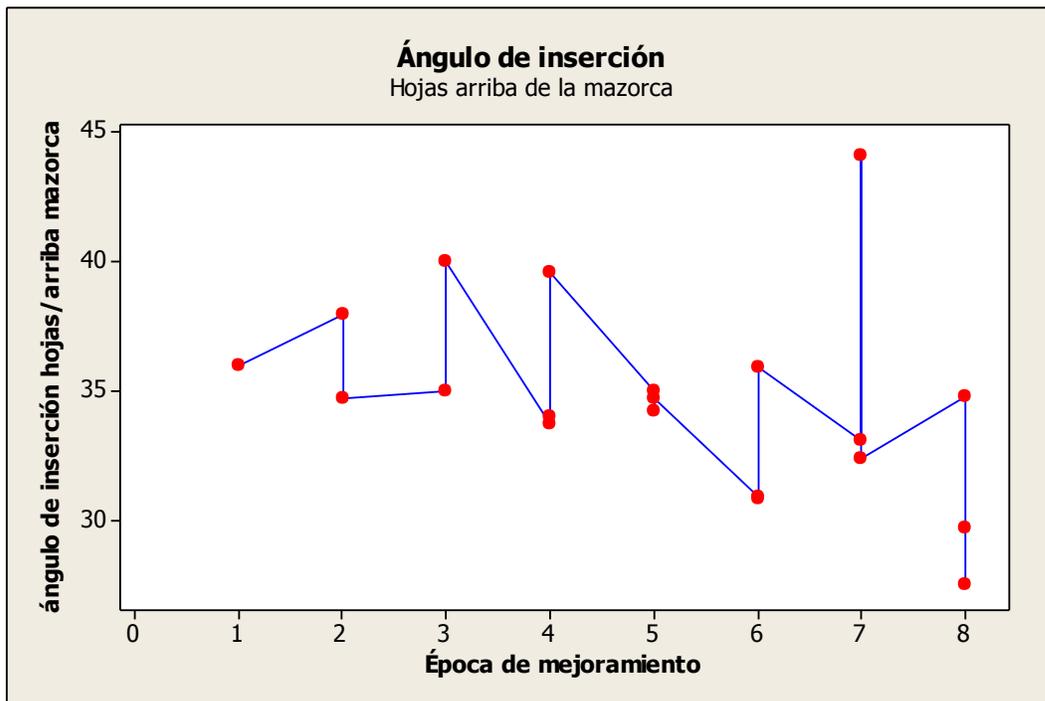


Figura 19. Gráfico del ángulo de inserción de las hojas superiores a través de las 8 épocas de mejoramiento.

En la Figura 20 se muestra la gráfica para el número de ramas laterales de la espiga donde se observa una disminución en el número de ramas de 20 a 8 a través de las ocho épocas; los híbridos modernos disminuyeron notablemente el número de ramas transformando ese ahorro de energía por la disminución del número de ramas y/o excesos en la producción de polen en rendimiento de grano, esto mismo fue observado por Meghji *et al.* (1984).

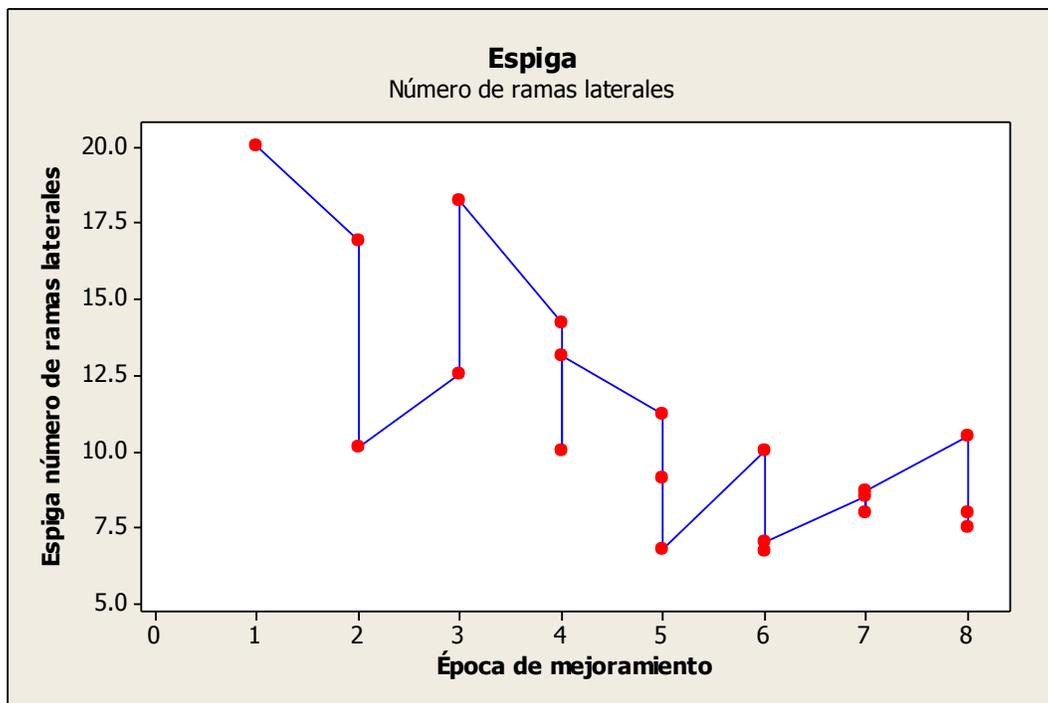


Figura 20. Gráfico del número de ramas laterales de la espiga a través de las 8 épocas de mejoramiento.

En el Cuadro 13 se presentan las pruebas de *t* de las medias de ángulo de inserción de las hojas debajo de la mazorca y número de ramas laterales de la espiga que fueron las de mayor varianza en el análisis de componentes principales. En lo que respecta al ángulo de inserción de las hojas debajo de la mazorca hay una reducción de 14° de 38° a 24° lo cual significa que los híbridos

V CONCLUSIONES

El incremento en rendimiento de grano fue de 547 kg/ ha/ época muy probablemente de una selección indirecta sobre componentes de rendimiento; además el 2.3%/ época corresponde al uso de densidades de población.

El comportamiento de los híbridos de las épocas siete y ocho incrementa continuamente el rendimiento y la respuesta a las densidades de población es del 2 al 4% en promedio entre densidad intermedia y baja y entre alta e intermedia respectivamente marcando una continua diferencia y una trayectoria diferencial para los futuros productos en los próximos lanzamientos.

La diferencia entre la densidad más baja (75,000 ptas. /ha) contra la más alta (115,000 ptas. /ha) fue de 610 kg.

El diámetro de mazorca, longitud de mazorca, número de hileras y número de granos/hilera (56.4% de la varianza) fueron los caracteres de mazorca que contribuyeron mas al rendimiento de grano. El más significativo es el diámetro de mazorca ya que contribuye con un 21.8% de la varianza total.

El número de ramas laterales de la espiga se ha reducido en los nuevos genotipos de 20 ramas laterales en los híbridos más viejos a 7 ramas laterales en los más modernos, esto esta correlacionado negativamente y altamente significativo con el rendimiento de grano.

Otra característica morfológica que ha disminuido es el ángulo de hoja de 38 a 24 grados haciendo los híbridos modernos de hoja más erecta comparados con los viejos y facilitando la penetración de luz y mayor radiación en las hojas.

Los híbridos nuevos fueron mejores que los híbridos viejos para una gran mayoría de los caracteres de planta y mazorca.

VI BIBLIOGRAFIA

- Andrade, F.H., C. Vega, S. Uhart, A. Cirilo, M. Cantarero, y O. Valentinuz. 1999. Kernel number determination in Maize. *Crop Sci.* 39:453-459.
- Bruulsema, T.W., M.Tollenaar and J.R.Heckman. 2000. Boosting crop yields in the next century. *Better crops* 84: 9-13
- Carlone, M.R., W.A. Russell, 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Sci.* 27, 465-470
- Cavaliere, A.J., Smith, O.S. 1985. Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930 to 1982. *Crop Sci.* 25:856-860
- Cunha Fernandes, J.S., and Franzon, J.F. 1997. Thirty years of genetic process in maize (*Zea mays* L.) in a tropical environment. *Maydica* 42, 21-27
- Derieux, M., M. Darrigrand, A. Gallais, Y. Barriere, D. Bloc, and Y. Montalan. 1987. Estimation du progrès génétique réalisée chez le maïs grain in France entre 1950 et 1985. *Agronomie* 7: 1-11
- Ding, L., Wang, K.J., Jiang, J.M., Liu, M.Z., Niu, S.L., Gao, L.M. 2005. Post-anthesis changes in photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Field Crop Research* 93:108-115
- Donald, C.M. 1968. The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17, 385-403
- Drinic, G., Stankovic, G., Pajic, Z., Vancetovic, J., Ignjatovic, D. 2007. Sixty years of ZP maize hybrid breeding. *Maydica* 52: 281-288

Duvick, D.N. and Cassman, K.G. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. *Crop Sci.* 39:1622-1630.

Duvick, D.N. 2005. Genetic progress in yield of United States Maize (*Zea mays* L.) 2005. *Maydica* 50: 193-202

Dwyer, L.M., M.Tollenaar, 1989. Genetic improvement in photosynthetic response of hybrid maize cultivars, 1959 to 1988. *Can. J. Plant Sci.* 69: 81-91

Echarte, L., F.H. Andrade, V.O. Sadras, P. Abbate, 2006. Kernel weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Research* 96:307-312

Echarte, L., F.H. Andrade, C.R.C. Vega, M. Tollenaar, 2004. Kernel number determination in Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Crop Sci.* 44: 1654-1661

Echarte, L., S. Rothstein, M. Tollenaar, 2008. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Sci.* 48: 656-665

Echarte, L., S. Luque, F.H. Andrade, V.O. Sandras, A. Cirilo, M.E. Otegui, C.R.C. Vega, 2002. Response of maize kernel number to plant population in Argentinean hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Research* 68, 1-8

Echarte, L., F.H. Andrade, 2003. Harvest index of Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. *Field Crops Research* 82: 1-12

Evans, L.T., Fischer, R.A. 1999. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop Sci.* 39: 1544-1551.

- Eyherabide, G.H., A.L.Damilano, and J.C. Colazo.1994. Genetic gain for grain yield of maize in Argentina. *Maydica* 39:207-211
- Fasoula, V.A., M. Tollenaar, 2005. The impact of plant population density on crop yield and response to selection in maize. *Maydica* 50:39-48
- Frei, O.M. 2000. Changes in yield physiology of corn as result of breeding in northern Europe. *Maydica* 45:173-183
- Meghji, M.R., Dudley, J.W., Lambert, R.J., and Spregue, G.F. 1984. Inbreeding depression inbred and hybrid grain yields, and other traits of maize genotypes representing three eras. *Crop Sci.* 24. 545-54
- Moran, V., J.L. Ramirez, J.R. Parra. 1993. Ganancia genética de variedades mejoradas de maíz liberadas en diferentes épocas. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 16:102-112.
- O'Neill, Patrick M., Shanahan, John F., Schepers, James S., and Caldwell Bob. 2004. Corn agronomic responses of corn hybrids from different eras to deficit and adequate levels of water and nitrogen. *Agron. J.* 96:1660-1667
- Otegui, M.E. and R. Bonhomme. 1998. Grain yield components in Maize. I. Ear growth and kernel set. *Field Crops Res.* 56:247-256.
- Palacios V. O., A. Ortega C., M. de J. Guerrero H., J.M. Hernández C., L.A. Peinado F. 2008. Diversidad y distribución actual de los maíces nativos en Sinaloa. CONABIO-INIFAP p. 1-100.
- Riedeman, E.S., and Tracy W.F. 1999. Vegetative phase change characteristics and resistance to common rust of corn cultivars developed in different eras. *Crop Sci.* 50:87-92

Russell, W.A. 1974. Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding. pp. 81-101. In: 29th Ann. Corn and Sorghum Res. Conf. Vol 29. American Seed Trade Association, Chicago, Illinois.

Sangoi, L., Gracietti, M.A., Rampazoo, C., Bianchetii, P., 2002. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant population. *Field Crops Research* 79, 39-51

Sarlangue, T., F.H. Andrade, P.A. Calviño, L.C. Purcell, 2007. Why do maize hybrids respond differently to variations in plant density. *Agron. J.* 99: 984-991.

Scott, M.P., J.W. Edwards, C.P. Bell, J.R. Schussler, J.S. Smith. 2006. Grain composition and amino acid content in maize cultivars representing 80 years of commercial maize varieties. *Maydica* 51: 417-423

Sharratt, B.S., D.A. Mcwilliams, 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. *Agron. J.* 97:1129-1135

Smith, J. Stephen C., Duvick, D.N., Smith, Oscar S., Cooper, Mark and Feng Lizhi. 2004. Changes in pedigree backgrounds of pioneer brand maize hybrids widely grown from 1930 to 1999. *Crop Sci.* 44:1935-1946

Smith, J.S.C., P. desbons, J.Gogerty, and W.S.Niebur. 2006a. Changes in parentage and genetic diversity of widely used maize hybrids grown in the northern United States and France from 1930 to the present. *Maydica* 51:57-77

Smith, S. 2007. Pedigree pedigree background changes in U.S. hybrid maize between 1980 and 2004. *Crop Sci.* 47:1914-1926

Tokatlidis, I.S., Koutrobas, S.D., 2004. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research* 88, 103-114.

- Tokatlidis, I.S., M. Koutsika-Sotiriou, E. Tamoutsidis, 2005. Benefits from using maize density-independent hybrids. *Maydica* 50: 9-17
- Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 29:1365-1371
- Tollenaar, M. 1991. Physiological basis of the genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Sci.* 31:119-124
- Tollenaar, M., Aguilera, A. 1997. Grain yield is reduced more by weed interference in an old than in a new maize hybrid. *Agronomy Journal* 89:239-246
- Tollenaar, M., L.M.Dwyer, and D.W.Stewart.1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. *Crop Sci.* 32:432-438
- Tollenaar, M., A. Ahmadzadeh, E.A. Lee. 2004. Physiological basis for grain yield improvement in maize. *Crop Sci.* 44:2086-2094
- Tollenaar, M., and E.A.Lee. 2006. Physiological dissection of grain yield in maize by examining genetic improvement and heterosis. *Maydica* 51:399-408
- Tollenaar, M., and E.A.Lee. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Sci.* 47(S3) S202-S215
- Troyer, A.F., and R.W. Rosenbrook. 1983. Utility of higher plant population densities for corn performance testing. *Crop Sci.* 23:863-867
- Troyer, A.F., and R.W. Rosenbrook. 2009. Development of hybrid corn and the seed corn industry. *Maize handbook-Volume II: Genetic and Genomics* 87-104

Valentinuz, Oscar R., Tollenaar, M. 2004. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. *Crop Sci.* 44:827-834

Xiaoke, C., Mingshun, L., Xiaoling, L., Zhenjiang, X., Degui, Z., Xinhai, L., Zhenyu, L., Gaolin, R., Li, B., Chuanxiao, X., Zhuanfang, H., and Shihuang, Z. 2011. Genetic contribution to advanced yield for maize hybrids released from 1970 to 2000 in China. *Crop Sci.* 51:13-20

VII APENDICE

A1. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Angostura

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Número de hileras	Mala cobertura *	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	14.727	15.95	5.5	13.65	31.05	16.0	1.0	13.030
38	XPM1240	95	18	8	14.502	17.35	5.5	15.35	32.30	15.5	1.0	13.040
18	XPM1240	75	18	8	13.616	18.15	6.0	15.00	32.15	15.5	1.0	12.370
37	XPM2030	95	17	7	13.342	15.60	5.0	13.70	31.20	14.5	1.0	11.755
59	XPM8281	115	19	8	13.319	15.60	5.0	14.60	31.70	14.5	1.0	11.735
16	XPM4006	75	16	7	13.294	15.65	5.0	15.50	34.90	15.0	2.5	11.720
57	XPM2030	115	17	7	13.240	15.60	5.0	12.90	28.75	14.0	1.0	11.665
36	XPM4006	95	16	7	13.144	15.60	5.0	14.60	32.30	14.5	1.0	11.580
35	XPM8461	95	15	7	12.981	15.70	5.0	15.10	33.55	14.5	1.5	11.450
55	XPM8461	115	15	7	12.978	16.25	5.0	13.40	31.55	14.0	1.0	11.515
39	XPM8281	95	19	8	12.924	15.65	5.0	14.65	32.65	14.5	1.0	11.395
40	COP146	95	20	8	12.819	14.55	5.0	14.90	32.55	15.5	1.0	11.155
34	XPM2022	95	14	6	12.747	15.10	5.0	14.50	31.60	13.5	1.5	11.165
19	XPM8281	75	19	8	12.743	16.70	5.0	16.10	34.00	15.5	2.0	11.375
20	COP146	75	20	8	12.666	14.65	5.0	15.90	35.60	15.0	2.0	11.035
49	XPM1501	115	9	5	12.578	15.35	5.0	13.20	30.05	14.0	1.0	11.050
15	XPM8461	75	15	7	12.476	16.10	5.0	15.60	34.95	13.5	2.5	11.055
17	XPM2030	75	17	7	12.457	16.70	5.0	15.10	34.00	15.0	3.0	11.125
54	XPM2022	115	14	6	12.442	15.55	5.0	14.65	31.30	14.0	1.0	10.955
56	XPM4006	115	16	7	12.084	15.35	5.0	13.45	30.60	15.0	1.0	10.615
28	XPM7514	95	8	4	11.960	16.65	5.0	15.60	35.90	14.0	1.0	10.670
33	XMP4002	95	13	6	11.927	16.05	5.0	14.25	32.70	14.0	1.0	10.565
51	XPM2020	115	11	5	11.920	15.50	5.0	15.20	33.55	14.0	1.0	10.490
14	XPM2022	75	14	6	11.825	15.00	5.0	16.70	36.25	14.0	2.0	10.345
32	COP149	95	12	6	11.820	14.55	5.0	15.85	33.55	13.0	1.0	10.285
24	XPM7419	95	4	3	11.767	15.35	5.0	16.85	37.30	14.5	2.0	10.340
60	COP146	115	20	8	11.677	15.45	5.0	14.95	32.90	15.5	1.0	10.255
12	COP149	75	12	6	11.522	15.65	5.0	16.40	32.85	13.5	1.0	10.160
4	XPM7419	75	4	3	11.449	14.90	5.0	18.30	40.90	14.0	1.5	10.005
53	XMP4002	115	13	6	11.343	16.45	5.0	13.85	31.20	15.0	2.0	10.095
8	XPM7514	75	8	4	11.283	17.15	5.0	16.55	39.05	14.0	1.5	10.130
31	XPM2020	95	11	5	11.176	16.15	5.0	15.35	33.70	14.0	2.0	9.910
50	COP157	115	10	5	11.115	14.25	5.0	14.95	33.40	13.0	1.0	9.640
30	COP157	95	10	5	10.900	14.95	5.0	15.55	34.35	13.5	1.5	9.530
44	XPM7419	115	4	3	10.862	14.35	5.0	15.10	37.95	14.5	1.5	9.430
25	XPM7597	95	5	3	10.767	16.25	5.0	15.25	34.35	13.5	1.5	9.570
27	COP154	95	7	4	10.617	15.15	5.0	15.75	33.95	13.0	1.0	9.300
6	XPM7539	75	6	4	10.478	16.40	5.0	17.45	37.15	14.5	1.5	9.315
52	COP149	115	12	6	10.476	14.50	5.0	15.85	32.20	13.0	1.0	9.110
48	XPM7514	115	8	4	10.407	16.55	5.0	14.60	33.75	14.0	1.0	9.275
47	COP154	115	7	4	10.337	15.15	4.5	16.25	35.40	13.5	1.0	9.055
10	COP157	75	10	5	10.243	15.45	5.0	16.25	36.05	13.5	1.5	9.010
7	COP154	75	7	4	10.147	15.70	5.0	16.95	37.30	13.5	1.5	8.950
26	XPM7539	95	6	4	9.998	16.70	5.0	16.20	35.60	14.5	1.0	8.930
2	XPM7545	75	2	2	9.891	15.40	5.0	16.10	37.85	14.0	2.0	8.695
21	XPM7500	95	1	1	9.856	18.40	5.0	14.45	30.75	14.5	1.0	8.985
22	XPM7545	95	2	2	9.836	15.00	5.0	13.90	30.60	14.0	2.0	8.605
5	XPM7597	75	5	3	9.759	16.35	5.0	14.35	32.35	13.5	1.5	8.675
42	XPM7545	115	2	2	9.755	16.50	5.0	14.80	30.90	15.0	1.0	8.690
43	XPM7573	115	3	2	9.737	14.65	5.0	14.55	30.40	13.5	1.0	8.485
45	XPM7597	115	5	3	9.699	15.25	5.0	13.90	30.85	13.5	1.0	8.510
13	XMP4002	75	13	6	9.605	17.35	5.0	15.65	34.65	15.5	2.5	8.635
29	XPM1501	95	9	5	9.557	16.35	5.0	14.70	34.25	14.0	1.0	8.480
46	XPM7539	115	6	4	9.543	16.60	5.0	14.95	33.55	14.0	1.0	8.510
3	XPM7573	75	3	2	9.307	15.35	5.0	15.60	33.60	14.0	1.0	8.175
23	XPM7573	95	3	2	9.012	14.80	5.0	15.15	32.35	13.5	1.0	7.865
41	XPM7500	115	1	1	8.954	17.85	5.0	14.10	30.95	13.0	1.0	8.105
9	XPM1501	75	9	5	8.923	17.50	5.0	16.00	36.50	14.0	2.5	8.050
11	XPM2020	75	11	5	8.778	16.95	5.0	15.70	36.65	14.5	2.0	7.870
1	XPM7500	75	1	1	8.406	18.40	5.0	12.40	30.45	14.5	1.5	7.660

* Se considera como 1 buena cobertura y 5 mala cobertura

A2.Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Campo Eureka.

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Número de hileras	Mala cobertura *	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	17.448	19.55	5.5	15.65	32.15	17.0	1.0	16.130
38	XPM1240	95	18	8	16.208	18.85	5.5	13.65	30.05	16.5	1.0	14.855
37	XPM2030	95	17	7	15.493	16.95	5.0	13.20	29.05	15.0	1.0	13.870
18	XPM1240	75	18	8	15.158	19.30	6.0	16.10	35.05	17.0	1.0	13.975
60	COP146	115	20	8	15.128	15.80	5.0	14.85	32.95	15.0	1.5	13.360
56	XPM4006	115	16	7	14.926	17.35	5.0	14.10	30.95	15.0	1.0	13.430
32	COP149	95	12	6	14.764	16.00	5.0	16.85	35.35	13.5	1.0	13.070
59	XPM8281	115	19	8	14.670	18.40	5.0	14.25	30.45	15.5	1.0	13.375
30	COP157	95	10	5	14.574	16.65	5.0	14.95	34.65	13.5	1.0	13.005
52	COP149	115	12	6	14.559	15.95	5.0	15.60	32.70	13.0	1.0	12.880
47	COP154	115	7	4	14.428	16.70	5.0	15.50	31.40	13.5	1.0	12.880
34	XPM2022	95	14	6	14.310	16.05	5.0	14.65	31.35	15.0	1.0	12.675
50	COP157	115	10	5	14.199	16.00	5.0	15.90	33.75	13.0	1.0	12.575
33	XMP4002	95	13	6	14.186	16.15	5.0	13.80	31.95	16.0	1.0	12.580
57	XPM2030	115	17	7	14.135	17.05	5.5	14.30	31.55	15.5	1.0	12.670
54	XPM2022	115	14	6	14.023	16.15	5.0	15.10	33.10	14.5	1.0	12.435
36	XPM4006	95	16	7	13.870	17.50	5.0	13.65	31.90	15.0	1.0	12.505
27	COP154	95	7	4	13.836	16.25	5.0	14.70	32.45	14.0	1.0	12.285
16	XPM4006	75	16	7	13.807	15.95	5.0	15.90	35.75	16.5	1.0	12.215
29	XPM1501	95	9	5	13.717	16.05	5.0	12.60	29.35	14.5	1.0	12.150
46	XPM7539	115	6	4	13.701	18.50	5.0	14.40	32.55	14.5	1.0	12.500
39	XPM8281	95	19	8	13.681	16.75	5.0	13.50	31.00	15.5	1.0	12.230
19	XPM8281	75	19	8	13.674	16.05	5.5	15.75	36.10	15.5	1.0	12.115
10	COP157	75	10	5	13.670	16.60	5.0	16.40	37.05	13.5	1.0	12.185
49	XPM1501	115	9	5	13.670	16.20	5.0	14.10	31.05	14.5	1.0	12.130
28	XPM7514	95	8	4	13.546	17.85	5.0	13.90	33.10	15.5	1.0	12.260
15	XPM8461	75	15	7	13.441	15.30	5.0	15.30	34.55	16.0	2.0	11.800
13	XMP4002	75	13	6	13.235	16.55	5.0	15.30	35.50	16.0	2.0	11.795
26	XPM7539	95	6	4	13.206	18.35	5.0	13.80	32.20	15.0	1.0	12.035
8	XPM7514	75	8	4	13.196	18.45	5.0	13.95	34.45	15.0	1.0	12.030
55	XPM8461	115	15	7	13.186	16.95	5.0	14.85	32.25	16.0	1.5	11.820
53	XMP4002	115	13	6	13.170	16.55	5.0	15.00	32.10	15.5	1.0	11.740
35	XPM8461	95	15	7	13.065	15.65	5.0	16.00	34.10	16.0	1.5	11.520
17	XPM2030	75	17	7	13.062	15.95	5.0	14.35	33.55	16.0	2.0	11.560
12	COP149	75	12	6	13.027	15.65	5.0	14.95	32.00	13.5	1.0	11.490
48	XPM7514	115	8	4	12.978	19.30	5.0	15.55	36.25	15.0	1.0	11.955
51	XPM2020	115	11	5	12.960	16.85	5.0	13.15	29.45	14.5	1.0	11.625
20	COP146	75	20	8	12.747	14.80	5.0	13.80	31.25	15.0	1.0	11.130
6	XPM7539	75	6	4	12.670	18.50	5.0	16.05	37.30	15.0	1.0	11.560
42	XPM7545	115	2	2	12.601	16.95	5.0	14.35	32.70	14.5	1.0	11.280
11	XPM2020	75	11	5	12.580	15.90	5.0	15.55	36.45	15.0	1.0	11.125
40	COP146	95	20	8	12.458	16.55	5.0	14.00	31.55	15.5	1.0	11.100
22	XPM7545	95	2	2	12.457	15.80	5.0	15.10	33.30	16.0	1.0	11.000
45	XPM7597	115	5	3	12.313	16.75	5.0	12.65	28.65	14.0	1.0	11.005
23	XPM7573	95	3	2	12.171	17.20	5.0	12.95	28.60	14.5	1.0	10.930
25	XPM7597	95	5	3	12.166	17.30	5.0	13.45	28.45	14.0	1.5	10.945
9	XPM1501	75	9	5	11.908	15.90	5.0	13.55	32.20	14.5	1.5	10.530
31	XPM2020	95	11	5	11.818	15.75	5.0	14.75	34.45	15.0	1.0	10.430
43	XPM7573	115	3	2	11.637	16.15	5.0	13.30	28.45	14.0	1.0	10.325
44	XPM7419	115	4	3	11.628	15.85	5.0	14.80	34.55	15.0	2.5	10.275
41	XPM7500	115	1	1	11.467	18.75	5.0	14.15	30.90	14.5	1.0	10.495
4	XPM7419	75	4	3	11.393	15.45	4.5	16.25	38.65	14.5	1.0	10.020
5	XPM7597	75	5	3	11.328	15.90	5.0	13.20	29.25	14.0	1.0	10.030
14	XPM2022	75	14	6	11.251	16.40	5.0	13.15	29.85	14.5	1.0	10.005
7	COP154	75	7	4	11.226	16.40	5.0	16.50	36.20	13.0	1.0	9.990
2	XPM7545	75	2	2	10.862	15.95	4.5	14.20	31.05	15.0	1.0	9.610
21	XPM7500	95	1	1	10.217	19.20	5.0	13.75	30.30	15.5	1.5	9.400
3	XPM7573	75	3	2	10.179	17.05	5.0	12.80	27.10	14.0	1.0	9.130
24	XPM7419	95	4	3	10.017	15.90	5.0	15.55	36.80	14.5	1.5	8.865
1	XPM7500	75	1	1	9.526	19.10	5.0	13.65	31.70	14.0	1.5	8.750

* Se considera como 1 buena cobertura y 5 mala cobertura

A3. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Casas Grandes

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	14.901	16.50	0.00	0.61	13.265
39	XPM8281	95	19	8	14.564	15.25	0.00	0.00	12.780
35	XPM8461	95	15	7	14.378	14.10	0.68	0.68	12.445
28	XPM7514	95	8	4	14.116	14.70	0.00	0.00	12.305
36	XPM4006	95	16	7	13.961	15.80	0.00	0.00	12.330
56	XPM4006	115	16	7	13.945	15.00	1.25	0.63	12.190
59	XPM8281	115	19	8	13.890	16.25	0.00	1.33	12.335
38	XPM1240	95	18	8	13.829	16.90	2.18	0.00	12.350
18	XPM1240	75	18	8	13.759	16.10	0.00	0.00	12.190
31	XPM2020	95	11	5	13.699	16.10	4.41	0.00	12.230
53	XMP4002	115	13	6	13.669	13.90	3.22	0.00	11.805
34	XPM2022	95	14	6	13.512	14.35	0.00	0.72	11.720
33	XMP4002	95	13	6	13.410	15.40	0.74	0.00	11.785
54	XPM2022	115	14	6	13.311	14.65	0.63	0.00	11.595
13	XMP4002	75	13	6	13.156	14.60	0.00	0.91	11.455
29	XPM1501	95	9	5	13.142	15.10	0.00	0.00	11.510
15	XPM8461	75	15	7	13.046	14.20	0.00	0.00	11.305
37	XPM2030	95	17	7	12.873	14.20	0.00	0.74	11.160
55	XPM8461	115	15	7	12.766	15.40	0.61	0.61	11.220
40	COP46	95	20	8	12.649	13.75	3.79	0.00	10.900
26	XPM7539	95	6	4	12.573	14.85	3.68	0.74	10.980
46	XPM7539	115	6	4	12.453	14.80	2.39	1.74	10.875
49	XPM1501	115	9	5	12.407	14.75	0.00	0.70	10.820
20	COP46	75	20	8	12.232	13.15	0.98	0.98	10.470
19	XPM8281	75	19	8	12.171	14.95	0.00	0.00	10.640
57	XPM2030	115	17	7	11.999	13.50	25.00	0.00	10.315
43	XPM7573	115	3	2	11.955	14.40	0.64	0.64	10.380
60	COP46	115	20	8	11.852	13.60	0.63	0.00	10.200
6	XPM7539	75	6	4	11.815	15.00	4.63	0.93	10.340
48	XPM7514	115	8	4	11.639	16.25	0.67	0.00	10.335
16	XPM4006	75	16	7	11.613	15.30	1.04	0.00	10.205
14	XPM2022	75	14	6	11.451	13.65	0.00	0.00	9.865
12	COP49	75	12	6	11.365	12.80	2.22	0.00	9.695
50	COP57	115	10	5	11.316	15.10	0.70	4.08	9.910
45	XPM7597	115	5	3	11.313	13.80	3.07	0.60	9.760
8	XPM7514	75	8	4	11.300	14.35	3.70	0.00	9.810
32	COP49	95	12	6	11.272	13.85	0.74	0.74	9.730
11	XPM2020	75	11	5	11.177	15.35	0.93	0.93	9.820
24	XPM7419	95	4	3	11.158	13.45	2.24	0.00	9.580
9	XPM1501	75	9	5	11.077	13.85	0.00	0.00	9.565
3	XPM7573	75	3	2	10.970	13.50	5.66	0.00	9.435
44	XPM7419	115	4	3	10.863	13.10	8.13	1.25	9.295
52	COP49	115	12	6	10.814	14.30	0.00	2.47	9.385
17	XPM2030	75	17	7	10.645	14.70	0.00	0.00	9.285
42	XPM7545	115	2	2	10.513	13.15	15.60	0.00	9.005
30	COP57	95	10	5	10.404	13.05	2.94	0.74	8.900
2	XPM7545	75	2	2	10.302	13.50	10.19	1.85	8.855
25	XPM7597	95	5	3	10.193	14.05	0.72	1.45	8.815
51	XPM2020	115	11	5	10.023	14.30	0.65	0.00	8.705
10	COP57	75	10	5	9.854	14.00	0.94	0.93	8.530
23	XPM7573	95	3	2	9.836	15.25	0.00	1.47	8.630
5	XPM7597	75	5	3	9.832	13.70	0.00	0.91	8.470
47	COP54	115	7	4	9.231	13.00	1.36	0.00	7.890
21	XPM7500	95	1	1	9.212	14.75	8.17	0.00	8.035
22	XPM7545	95	2	2	9.131	13.50	26.58	0.74	7.850
4	XPM7419	75	4	3	9.085	14.05	1.85	0.00	7.860
27	COP54	95	7	4	8.957	13.85	2.21	0.00	7.715
41	XPM7500	115	1	1	8.589	17.05	14.33	0.00	7.695
1	XPM7500	75	1	1	8.213	16.50	7.46	0.00	7.315
7	COP54	75	7	4	6.617	14.10	2.78	0.00	5.710

A4. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Caimanero

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	16.232	18.15	6.22	0.00	14.750
55	XPM8461	115	15	7	15.674	15.85	5.25	0.61	13.850
56	XPM4006	115	16	7	15.599	15.35	5.16	0.00	13.700
59	XPM8281	115	19	8	15.555	16.20	1.35	0.00	13.800
54	XPM2022	115	14	6	15.429	14.70	0.63	0.00	13.450
18	XPM1240	75	18	8	15.136	16.71	1.43	0.00	13.600
57	XPM2030	115	17	7	15.048	15.55	2.77	0.00	13.250
53	XMP4002	115	13	6	14.938	15.20	5.86	0.61	13.100
60	COP146	115	20	8	14.876	14.25	1.22	0.00	12.900
39	XPM8281	95	19	8	14.660	16.15	4.35	0.00	13.000
52	COP149	115	12	6	14.517	15.00	2.12	0.61	12.700
35	XPM8461	95	15	7	14.437	15.45	1.85	0.00	12.700
38	XPM1240	95	18	8	14.428	17.75	5.72	0.00	13.050
10	COP157	75	10	5	14.408	15.45	3.11	0.61	12.700
15	XPM8461	75	15	7	14.378	15.26	2.44	0.00	12.650
37	XPM2030	95	17	7	14.191	15.90	2.21	0.00	12.550
9	XPM1501	75	9	5	14.060	14.20	0.61	0.00	12.200
33	XMP4002	95	13	6	13.967	15.20	0.00	0.00	12.250
11	XPM2020	75	11	5	13.755	14.66	0.96	0.61	12.000
14	XPM2022	75	14	6	13.736	14.25	0.00	0.00	11.950
49	XPM1501	115	9	5	13.717	15.70	1.22	0.00	12.100
20	COP146	75	20	8	13.592	14.15	1.23	3.77	11.800
13	XMP4002	75	13	6	13.583	14.66	1.22	0.00	11.850
19	XPM8281	75	19	8	13.447	15.60	5.75	0.65	11.900
32	COP149	95	12	6	13.335	14.50	0.91	0.00	11.600
50	COP157	115	10	5	13.314	16.10	2.24	0.00	11.800
51	XPM2020	115	11	5	13.278	15.60	1.23	0.00	11.700
6	XPM7539	75	6	4	13.251	16.61	5.30	0.00	11.850
16	XPM4006	75	16	7	13.214	14.80	0.00	0.00	11.600
47	COP154	115	7	4	13.129	15.45	3.68	2.21	11.550
31	XPM2020	95	11	5	13.016	15.10	6.26	0.00	11.400
46	XPM7539	115	6	4	12.892	17.00	1.30	1.47	11.550
30	COP157	95	10	5	12.855	15.40	0.94	0.00	11.300
36	XPM4006	95	16	7	12.764	15.25	5.38	0.00	11.200
44	XPM7419	115	4	3	12.689	14.60	4.22	0.00	11.050
48	XPM7514	115	8	4	12.640	17.55	2.08	0.00	11.400
17	XPM2030	75	17	7	12.637	15.35	3.17	0.00	11.150
3	XPM7573	75	3	2	12.565	14.96	1.33	0.00	11.000
43	XPM7573	115	3	2	12.542	15.60	5.42	0.75	11.050
12	COP149	75	12	6	12.510	14.80	1.90	0.00	10.950
29	XPM1501	95	9	5	12.445	15.45	0.74	0.00	10.950
7	COP154	75	7	4	12.385	14.66	7.55	1.23	10.800
40	COP146	95	20	8	12.338	13.85	0.00	0.00	10.650
45	XPM7597	115	5	3	12.285	15.80	2.14	0.65	10.850
23	XPM7573	95	3	2	12.254	15.60	1.70	0.00	10.800
4	XPM7419	75	4	3	12.094	14.36	2.39	1.43	10.500
27	COP154	95	7	4	12.086	15.60	6.62	0.00	10.650
8	XPM7514	75	8	4	11.993	15.35	1.85	1.23	10.550
34	XPM2022	95	14	6	11.858	15.20	0.00	0.00	10.400
28	XPM7514	95	8	4	11.258	16.65	0.00	0.00	10.050
42	XPM7545	115	2	2	11.051	14.85	1.37	0.63	9.650
26	XPM7539	95	6	4	10.942	16.40	2.94	0.00	9.750
25	XPM7597	95	5	3	10.902	16.00	2.40	0.00	9.650
1	XPM7500	75	1	1	10.792	16.41	2.86	1.61	9.600
24	XPM7419	95	4	3	10.540	15.25	1.52	0.93	9.250
22	XPM7545	95	2	2	10.491	14.75	4.44	0.00	9.150
5	XPM7597	75	5	3	10.489	14.10	2.50	0.00	9.100
2	XPM7545	75	2	2	9.775	14.96	8.35	1.30	8.550
41	XPM7500	115	1	1	9.206	18.90	10.49	0.75	8.450
21	XPM7500	95	1	1	9.030	17.60	9.04	0.74	8.150

A5. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Mochicaui.

Trat.	Híbrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Peso de campo
57	XPM2030	115	17	7	15.063	14.30	147.5	242.5	2.53	0.00	13.070
39	XPM8281	95	19	8	14.763	15.20	140.0	257.5	0.00	0.00	12.945
18	XPM1240	75	18	8	14.328	16.25	147.5	240.0	0.94	0.00	12.725
38	XPM1240	95	18	8	14.207	16.15	145.0	242.5	0.00	4.26	12.590
55	XPM8461	115	15	7	14.059	14.25	145.0	252.5	0.00	0.00	12.195
33	XMP4002	95	13	6	13.885	14.75	145.0	245.0	0.00	0.00	12.110
58	XPM1240	115	18	8	13.871	15.15	145.0	247.5	0.77	0.00	12.165
54	XPM2022	115	14	6	13.771	15.15	132.5	245.0	0.00	0.00	12.070
40	COP46	95	20	8	13.627	13.90	142.5	260.0	1.49	0.00	11.770
13	XMP4002	75	13	6	13.579	14.65	150.0	235.0	0.00	0.00	11.835
49	XPM1501	115	9	5	13.539	14.45	132.5	235.0	0.00	0.00	11.770
35	XPM8461	95	15	7	13.452	14.95	135.0	232.5	0.00	0.00	11.760
31	XPM2020	95	11	5	13.366	15.45	135.0	235.0	1.52	1.52	11.755
60	COP46	115	20	8	13.354	13.95	132.5	247.5	1.41	0.00	11.540
15	XPM8461	75	15	7	13.060	14.70	142.5	245.0	0.00	0.00	11.385
36	XPM4006	95	16	7	12.773	14.70	132.5	232.5	0.00	0.00	11.135
53	XMP4002	115	13	6	12.730	14.65	150.0	255.0	0.00	0.00	11.090
34	XPM2022	95	14	6	12.693	14.95	145.0	250.0	1.75	0.00	11.095
20	COP46	75	20	8	12.642	13.80	142.5	252.5	0.00	0.00	10.905
59	XPM8281	115	19	8	12.553	14.40	142.5	245.0	0.00	0.00	10.905
26	XPM7539	95	6	4	12.425	16.35	140.0	250.0	0.00	0.00	11.045
17	XPM2030	75	17	7	12.363	14.60	142.5	232.5	0.00	0.00	10.765
29	XPM1501	95	9	5	12.255	14.75	132.5	242.5	0.00	0.00	10.690
16	XPM4006	75	16	7	12.251	14.90	142.5	240.0	0.00	1.85	10.705
37	XPM2030	95	17	7	12.246	14.10	152.5	232.5	0.00	0.00	10.600
11	XPM2020	75	11	5	12.215	15.05	130.0	227.5	3.51	0.00	10.695
32	COP49	95	12	6	12.138	14.00	135.0	247.5	0.00	0.00	10.495
9	XPM1501	75	9	5	11.960	14.75	127.5	227.5	0.94	0.00	10.435
5	XPM7597	75	5	3	11.939	14.60	135.0	237.5	0.93	0.00	10.395
19	XPM8281	75	19	8	11.886	15.25	140.0	235.0	0.00	0.94	10.430
28	XPM7514	95	8	4	11.839	15.70	165.0	255.0	0.00	1.54	10.445
8	XPM7514	75	8	4	11.740	16.25	150.0	252.5	0.91	0.00	10.425
4	XPM7419	75	4	3	11.545	13.85	130.0	240.0	0.00	0.00	9.965
45	XPM7597	115	5	3	11.520	14.75	135.0	247.5	0.00	0.00	10.050
56	XPM4006	115	16	7	11.516	14.25	150.0	247.5	0.86	0.00	9.985
46	XPM7539	115	6	4	11.434	15.95	147.5	245.0	0.00	0.00	10.120
48	XPM7514	115	8	4	11.344	16.55	152.5	267.5	0.00	1.45	10.100
6	XPM7539	75	6	4	11.330	15.95	145.0	245.0	0.91	0.96	10.025
52	COP49	115	12	6	11.304	13.65	150.0	240.0	0.00	0.00	9.735
44	XPM7419	115	4	3	11.063	12.90	140.0	247.5	0.00	0.63	9.445
43	XPM7573	115	3	2	11.044	14.15	135.0	230.0	1.49	0.00	9.565
27	COP154	95	7	4	10.842	14.30	137.5	255.0	0.00	2.46	9.415
3	XPM7573	75	3	2	10.801	14.50	130.0	230.0	0.00	0.00	9.400
51	XPM2020	115	11	5	10.694	14.65	135.0	232.5	0.00	0.00	9.315
12	COP49	75	12	6	10.570	14.05	137.5	245.0	1.82	0.91	9.145
7	COP154	75	7	4	10.418	14.35	140.0	252.5	0.00	0.00	9.045
2	XPM7545	75	2	2	10.353	13.55	140.0	255.0	0.00	0.00	8.905
14	XPM2022	75	14	6	10.324	15.05	137.5	240.0	0.00	0.00	9.040
23	XPM7573	95	3	2	10.253	14.45	127.5	227.5	0.00	0.00	8.910
22	XPM7545	95	2	2	10.155	14.20	147.5	245.0	0.00	0.77	8.800
42	XPM7545	115	2	2	10.137	13.90	142.5	255.0	0.00	2.09	8.755
24	XPM7419	95	4	3	10.072	12.90	125.0	237.5	0.00	0.00	8.600
10	COP157	75	10	5	9.992	13.85	130.0	252.5	0.96	0.00	8.625
25	XPM7597	95	5	3	9.957	14.70	132.5	237.5	6.41	0.00	8.680
30	COP157	95	10	5	9.641	14.55	132.5	245.0	0.98	0.00	8.400
21	XPM7500	95	1	1	9.371	15.45	135.0	247.5	0.00	0.00	8.240
47	COP154	115	7	4	8.914	14.30	135.0	247.5	0.94	0.00	7.735
41	XPM7500	115	1	1	8.477	15.40	142.5	252.5	0.00	0.00	7.450
50	COP157	115	10	5	8.341	13.85	140.0	257.5	1.65	0.70	7.200
1	XPM7500	75	1	1	7.854	15.90	147.5	245.0	1.11	1.92	6.945

A6. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Poblado.

Trat.	Híbrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Peso de campo
18	XPM1240	75	18	8	7.225	14.69	67.5	167.5	0.00	0.00	6.315
58	XPM1240	115	18	8	6.709	14.26	65.0	165.0	0.00	0.00	5.820
19	XPM8281	75	19	8	6.512	15.78	77.5	172.5	0.00	0.00	5.755
57	XPM2030	115	17	7	6.507	15.26	100.0	182.5	0.00	0.00	5.710
15	XPM8461	75	15	7	6.096	14.79	75.0	165.0	0.98	0.98	5.320
9	XPM1501	75	9	5	6.038	16.16	75.0	160.0	0.00	1.85	5.350
51	XPM2020	115	11	5	5.846	16.40	75.0	165.0	0.00	0.00	5.225
60	COP46	115	20	8	5.811	14.07	92.5	187.5	0.00	2.21	5.030
45	XPM7597	115	5	3	5.610	16.70	72.5	167.5	0.74	2.94	5.010
59	XPM8281	115	19	8	5.585	15.08	85.0	172.5	1.30	0.00	4.890
4	XPM7419	75	4	3	5.567	14.80	67.5	150.0	0.00	0.00	4.865
40	COP46	95	20	8	5.490	16.49	75.0	170.0	0.00	4.04	4.905
10	COP57	75	10	5	5.484	15.74	77.5	180.0	0.94	0.00	4.840
43	XPM7573	115	3	2	5.480	14.97	70.0	160.0	0.00	6.69	4.800
14	XPM2022	75	14	6	5.440	15.47	70.0	170.0	0.00	0.00	4.785
55	XPM8461	115	15	7	5.387	14.19	92.5	182.5	0.00	2.97	4.670
36	XPM4006	95	16	7	5.338	15.84	95.0	180.0	0.63	0.00	4.715
38	XPM1240	95	18	8	5.338	18.95	67.5	160.0	0.00	0.00	4.880
54	XPM2022	115	14	6	5.318	14.59	90.0	187.5	0.00	0.00	4.630
44	XPM7419	115	4	3	5.278	14.20	65.0	162.5	0.00	0.00	4.565
16	XPM4006	75	16	7	5.272	14.38	70.0	162.5	0.00	12.04	4.575
39	XPM8281	95	19	8	5.265	15.76	72.5	172.5	0.75	0.00	4.645
47	COP54	115	7	4	5.197	19.21	67.5	182.5	0.89	1.79	4.785
3	XPM7573	75	3	2	5.186	15.79	65.0	160.0	0.00	0.94	4.580
56	XPM4006	115	16	7	5.126	15.20	85.0	175.0	0.65	1.30	4.495
8	XPM7514	75	8	4	5.119	15.87	85.0	172.5	1.92	4.81	4.530
17	XPM2030	75	17	7	5.077	15.93	75.0	167.5	0.00	0.00	4.490
34	XPM2022	95	14	6	5.043	15.81	75.0	167.5	0.00	0.00	4.460
35	XPM8461	95	15	7	5.004	15.58	75.0	167.5	1.52	0.78	4.410
49	XPM1501	115	9	5	4.802	14.91	75.0	170.0	0.00	3.03	4.195
30	COP57	95	10	5	4.794	17.69	75.0	190.0	0.00	0.00	4.330
6	XPM7539	75	6	4	4.786	20.22	85.0	175.0	0.00	0.00	4.450
20	COP46	75	20	8	4.705	14.98	70.0	165.0	0.94	4.90	4.115
25	XPM7597	95	5	3	4.693	16.89	77.5	177.5	0.00	10.02	4.200
23	XPM7573	95	3	2	4.657	17.24	70.0	160.0	0.63	3.28	4.155
46	XPM7539	115	6	4	4.656	20.78	97.5	190.0	2.70	2.33	4.370
52	COP49	115	12	6	4.589	16.52	82.5	172.5	0.00	3.91	4.110
2	XPM7545	75	2	2	4.553	14.55	82.5	187.5	0.00	0.00	3.960
12	COP49	75	12	6	4.491	13.50	72.5	177.5	0.00	0.00	3.860
32	COP49	95	12	6	4.431	16.65	85.0	170.0	1.49	2.08	3.955
31	XPM2020	95	11	5	4.430	15.20	70.0	165.0	0.00	0.00	3.885
42	XPM7545	115	2	2	4.408	16.57	90.0	185.0	1.32	2.63	3.935
53	XMP4002	115	13	6	4.319	15.43	72.5	157.5	1.32	6.21	3.795
11	XPM2020	75	11	5	4.305	17.54	67.5	150.0	1.43	2.86	3.870
13	XMP4002	75	13	6	4.270	16.55	70.0	165.0	0.00	0.00	3.820
22	XPM7545	95	2	2	4.250	17.51	75.0	172.5	0.00	0.88	3.830
24	XPM7419	95	4	3	4.231	14.17	52.5	140.0	0.00	0.63	3.665
48	XPM7514	115	8	4	4.182	18.35	95.0	182.5	0.00	1.00	3.810
7	COP54	75	7	4	4.164	18.02	65.0	177.5	0.00	0.00	3.770
29	XPM1501	95	9	5	4.138	14.42	75.0	172.5	0.76	0.00	3.595
5	XPM7597	75	5	3	4.128	16.82	65.0	157.5	0.93	1.97	3.690
33	XMP4002	95	13	6	4.018	15.10	72.5	155.0	0.00	0.69	3.520
1	XPM7500	75	1	1	3.967	17.64	60.0	152.5	0.00	0.00	3.580
50	COP57	115	10	5	3.954	17.25	62.5	175.0	0.00	0.00	3.555
37	XPM2030	95	17	7	3.869	18.10	70.0	150.0	0.00	0.00	3.510
27	COP54	95	7	4	3.826	17.47	60.0	167.5	0.00	0.00	3.445
26	XPM7539	95	6	4	3.766	19.55	102.5	195.0	0.68	6.45	3.495
41	XPM7500	115	1	1	3.508	17.45	65.0	152.5	1.39	0.69	3.165
28	XPM7514	95	8	4	2.611	16.33	77.5	170.0	2.83	0.00	2.360
21	XPM7500	95	1	1	1.952	16.24	50.0	135.0	1.58	0.00	1.755

A7. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Quila.

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Diámetro de mazorca (cm)	Longitud de mazorca (cm)	Número de granos/hilera	Número de hileras	Mala cobertura *	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	14.679	18.85	1.90	0.63	78.5	80.5	5.4	14.10	32.60	16.7	1.5	13.450
38	XPM1240	95	18	8	14.646	18.40	3.68	0.00	78.0	80.0	5.5	15.05	34.60	16.9	2.0	13.350
50	COP157	115	10	5	14.295	15.30	2.53	0.00	78.0	80.0	4.8	16.10	37.50	13.9	1.5	12.550
57	XPM2030	115	17	7	14.228	15.70	5.00	0.63	79.0	81.0	5.3	14.20	34.55	16.0	2.5	12.550
53	XMP4002	115	13	6	14.073	15.95	1.85	3.11	78.5	80.5	5.3	15.75	36.85	16.0	3.5	12.450
59	XPM8281	115	19	8	14.003	16.70	2.69	0.63	78.5	80.5	5.4	14.75	33.75	16.0	2.0	12.500
39	XPM8281	95	19	8	13.707	16.80	0.00	1.47	80.0	82.0	5.4	14.60	33.50	16.4	2.0	12.250
18	XPM1240	75	18	8	13.572	20.15	0.93	1.85	78.5	80.5	5.5	15.35	35.05	16.9	2.0	12.650
34	XPM2022	95	14	6	13.563	15.95	0.75	0.00	78.5	80.5	5.1	15.40	35.90	15.3	2.0	12.000
35	XPM8461	95	15	7	13.419	16.15	1.47	1.47	79.0	81.5	5.2	14.60	33.85	15.9	2.0	11.900
37	XPM2030	95	17	7	13.409	15.85	0.00	0.00	79.5	81.0	5.4	14.55	33.05	16.9	2.5	11.850
32	COP49	95	12	6	13.275	14.90	0.00	0.00	77.5	79.5	4.8	16.35	36.85	13.2	1.0	11.600
52	COP49	115	12	6	13.265	14.60	0.00	0.00	78.5	81.0	4.7	16.25	36.80	13.0	2.0	11.550
56	XPM4006	115	16	7	13.236	15.85	1.30	1.31	79.5	81.5	5.1	15.50	37.80	15.5	2.0	11.700
36	XPM4006	95	16	7	13.220	15.95	0.00	0.00	80.0	81.5	5.2	15.05	36.90	14.7	2.0	11.700
49	XPM1501	115	9	5	13.183	15.85	3.14	1.26	81.5	83.5	5.1	14.60	35.85	15.1	1.5	11.650
55	XPM8461	115	15	7	13.084	15.40	4.46	0.64	78.5	80.5	5.2	15.30	36.00	15.9	2.5	11.500
13	XMP4002	75	13	6	13.057	16.30	0.00	0.93	78.5	81.5	5.3	15.95	36.30	15.7	2.5	11.600
51	XPM2020	115	11	5	13.019	15.45	1.33	1.33	79.5	81.0	5.1	14.75	37.10	15.1	1.5	11.450
16	XPM4006	75	16	7	13.015	16.20	0.93	0.00	78.5	80.5	5.4	16.40	39.25	15.8	3.5	11.550
33	XMP4002	95	13	6	13.015	15.85	2.95	1.48	78.5	80.5	5.2	15.15	34.95	15.5	2.0	11.500
30	COP157	95	10	5	12.989	14.90	2.23	0.74	78.5	80.5	4.9	15.80	38.60	13.4	2.0	11.350
48	XPM7514	115	8	4	12.987	17.45	0.00	0.00	82.0	84.0	5.3	15.30	38.50	15.5	1.0	11.700
31	XPM2020	95	11	5	12.961	15.45	3.72	0.00	79.0	81.0	5.1	15.40	36.20	14.7	2.5	11.400
29	XPM1501	95	9	5	12.956	15.85	0.74	0.00	80.0	82.0	5.2	14.25	35.80	14.8	1.5	11.450
54	XPM2022	115	14	6	12.912	15.40	1.83	1.23	78.0	80.0	5.1	15.70	36.25	15.4	3.0	11.350
12	COP49	75	12	6	12.756	14.55	0.00	0.00	79.5	82.0	4.9	17.65	40.35	13.4	1.0	11.100
19	XPM8281	75	19	8	12.755	17.50	0.00	0.91	79.5	82.0	5.5	15.45	36.75	15.9	2.5	11.500
46	XPM7539	115	6	4	12.703	17.85	4.33	0.00	81.5	84.5	5.1	17.40	40.30	15.2	2.0	11.500
10	COP157	75	10	5	12.645	14.90	0.93	0.00	77.0	79.5	4.9	17.10	39.45	13.6	2.5	11.050
15	XPM8461	75	15	7	12.634	16.50	1.85	0.00	78.0	80.0	5.4	16.55	38.30	15.8	3.5	11.250
28	XPM7514	95	8	4	12.549	18.15	0.75	0.74	81.5	83.5	5.0	15.90	40.30	15.0	2.0	11.400
60	COP46	115	20	8	12.426	14.05	0.67	0.00	75.5	77.5	5.1	14.45	33.05	15.6	2.0	10.750
40	COP46	95	20	8	12.404	14.20	0.00	0.00	76.5	78.5	5.2	13.70	32.50	16.0	2.0	10.750
26	XPM7539	95	6	4	12.353	18.35	0.00	0.00	82.0	84.0	5.0	15.65	38.05	14.9	1.5	11.250
17	XPM2030	75	17	7	12.351	16.50	0.00	0.00	78.0	80.0	5.5	15.50	35.15	16.0	3.5	11.000
14	XPM2022	75	14	6	12.286	15.40	0.00	0.00	79.0	81.0	5.2	16.15	35.45	15.5	3.5	10.800
11	XPM2020	75	11	5	12.274	15.10	0.93	0.00	78.0	80.0	5.2	16.45	38.70	15.3	3.0	10.750
8	XPM7514	75	8	4	12.198	18.65	0.00	0.00	81.5	84.0	5.2	16.00	39.85	15.1	2.5	11.150
20	COP46	75	20	8	11.803	13.95	0.00	0.00	74.5	77.0	5.2	15.95	36.75	15.8	4.0	10.200
44	XPM7419	115	4	3	11.803	15.60	0.00	0.00	80.5	82.5	4.7	16.00	40.05	14.7	2.0	10.400
7	COP154	75	7	4	11.642	14.70	0.94	0.00	77.5	79.5	4.7	17.90	41.60	14.1	2.0	10.150
6	XPM7539	75	6	4	11.583	17.95	0.00	0.00	81.5	83.5	5.2	17.40	41.65	15.0	3.5	10.500
9	XPM1501	75	9	5	11.523	15.60	0.00	0.00	78.5	80.5	5.2	15.90	38.40	14.7	3.0	10.150
25	XPM7597	95	5	3	11.415	15.50	1.48	0.00	81.0	83.0	5.0	13.70	32.15	14.0	2.0	10.050
43	XPM7573	115	3	2	11.334	15.30	3.24	2.21	81.0	83.0	4.8	14.15	32.25	14.5	1.0	9.950
4	XPM7419	75	4	3	11.215	14.90	0.94	0.00	80.5	82.5	5.0	18.15	42.30	14.9	3.5	9.800
23	XPM7573	95	3	2	11.099	15.35	3.75	3.02	80.5	82.5	5.1	14.95	34.05	14.4	2.0	9.750
24	XPM7419	95	4	3	11.095	14.95	0.75	0.00	81.0	83.0	4.8	16.35	39.30	15.0	2.5	9.700
3	XPM7573	75	3	2	11.009	16.90	2.78	1.85	79.5	81.5	5.1	16.40	35.35	14.3	2.5	9.850
27	COP154	95	7	4	10.909	14.60	2.58	0.00	77.5	79.0	4.7	16.75	40.50	13.2	2.0	9.500
45	XPM7597	115	5	3	10.884	15.25	1.33	2.58	81.5	83.5	4.9	14.00	34.05	14.2	1.5	9.550
47	COP154	115	7	4	10.802	15.05	0.00	2.44	78.0	79.5	4.7	17.65	41.20	13.9	2.0	9.450
5	XPM7597	75	5	3	10.701	15.35	1.85	0.00	79.5	81.5	4.9	15.40	35.80	14.0	2.5	9.400
22	XPM7545	95	2	2	10.551	15.15	2.17	0.00	80.5	82.5	5.0	13.95	32.85	16.3	2.0	9.250
42	XPM7545	115	2	2	10.216	14.65	5.72	1.27	81.0	83.0	5.0	14.55	34.75	16.0	2.0	8.900
2	XPM7545	75	2	2	9.698	14.65	0.00	0.96	81.0	83.5	5.0	14.50	34.05	15.2	2.0	8.450
21	XPM7500	95	1	1	9.411	18.15	3.70	0.74	82.0	84.0	5.0	14.50	35.65	15.4	2.0	8.550
41	XPM7500	115	1	1	9.290	18.25	0.85	0.00	81.0	84.0	4.9	13.55	31.55	15.2	2.5	8.450
1	XPM7500	75	1	1	9.233	18.25	0.00	0.93	81.5	83.5	5.0	14.80	34.10	15.5	2.0	8.400

* Se considera como 1 buena cobertura y 5 mala cobertura

A8. Promedios de caracteres agronómicos de la localidad Villa Benito Juárez.

Trat.	Hibrido	Densidad	Entrada	Época	Rendimiento de grano (ton/ha)	% Humedad	Altura de mazorca (cm)	Altura de planta (cm)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)	Peso de campo
58	XPM1240	115	18	8	15.551	16.60	142.5	270.0	3.67	1.23	13.865
55	XPM8461	115	15	7	14.426	15.00	150.0	267.5	1.86	3.10	12.620
18	XPM1240	75	18	8	13.986	16.70	140.0	252.5	2.78	0.93	12.485
57	XPM2030	115	17	7	13.944	14.90	147.5	260.0	3.66	0.00	12.185
38	XPM1240	95	18	8	13.662	17.50	145.0	262.5	1.48	1.49	12.320
37	XPM2030	95	17	7	13.631	14.90	140.0	255.0	2.24	1.48	11.910
15	XPM8461	75	15	7	13.625	14.90	135.0	260.0	1.85	2.81	11.905
56	XPM4006	115	16	7	13.368	15.35	137.5	257.5	2.45	1.84	11.735
39	XPM8281	95	19	8	13.273	15.75	132.5	250.0	4.48	0.75	11.715
51	XPM2020	115	11	5	13.272	14.70	137.5	252.5	6.14	4.29	11.570
34	XPM2022	95	14	6	13.254	14.45	137.5	260.0	0.72	2.21	11.520
60	COP146	115	20	8	13.216	13.45	147.5	280.0	2.47	1.25	11.355
50	COP157	115	10	5	12.979	14.40	140.0	287.5	4.98	4.33	11.275
59	XPM8281	115	19	8	12.893	16.05	147.5	247.5	4.31	0.00	11.425
53	XMP4002	115	13	6	12.864	14.90	140.0	262.5	7.99	3.07	11.240
52	COP149	115	12	6	12.860	14.65	145.0	275.0	1.30	3.17	11.205
16	XPM4006	75	16	7	12.856	14.95	135.0	247.5	0.94	0.00	11.240
19	XPM8281	75	19	8	12.782	16.25	135.0	255.0	2.78	0.00	11.345
17	XPM2030	75	17	7	12.771	14.90	140.0	250.0	0.00	0.00	11.160
36	XPM4006	95	16	7	12.768	15.15	140.0	257.5	5.10	1.45	11.190
35	XPM8461	95	15	7	12.701	15.70	145.0	252.5	2.95	1.48	11.200
12	COP149	75	12	6	12.677	15.15	140.0	265.0	1.84	0.00	11.100
6	XPM7539	75	6	4	12.677	16.35	150.0	255.0	0.00	0.00	11.270
13	XMP4002	75	13	6	12.363	15.70	142.5	247.5	4.58	2.78	10.905
26	XPM7539	95	6	4	12.348	16.85	152.5	265.0	3.73	0.75	11.040
54	XPM2022	115	14	6	12.279	15.50	150.0	265.0	2.47	4.31	10.800
14	XPM2022	75	14	6	12.088	14.80	132.5	257.5	1.87	0.00	10.550
33	XMP4002	95	13	6	12.068	15.50	142.5	257.5	2.25	2.23	10.615
49	XPM1501	115	9	5	11.996	16.40	142.5	252.5	0.62	2.45	10.670
24	XPM7419	95	4	3	11.995	13.85	140.0	250.0	8.17	1.49	10.355
11	XPM2020	75	11	5	11.927	15.10	127.5	242.5	4.72	0.94	10.445
10	COP157	75	10	5	11.915	14.25	140.0	267.5	3.70	2.78	10.330
46	XPM7539	115	6	4	11.778	17.30	145.0	260.0	2.50	3.13	10.585
29	XPM1501	95	9	5	11.771	15.90	130.0	250.0	0.74	0.00	10.405
40	COP146	95	20	8	11.770	13.65	135.0	265.0	3.66	0.72	10.135
8	XPM7514	75	8	4	11.743	16.65	127.5	245.0	0.00	0.00	10.480
28	XPM7514	95	8	4	11.731	16.85	142.5	260.0	0.72	2.91	10.490
27	COP154	95	7	4	11.727	14.40	132.5	280.0	6.12	3.79	10.185
31	XPM2020	95	11	5	11.658	16.00	140.0	252.5	5.93	2.90	10.320
48	XPM7514	115	8	4	11.650	16.50	150.0	270.0	1.88	0.00	10.375
32	COP149	95	12	6	11.563	15.25	135.0	267.5	2.25	0.00	10.145
45	XPM7597	115	5	3	11.493	14.20	135.0	252.5	1.83	1.22	9.960
7	COP154	75	7	4	11.468	14.25	135.0	287.5	6.47	2.83	9.945
20	COP146	75	20	8	11.393	13.80	140.0	275.0	0.00	0.00	9.825
23	XPM7573	95	3	2	11.378	15.05	130.0	257.5	3.62	0.72	9.960
47	COP154	115	7	4	11.366	14.50	140.0	287.5	4.79	3.56	9.885
9	XPM1501	75	9	5	11.332	15.50	127.5	242.5	1.85	0.94	9.965
4	XPM7419	75	4	3	11.174	13.45	125.0	262.5	0.00	0.00	9.600
30	COP157	95	10	5	11.145	14.65	132.5	267.5	3.95	2.39	9.710
44	XPM7419	115	4	3	11.052	13.40	147.5	265.0	7.41	3.70	9.490
5	XPM7597	75	5	3	10.805	14.15	125.0	260.0	2.78	1.85	9.360
42	XPM7545	115	2	2	10.771	14.20	145.0	267.5	4.89	0.61	9.335
22	XPM7545	95	2	2	10.632	14.30	135.0	262.5	2.96	0.00	9.225
25	XPM7597	95	5	3	10.472	14.30	127.5	260.0	2.27	1.50	9.085
41	XPM7500	115	1	1	10.104	16.95	140.0	260.0	8.05	2.48	9.035
3	XPM7573	75	3	2	10.027	15.30	130.0	240.0	6.40	2.74	8.805
2	XPM7545	75	2	2	9.888	14.75	130.0	257.5	0.93	0.93	8.625
21	XPM7500	95	1	1	9.342	16.35	132.5	257.5	9.86	0.00	8.305
1	XPM7500	75	1	1	9.218	17.00	132.5	257.5	14.97	4.68	8.255
43	XPM7573	115	3	2	8.319	16.25	140.0	255.0	6.85	7.55	7.390

A9. Promedios de características morfo-fisiológicas de las variables ángulo de hoja y tamaño de espiga.

Rep	Híbrido	Época	Tratamiento	Número de planta	Ángulo de hoja/maz sup (*)	Ángulo de inserción Hojas arriba mazorca (*)	Ángulo de inserción Hojas debajo mazorca (*)	Número ramas laterales/ espiga	Número ramas secundarias /espiga	Longitud de espiga (cm)	Longitud del eje/espiga (cm)	longitud del pedunculo (cm)	longitud de ramas laterales/espiga (cm)	Número hojas arriba Mazorca	Número hojas abajo Mazorca
1	XPM7500	1	1	1	40	40	40	13	6	37	24	11	21	8	6
2	XPM7500	1	1	2	40	20	40	19	5	40	24	7	19	7	7
3	XPM7500	1	1	3	50	40	40	23	5	40	25	6	18	6	6
4	XPM7500	1	1	4	40	40	30	19	5	38	23	6	22	7	7
5	XPM7500	1	1	5	40	40	50	22	4	36	22	9	15	7	6
6	XPM7500	1	1	6	30	30	20	20	5	34	21	6	13	6	7
7	XPM7500	1	1	7	50	40	50	22	3	33	20	7	16	6	6
8	XPM7500	1	1	8	50	40	30	19	2	42	27	6	21	7	5
9	XPM7500	1	1	9	40	30	40	27	5	39	20	2	21	6	6
10	XPM7500	1	1	10	40	40	40	16	4	40	25	6	24	6	8
1	XPM7545	2	2	1	40	40	40	18	3	44	27	7	22	6	5
2	XPM7545	2	2	2	40	40	40	16	4	46	29	6	20	7	5
3	XPM7545	2	2	3	40	30	40	19	2	32	21	9	14	7	6
4	XPM7545	2	2	4	40	30	30	18	3	41	25	9	21	7	6
5	XPM7545	2	2	5	40	40	30	20	2	42	26	10	21	7	6
6	XPM7545	2	2	6	40	50	40	14	3	38	22	7	21	6	6
7	XPM7545	2	2	7	35	30	30	16	3	37	23	10	22	6	6
8	XPM7545	2	2	8	50	50	50	16	4	46	31	11	20	7	6
9	XPM7545	2	2	9	30	30	30	19	5	40	28	10	20	6	7
10	XPM7545	2	2	10	30	40	30	13	2	44	28	12	21	7	5
1	XPM7573	2	3	1	40	40	40	12	2	41	27	8	22	8	8
2	XPM7573	2	3	2	30	30	35	9	0	42	30	4	23	8	8
3	XPM7573	2	3	3	40	40	35	11	1	41	28	8	20	7	7
4	XPM7573	2	3	4	30	30	30	10	0	38	26	9	22	8	8
5	XPM7573	2	3	5	35	35	35	9	1	41	29	10	22	7	7
6	XPM7573	2	3	6	33	33	33	8	1	42	29	9	22	8	8
7	XPM7573	2	3	7	40	28	40	10	2	35	25	11	19	7	8
8	XPM7573	2	3	8	35	33	30	10	2	45	30	8	28	5	7
9	XPM7573	2	3	9	35	40	35	12	2	42	30	9	20	8	7
10	XPM7573	2	3	10	30	38	37	10	2	46	33	9	22	7	7
1	XPM7419	3	4	1	35	35	35	12	3	40	28	8	22	6	6
2	XPM7419	3	4	2	45	25	45	11	3	44	32	8	22	7	7
3	XPM7419	3	4	3	45	45	45	13	1	35	25	9	20	7	7
4	XPM7419	3	4	4	35	30	35	12	2	44	29	3	22	7	7
5	XPM7419	3	4	5	40	40	30	14	2	44	30	8	20	7	6
6	XPM7419	3	4	6	45	38	40	14	2	39	28	8	21	7	7
7	XPM7419	3	4	7	38	37	30	13	2	40	30	6	22	8	6
8	XPM7419	3	4	8	35	25	35	13	3	46	32	9	26	7	8
9	XPM7419	3	4	9	38	35	30	12	3	37	25	10	22	7	6
10	XPM7419	3	4	10	45	40	30	11	2	39	29	8	20	6	5
1	XPM7597	3	5	1	50	45	35	21	2	40	25	8	19	7	8
2	XPM7597	3	5	2	48	35	45	21	2	43	27	6	23	7	7
3	XPM7597	3	5	3	50	45	35	18	2	51	34	6	26	7	7
4	XPM7597	3	5	4	45	45	45	20	2	45	29	6	29	7	7
5	XPM7597	3	5	5	40	38	35	16	2	50	29	3	26	7	8
6	XPM7597	3	5	6	40	45	38	16	2	39	24	10	20	7	8
7	XPM7597	3	5	7	42	42	35	21	2	47	28	5	27	7	7
8	XPM7597	3	5	8	43	30	30	13	2	46	33	5	26	7	7
9	XPM7597	3	5	9	45	40	33	19	3	48	29	8	27	8	7
10	XPM7597	3	5	10	45	35	35	17	1	47	32	6	26	7	7
1	XPM7539	4	6	1	25	23	30	16	1	44	31	8	22	7	8
2	XPM7539	4	6	2	40	28	25	14	3	38	26	6	19	7	7
3	XPM7539	4	6	3	33	35	22	11	1	46	34	6	23	6	7
4	XPM7539	4	6	4	30	37	30	12	1	48	35	5	22	7	7
5	XPM7539	4	6	5	30	32	25	14	1	29	27	5	15	7	7
6	XPM7539	4	6	6	40	30	30	12	2	40	26	6	21	7	8
7	XPM7539	4	6	7	45	40	40	13	2	44	31	9	25	7	7
8	XPM7539	4	6	8	28	32	25	11	2	40	27	10	23	7	8
9	XPM7539	4	6	9	50	50	40	21	4	42	26	10	21	7	8
10	XPM7539	4	6	10	40	30	25	18	4	43	32	5	20	6	8
1	COMP154	4	7	1	38	40	48	9	0	43	29	6	25	8	6
2	COMP154	4	7	2	35	35	32	14	2	38	23	9	22	8	6
3	COMP154	4	7	3	40	32	35	9	1	44	30	10	26	8	6
4	COMP154	4	7	4	35	33	35	9	0	48	29	8	18	8	7
5	COMP154	4	7	5	36	35	35	9	1	44	29	12	21	9	6
6	COMP154	4	7	6	42	38	35	14	1	38	25	10	21	9	6
7	COMP154	4	7	7	40	33	33	7	0	39	29	7	20	7	7
8	COMP154	4	7	8	35	30	30	11	0	37	26	9	20	8	6
9	COMP154	4	7	9	42	32	32	10	1	42	29	6	20	8	6
10	COMP154	4	7	10	32	32	40	8	1	40	29	10	24	9	6
1	XPM7514	4	8	1	38	38	30	10	1	43	31	6	16	7	8
2	XPM7514	4	8	2	47	50	45	15	4	45	32	6	22	7	7
3	XPM7514	4	8	3	38	33	35	12	1	46	33	6	11	7	7
4	XPM7514	4	8	4	50	40	40	12	2	42	31	7	18	7	8
5	XPM7514	4	8	5	50	35	33	12	2	42	30	5	19	8	7
6	XPM7514	4	8	6	38	40	40	13	1	47	34	6	19	7	7
7	XPM7514	4	8	7	35	35	35	12	1	42	31	4	16	8	6
8	XPM7514	4	8	8	42	40	45	13	1	38	26	7	16	7	7
9	XPM7514	4	8	9	43	40	43	15	3	48	33	7	20	7	7
10	XPM7514	4	8	10	40	45	35	17	1	43	31	7	16	7	7

A9. Continuación

Rep	Híbrido	Época	Tratamiento	Número	Ángulo	Ángulo de	Ángulo de	Número	Número	Longitud de	Longitud	longitud del	longitud de	Número	Número	
				de	de	inserción	inserción	ramas	ramas	Longitud de	del	pedunculo	ramas	hojas	hojas	
				planta	hoja/maz	Hojas arriba	Hojas debajo	laterales/	secundarias	espiga	/espiga	espiga (cm)	(cm)	(cm)	Mazorca	Mazorca
					sup (°)	mazorca (°)	mazorca (°)	espiga	/espiga	espiga (cm)	(cm)	(cm)	(cm)	arriba	abajo	
1	XPM1501	5	9	1	37	40	30	11	2	41	34	8	21	8	6	
2	XPM1501	5	9	2	27	36	25	7	0	39	29	5	19	7	7	
3	XPM1501	5	9	3	35	35	35	12	2	39	28	3	24	8	7	
4	XPM1501	5	9	4	33	30	30	12	2	38	25	4	17	7	7	
5	XPM1501	5	9	5	30	35	28	11	1	46	33	7	25	7	7	
6	XPM1501	5	9	6	30	30	30	10	1	41	30	8	23	8	7	
7	XPM1501	5	9	7	25	35	25	11	2	35	26	7	22	7	6	
8	XPM1501	5	9	8	33	40	40	11	6	40	28	8	17	8	5	
9	XPM1501	5	9	9	40	37	30	13	1	41	29	6	17	7	7	
10	XPM1501	5	9	10	30	32	25	14	1	36	25	3	19	7	7	
1	COMPI57	5	10	1	43	37	35	9	2	39	26	10	20	7	7	
2	COMPI57	5	10	2	33	35	35	9	1	41	21	9	20	8	6	
3	COMPI57	5	10	3	35	33	40	11	2	44	30	13	27	8	7	
4	COMPI57	5	10	4	38	35	38	9	1	38	30	11	18	9	7	
5	COMPI57	5	10	5	35	30	30	10	1	40	26	12	25	8	6	
6	COMPI57	5	10	6	35	30	32	8	0	32	21	9	14	9	6	
7	COMPI57	5	10	7	35	30	25	6	0	43	31	12	24	7	7	
8	COMPI57	5	10	8	45	37	35	8	1	43	31	11	21	7	7	
9	COMPI57	5	10	9	45	40	33	9	0	43	29	11	20	7	7	
10	COMPI57	5	10	10	40	35	33	12	1	41	28	13	16	9	6	
1	XPM2020	5	11	1	40	35	30	9	0	36	28	6	17	8	8	
2	XPM2020	5	11	2	40	40	20	5	1	39	28	7	20	7	8	
3	XPM2020	5	11	3	35	27	25	7	1	33	25	4	15	7	6	
4	XPM2020	5	11	4	28	40	30	7	0	40	31	7	19	7	7	
5	XPM2020	5	11	5	40	30	40	6	0	35	26	2	18	7	6	
6	XPM2020	5	11	6	37	35	25	5	0	37	31	6	16	7	6	
7	XPM2020	5	11	7	38	37	25	8	0	34	26	7	14	7	7	
8	XPM2020	5	11	8	35	33	25	6	1	37	30	3	18	7	5	
9	XPM2020	5	11	9	37	35	25	9	1	37	28	5	16	7	6	
10	XPM2020	5	11	10	45	35	25	6	0	36	29	6	18	8	6	
1	COMPI49	6	12	1	35	33	32	9	1	42	31	13	18	7	6	
2	COMPI49	6	12	2	30	32	30	9	0	42	34	11	21	7	7	
3	COMPI49	6	12	3	35	30	35	9	1	43	32	10	20	7	6	
4	COMPI49	6	12	4	34	34	34	9	0	41	35	10	22	7	6	
5	COMPI49	6	12	5	35	25	25	7	0	37	28	12	14	6	8	
6	COMPI49	6	12	6	30	30	30	11	0	43	36	11	21	7	6	
7	COMPI49	6	12	7	30	30	30	13	1	40	27	10	19	7	8	
8	COMPI49	6	12	8	40	30	30	11	1	43	30	11	20	7	7	
9	COMPI49	6	12	9	33	30	33	10	2	43	29	12	27	7	7	
10	COMPI49	6	12	10	35	35	35	12	2	44	32	9	17	8	7	
1	XMP4002	6	13	1	30	28	25	8	0	42	33	6	16	7	7	
2	XMP4002	6	13	2	35	40	25	5	0	38	28	4	16	7	6	
3	XMP4002	6	13	3	30	25	20	4	1	39	29	7	17	7	6	
4	XMP4002	6	13	4	25	27	20	5	0	37	30	3	19	6	7	
5	XMP4002	6	13	5	38	37	29	7	1	42	30	5	21	7	8	
6	XMP4002	6	13	6	34	27	25	7	0	39	31	6	17	8	7	
7	XMP4002	6	13	7	33	31	25	6	0	41	33	4	18	7	6	
8	XMP4002	6	13	8	22	28	28	10	1	37	27	2	19	6	7	
9	XMP4002	6	13	9	25	30	20	7	0	38	30	4	19	8	6	
10	XMP4002	6	13	10	25	35	22	8	0	38	29	5	18	7	8	
1	XPM2022	6	14	1	38	30	30	8	0	35	27	7	19	7	7	
2	XPM2022	6	14	2	43	38	26	6	0	38	30	9	23	7	7	
3	XPM2022	6	14	3	48	38	25	6	0	40	33	8	19	8	7	
4	XPM2022	6	14	4	45	37	25	7	0	38	29	4	18	7	6	
5	XPM2022	6	14	5	44	30	35	7	1	38	30	7	20	7	7	
6	XPM2022	6	14	6	50	43	45	8	1	40	29	6	20	7	7	
7	XPM2022	6	14	7	35	40	30	7	0	43	33	4	18	7	7	
8	XPM2022	6	14	8	45	37	35	7	0	32	24	6	13	7	7	
9	XPM2022	6	14	9	44	38	35	5	0	35	28	6	17	8	7	
10	XPM2022	6	14	10	38	28	26	9	0	37	25	6	17	7	6	
1	XPM8461	7	15	1	25	40	27	5	1	39	31	3	17	7	7	
2	XPM8461	7	15	2	23	45	20	12	1	38	30	6	19	7	8	
3	XPM8461	7	15	3	40	36	28	7	0	35	28	3	16	7	7	
4	XPM8461	7	15	4	35	40	20	11	0	38	31	6	14	7	8	
5	XPM8461	7	15	5	35	27	31	8	0	36	26	3	17	7	7	
6	XPM8461	7	15	6	25	23	22	9	0	38	28	6	15	7	8	
7	XPM8461	7	15	7	28	21	18	10	0	39	29	6	17	7	8	
8	XPM8461	7	15	8	35	27	25	8	0	33	27	8	14	8	7	
9	XPM8461	7	15	9	45	37	20	11	0	40	29	4	18	8	7	
10	XPM8461	7	15	10	40	35	30	4	0	38	31	5	19	7	9	

A9. Continuación

Rep	Híbrido	Época	Tratamiento	Número	Ángulo	Ángulo de	Ángulo de	Número	Número	Longitud de	Longitud	longitud del	longitud de	Número	Número		
				de	hoja/maz	inserción	inserción	ramas	ramas	Longitud de	del	pedunculo	ramas	hojas	hojas		
				planta	sup (°)	Hojas arriba	Hojas debajo	laterales/	secundarias	espiga	/espiga	espiga (cm)	(cm)	(cm)	laterales/espiga	arriba	abajo
						mazorca (°)	mazorca (°)									Mazorca	Mazorca
1	XPM4006	7	16	1	57	46	33	5	0	42	32	3	19	7	7		
2	XPM4006	7	16	2	43	47	25	9	0	40	30	8	16	7	7		
3	XPM4006	7	16	3	53	45	45	6	0	38	28	4	16	7	8		
4	XPM4006	7	16	4	40	34	30	8	1	36	29	8	17	6	8		
5	XPM4006	7	16	5	55	47	35	8	1	35	26	6	16	7	7		
6	XPM4006	7	16	6	50	45	30	6	1	34	27	5	12	7	7		
7	XPM4006	7	16	7	47	50	35	16	0	35	24	5	18	6	8		
8	XPM4006	7	16	8	52	43	37	7	1	35	28	4	17	7	8		
9	XPM4006	7	16	9	44	42	33	5	0	36	24	5	16	7	8		
10	XPM4006	7	16	10	43	42	33	10	1	39	30	5	18	8	6		
1	XPM2030	7	17	1	40	35	30	7	0	41	32	5	21	7	8		
2	XPM2030	7	17	2	35	35	25	11	2	33	24	2	17	8	8		
3	XPM2030	7	17	3	25	27	25	10	1	33	25	2	15	9	6		
4	XPM2030	7	17	4	35	33	30	8	0	40	32	3	21	8	9		
5	XPM2030	7	17	5	40	37	30	7	0	39	28	4	18	7	8		
6	XPM2030	7	17	6	28	32	25	8	0	40	30	2	16	7	8		
7	XPM2030	7	17	7	30	25	20	10	0	40	30	5	17	8	7		
8	XPM2030	7	17	8	32	30	20	9	0	35	26	4	15	8	8		
9	XPM2030	7	17	9	40	35	25	8	0	35	28	1	15	7	8		
10	XPM2030	7	17	10	35	35	35	9	1	37	29	1	16	9	8		
1	XPM1240	8	18	1	30	24	24	10	2	46	34	8	19	7	8		
2	XPM1240	8	18	2	30	36	30	12	2	41	27	10	16	7	7		
3	XPM1240	8	18	3	50	36	30	11	2	36	24	9	14	6	8		
4	XPM1240	8	18	4	43	36	33	6	3	40	30	10	16	7	7		
5	XPM1240	8	18	5	48	45	40	11	2	40	28	10	15	7	7		
6	XPM1240	8	18	6	38	32	34	7	2	32	24	7	13	6	7		
7	XPM1240	8	18	7	43	42	25	13	2	40	27	10	18	6	8		
8	XPM1240	8	18	8	43	33	33	13	2	44	32	7	19	7	7		
9	XPM1240	8	18	9	35	32	25	11	2	38	27	8	19	6	7		
10	XPM1240	8	18	10	32	32	35	11	2	39	27	11	18	7	7		
1	XPM8281	8	19	1	30	30	30	12	1	40	28	4	13	9	8		
2	XPM8281	8	19	2	30	30	27	8	0	38	31	5	20	7	8		
3	XPM8281	8	19	3	28	23	20	8	0	34	26	8	16	8	8		
4	XPM8281	8	19	4	33	33	33	6	0	37	29	7	20	8	7		
5	XPM8281	8	19	5	35	33	28	9	0	36	20	3	18	8	7		
6	XPM8281	8	19	6	34	25	20	9	0	47	36	5	25	7	8		
7	XPM8281	8	19	7	38	30	12	9	1	34	26	5	16	7	7		
8	XPM8281	8	19	8	30	25	35	6	0	32	24	2	17	7	8		
9	XPM8281	8	19	9	40	36	30	7	0	39	31	2	21	7	8		
10	XPM8281	8	19	10	40	32	37	6	0	39	29	5	16	7	8		
1	COMPI46	8	20	1	48	33	30	8	2	41	30	14	21	8	7		
2	COMPI46	8	20	2	30	26	25	7	1	38	28	13	16	7	7		
3	COMPI46	8	20	3	30	30	30	6	2	33	24	13	18	7	7		
4	COMPI46	8	20	4	25	24	20	9	2	43	31	14	19	7	6		
5	COMPI46	8	20	5	26	28	28	6	1	38	27	13	14	7	6		
6	COMPI46	8	20	6	30	27	30	8	0	33	25	13	15	7	6		
7	COMPI46	8	20	7	27	30	33	7	1	36	27	13	19	7	6		
8	COMPI46	8	20	8	24	22	20	10	2	38	27	7	23	7	6		
9	COMPI46	8	20	9	28	25	23	6	0	38	29	16	17	7	6		
10	COMPI46	8	20	10	28	30	27	8	1	39	29	17	20	7	7		