

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**COMPORTAMIENTO DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ
(*Zea mays* L) EN CINCO DENSIDADES DE POBLACIÓN.**

POR:

JOSÉ ZAVALA DÍAZ

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO

TORREON, COAHUILA.

AGOSTO DE 2001

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

**"COMPORTAMIENTO DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L)
EN CINCO DENSIDADES DE POBLACIÓN"**

**TESIS
PRESENTADA POR**

JOSÉ ZAVALA DÍAZ

Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito
Parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

JURADO

Presidente:


P.h.D. Arturo Palomo Gil

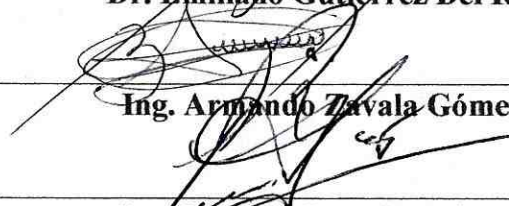
Vocal:

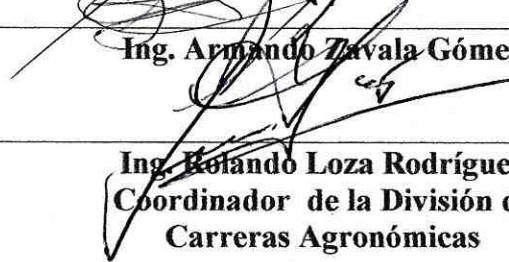

P.h.D. David Guadalupe Retá Sanchez

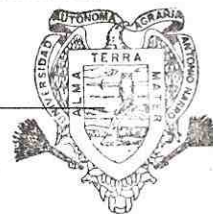
Vocal:


Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río

Vocal suplente:


Ing. Armando Zavala Gómez


Ing. Rolando Loza Rodríguez
Coordinador de la División de
Carreras Agronómicas



**COORDINACION DE LA DIVISION
DE CARRERAS AGRONOMICAS
UAAAN UL**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

"COMPORTAMIENTO DE TRES GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L)
EN CINCO DENSIDADES DE POBLACIÓN"

TESIS
PRESENTADA POR

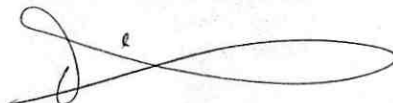
JOSÉ ZAVALA DÍAZ

Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito
Parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

COMITÉ PARTICULAR

Coordinador:



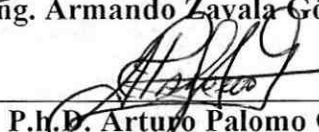
P.h.D. David Guadalupe Reta Sánchez

Asesor:



Ing. Armando Zavala Gómez

Asesor:



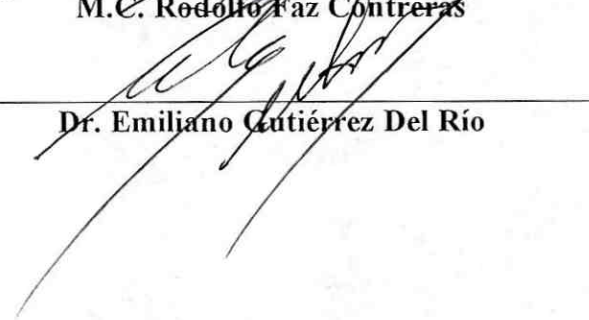
P.h.D. Arturo Palomo Gil

Asesor:



M.C. Rodolfo Fay Contreras

Asesor:



Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río

CONTENIDO

	Pg.
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCION.....	1
1.1.Objetivos.....	3
1.2.Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo.....	4
2.1.1. Teoría del ancestro común.....	4
2.1.2. Origen citogenético.....	4
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	5
2.2. Descripción botánica del maíz.....	5
2.3. Condiciones edáficas y ecológicas.....	8
2.4. Análisis de crecimiento.....	9
2.5. Antecedentes.....	12
2.5.1. Efecto de la arquitectura de planta sobre la producción de forraje seco y grano.....	12

2.5.2. Respuesta del rendimiento de forraje y grano a la densidad	
de población.....	13
2.5.2.1. Rendimiento de materia seca.....	13
2.5.2.2. Rendimiento de grano.....	14
2.5.2.3. Componentes del rendimiento.....	15
2.5.2.4. Índice de área foliar (IAF).....	18
2.5.2.5. Índice de cosecha (IC).....	19
2.5.2.6. Características agronómicas.....	20
2.5.2.7. Calidad del forraje.....	22
III. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera.....	26
3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera.....	26
3.2.1. Clima.....	26
3.2.2. Precipitación.....	27
3.2.3. Temperatura.....	27
3.3. Origen de los suelos de la Comarca Lagunera.....	28
3.4. Caracterización físico-química del suelo en el sitio experimental.....	28
3.5. Diseño experimental.....	30
3.6. Actividades de campo.....	33
3.6.1. Método de siembra.....	33
3.6.2. Fertilización.....	33
3.6.3. Labores culturales.....	33

3.6.3.1. Aclareo.....	33
3.6.3.2. Aporque y control de maleza.....	34
3.6.3.3. Aplicación de riegos e insecticidas.....	34
3.7. Variables evaluadas.....	35
3.7.1. Dinámica de acumulación de materia seca.....	35
3.7.2. Distribución final de materia seca.....	36
3.7.3. Distribución porcentual de materia seca.....	36
3.7.4. Tasa de crecimiento	36
3.7.5. Maíz para ensilaje.....	37
3.7.5.1. Rendimiento de forraje verde - seco y grano.....	37
3.7.5.2. Componentes del rendimiento de grano a cosecha de forraje.....	38
3.7.5.3. Índice de cosecha a forraje.....	38
3.7.5.4. Características agronómicas a cosecha de forraje.....	38
3.7.5.5. Índice de área foliar.....	39
3.7.5.6. Calidad del forraje.....	39
3.7.6. Maíz para grano.....	40
3.7.6.1. Rendimiento de grano.....	40
3.7.6.2. Componentes del rendimiento e índice de cosecha a grano.....	40
3.7.6.3. Características agronómicas a cosecha de grano.....	40
3.7.6.4. Aborto de óvulos.....	41

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Acumulación de materia seca en la parte aérea durante el desarrollo	
del cultivo.....	42
4.1.1. Dinámica de acumulación de materia seca.....	42
4.1.2. Acumulación final de materia seca.....	44
4.1.3. Distribución porcentual de materia seca.....	46
4.2. Tasa de crecimiento de cultivo (TCC).....	48
4.3. Evaluación de forraje.....	50
4.3.1. Rendimiento de forraje verde y seco.....	50
4.3.2. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e	
índice de cosecha a forraje.....	55
4.3.3. Características Agronómicas a cosecha de forraje.....	60
4.3.4. Relación índice de área foliar (IAF) - rendimiento de forraje	
seco y grano.....	64
4.3.5. Calidad del forraje.....	67
4.4. Evaluación de grano.....	71
4.4.1. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e	
índice de cosecha a madurez fisiológica.....	71
4.4.2. Características agronómicas a cosecha de grano.....	76
4.4.3. Relación índice de área foliar (IAF) - rendimiento de grano...	78
4.4.4. Relación aborto de óvulos – rendimiento de grano.....	79

V. CONCLUSIONES.....	81
VI. BIBLIOGRAFIA.....	83
VII. APENDICE.....	91

DEDICATORIAS

A DIOS todo poderoso por otorgarme el milagro de la vida y por darme todo lo que tengo aún sin ser merecedor de ello. Señor, tal vez tu objetivo para mi vida era que siguiera tu camino, pero por varias circunstancias éste se desvió, es por eso que te agradezco que hasta el día de hoy no te hayas apartado de mí y que en todo momento estés dispuesto a ayudarme.

Ahora te ruego que no me abandones y me permitas, con los pocos conocimientos que he adquirido, contribuir con mi granito de arena para mejorar las condiciones alimenticias de la humanidad.

A MIS PADRES

HILARIO ZAVALA MARTÍNEZ
y
JULIA DÍAZ CAMPA.

Por darme la vida y porque en todo momento me han brindado su apoyo y cariño. Por haberse quitado el pan de la boca por tal de que sus hijos no sufrieran hambre, en especial yo.

Por haberme corregido cuando fue necesario, por forjar día con día la persona que ahora soy. PAPA: le dedico mi tesis como un premio que usted mismo ha ganado, por todo el esfuerzo diario que ha hecho. También le digo que no se sienta orgulloso solamente de mí, por ser el único profesionalista en la familia, la Universidad da un papel que dice "Título", pero el verdadero título lo da la vida, y en eso tiene ocho hijos que en estos momentos ya son Doctores sin papel, pero titulados por la vida.

A MI ESPOSA

Ma. CONCEPCIÓN MIRELES DE
ZAVALA.

Por aceptar ser compañera en mi camino por la vida, por estar ahí en los momentos que te he necesitado, por ser motivo de mi existencia. Por saberme comprender y esperarme en todo este tiempo que no he estado a tu lado, por ser madre y padre a la vez, por ser una gran mujer, gracias por todo lo que me has dado, en especial a mis gemelas.

A MIS GEMELAS

MÓNICA YULIANA
y
VIVIANA LIZBETH.

Por ser los motivos más hermosos y bellos de mi vida, lo que me hace esforzarme cada día más para crearles un futuro prospero y libre de preocupaciones. Por ser la gasolina que hace funcionar mi motor. Por ser el regalo más bello que me pudo dar Dios.

A MIS HERMANOS

EMILIO, JUAN MANUEL,
HLARIÓN, MARTHA, RUTILIO,
Ma. DELIA, JAÍME y MARTÍN.

Por permitirme ser parte de esta gran familia, por ayudarme en los momentos más difíciles de mi vida, por estar siempre dispuestos a ayudarme incondicionalmente. En especial a Emilio por inspirarme un gran cariño y respeto, por ser mi padrino (al igual que lalo) pero sobre todo por ser además de mi hermano y padrino, mi segundo padre.

A todos mis tíos, maternos y paternos, especialmente a mi tío BENITO ZAVALA Mtz., por ser cariñoso, respetuoso y por estar siempre dispuesto a ayudarme.

A LA FAMILIA

MIRELES MADRID

Por darme la oportunidad de convivir con ustedes todo este tiempo, por ocupar mi lugar en el cuidado de mis gemelas y por brindarme su apoyo en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A México por permitirme ser parte de esta nación y por enseñarme que con el esfuerzo de todos podemos salir adelante.

A mi “Alma Mater” con respeto por permitirme escalar un peldaño más en la vida. Por ser mi segunda casa. Por ayudarme económicamente durante la realización de mis estudios.

A todos mis maestros de primaria, secundaria, preparatoria y universidad, por haber compartido sus conocimientos conmigo y por contribuir a la formación de mi persona.

Al Dr. David G. Reta Sánchez. Por haber depositado su confianza en mí para realizar este trabajo. Por brindarme su amistad incondicional. Por compartirme un poco de sus conocimientos. Por asesorarme excelentemente en la realización del trabajo, por sus críticas y correcciones en la revisión del trabajo.

Al Ing. Armando Zavala Gómez. Por haber desempeñado un papel muy importante en la realización del trabajo, por ser más que un asesor, un amigo, gracias por sus aportaciones.

Al Ph.D. Arturo Palomo Gil. Por su amistad y valioso aporte científico en la realización del trabajo.

Al M. C. Rodolfo Faz Contreras. Por brindarme su confianza desde el momento de conocerlo, por sus críticas y correcciones en el trabajo, por sus consejos.

Al Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río. Por su apoyo dentro y fuera de la universidad, por ser un ejemplo a seguir por los estudiantes y por su apoyo en la revisión del trabajo.

Al Ing. Nestor Zavala Gómez. Por el apoyo incondicional brindado para la realización de esta tesis, por haber sido la punta de lanza y ejemplo para que todos nosotros nos esforzáramos por ser alguien en la vida, gracias.

Al Dr. Gregorio Núñez Hdz. Por haberme brindado la oportunidad de ejercer mi profesión y por la ayuda brindada en la edición de este trabajo.

A mis grandes amigos los Ing. Roger A. Rodríguez Camacho, Moisés Domínguez Meza, Angel Fercano José, Eduardo Barreto Marin y Miguel A. Zamora Alvarez por haber compartido casi cinco años juntos de nuestra vida, por haberme permitido convivir con ustedes y por habernos ayudado entre nosotros

cuando alguno lo necesito. Espero, primeramente Dios que a todos nos vaya bien en nuestro futuro profesional y que nos olvidemos de ayudarnos unos a otros.

A mi gran amigo de la infancia Federico Molina López, porque desde pequeños compartimos muchos momentos agradables (como cuando nos escapamos de la escuela para ver la inauguración del mundial de Italia 90, en la casa del güero (Armando Valenzuela), donde le gano Camerún a Argentina 1 – 0).

A la Sra. Lalis Alvarado Vega. Por sus atinadas correcciones ortográficas y en la redacción de este trabajo.

Al CELALA-INIFAP. Por las facilidades otorgadas para la realización del experimento en sus instalaciones.

A la fundación Produce Coahuila y Durango por el apoyo económico al proyecto denominado “Sistemas de producción para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera”, del cuál se derivó esta investigación.

A los Señores Oliverio y Adolfo por ayudarme en la realización de todas las actividades de campo en la investigación y a los señores Carlos Castañeda y Román Prieto, por haber sido parte importante en la formación de mi persona.

De igual manera gracias a todas aquellas personas que de una manera u otra intervinieron en la realización de mi trabajo de tesis.

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Pg.
1. Valores de fertilidad del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000.....	29
2. Valores de salinidad del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000.....	29
3. Análisis físico del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000.....	31
4. Aplicación de riegos y etapas de desarrollo en que se aplicaron.....	34
5. Control de plagas.....	35
6. Acumulación de materia seca a cosecha de forraje de tres genotipos de maíz en función de cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	45
7. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en diferentes períodos de desarrollo de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	49
 EVALUACIÓN DE FORRAJE.	
8. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	57
9. Características agronómicas de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	61
10. Parámetros de calidad del forraje de tres híbridos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	68
 EVALUACIÓN DE GRANO.	
11. Componentes del rendimiento e índice de cosecha de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	75
12. Relación aborto de óvulos – rendimiento de grano de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Pg.
1. Distribución de los tratamientos en el campo.....	32
2. Dinámica de acumulación de materia seca durante el ciclo de cultivo de tres genotipos de maíz.....	43
3. Distribución porcentual de materia seca en los diferentes órganos del vástago de tres híbridos de maíz en tres densidades de población.....	47

EVALUACIÓN DE FORRAJE.

4. Rendimiento de forraje verde y mazorca en fresco de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población.....	52
5. Rendimiento de forraje seco de tres híbridos de maíz en función de diferentes densidades de población.....	54
6. Componentes del rendimiento de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población a cosecha de forraje.....	59
7. Porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población a cosecha de forraje.....	63
8. Curva de regresión para determinar el área foliar de tres genotipos de maíz.....	64
9. Relación índice de área foliar – rendimiento de forraje seco y grano de tres híbridos de maíz	66
10. Parámetros de calidad del forraje de tres genotipos de maíz en función de cinco densidades de población.....	70

EVALUACIÓN DE GRANO

11. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres genotipos de maíz en función de la densidad de población a cosecha de grano..... 73
12. Porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles de tres genotipos de maíz en función de la densidad de población a cosecha de grano..... 77
13. Relación índice de área foliar – rendimiento de grano en tres genotipos de maíz..... 78

RESUMEN

El promedio regional de producción de grano es de 4.5 ton/ha, en tanto que para forraje fresco es de 44.7 ton/ha y 14 ton/ha de forraje seco. Estos niveles de rendimiento se consideran bajos si se toma en cuenta que existe tecnología para obtener rendimientos de 8 ton/ha de grano y 20 ton/ha de forraje seco (Reta *et al.*, 1999).

Entre los factores que limitan el rendimiento de maíz se encuentra el uso de sistemas de producción de baja eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar durante el período de siembra a floración; como consecuencia de los modelos de siembra, densidades de población bajas y características agronómicas inadecuadas de los genotipos para aprovechar las ventajas de la producción con altas densidades de población. Por lo anterior se presentan variaciones en el potencial productivo del maíz de acuerdo a la fecha de siembra. El presente trabajo fue diseñado para determinar el efecto de diferentes densidades de población sobre genotipos de maíz con diferente arquitectura de planta. El objetivo de este trabajo fue incrementar significativamente el rendimiento de forraje seco y grano, sin reducir la calidad del forraje, utilizando altas densidades de población y genotipos tolerantes a estas condiciones.

El experimento se estableció durante el ciclo primavera-verano de 2000 en el Campo Experimental la Laguna (CELALA), ubicado en el municipio de Matamoros, Coah. Se utilizó un diseño factorial 3 X 5, con una distribución en bloques al azar con un arreglo combinatorio. Los tratamientos a estudiar fueron la combinación de tres genotipos de maíz (3002W, 3025W y Garst 8285) y cinco densidades de población (5.5, 7.5, 9.5, 11.5 y 15.0 plantas/m²). Las variables evaluadas a cosecha de forraje fueron: producción de materia verde y seca, rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha, características agronómicas, calidad del forraje. A cosecha de grano se evaluó el rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha, características agronómicas y aborto de óvulos.

El rendimiento de forraje seco en los híbridos 3025W y Garst 8285 fue superior a 3002W, alcanzando su máximo rendimiento entre 11.5 (3025W) y 15.0 plantas/m² (Garst 8285). Al comparar al genotipo 3002W con una densidad de 7.5 plantas/m² (testigo) con el híbrido Garst 8285 a una densidad de 11.5 plantas/m² se obtuvo un incremento en el rendimiento de forraje seco de 13.4% equivalente a 2,643 Kg./ha. En la calidad del forraje no se presentaron diferencias significativas para el intervalo de 5.5 a 11.5 plantas/m².

Por otra parte el rendimiento de grano en los genotipos 3025W y Garst 8285 fue superior al 3002W, debido a una mayor producción de granos/m² de estos híbridos en comparación al 3002W. El incremento en el rendimiento de grano fue de 60.7 % equivalente a 4,756 Kg./ha al comparar el genotipo 3002W a 5.5 plantas/m² (testigo) con el híbrido Garst 8285 a 11.5 plantas/m².

I. INTRODUCCION

La producción de maíz para grano y forraje bajo condiciones de riego ocupa un lugar importante en el patrón de cultivos de la Comarca Lagunera, debido a su alta eficiencia en el uso del agua y en la producción de materia seca/ha, por lo que se le considera como un forraje alternativo para la alimentación del ganado lechero de la región. Tan solo en el año de 2000 se sembraron 15,140 ha para la producción de forraje, mientras que la superficie cosechada para grano en el mismo año fue de 12,158 ha (Siglo de Torreón, 2001)

El promedio regional de producción de grano es de 4.5 ton/ha, en tanto que para forraje fresco es de 44.7 ton/ha y 14 ton/ha de forraje seco. Estos niveles de rendimiento se consideran bajos si se toma en cuenta que existe tecnología para obtener rendimientos de 8 ton/ha de grano y 20 ton/ha de forraje seco (Reta *et al.*, 1999).

Entre los factores que limitan el rendimiento de maíz se encuentra el uso de sistemas de producción de baja eficiencia en el aprovechamiento de la energía solar durante el período de siembra a floración; como consecuencia de los modelos de siembra, densidades de población bajas y características agronómicas de los genotipos inadecuadas para aprovechar las ventajas de la producción con altas densidades de población.

El uso de altas densidades de población con genotipos de características agronómicas tolerantes a estas condiciones, es una técnica para incrementar el rendimiento del cultivo por unidad de área. En Estados Unidos y Canadá, el incremento a la densidad de población es un factor importante que en las últimas décadas ha contribuido al incremento en el rendimiento del maíz. Esta respuesta se ha logrado gracias a la generación de genotipos de maíz que por su altura de planta intermedia, hojas erectas o semierectas y su resistencia al acame de raíz y tallo tienen tolerancia a altas densidades de población (Tollenaar, 1991).

1.1. Objetivo.

Incrementar significativamente la producción de forraje seco y grano por hectárea, sin disminuir la calidad del forraje.

1.2. Hipótesis.

Ho1: Utilizar altas densidades de población y genotipos tolerantes a estas condiciones no incrementa significativamente la producción de forraje seco/ha sin reducir la calidad del mismo.

Ha1: Utilizar altas densidades de población y genotipos tolerantes a estas condiciones sí incrementa significativamente la producción de forraje seco/ha sin reducir la calidad del mismo.

Ho2: Utilizar altas densidades de población y genotipos tolerantes a estas condiciones no incrementa significativamente la producción de grano/ha.

Ha2: Utilizar altas densidades de población y genotipos tolerantes a estas condiciones sí incrementa significativamente la producción de grano/ha.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo.

2.1.1. Teoría del ancestro común.

El cultivo del maíz, el teocintle y el tripsacum, provienen de un ancestro común, originado en las tierras altas de México ó Guatemala, actualmente ya extinta, se cree que tenía un grado de adaptación muy pobre y se extinguió cuando los indígenas empezaron a domesticar el maíz. El número cromosómico cambió de 20 a 18, dando origen a tripsacum y de aquí a 36 y 72, lo cual ocasionó, que el teocintle no se volviera a cruzar con el tripsacum. Se considera que las diferencias entre maíz y teocintle, surgieron aisladamente, pero que de tal diferenciación, no ocurrió en poblaciones de maíz y teocintle, que siguieron creciendo juntos; a esto se debe que el maíz y el teocintle se crucen con facilidad (Weatherwax, citado por Robles, 1994).

2.1.2. Origen citogenético.

El maíz proviene del teocintle, ya que ambas plantas tienen 10 cromosomas en sus células gaméticas. La hibridación entre maíz y teocintle, ocurre con mucha frecuencia en forma natural y los híbridos son altamente fértiles.

El descubrimiento más reciente, fue hecho por el Dr. Macneish en 1965, en el Valle de Tehuacán, Puebla, en donde encontró mazorcas de maíz silvestre a las que se les calculó, mediante la prueba del carbón 14, una edad aproximada de 7000 años (Robles, 1994).

2.1.3. Clasificación taxonómica: (Robles, 1994).

Reino.....	Vegetal.
División.....	Tracheophyta.
Subdivisión.....	Pteropsidae.
Clase.	Angiospermas.
Subclase.....	Monocotiledoneae.
Grupo.....	Glumiflora.
Orden.....	Graminales.
Familia.....	Gramineae.
Tribu.....	Maydeae.
Género.....	Zea.
Especie.....	Mays.

2.2. Descripción botánica del maíz.

Robles (1994), describe a la planta del maíz de la siguiente manera:

Ciclo Vegetativo:

El maíz es una especie anual, cuyo ciclo vegetativo varía de precoces (80 días) hasta tardíos (200 días), siendo los más productores los maíces cuyo ciclo vegetativo es de entre 100-140 días.

Clasificación Sexual:

Es una planta Sexual, Monóica, Unisexual, Incompleta, (pistiladas y estaminadas),

Sexual: Reproducción por semilla.

Monóica: Contiene el androceo y el gineceo en la misma planta.

Unisexual: Por tener separadas las flores masculinas (androceo) de las femeninas (gineceo).

Incompleta: Por carecer de pétalos y sépalos.

Protandra: Por hacer dehiscencia las anteras antes de que los primeros estigmas sean receptivos (Robles, 1994).

Sistema Radical.

La raíz principal esta representada por una a cuatro raíces seminales, que al dejar de funcionar como tales, empieza a desarrollarse una profusa cantidad de raíces fibrosas, las cuales se localizan en la corona, ramificándose en raíces secundarias y terciarias, y estas a su vez en cada uno de los pelos radicales, que es donde se presenta la mayor absorción de agua y nutrientes (Robles, 1994).

Tallo.

Es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos. Las variedades más comunes presentan 14 entrenudos, los cuales son más largos a medida en que se encuentran posiciones más superiores, hasta culminar con el entrenudo más largo que lo constituye la base de la inflorescencia.

La altura del tallo varía de 80 cm hasta 4 metros dependiendo de las condiciones ecológicas y edáficas de cada región, así como del genotipo. Se origina a partir de la plúmula del embrión. Existen dos regiones de crecimiento: una, los meristemas

intercalares (diferenciación rápida, constituyen los nudos), la otra es la que constituye los entrenudos (diferenciación lenta) (Robles, 1994).

Hojas.

Depende del número de entrenudos del tallo. Las hojas se desarrollan de los primordios foliares, la forma de la hoja de maíz es larga y angosta con una venación paralelinerve, y constituida por la vaina, ligula y limbo (Robles, 1994).

Flores.

Existen dos tipos de flores, conocidas como flores estaminadas, que se encuentran dispuestas en espiguillas, las cuales constituyen la inflorescencia masculina, cada flor está integrada por dos bracteadas, la glumilla inferior y la glumilla superior. Estas se insertan de dos en dos y contienen cada una tres estambres (Robles, 1994).

El otro tipo de flores es conocido como pistiladas que se encuentran distribuidas en una inflorescencia, con un soporte central denominado “olote”. Estas también se encuentran de dos en dos, lo cual explica que el número de hileras por mazorca, siempre sea par. Cada flor esta formada por un ovario, un estilo y una gran cantidad de estigmas distribuidos a lo largo del estilo (Robles, 1994).

Fruto.

Botánicamente es un fruto en cariósipide conocido comúnmente como semilla o grano. (Robles, 1994).

2.3. Condiciones ecológicas y edáficas.

Temperatura.

Temperaturas menores de 10°C retardan o inhiben la germinación. Y al disponer de humedad, se pueden presentar fitopatógenos que dañan al embrión. La temperatura media óptima durante el ciclo vegetativo del maíz, es de 25 a 30°C, temperaturas medias, máximas de 40°C son perjudiciales, principalmente en el período de polinización en regiones con alta humedad relativa, debido a que el polen germina y muere antes de la fecundación (Robles, 1994).

Altitud.

El maíz se cultiva desde el nivel del mar hasta 2500 m.s.n.m, esto hace que se adapte a la mayor parte de las regiones del mundo (Robles, 1994).

Latitud.

Este cultivo se adapta desde 50° de latitud norte, hasta alrededor de 40° de latitud sur, pasando por todas las latitudes comprendidas en éste amplio rango, es decir, desde el sur de Canadá hasta el sur de Argentina, Las regiones más productoras se localizan entre el trópico de cáncer y el trópico de Capricornio (Robles, 1994).

Suelos.

El maíz prospera en diferente tipo de suelo, respecto a la textura y estructura, ya que se siembra en suelo arcilloso, arcillo - arenoso, francos, franco - arcilloso, franco - arenoso, etc. Sin embargo, son mejores los suelos con texturas más o menos francos, que

permitan un buen desarrollo radical y por tanto, mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes (Robles, 1994).

2.4. Análisis de crecimiento.

El análisis de crecimiento es una herramienta que trata de representar la producción fotosintética neta realizada por las plantas durante determinado período. El crecimiento es un aumento en tamaño de los órganos de la planta, el cual es irreversible, y puede ser cuantificable.

Es posible que se quiera demostrar que un ambiente particular o una práctica de manejo es o no más conveniente para una cierta planta que para otra; o que se quiera explicar el diferente desempeño de especies o variedades que crecen bajo las mismas condiciones. Para lograr objetivos como éstos, se ha empleado el análisis de crecimiento en diferentes trabajos de investigación de mejoramiento genético, ecología y fisiología vegetal (Wallace y Munger, 1965; Magalhaes y Montojos, 1971; Ascencio y Fargas, 1973; Fanjul, 1978; Helsei y Frey, 1978; Ballesteros, 1982)

El análisis de crecimiento es un método que sigue la dinámica de producción fotosintética, medida por la producción primaria neta, es decir, la cantidad de materia orgánica asimilada menos las pérdidas debidas a la respiración (Roberts *et al.*, 1985).

Una ventaja del análisis de crecimiento es que los valores primarios, sobre los cuales está basado, son relativamente fáciles de obtener sin gran demanda de equipo de

laboratorio. En el análisis de crecimiento “clásico”, las muestras para los valores primarios consisten de cosechas destructivas, representativas de plantas o parcelas. Dos valores son requeridos para llevar a cabo un simple análisis: 1) Una medida de materia orgánica presente en la planta y 2) Una medida de la magnitud del sistema asimilatorio de la planta. En la práctica las medidas más comunes de estos valores son el total de peso seco acumulado en la planta y el área foliar (Radford, 1967).

“El análisis de crecimiento presenta la desventaja de que proporciona poca información acerca de los procesos fisiológicos fundamentales que gobiernan las reacciones de las plantas a factores del medio ambiente. Por otro lado la gran ventaja de muchas de las cantidades involucradas en el análisis de crecimiento es que aquellas proporcionan mediciones cuidadosas del desempeño total de la planta, durante intervalos de tiempo. En el análisis de crecimiento la población o comunidad es juzgada más por los resultados que por predicciones” (Hunt, 1978)

Hunt (1978) divide el análisis de crecimiento en el que se realiza sobre plantas individuales, en poblaciones y en comunidades. Indica que en una planta individual se utilizan los parámetros: tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC), tasa de asimilación neta (TAN), razón de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) y razón de peso foliar (RPF). Para el análisis de poblaciones y comunidades se utiliza el índice de área foliar (IAF), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), y duración de área foliar (DAF). Sin embargo menciona que no hay razón por la cual no se pueda

utilizar en el análisis de poblaciones y comunidades, los índices utilizados en el análisis de plantas individuales.

Por otra parte Tanaka y Yamaguchi (1984), describen el proceso de crecimiento de las plantas de maíz en cuatro etapas.

a) Fase vegetativa inicial. En esta fase brotan las hojas y posteriormente se desarrollan de abajo hacia arriba (forma acrópeta). La producción de materia seca es lenta, y termina al iniciarse ya sea la diferenciación de órganos reproductivos o la elongación de los entrenudos o en ambos casos.

b) Fase vegetativa activa. Se desarrollan las hojas, el culmo (tallo) y el primordio de los órganos reproductivos. Primeramente ocurre un incremento activo del peso seco de las hojas y posteriormente del culmo. Esta fase termina con la emisión de los estigmas.

c) Fase inicial de llenado de grano. El peso de las hojas y el culmo continúa incrementándose a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las espatas (bracteas) y del ráquis (olote) y el peso del grano se incrementa lentamente. Esta puede ser considerada como la fase transitoria entre la vegetativa y el llenado de grano.

d) Fase de llenado de grano. Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos y va acompañado de un ligero abatimiento del peso en las hojas, culmo, y ráquis.

Para evaluar el crecimiento de una manera cuantitativa, se utiliza la metodología llamada análisis de crecimiento. Y se ha indicado que una estimación es suficiente para llevar a cabo el análisis de crecimiento (Radford, 1967). Al peso seco de la planta individual, se le conoce como rendimiento biológico. Para obtener el peso seco de la planta, ésta debe descomponerse en sus diferentes órganos (tallo, vaina, lámina, flor, etc.) incluyendo los pesos secos de los órganos económicamente importantes (rendimiento económico) y debe obtenerse desde el inicio hasta el final del período de crecimiento de la planta.

Índice de crecimiento.

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Representa un incremento en biomasa por unidad de superficie ocupada en un intervalo de tiempo dado.

2.5. Antecedentes.

2.5.1. Efecto de la arquitectura de la planta sobre la producción de forraje seco y grano.

El crecimiento y la producción de materia seca y grano en las plantas de maíz está directamente relacionado con la radiación solar (Donald, 1963; Williams *et al.*, 1968; Daughtry *et al.*, 1983), y ésta a su vez es influenciada por la estructura del follaje. Al respecto, Rutger y Crowder (1967) sugieren que las plantas con hojas erectas pueden producir rendimientos más altos que las plantas con hojas no erectas, debido a que en aquellas las hojas inferiores son menos sombreadas por la misma planta. Una extensión lógica de esta hipótesis es que las plantas con hojas erectas pueden ser sembradas a

mayor densidad y producir tanta materia seca como otras plantas de hojas no erectas sembradas a menor densidad (Cabrales *et al.*, 1992). Similarmente Reta *et al.*, (1992 y 1993) mencionan que el uso de genotipos con un porte de altura intermedia a baja y hojas erectas o semierectas en altas densidades de población incrementan la producción de forraje seco y grano.

2.5.2. Respuesta del rendimiento de forraje y grano a la densidad de población.

2.5.2.1. Rendimiento de materia seca.

El mejoramiento del rendimiento de grano de híbridos de maíz en América del Norte aparentemente es el resultado de incrementar la acumulación de materia seca (Crosbie, 1982; Tollenaar, 1989) y ésta a su vez se debe a un incremento en la absorción de radiación fotosintéticamente activa (RFA) y/o al mejoramiento de la eficiencia para convertir RFA absorbida en materia seca. Alguna evidencia sugiere que los híbridos recientes absorben más de la RFA estacional incidente que los híbridos viejos (Tollenaar y Aguilera, 1992).

La respuesta del rendimiento de materia seca de maíz a la densidad de población es asintótica (Bunting, 1971), en consecuencia, la densidad óptima de población para la producción de forraje es más alta que para la producción de grano (Iwata, 1973; Lucas, 1986) y el rendimiento de forraje seco por unidad de área, puede ser incrementado con aumentos en la densidad de población (Tetio-Kagho y Gardner, 1988b; Jollife *et al.*, 1990). Esto coincide con los estudios realizados por Genter y Camper (1973), quienes reportaron incrementos en la producción de materia seca/ha al aumentar la densidad de

población de 34,600 a 54,300 plantas/ha. Similarmente Iremiren y Milbourn (1978) reportaron que el rendimiento total de biomasa aérea en maíz aumentó cuando la densidad de población se incrementó a más de 170,000 plantas/ha.

Similarmente Reta *et al.*, (1998) indican la posibilidad de incrementar el rendimiento de forraje seco/ha en un 17% usando densidades de población superiores a 80,000 plantas/ha y genotipos tolerantes a estas condiciones. Los máximos rendimientos de materia seca/ha en híbridos comerciales se ha obtenido entre 8 plantas/m² (Graybill *et al.*, 1991) y 17.0 plantas/m² (Iremiren y Milbourn, 1978).

Por otro lado el incremento en la densidad de población origina una mayor competencia entre plantas afectando el crecimiento vegetativo y reproductivo. El grano, el tallo y el rendimiento total por planta disminuye recíprocamente con incrementos en la densidad de población (Tetio-Khago y Gardner, 1988b; Hashemi-Dezfouli y Hebert, 1992).

2.5.2.2. Rendimiento de grano.

El rendimiento en biomasa es una función de la densidad de población y el tamaño de la planta (Huerta, 1969; Collins *et al.*, 1971). La respuesta del rendimiento de grano en maíz a la densidad de población es parabólica (Tollenaar, 1989; Karlen y Camp, 1985). Por lo que la densidad de población óptima para la producción de grano es menor que para la producción de forraje (Iwata, 1973; Lucas, 1986; Printer *et al.*, 1994). Sin embargo, híbridos recientes (prolíficos) tienen la capacidad para amortiguar o sostener

la producción de grano en una amplia gama de densidades de población, mientras que los no prolíficos (de una mazorca) sólo lo hacen en un rango poblacional más estrecho (Prior y Russell, 1975). De acuerdo al genotipo y al manejo agronómico, el máximo rendimiento de grano en maíz puede alcanzarse entre 6.75 plantas/m² (Cox, 1996) y 11.2 plantas/m² (Tetio – Kagho y Gardner, 1988b; Reta *et al.*, 1999). Similarmente Dong y Hu (1993) reportaron que un híbrido de hojas erectas requirió 9 plantas/m² para lograr el máximo rendimiento de grano, en contraste a un híbrido de hojas normales que requirió una densidad de población de 4.5 plantas/m² para lograr el máximo rendimiento de grano.

El rendimiento potencial de grano se establece durante la emergencia de estigmas (Tollenaar, 1977). Por lo tanto cualquier estrés tal como el sombreado artificial (Early *et al.*, 1967) o el incremento en la densidad de población (Daynard y Muldoon, 1983), retrasa la emergencia de estigmas, lo que puede causar un fracaso en la polinización e inducir la formación de un menor número de granos por mazorca (Karlen y Camp, 1985), incrementar el número de mazorcas estériles y disminuir el número de granos por planta (Early *et al.*, 1967; Kiniry y Ritchie, 1985; Reed *et al.*, 1988) y en consecuencia una reducción en el rendimiento.

2.5.2.3. Componentes del rendimiento.

El número de granos en la planta de maíz esta determinado por la cantidad de fotosintatos producidos por el cultivo a la floración (Tollenaar, 1977). La cantidad de radiación interceptada en ese período es crítica para el amarre de grano (Fisher y

Palmer, 1984; Kiniry y Ritchie, 1985; Aluko y Fisher, 1988; Early et al, 1967; Grant, 1989). Además, el número de granos producidos en maíz es alterado por las condiciones ambientales durante el crecimiento. La respuesta ocurre principalmente durante la floración (Tollenaar, 1977). En bajas densidades de población el número de granos amarrados por mazorca es cercano al número potencial (Ruguet, 1989; Edmeades y Daynard, 1979a).

Al aumentar la densidad de población, el rendimiento de grano tiende a ser ajustado, primero por el número de granos/mazorca (NGM) y número de granos/hilera (KNER), después por el número de mazorcas/planta (NMP), número de hileras/mazorca (NHM) y peso medio del grano, el cual permanece relativamente estable (Tetio – Kagho y Gardner, 1988b). Este proceso ocurre debido a la mayor competencia entre plantas por la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), lo que puede resultar en una reducción en el número de granos/mazorca y en mazorcas completamente estériles (Tollenaar, 1977; Daynard y Muldoon, 1983; Tetio - Kagho y Gardner, 1988b). Además Hashemi – Dezfouli y Hebert (1992), mencionan que la disminución en el número de granos/mazorca puede ser debida a varios factores; entre los que se encuentran: existencia de pocas flores iniciales formadas antes de la floración, una mala polinización debida a la desincronía del espigamiento y la emergencia de estigmas, y al aborto de granos después de la fertilización (polinización). En contraste Iremiren y Milbourn (1980) reportan que el efecto de altas densidades de población sobre la prolongación del intervalo de espigamiento a emergencia de estigmas (Daynard y Muldoon, 1983) y la falta del llenado de grano son más perjudiciales para el número de

granos/mazorca que la reducción en el número de flores completamente desarrolladas. El aborto de mazorca ocurre durante la floración, mientras el aborto de grano puede continuar hasta 20 días después de la polinización (Tollenaar, 1977).

Por otra parte Tollenaar *et al.* (1992) menciona que al incrementarse la densidad de población el número de granos/mazorca, mazorcas/planta (Núñez *et al.*, 1994) y peso medio de grano disminuyen, debido a una reducción en la acumulación de materia seca/planta desde una semana antes de la emergencia de estigmas hasta tres semanas después; pero esto depende en gran parte del genotipo. Por otra parte, Reta *et al.* (1999b) sugieren que la reducción en el número de granos/mazorca en bajas densidades de población, esta relacionada a una mayor producción de mazorcas/planta; y por lo tanto, una mayor competencias por fotosintatos entre mazorcas de una misma planta. La reducción en el número de granos por el incremento del aborto de los mismos en la alta densidad (Iremiren y Milbourn, 1978), indican que una inadecuada administración de asimilados puede limitar el crecimiento de esos granos, manifestándose principalmente en la punta de la mazorca (Hanft *et al.*, 1986). Hashemi – Dezfouli y Hebert (1992) reportan reducciones en el peso medio del grano de 23 y 28 % en densidades de población media y alta, respectivamente. Similarmente Reta *et al.* (1999b), reportaron reducciones de 7 a 8% en el peso medio del grano, al aumentar la densidad de población por arriba de 8.2 plantas/m².

2.5.2.4. Índice de área foliar (IAF)

Algunos estudios reportan que al incrementar la densidad de población en maíz, se incrementa el Índice de área foliar (IAF) y el rendimiento de materia seca, pero se altera la distribución de la luz dentro del dosel por penetrar desde el estrato más alto hasta el más bajo (Tetio-Kagho y Gardner, 1988a; Tollenaar, 1992; Graybill *et al.*, 1991) e incrementa la fracción interceptada por las espigas. Esto coincide con los estudios realizados por Graybill *et al.*, (1991) quienes reportaron que la mayor densidad de población (8.0 plantas/m²) tuvo el más alto IAF a emergencia de estigmas (4.6), mientras que las densidades de población de 5.0 y 6.5 plantas/m² tuvieron un IAF de 3.1 y 3.8, respectivamente. De igual manera la mayor densidad produjo el más alto rendimiento de materia seca (15.7, 16.5 y 17.5 ton/ha a 5.0, 6.5 y 8.0 plantas/m², respectivamente). Similarmente Tetio-Kagho y Gardner (1988a) reportaron que la densidad de 6.3 plantas/m² acumuló 41.6 y 103.5% más materia seca/unidad de área/día que las densidades de 3.5 y 1.9 plantas/m², respectivamente. A latitudes del norte de Estados Unidos, el IAF óptimo para lograr el máximo rendimiento de grano está en el rango de 3.0 – 3.2 (Tollenaar, 1989); en La Comarca Lagunera Reta *et al.*, (2000) reportan que el máximo rendimiento de grano se obtuvo a un IAF de 5.8, mientras que para lograr el máximo rendimiento de materia seca Barriere y Traineau (1986) reportan un IAF tan alto como 6.0.

Tollenaar y Aguilera (1992) reportan que el mayor IAF a emergencia de estigmas en los híbridos modernos, origina una mayor intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA). Además, tienen mayores tasas de fotosíntesis foliar a

pesar de los altos valores de IAF (Dwyer et al, 1991), y presentan una alta eficiencia en el aprovechamiento de la radiación solar durante el llenado de grano, con lo cual contribuyen a más altos rendimientos de grano. Con el aumento del IAF y el rendimiento de materia seca puede incrementarse la competencia entre plantas, la cual puede reducir el índice de cosecha (IC) o la proporción de grano en el forraje (Duncan 1984). Sin embargo, existe evidencia de que los nuevos híbridos mantienen su índice de cosecha (IC) en altas densidades de población.

2.5.2.5. Índice de cosecha, (IC).

Edmeades y Lafitte (1993); Johnson *et al.*,(1986) mencionan que la reducción en la altura de planta incrementa la tolerancia a la densidad de población por medio del incremento en el índice de cosecha (IC), disminuyendo la esterilidad e incrementando el número de granos/planta.

Por otra parte, Duncan (1984) menciona que el aumento en índice de área foliar (IAF) y el rendimiento de materia seca puede incrementar la competencia entre plantas, lo cual puede reducir el IC o la proporción de grano en el forraje. Sin embargo, Tollenaar (1989); Tetio – Kagho y Gardner, (1988a); Reta *et al.*, (2000), reportaron que el IC de híbridos recientes no disminuyó en altas densidades de población. De igual manera Karlen y Camp (1985) y Reta *et al.*,(2000), mencionan que densidades de población tan altas como 15.5 plantas/m² no tuvieron influencia sobre el IC o el contenido de energía del forraje. Por lo tanto se deduce que la selección del híbrido

puede influenciar el IC y por consecuencia la calidad del forraje más que el rango de densidades de población (Graybill *et al.*, 1991).

2.5.2.6. Características Agronómicas.

Las principales características agronómicas que influyen en la producción de materia seca y grano son: altura de planta, porcentaje de plantas cuateras y porcentaje de plantas estériles (Zavala, 1999).

Las condiciones ambientales durante el alargamiento del tallo ejercen una notoria influencia sobre la altura de la planta madura, el diámetro del tallo y en cierto grado el potencial de rendimiento. La temperatura y el fotoperíodo pueden influir sobre la altura del tallo al afectar la cantidad de entrenudos. Sin embargo, existen efectos más directos como los que resultan de variaciones del nivel de humedad, nutrición, cantidad y calidad de la luz (Evans, 1983).

En experimentos diseñados para estudiar diferentes densidades de siembra, se observó que las plantas de maíz son más altas a medida que se incrementa el sombreado recíproco, aunque al respecto existe considerable variación varietal. Hozumi *et al.* (1955) observaron que cuando existían plantas de alturas iniciales diferentes, separadas a corta distancia entre sí, las más bajas se alargaban con una mayor rapidez que las más altas. Ellos denominaron a este fenómeno “interacción cooperativa “ ya que las plantas más pequeñas son capaces de alcanzar a las mayores, gracias al efecto de estas últimas, sacando ventaja en la competencia. Aunque las plantas más bajas se alargaban más

rápido, presentaban una menor tasa de ganancia de peso seco, de manera que sus tallos resultan más livianos y de menor diámetro (interacción competitiva). Esta característica es en parte responsable de la susceptibilidad al acame cuando se incrementa la densidad de siembra (Evans, 1983).

La densidad de población resulta en una competencia entre plantas afectando el crecimiento vegetativo y reproductivo (Tetio- Kagho y Gardner, 1988b), esto se debe a la competencia por la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA), reflejándose en una reducción en el número de granos/mazorca y en mazorcas completamente estériles (Hashemi – Dezfouli y Hebert, 1992). Esto coincide con algunos estudios que indican que la reducción en el rendimiento de grano en altas densidades de población es principalmente debido a un incremento en el número de mazorcas estériles (Daynard y Muldoon, 1983). En forma similar Hashemi – Dezfouli y Hebert (1992), reportaron una reducción en el rendimiento de grano debido a que un 15% de las plantas en ambientes con luz a alta densidad eran estériles.

La mayor tolerancia de los nuevos híbridos de maíz a las altas densidades de población, está relacionada con la producción de un mayor número de mazorcas/planta (prolificidad) (Cox, 1996), reducción en la altura de planta que incrementa el índice de cosecha, decrece el número de plantas estériles e incrementa el número de granos/planta (Johnson *et al.*, 1986; Edmeades y Lafitte, 1993). Así como una mayor tasa de acumulación de materia seca durante el crecimiento de estigmas, incrementado el número de granos/planta y mazorcas/planta (Tollenaar *et al.*, 1992).

2.5.2.7. Calidad del forraje.

Los principales parámetros de calidad de un forraje son: Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Acido (FDA), Fibra Neutro Detergente (FND), Total de Nutrientes Digestibles (TND), Digestibilidad (*in vitro* o *in vivo*) y Energía Neta de Lactancia (Enl).

El contenido de fibra es la característica más importante de los forrajes. La fibra es el material estructural de las plantas resistente a la acción de enzimas digestivas de los animales, pero que puede ser digerido por los microorganismos en el rumen. La fibra esta compuesta por las sustancias que componen las paredes celulares de las plantas, como la celulosa, hemicelulosa y lignina. La proporción de estas sustancias es variable, sobre todo en diferentes especies. Por ejemplo en gramíneas la proporción de hemicelulosa – celulosa es mayor que en leguminosas (Núñez *et al.*, 1997).

La cantidad de fibra está relacionada con el valor nutritivo de los forrajes. La Fibra Detergente Neutro se relaciona negativamente con el consumo de los animales, con la eficiencia de utilización de la energía y con la producción de leche. El valor de FDN se emplea para formular raciones para obtener el mayor consumo de materia seca, un porcentaje de grasa adecuado en la leche, y una utilización eficiente de la energía para producción de leche (Núñez *et al.*, 1997).

La Fibra Detergente Acido (FDA), se relaciona negativamente con la digestibilidad y el valor energético de los forrajes. A medida que la FDA disminuye, la digestibilidad y la energía de los forrajes aumentan. Sin embargo, esta relación no es

universal debido a que existen variaciones en la digestibilidad de la fibra misma (Núñez *et al.*, 1997).

La digestibilidad es otro término que se refiere a la fracción del forraje o alimento consumido que no es excretado en las heces fecales. En las excreciones fecales existen sustancias que no son de los alimentos, por lo que este término se denomina digestibilidad aparente. La digestibilidad se puede determinar con animales (*in vivo* o *in situ*) o también en el laboratorio (*in vitro*). Ambas determinaciones están relacionadas entre sí, aunque en ocasiones la digestibilidad *in vitro* es mayor que la *in vivo*, este parámetro es un índice importante, ya que es el principal factor que determina el valor energético de los forrajes (Núñez *et al.*, 1997).

El concepto Total de Nutrientes Digestibles (TND) se desarrolló en Estados Unidos para la evaluación de alimentos para el ganado. Sin embargo, el TND realmente no es una medida de nutrientes digestibles, debido a que esta determinación tiende a sobrestimar el valor energético de los forrajes. Las determinaciones de energía digestible, metabolizable y neta, son más apropiadas para evaluar forrajes y otros alimentos, así como para la formulación de raciones (Núñez *et al.*, 1997).

Los animales obtienen la energía de los forrajes mediante la digestión y metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Durante los procesos de digestión y metabolismo de la energía, hay pérdidas a través de las heces, en la excreción de

nitrógeno en la orina, en la producción de calor durante la fermentación rumial y en el metabolismo de nutrientes en el cuerpo de los animales (Núñez *et al.*, 1997).

La energía neta es el valor de un alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales o para promover el crecimiento del cuerpo de los mismos, del feto en vacas gestantes o para producción de leche. Los forrajes no tienen un valor único de energía neta para todas las funciones productivas, debido a que la energía se utiliza con una eficiencia diferente para cada una de ellas. Al valor energético de los alimentos para la producción de leche, en el sistema americano se le denomina energía neta de lactancia (Enl) (Núñez *et al.*, 1997).

El índice de cosecha está relacionado con la calidad de un forraje, de tal manera que un alto contenido de grano en el forraje proporciona características favorables al ensilado, incrementa el contenido de materia seca y palatabilidad, reduce la infiltración de carbohidratos solubles y proteína cruda y el total de nutrientes digestibles (TND) (Phipps, 1980).

El uso de altas densidades de población puede reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano en el forraje (índice de cosecha) (Printer *et al.*, 1990; Núñez *et al.*, 1994). Sin embargo, existe una respuesta diferencial de acuerdo a las características de los genotipos. Tollenaar (1989) consigna que el índice de cosecha no decrece en altas densidades de población. Como resultado de esto, se ha encontrado que densidades de población entre 10 y 15.5 plantas/m² no influyeron en el

índice de cosecha y el contenido energético del forraje (Karlen y Camp, 1985; Reta *et al.*, 2000).

Núñez *et al.*, (1994) reportó que la calidad nutricional de los ensilados disminuye al aumentar la densidad de plantas y que ésto se debe principalmente, a la reducción del contenido de grano.

En contraste Graybill *et al.* (1991), reportaron un pequeño efecto de la densidad de población sobre las concentraciones de Fibra Acido Detergente (186 - 217 g/Kg.) Fibra Neutro Detergente (414 - 434 g/Kg.) y Proteína Cruda (72 - 77 g/Kg.), indicando que la calidad del forraje puede ser mantenida a altas densidades de población. Similarmente, Reta *et al.*, (2000), encontraron que el aumento de la densidad de población (hasta 15.5 plantas/m²) no afectó el porcentaje de Proteína Cruda, Fibra Acido Detergente, Fibra Neutro Detergente y Total de Nutrientes Digestibles, debido a que el IC no varió con aumentos en densidad de población. En contraste Pinter *et al.* (1994), mencionan que el Total de Nutrientes Digestibles (TND) fue afectado por la densidad de población y el genotipo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización Geográfica de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera, está integrada por los municipios de Torreón, Matamoros, Francisco I. Madero, San Pedro y Viesca, en el estado de Coahuila, y los municipios de Lerdo, Gómez Palacio, Mapimí, Tlahualilo, Nazas, San Juan de Guadalupe, Simón Bolívar, Guadalupe Victoria y San Pedro del Gallo, en el estado de Durango. Esta se encuentra ubicada entre los paralelos 24°05' y 26°45' de latitud Norte y los meridianos 101°40' y 104° 45' de longitud Oeste de Greenwich, a una altura de 1, 120 metros sobre el nivel del mar (Aguirre, 1981).

La Región Lagunera cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas y urbanas. Al Sur colinda con el estado de Zacatecas, al Oeste, con los municipios de Hidalgo, Inde, Centro de Comonfort y San Juan del Río, Durango; al Norte con el estado de Chihuahua y con los municipios de Sierra Mojada y Cuatrociénegas en Coahuila, al Este, con los municipios de General Cepeda y Saltillo, Coahuila (Aguirre, 1981).

3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera.

3.2.1. Clima.

De acuerdo con la clasificación del Dr. Thorntwhite, modificada por el Sr. Alfonso Contreras Arias, la Comarca Lagunera es árido en casi toda su área cultivable (parte central), tiene clima muy seco con deficiencia de lluvia en todas las estaciones del año,

temperatura semi – cálida con invierno benigno; exceptuando la parte norte de los municipios Fco. I. Madero y San Pedro cuyo clima es seco con temperatura semi – cálida e invierno no benigno seco; la parte oeste de Nazas cuyo clima es seco con temperatura templada, primavera seca e invierno benigno seco (Aguirre, 1981).

3.2.2. Precipitación.

De acuerdo con las lluvias registradas durante los últimos 30 años en la estación climatológica de Lerdo, Dgo. se concluye que en la Comarca Lagunera, el período máximo de precipitación esta comprendido en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto. La precipitación pluvial característica de la región, condiciona la existencia de una atmósfera con baja humedad. La precipitación media anual de las últimas décadas es de 220 mm (Aguirre, 1981).

3.2.3. Temperatura.

En la Comarca Lagunera existen dos épocas de temperatura, la primera comprende de Abril a Octubre, en la cuál la temperatura media mensual excede de los 20°C, y la segunda abarca los meses de Noviembre a Marzo, en los cuales la temperatura media mensual oscila entre 13.6°C y 18.4°C. Los meses más calurosos son de Mayo a Agosto y los más fríos son de Diciembre y Enero. (Aguirre, 1981).

3.3. Origen de los suelos de la Comarca Lagunera.

El Ing. Geólogo H. Allera, realizó un estudio agronómico de la Comarca Lagunera, en el cuál describe el origen de los suelos de la Laguna de la siguiente manera: En épocas remotas, La Comarca Lagunera estaba cubierta por mares que con el transcurso del tiempo se desecaron; iniciándose el relleno de estas oquedades en la última etapa del período terciario y prolongándose después de ese período por un millón de años. Terminando el relleno, los acarreos sucesivos de los ríos nivelaron las acumulaciones sedimentarias dando origen a casi la totalidad de los suelos regionales (Ojeda, citado por Quiñones, 1988).

3.4. Caracterización físico – química del suelo en el sitio experimental.

Para definir las características físicas y químicas del suelo, se presentan los resultados del análisis físico-químico que se realizó en el sitio experimental. En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan los datos que se consideraron como más importantes de fertilidad, salinidad y físicos.

Los datos referentes al nivel de fertilidad del sitio experimental indican que el suelo tenía un buen nivel de nitrógeno y de fósforo (Cuadro 1), además se aplicaron 100 unidades de Nitrógeno y 100 de Fósforo a la siembra, más 90, 60 y 30 unidades de Nitrógeno al primer, segundo y tercer riego de auxilio, respectivamente para evitar deficiencias.

Cuadro 1. Valores de fertilidad del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000.

PROF. (cm)	NO ₃	Fósforo (P)	Potasio (K)	M. O.	CO ₃	CIC
	-----ppm-----					
00-30	44.5	13.5	1262	0.96	13.33	29.9
30-60	42.0	2.7	921	0.69	14.72	29.0
60-90	48.5	2.4	657	0.26	12.84	26.9

El suelo es pobre en materia orgánica (M.O), con valores menores a 1.0 porciento y los valores de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) son normales, para un suelo mineral arcilloso con contenidos bajos de materia orgánica.

En el Cuadro 2, se presentan los datos de salinidad considerados como de mayor influencia en las características salino - sódicas de un suelo. Los valores de pH indican un suelo fuertemente alcalino característico de la región (de 8.47 a 8.38). Referente a la salinidad, las lecturas de la conductividad eléctrica (CE) indican un suelo libre de problemas de salinidad.

Cuadro 2. Valores de salinidad del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000

PROF. (cm)	PH	CE Mmhos/cm	Na meq (Cat. Sol)	Na meq (Cat. Int)	K Meq
00-30	8.47	1.21	0.77	0.89	2.97
30-60	8.46	1.11	1.01	1.28	4.40
60-90	8.38	1.38	1.45	1.59	4.90

En el Cuadro 3, se presentan los datos obtenidos del análisis físico del suelo, el cual indica que el suelo es arcilloso por lo que se considera de alta capacidad de retención de agua. Sin embargo, al analizar el perfil del suelo se observó que hasta una profundidad de 60 cm el suelo tiene una apariencia uniforme con un estrato de 20 cm a

30 cm muy compactado, y de 60 cm hasta un metro el perfil presentó una apariencia más suave.

Cuadro 3. Análisis físico del suelo en el sitio experimental. Primavera de 2000.

PROF. (cm)	ARENA	LIMO	ARCILLA	CC	PMP
	-----%-----				
00-30	15.64	36.00	43.36	29.48	15.28
30-60	25.64	34.00	40.36	30.73	16.43
60-90	19.64	34.00	16.36	32.42	18.48

3.5. Diseño Experimental.

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2000 en el Campo Experimental la Laguna (CÉLALA), ubicado en el municipio de Matamoros Coahuila, a una latitud Norte de 24°32' y longitud Oeste de 103°15', con una altura sobre el nivel del mar es de 1, 120 m. La siembra se realizó en húmedo el día 16 de Mayo. Los tratamientos a estudiar se formaron con tres genotipos y cinco densidades de población, quedando de la siguiente manera:

Genotipos de maíz:

G1 = 3002W (Híbrido de ciclo intermedio, alto y hojas no erectas (testigo)).

G2 = 3025W (Híbrido de ciclo precoz-intermedio, altura intermedia y hojas semierectas).

G3 = Garst 8285 (Híbrido de ciclo precoz, altura baja, con hojas erectas).

Densidades de población.

D1 = 55, 000 plantas/ha ó 5.5 plantas/m² (testigo para grano).

D2 = 75, 000 plantas/ha ó 7.5 plantas/m² (testigo para forraje).

D3 = 95, 000 plantas/ha ó 9.5 plantas/m²

D4 = 115, 000 plantas/ha ó 11.5 plantas/m².

D5 = 150, 000 plantas/ha ó 15.0 plantas/m².

Combinación de tratamientos.

- | | | |
|--|---|--|
| 1. 3002W – 5.5 plantas/m ² | 6. 3025W – 5.5 plantas/m ² | 11. Garst 8285 – 5.5 plantas/m ² |
| 2. 3002W – 7.5 plantas/m ² | 7. 3025W – 7.5 plantas/m ² | 12. Garst 8285 – 7.5 plantas/m ² |
| 3. 3002W – 9.5 plantas/m ² | 8. 3025W – 9.5 plantas/m ² | 13. Garst 8285 – 9.5 plantas/m ² |
| 4. 3002W – 11.5 plantas/m ² | 9. 3025W – 11.5 plantas/m ² | 14. Garst 8285 – 11.5 plantas/m ² |
| 5. 3002W – 15.5 plantas/m ² | 10. 3025W – 15.0 plantas/m ² | 15. Garst 8285 – 15.0 plantas/m ² |

El experimento se estableció en el lote 11 del Campo Experimental de la Laguna (CÉLALA), bajo un diseño combinatorio en una distribución en bloques al azar con un con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental estuvo formada por 10 surcos espaciados a 0.76 m por ocho metros de largo, dando una superficie de 60.8 m². La parcela de evaluación para forraje fue de seis metros de dos de los surcos centrales, dando una superficie de 9.12 m². En la madurez fisiológica, la parcela de evaluación para grano fue de seis metros de tres de los surcos centrales, dando una superficie de 13.68 m².

La figura 1 representa la distribución de tratamientos en el terreno.

NORTE



CANAL DE RIEGO

3002W Dp5.5 60	3025W Dp5.5 59	Garst 8285 Dp11.5 58	3025W Dp9.5 57	3025W Dp7.5 56	Garst 8285 Dp9.5 55	Garst 8285 Dp7.5 54	3025W Dp15.0 53	3002W Dp15.5 52	3002W Dp7.5 51
----------------------	----------------------	----------------------------	----------------------	----------------------	---------------------------	---------------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------

3025W Dp7.5 41	Garst 8285 Dp15.0 42	3025W Dp5.5 43	3025W Dp15.0 44	3002W Dp11.5 45	3002W Dp11.5 46	3002W Dp9.5 47	Garst 8285 Dp15.0 48	Garst 8285 Dp5.5 49	3025W Dp11.5 50
----------------------	----------------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------	----------------------------	---------------------------	-----------------------

Garst 8285 Dp5.5 40	3002W Dp15.0 39	Garst 8285 Dp11.5 38	3025W Dp11.5 37	ICI8285 Dp7.5 36	3002W Dp9.5 35	3002W Dp7.5 34	3002W Dp5.5 33	3025W Dp9.5 32	Garst 8285 Dp9.5 31
---------------------------	-----------------------	----------------------------	-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------------

3002W Dp7.5 21	Garst 8285 Dp9.5 22	Garst 8285 Dp11.5 23	3002W Dp9.5 24	3025W Dp15.0 25	Garst 8285 Dp5.5 26	3025W Dp9.5 27	3002W Dp11.5 28	3002W Dp15.0 29	Garst 8285 Dp15.0 30
----------------------	---------------------------	----------------------------	----------------------	-----------------------	---------------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------

Garst 8285 Dp7.5 20	3025W Dp11.5 19	3025W Dp7.5 18	3002W Dp5.5 17	3025W Dp5.5 16	3025W Dp7.5 15	3002W Dp9.5 14	Garst 8285 Dp7.5 13	3025W Dp11.5 12	3002W Dp11.5 11
---------------------------	-----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	---------------------------	-----------------------	-----------------------

Garst 8285 Dp11.5 1	3002W Dp15.0 2	Garst 8285 Dp15.0 3	3002W Dp7.5 4	Garst 8285 Dp5.5 5	3002W Dp5.5 6	3025W Dp5.5 7	Garst 8285 Dp9.5 8	3025W Dp9.5 9	3025W Dp15.0 10
---------------------------	----------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------	---------------------	---------------------	--------------------------	---------------------	-----------------------

Figura 1. Distribución de los tratamientos en el campo. Diseño experimental en bloques al azar en un arreglo combinatorio con cuatro repeticiones.

3.6. Actividades de campo.

3.6.1. Método de siembra.

La siembra se realizó en húmedo el día 16 de mayo en surcos sencillos, con una distancia de 0.76 m, a chorrillo con sembradora de botes, tirando aproximadamente 40 semillas/m lineal (320 semillas por surco de ocho metros), ésto para establecer una alta densidad.

3.6.2. Fertilización.

Durante el ciclo se aplicaron 280 unidades de nitrógeno/ha, 100 de fósforo, y 00 de potasio, aplicando todo el fósforo y 100 unidades de nitrógeno en el momento de la siembra, posteriormente se aplicaron 90, 60 y 30 unidades de más Nitrógeno/ha en el primer, segundo y tercer riego de auxilio, respectivamente. Se utilizó urea granulada al momento de la siembra, (46 – 00- 00) y urea ácida aplicada en el riego (28%) como fuente de nitrógeno y fosfato monoámonico (MAP, 11 – 52 – 00), como fuente de fósforo.

3.6.3. Labores culturales.

3.6.3.1. Aclareo.

Se realizó a los 13 días después de la siembra, para dejar los niveles de población para cada tratamiento; 5.5, 7.5, 9.5, 11.5 y 15.0 plantas/m².

3.6.3.2. Aporque y Control de maleza.

Para aporcar y mantener al cultivo libre de maleza se realizó una escarda mecánica a los 22 días después de la siembra y un cultivo y aporque a los 27 días después de la siembra (cuatro días antes del primer riego de auxilio).

3.6.3.3. Aplicación de Riegos e Insecticidas.

La información relacionada con la aplicación de riegos e insecticidas se presenta en los Cuadros 4 y 5.

Cuadro 4 Aplicación de riegos y etapas de desarrollo en que se aplicaron.

Riego	Etapas de Desarrollo.	Fecha de aplicación.	d.d.s. *
Aniego	-----	6 de Mayo	- 10
Primer auxilio	Encañe	16 de Junio	31
Segundo auxilio	I.C.R.Mazorca ^{&}	12 de Julio	57
Tercer auxilio	Polinización	27 de Julio	72
Cuarto auxilio	Grano Lechoso	10 Agosto	86

* d.d.s.=Días después de la siembra.

& Inició de crecimiento rápido de mazorca

Cuadro 5. Control de plagas.

Plaga	Producto	Dosis/ha	Fecha de aplicación
Gusano de alambre	Diagrán 5% G.	20 Kg.	31 de Mayo
Gusano Cogollero *	Paratión metilico +	1.0 Litro	5 de Junio
y Pulga Saltona **	Cipermetrina	0.3 Litro	
Gusano Cogollero	Clorpirifos 480 E +	1.0 Litro	14 de Junio
Y Pulga Saltona	Cipermetrina	0.4 Litro	
Gusano Cogollero	Clorpirifos 480 E +	1.0 Litro	27 de Junio
Y Pulga Saltona	Cipermetrina	0.5 Litro	
Araña Roja***	Rogor l-40	1.0 Litro	2 de Julio
Araña Roja	Folimat 1000 E	0.5 Litro	8 de Agosto
Araña Roja	Folimat 1000 E	0.5 Litro	25 de Agosto

* (*Spodoptera frugiperda*).

** (*Chaectonema ectypa*)

*** (*Tetranychus spp*)

3.7. Variables Evaluadas.

Todas las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de varianza y la separación de las medias de los tratamientos con el método de Tukey ($P \leq 0.05$), mediante la utilización del programa SAS.

3.7.1. Dinámica de acumulación de materia seca.

El muestreo consistió en cinco plantas seleccionadas al azar por parcela, las cuales se separaron en todos sus órganos y se sometieron a secado en una estufa a 60°C durante 72 horas. Después se determinó el peso seco del vástago (parte aérea de la planta) y a cada uno de sus órganos.

3.7.2. Distribución final de materia seca.

Se realizó con el fin de conocer el efecto de las densidades de población sobre la distribución final de materia seca en los órganos del vástago. Al momento de la cosecha de forraje (1/3 de la línea de leche), se separaron cinco plantas en todos sus órganos y se secaron en una estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante (72 hr.).

3.7.3. Distribución porcentual de materia seca.

A partir del peso obtenido en la distribución final de materia seca en el vástago, se determinó el porcentaje de materia seca por órgano en tres diferentes densidades de población, para así poder conocer la acumulación porcentual en cada órgano y el efecto de la densidad de población sobre este porcentaje.

3.7.4. Tasa de crecimiento.

Se realizó con la finalidad de representar la producción fotosintética neta realizada por las plantas durante su ciclo de desarrollo, el cual se llevó a cabo a través del siguiente índice de crecimiento.

TCC = Tasa de crecimiento del cultivo que representa el incremento en biomasa por unidad de superficie ocupada en un intervalo de tiempo dado. Para su evaluación se utilizó la siguiente expresión:

$$TCC = (Ps_2 - Ps_1) / A (T_2 - T_1).$$

Donde:

TCC = Tasa de crecimiento del cultivo, en g/m²/día.

Ps₁ = Peso seco de la muestra 1 en t₁, en g.

Ps₂ = Peso seco de la muestra 2 en t₂, en g.

T₁ = Epoca de muestreo, en días.

T₂ = Epoca de muestreo, en días.

A = Área de muestreo, en m²

La información para la estimación de la TCC se obtuvo de los datos de materia seca acumulada a través del ciclo del cultivo hasta la cosecha de forraje.

3.7.5. Maíz para ensilaje.

3.7.5.1. Rendimiento de forraje verde - seco y grano.

Para la evaluación final de forraje verde se cortó una parcela útil de 9.12 m², en la etapa de desarrollo de un tercio de la línea de leche, en cada parcela experimental. Para la producción de forraje seco, se pesó el forraje verde total en campo y se tomó una muestra de cinco plantas para secarse (después de trituradas) en una estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante (72 hr). Después de secada la muestra se pesó, para determinar el porcentaje de materia seca, el cual a su vez multiplicado por el forraje verde da origen a la producción de materia seca total.

Para la evaluación del grano, a las plantas cosechadas, después de pesadas, se les quitó la mazorca para pesarlas, luego este peso se transformó a producción de grano/ha, ajustado a un 4% de humedad.

3.7.5.2. Componentes del rendimiento de grano a cosecha de forraje.

De las mazorcas cosechadas en la parcela útil de las cuatro repeticiones, se sacó una muestra de 50 mazorcas, en las que se estimaron los siguientes componentes del rendimiento: el número de granos por mazorca, número de granos/m² y el peso de 2,000 granos para determinar el peso medio de grano.

3.7.5.3. Índice de cosecha a forraje.

Es la relación entre el peso del grano y el peso del forraje seco, es decir, es el contenido de grano en el forraje. Esta variable se determinó en todas las parcelas útiles. Para esto, se pesaron las plantas cosechadas en campo, después el rendimiento de grano obtenido se ajustó a 4% de humedad y con estos pesos se calculó la variable.

3.7.5.4. Características agronómicas a cosecha de forraje.

En cada parcela útil de las cuatro repeticiones, se determinaron las características agronómicas más importantes como son: altura de planta, altura de mazorca, % de plantas con una mazorca, % de plantas cuateras y % de plantas estériles. Para determinar la altura de planta y mazorca en cada parcela útil se hizo un muestreo al azar de diez plantas. Las demás características se calcularon sobre todas las plantas cosechadas.

3.7.5.5. Índice de área foliar.

Es la relación entre el área foliar cosechada y el área de suelo que está ocupando. Para esta determinación se hicieron cortes de hoja con una área conocida, comenzado con una área pequeña, la cual se fue haciendo más grande gradualmente hasta el punto en que se consideró que los pesos esperados estarían dentro del rango de áreas realizado. Una vez que se realizaron los cortes de áreas conocidas se secaron en una estufa a 60°C durante 72 hr. Conociendo el área y el peso seco se calculó una regresión para cada genotipo. Sin embargo, se eligió una regresión donde se incluyeron los tres genotipos, ya que la regresión para cada genotipo fueron muy similares entre sí.

Los pesos secos de lámina verde obtenidos en el muestreo realizado poco después de la floración del cultivo, se sometieron a esta regresión para determinar el área foliar correspondiente.

3.7.5.6. Calidad del forraje.

Para esta variable, de cada parcela de evaluación se tomaron cinco plantas para trituración completa, se pusieron a secar en una estufa a 60°C durante 72 hr., la muestra se molió en un molino tipo “Willey” con una malla de 1.0 mm, para después estimar los parámetros de calidad en un espectrofotómetro de rayos cercanos al infrarrojo (NIRS), en el laboratorio del grupo LALA. Los parámetros evaluados fueron: Porcentaje de Proteína Cruda (% PC), Fibra Detergente Acido (% FDA) y Fibra Detergente Neutro (% FDN), Total Nutrientes Digestibles Totales (% TND), Energía Neta de Lactancia [Mcal/Kg de M. S. (En)].

3.7.6. Maíz para grano.

3.7.6.1. Rendimiento de grano.

La evaluación del rendimiento de grano se llevó a cabo a madurez fisiológica. Se cosecharon en cada parcela experimental tres de los surcos centrales con una longitud de 6 m cada uno, equivalente a una superficie de 13.68 m². El rendimiento obtenido fue ajustado a un 15% de humedad.

3.7.6.2. Componentes del rendimiento e índice de cosecha a grano.

De las mazorcas cosechadas en la parcela útil de las cuatro repeticiones, se sacó una muestra de 50 mazorcas, en las que se estimaron los siguientes componentes del rendimiento: número de granos por mazorca, número de granos/m² y el peso de 2, 000 granos para determinar el peso medio de grano. Para determinar el índice de cosecha se utilizó el rendimiento de materia seca (sin incluir el grano) obtenido a cosecha de forraje y se comparó con el rendimiento de grano (a cosecha de grano) y así se obtuvo el índice de cosecha.

3.7.6.3. Características agronómicas a cosecha de grano.

En cada parcela útil de las cuatro repeticiones, se determinaron el porcentaje de plantas de una mazorca, porcentaje de plantas cuateras y porcentaje de plantas estériles utilizando para esto todas las plantas cosechadas.

3.7.6.4. Aborto de óvulos.

Para la determinación de esta variable, en cada parcela útil, se muestrearon al azar diez plantas (dos semanas después de la floración). A estas plantas se les quitó la mazorca principal y secundaria (cuando hubo). En dichas mazorcas se contó el número de óvulos fecundados, y se calculó el número de óvulos potenciales/m². A la cosecha de grano se determinó el número de granos/m² producidos, luego se comparó con el número de ovúlos/m² potenciales para determinar el número de óvulos abortados/m², así como su porcentaje correspondiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Acumulación de materia seca en la parte aérea durante el desarrollo del cultivo.

4.1.1. Dinámica de acumulación de materia seca.

En general los tres genotipos de maíz en evaluación presentaron un patrón de crecimiento similar (Figura 2). La acumulación de materia seca a los 55 días después de la siembra se presentó principalmente en órganos vegetativos (tallos, hojas); mientras que en los órganos reproductivos la acumulación de materia seca se inició a partir de los 55 días después de la siembra (dds), iniciándose con el crecimiento de bracteas y espiga, y posteriormente con una lenta acumulación de materia seca en la mazorca durante la emergencia de estigmas y formación de grano y un acelerado crecimiento de la mazorca durante el llenado de grano. Durante el período de 55 a 79 dds, la acumulación de materia seca en la parte aérea de la planta se presentó tanto en órganos vegetativos como reproductivos mientras que de 79 dds a cosecha solo se acumuló materia seca en la mazorca, debido al llenado de grano.

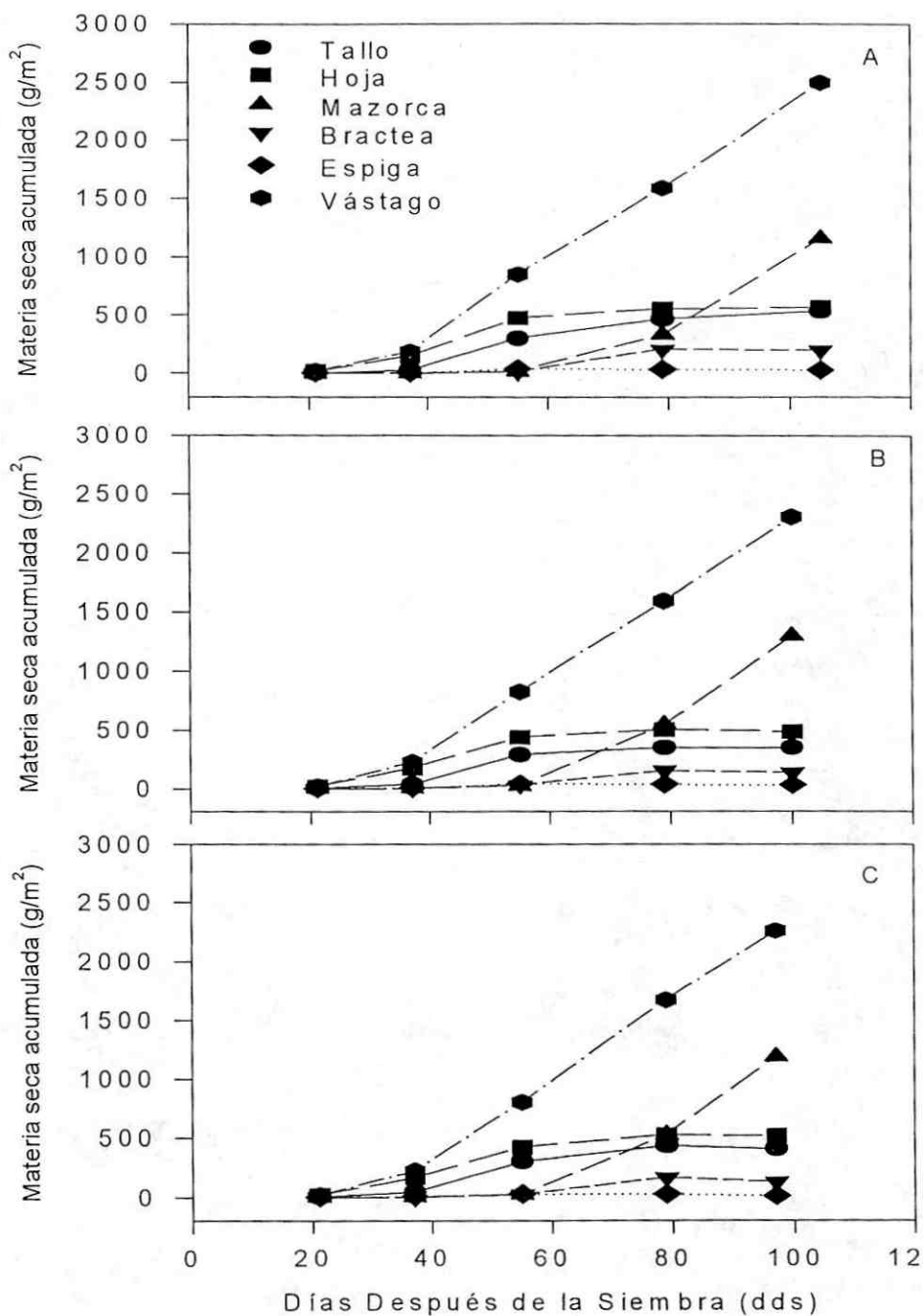


Figura 2. Dinámica de acumulación de materia seca durante el ciclo de cultivo de tres genotipos de maíz (A: 3002W, B: 3025W, C: Garst 8285).

4.1.2. Acumulación final de materia seca.

De acuerdo con el análisis estadístico, no hubo diferencia significativa entre genotipos ni en la interacción entre factores en la acumulación de materia seca total del vástago (Cuadro 6). Aunque no hubo diferencia significativa en el peso seco total del vástago para genotipos, si se observaron diferencias entre órganos. El híbrido 3002W acumuló una mayor cantidad de materia seca en tallo, hoja y bracteas, respecto a 3025W y Garst 8285. Por otra parte, el aumento de densidad de 5.5 a 7.5 plantas/m², incrementó significativamente la materia seca por m² en el vástago, permaneciendo sin cambio hasta 15.0 plantas/m². El peso seco del tallo presentó un comportamiento similar al peso seco total, mientras que hojas y espiga, el máximo peso se alcanzó entre 11.5 y 15.0 plantas/m². El peso seco de la mazorca tuvo la misma tendencia que el peso seco del vástago solamente que éste permaneció constante hasta 11.5 plantas/m².

Aunque no hubo diferencias en la acumulación total de materia seca/m², cabe destacar que el híbrido Garst 8285 acumuló la misma cantidad que los otros materiales en un menor tiempo (2,261 g/m², en 97 días), mientras que los genotipos 3002W y 3025W lo hicieron a 100 y 105 dds, respectivamente; lo que representa un ahorro de días que bien pudieran utilizarse en la preparación del siguiente ciclo de cultivo.

Cuadro 6. Acumulación de materia seca a cosecha de forraje de tres genotipos de maíz en función de cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Vástago	Tallo	Hoja	Mazorca	Bractea	Espiga
	-----(g/m^2)-----					
GENOTIPOS						
3002W	2, 497 a§	535 a	569 a	1,158 a	199 a	30 a
3025W	2, 306 a	349 c	487 b	1,300 a	139 b	27 a
Garst 8285	2, 261 a	410 b	518 b	1,186 a	126 b	18 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)						
5.5	1, 980 b	311 b	398 d	1,082 b	167 ab	19 c
7.5	2, 529 a	439 a	514 c	1,370 a	179 a	24 bc
9.5	2, 543 a	442 a	533 bc	1,297 ab	151 abc	25 bc
11.5	2, 463 a	472 a	580 ab	1,243 ab	137 c	27 ab
15.0	2, 347 ab	492 a	599 a	1,082 b	139 bc	31 a
GENOTIPOS	NS	**	**	NS	**	**
DENSIDADES	**†	**	**	**	**	**
INTERACCION	NS	*	**	NS	*	NS
C.V.	14 %	15%	9.9 %	18 %	16 %	19 %

§ Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey), † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

4.1.3. Distribución porcentual de la materia seca

El efecto de la densidad de población sobre la distribución porcentual de la materia seca en los órganos del vástago de maíz fue diferente, de acuerdo a las características agronómicas de los genotipos utilizados (Figura 3). En el híbrido 3002W con porte de planta alto y hojas laxas, el porcentaje de tallo se incrementó significativamente al aumentar la densidad de población. Mientras que en los genotipos 3025W y Garst 8285 con porte de planta intermedio y bajo, hojas semierectas y erectas, respectivamente, el porcentaje de tallo permaneció sin cambio significativo. El porcentaje de hoja (lamina + vaina), se incrementó en los híbridos 3002W y 3025W al aumentar la densidad de población, mientras que en el híbrido Garst 8285 permaneció sin cambio.

Por otra parte al incrementar la densidad de población el porcentaje de mazorca (raquis + grano + bracteas), disminuyó en los tres híbridos. Cabe mencionar que el 3002W fue más sensible al incremento de la densidad de población, ya que a la mayor densidad tuvo un menor porcentaje de mazorca en comparación con los otros materiales. Esto indica la mayor adaptabilidad de los híbridos 3025W y Garst 8285 a altas densidades de población en relación con el 3002W.

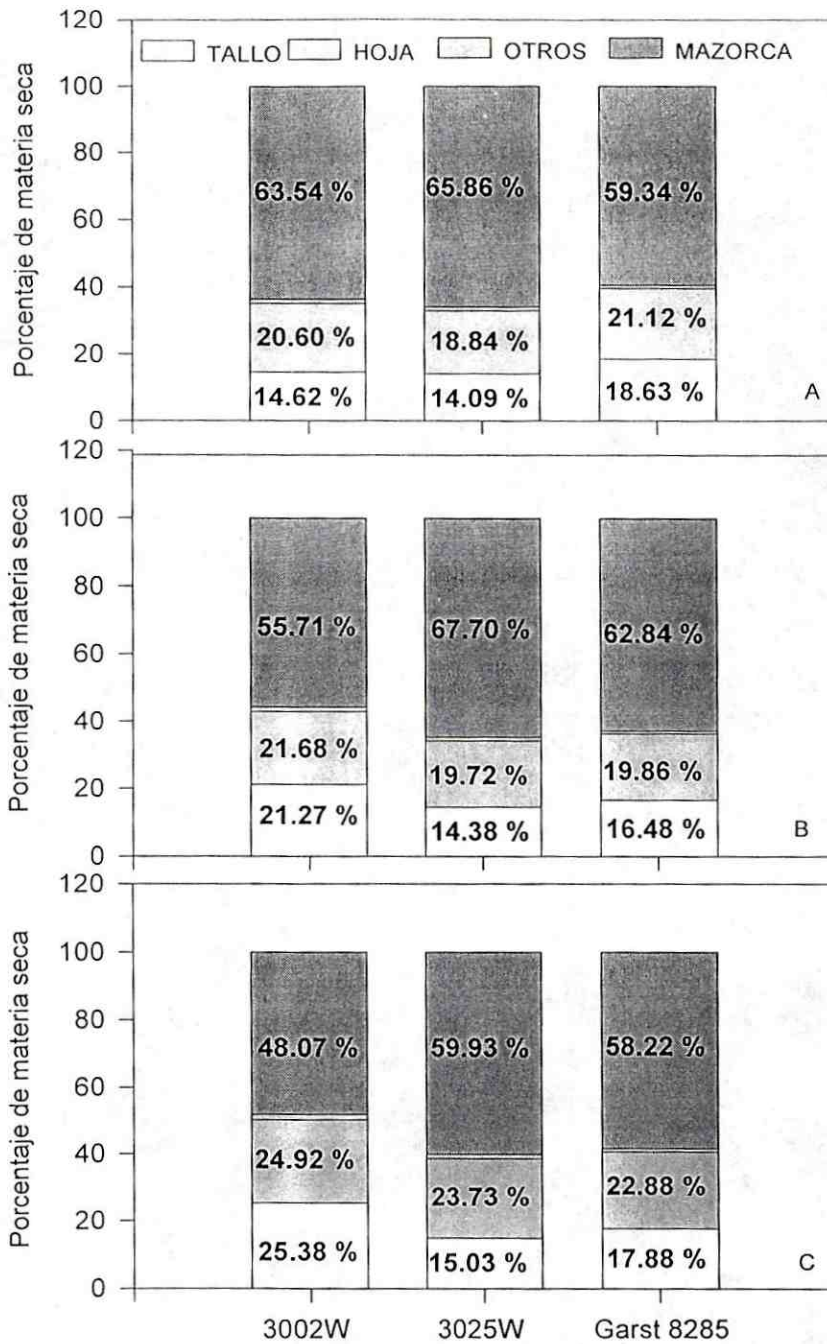


Figura 3. Distribución porcentual de materia seca en los diferentes órganos del vástago de tres híbridos de maíz, en tres densidades de población (A: baja densidad= 5.5 plantas/m², B: densidad media= 7.5 plantas/m² y C: alta densidad= 11.5 plantas/m²).

4.2. Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC).

El análisis estadístico de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), durante los periodos siembra – cosecha, fase vegetativa – formación de grano (21 – 79 dds) y llenado de grano (79 dds – 1/3 de la línea de leche) (Cuadro 7) mostró que los tres genotipos tuvieron la misma tasa de acumulación de materia seca/m², mientras que esta variable solo fue afectada por la densidad de población. Por otro lado la tasa de acumulación de materia seca en la mazorca durante el período de llenado del grano fue superior en los híbridos 3025W y Garst 8285 respecto a 3002W

No obstante la falta de diferencias entre genotipos en la TTC total, cabe recordar que la cosecha se realizó a un tercio de la línea de leche y no a días después de la siembra, por lo que cada genotipo tuvo diferente fecha de cosecha. Partiendo de esta información, se deduce que el genotipo Garst 8285 presentó una ventaja (8 y 3 días con relación al 3002W y 3025W, respectivamente) sobre los otros materiales, y en especial sobre el 3002W debido a que acumuló la misma cantidad de materia seca, pero en un período más corto (97 días).

Por otro lado, con el aumento de la densidad de población de 5.5 a 7.5 plantas/m² en los intervalos siembra – cosecha y fase vegetativa – formación de grano, se incrementó también la TCC, para después mantenerse estable en las demás densidades; lo que indica que densidades de 9.5 a 15.0 plantas/m² no afectaron la tasa de acumulación de la materia seca para estos intervalos. Para el intervalo de llenado del grano la TTC se incrementó de 5.5 a 7.5 plantas/m² fue estable de 7.5 a 11.5 plantas/m² y se redujo a la

mayor densidad. Esto probablemente se debió a que los genotipos Garst 8285 y 3025W llegaron más pronto al estado de un tercio de la línea de leche.

Cuadro 7. Tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en diferentes períodos del desarrollo de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Planta completa			Mazorca
	S - C.F.‡	F.V. - F.G. (21 - 79 dds.)	Ll. G. (79 dds - C.F)	I.C.R.Maz. (55 dds - C.F.)
------(g/m ² /dia)-----				
GENOTIPOS				
3002W	23.8 a§	27.1 a	35.0 a	22.2 b
3025W	23.1 a	27.1 a	34.2 a	27.9 a
GARST 8285	23.3 a	28.6 a	34.2 a	26.9 a
DENSIDADES (número de plantas/m²)				
5.5	19.6 b	23.9 b	27.9 b	28.1 b
7.5	25.1 a	25.4 ab	47.7 a	41.5 a
9.5	24.3 a	27.0 ab	40.7 ab	38.2 ab
11.5	24.5 a	31.3 a	30.1 ab	35.0 ab
15.0	23.3 ab	30.4 a	26.0 b	31.6 ab
C. V.	13 %	20 %	44 %	19 %
GENOTIPOS	NS	NS	NS	**
DENSIDADES	**†	**	**	**
INTERACCION	NS	NS	NS	NS

‡ S - C.F.= Período siembra (S) a Cosecha de forraje (C.F.), F.V. - F.G.= Período fase vegetativa (F.V.) a formación de grano (F.G.), Ll. G.= Llenado de grano, I.C.R.Maz= Inicio de crecimiento rápido de mazorca. § Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey), † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

4.3. Evaluación de forraje.

4.3.1. Rendimiento de forraje verde y seco.

En rendimiento de forraje y mazorca en fresco se encontró diferencia significativa para genotipos, densidades y en la interacción de estos factores. La respuesta del rendimiento de forraje verde (Figura 4 A) en los híbridos 3002W y 3025W fue parabólica, obteniendo su máximo rendimiento a 11.5 plantas/m², mientras que en el híbrido Garst 8285 el rendimiento de forraje verde se incrementó hasta 15.0 plantas/m². Cabe señalar que a la densidad de 11.5 plantas/m² el rendimiento de los híbridos 3025W y Garst 8285 fue estadísticamente igual.

El hecho de que el híbrido Garst 8285 haya presentado su máximo rendimiento de forraje verde en la mayor densidad, probablemente se deba a sus características agronómicas de menor altura de planta y a su posición de las hojas (completamente erectas), lo cual le permitió tener una mayor tolerancia a la mayor densidad de población. Esto coincide con Rutger y Crowder (1967), quienes reportan que las plantas con hojas erectas pueden producir rendimientos más altos que las plantas con hojas no erectas, debido a un menor sombreado recíproco, en altas densidades de población.

Respecto al rendimiento de mazorca en fresco, los híbridos 3025W y Garst 8285 presentaron una respuesta parabólica al aumento de la densidad de población (Figura 4 B), mientras que el genotipo 3002W no respondió significativamente al incremento de la densidad de población. Los genotipos 3025W y Garst 8285 alcanzaron su máximo rendimiento entre las 7.5 y 11.5 plantas/m². Cabe destacar que aunque el rendimiento de

mazorca fue estadísticamente igual en este intervalo de densidades, el punto máximo de rendimiento se alcanzó a 11.5 plantas/m², para los dos genotipos (22,511 y 21,068 Kg./ha, respectivamente).

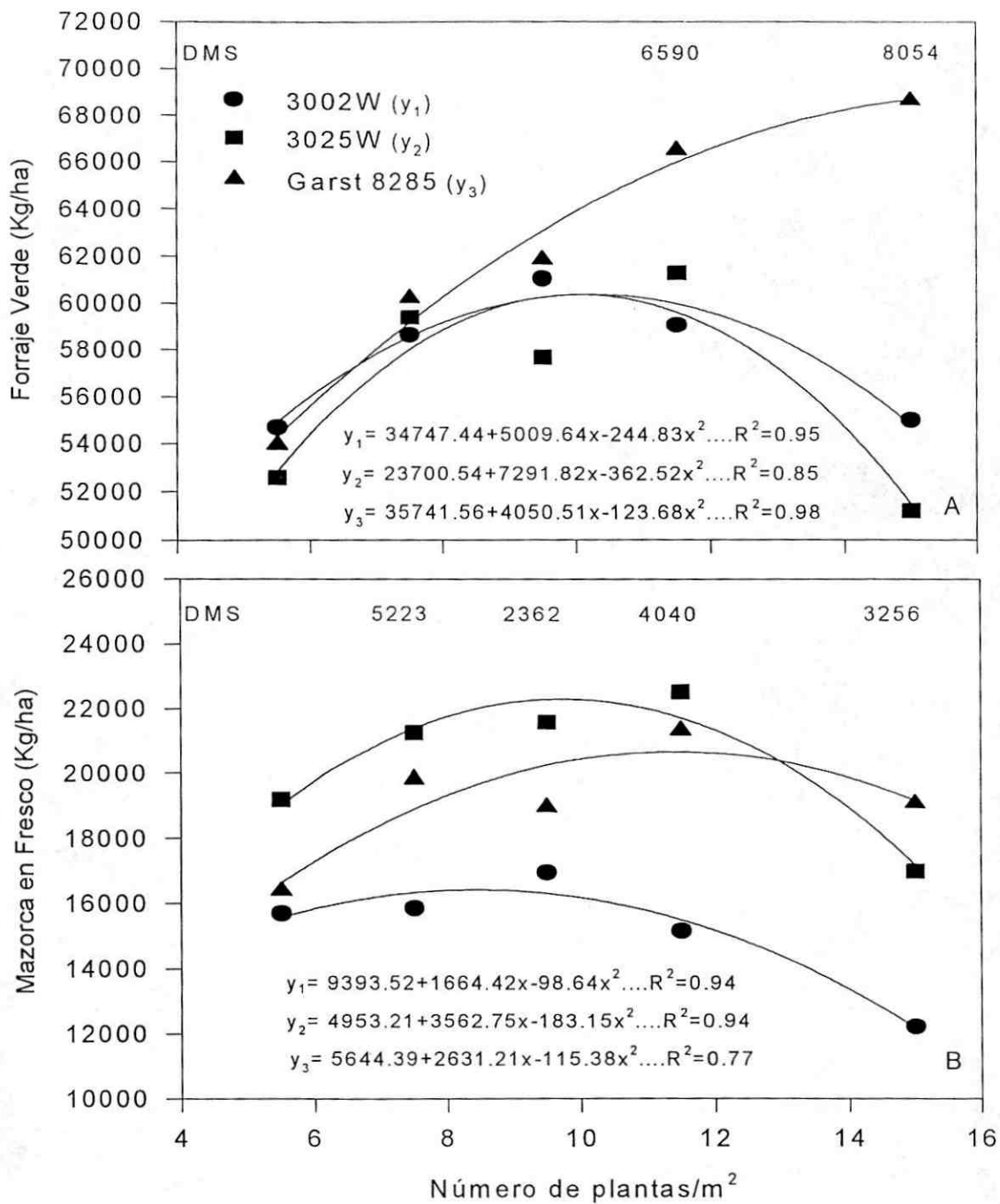


Figura 4. Rendimiento de forraje verde y mazorca en fresco de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población. D.M.S. para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

Rendimiento de forraje seco.

El análisis estadístico del rendimiento de forraje seco, mostró diferencias significativas para genotipos y densidades, así como para la interacción de estos factores. El genotipo 3002W no tuvo respuesta significativa al incremento de densidad de población (Figura 5), mientras que el genotipo 3025W presentó una respuesta parabólica, alcanzando su máximo rendimiento de forraje seco a 11.5 plantas/m². El genotipo Garst 8285 presentó una respuesta asintótica al incremento de la densidad de población, lo cual coincide con lo mencionado por Bunting (1971), alcanzando su máximo rendimiento entre 11.5 y 15.0 plantas/m².

Al comparar los tres genotipos para una misma densidad de población se observó que el rendimiento de forraje seco en los tres genotipos fue estadísticamente igual de 5.5 a 9.5 plantas/m², presentándose diferencias significativas en densidades de población superiores, en las cuales el mayor rendimiento se obtuvo con Garst 8285. A 11.5 plantas/m², los híbridos 3025W y Garst 8285 fueron estadísticamente iguales. Al comparar al genotipo 3002W con una densidad de 7.5 plantas/m² (testigo) con el híbrido Garst 8285 a una densidad de 11.5 plantas/m² se obtuvo un incremento en el rendimiento de forraje seco de 13.4% equivalente a 2, 643 Kg./ha.

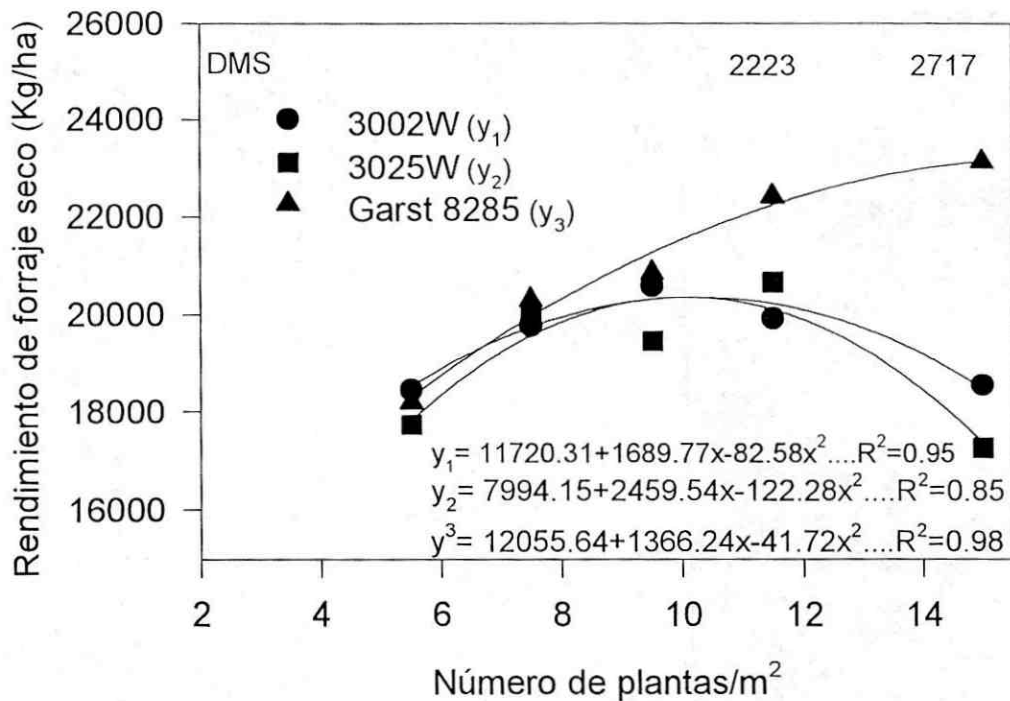


Figura 5. Rendimento de forraje seco de tres híbridos de maíz en función de diferentes densidades de población. D.M.S para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

4.3.2. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha a forraje.

El análisis estadístico del rendimiento de grano, granos/mazorca, granos/metro², peso medio de grano y el índice de cosecha, mostró diferencias significativas entre genotipos y densidades de población, no así en la interacción de factores. El máximo rendimiento de grano lo obtuvieron los híbridos 3025W y Garst 8285 con un rendimiento de 9, 391 y 9, 056 Kg./ha respectivamente, debido a un mayor número de granos/m² y mayor peso medio de grano, en comparación con el 3002W (Cuadro 8).

En el número de granos/mazorca fue superior el 3025W sobre el 3002W, y fue estadísticamente igual a Garst 8285 pero éste fue igual al 3002W. Por otra parte los genotipos 3025W y Garst 8285 fueron superiores al 3002W en el número de granos/m² y peso medio de grano, razón por la cual tuvieron un mayor rendimiento de grano.

En lo que respecta al índice de cosecha, el 3025W fue superior a los otros materiales, debido a que tuvo un mayor rendimiento de grano que el 3002W y un menor rendimiento de forraje seco que el Garst 8285 (Figura 5).

En cuanto a la respuesta del rendimiento de grano a la densidad de población, éste se incrementó significativamente al aumentar la densidad de población de 5.5 a 7.5 plantas/m², en el rango de 7.5 a 11.5 plantas/m² fue estadísticamente igual y se redujo a la mayor densidad. Cabe mencionar que aunque el rendimiento fue estadísticamente de 7.5 a 11.5 planta/m², el punto máximo en esa repuesta se dio a 11.5 plantas/m² con un

rendimiento de 9,207 Kg./ha. Estos resultados son similares a los reportados por Tetio – Kagho y Gardner (1988b); Dong y Hu (1993); Cox (1996); Reta *et al.* (2000), quienes reportan que el máximo rendimiento de grano puede alcanzarse entre 6.75 y 12 plantas/m². Este comportamiento se debió que el peso medio de grano (Cuadro 8) se mantuvo relativamente igual de 5.5 a 11.5 planta/m², lo cual se combinó con un incremento en el número de granos/m², para este mismo intervalo de densidades de población.

El componente más afectado por la densidad de población fue el número de granos/m², el cual se incrementó significativamente en el intervalo de 5.5 a 7.5 plantas/m², siendo estadísticamente igual en las densidades superiores lo que permitió que el rendimiento de grano se mantuviera igual para el rango de 7.5 a 11.5 plantas/m².

Por otra parte el índice de cosecha solamente se redujo en la mayor densidad de población, siendo estadísticamente igual para el intervalo de 5.5 a 11.5 plantas/m². Esto coincide con los resultados reportados por Tollenaar (1989); Tetio – Khago y Gardner (1988a); Karlen y Camp (1985); Reta *et al.* (2000), quienes encontraron que el índice de cosecha de híbridos recientes no disminuyó en altas densidades de población.

Cuadro 8. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Rendimiento de grano (Kg./ha)	Número de granos		Peso Medio (g)	Índice de cosecha
		Por mazorca	Por metro ²		
GENOTIPOS					
3002W	6, 894 b§	488 b	3, 688 b	0.25 b	0.34 c
3025W	9, 391 a	568 a	4, 338 a	0.27 a	0.50 a
GARST 8285	9, 056 a	541 ab	4, 214 a	0.27 a	0.46 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)					
5.5	7, 699 b	754 a	3, 166 c	0.29 a	0.46 a
7.5	8, 994 a	609 b	3, 769 b	0.27 ab	0.46 a
9.5	9, 074 a	481 c	4, 233 a	0.27 ab	0.46 a
11.5	9, 207 a	451 cd	4, 659 a	0.26 b	0.43 a
15.0	7, 257 b	365 d	4, 573 a	0.23 c	0.36 b
GENOTIPOS	**†	*	**	**	**
DENSIDADES	**	**	**	**	**
INTERACCION	NS	NS	NS	NS	NS
C. V.	11 %	17 %	9.6 %	7.6%	10 %

§ Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey) † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

El análisis estadístico del número de mazorcas/planta y granos/planta mostró diferencias significativas entre genotipos y densidades, así como en la interacción entre estos factores. Al incrementarse la densidad de población de 5.5 a 7.5 plantas/m², el número de mazorcas/planta disminuyó en el híbrido 3025W, manteniéndose estable hasta 11.5 plantas/m² (Figura 6 A). Cabe señalar que aunque para este híbrido se redujo el número de mazorcas/planta, esta reducción se dió partiendo de un nivel más alto que los otros híbridos, razón por la cual este genotipo sobresalió en todas las densidades de población. El genotipo 3002W mantuvo su número de mazorcas/planta estadísticamente igual de 5.5 a 11.5 plantas/m², disminuyendo en la mayor densidad. Aunque en el híbrido 3002W, no se redujo significativamente el número de mazorcas/planta para el

intervalo de 5.5 a 11.5 planta/m², cabe mencionar que los niveles para esta variable en este genotipo fueron más bajos en relación con los otros dos materiales. Por otro lado el genotipo Garst 8285 mantuvo el número de mazorcas/planta, estadísticamente igual en todas las densidades de población.

Al comparar el número de mazorcas/planta de los tres genotipos para una misma densidad de población, sobresalió el híbrido 3025W en todas las densidades de población, siendo estadísticamente igual a Garst 8285 en las densidades de 9.5 a 15.0 plantas/m² (Figura 6A), lo que influyó para que tuvieran un mejor número de granos/m², lo cual combinado con el peso medio de grano originó un mayor rendimiento de grano/ha para estos genotipos (Cuadro 8).

En lo que respecta al número de granos/planta, al incrementarse la densidad de población, esta variable disminuyó en los genotipos 3002W y Garst 8285, mientras que el híbrido 3025W solo fue afectado al incrementar la densidad de población de 7.5 a 9.5 plantas/m², permaneciendo estadísticamente igual hasta la mayor densidad.

Al comparar el número de granos/planta de los tres genotipos en una misma densidad de población, se encontró que el híbrido 3002W fue superado por el 3025W para el rango de 5.5 a 7.5 plantas/m² y por el Garst 8285 de 11.5 a 15.0 plantas/m², siendo estadísticamente iguales a 9.5 plantas/m² (Figura 6 B). Este comportamiento influyó para que los híbridos 3025W y Garst 8285 tuvieran un mayor número de granos/m² y un mayor rendimiento de grano (Cuadro 8).

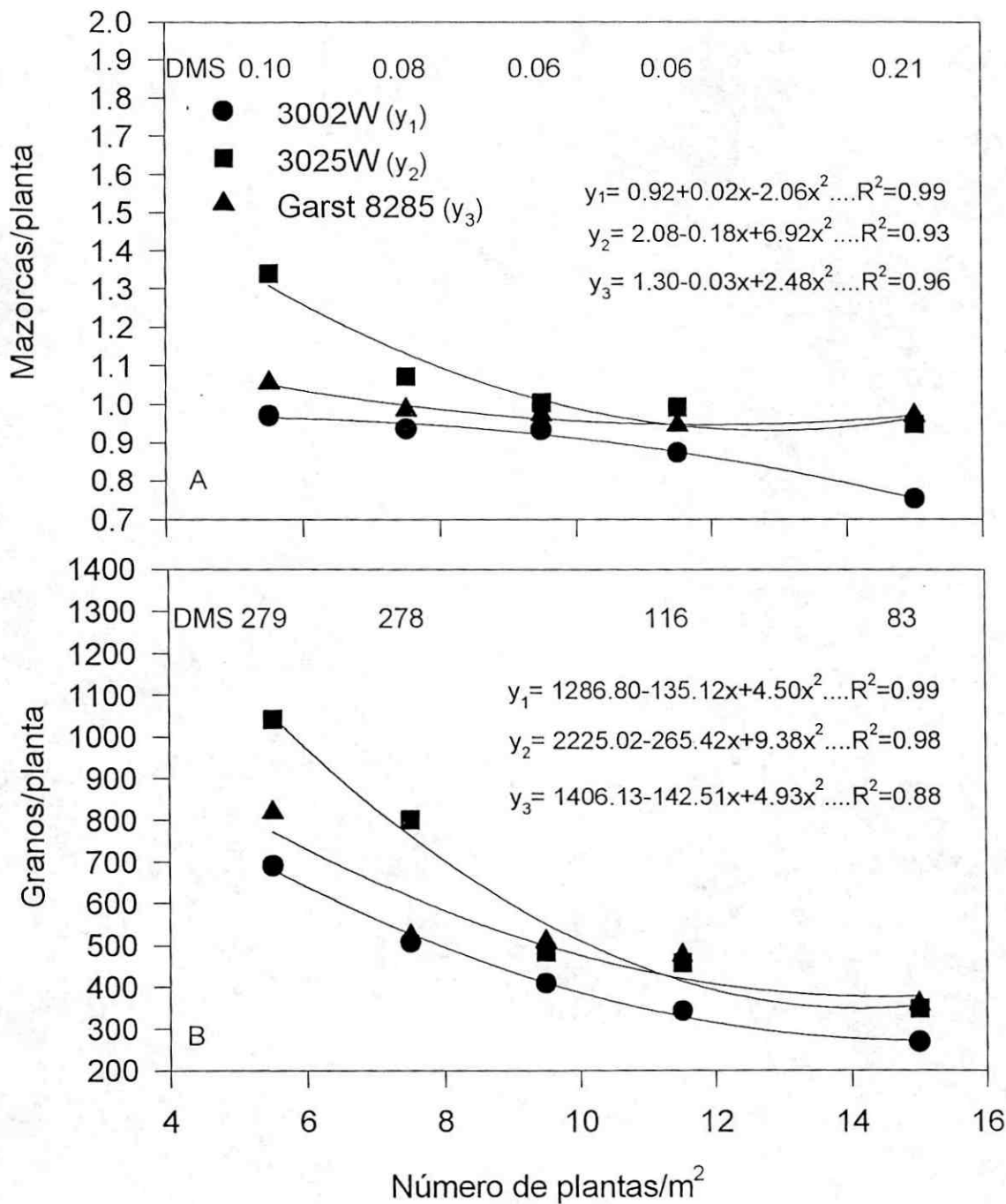


Figura 6.0 Componentes del rendimiento de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población a cosecha de forraje. D.M.S. para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

4.3.3. Características agronómicas a cosecha de forraje.

Altura de planta y de mazorca

El análisis estadístico de la altura de planta y altura de mazorca (Cuadro 9) mostró que hubo diferencias altamente significativas entre híbridos, significativas entre densidades y no significativas para la interacción entre estos factores. La diferencia de la altura de planta y mazorca entre genotipos fue debida a las características genéticas propias de cada híbrido. Es posible que la menor altura de planta del híbrido Garst 8285, haya permitido tener una mayor tolerancia al estrés por densidad de población tal y como lo señalan Johnson *et al.*, (1986); Edemades y Lafitte (1993), quienes mencionan que uno de los factores que proporcionan mayor tolerancia en los nuevos híbridos de maíz a la densidad de población, es la reducción en la altura de planta y hojas totalmente erectas. Por otro lado, el aumento en la densidad de población de 5.5 a 11.5 plantas/m², no tuvo efecto sobre la altura de planta, pero si en la altura de mazorca, la cual aumentó al pasar de 5.5 a 7.5 plantas/m² y de ésta densidad hasta 15.0 plantas/m², la mazorca se mantuvo a la misma altura.

Cuadro 9. Características agronómicas de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Altura (cm)	
	Planta	Mazorca
GENOTIPOS		
3002W	274.6 a§	121.2 a
3025W	241.3 b	96.4 b
GARST 8285	232.3 c	100.3 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)		
5.5	250.9 ab	99.9 b
7.5	251.5 ab	106.5 ab
9.5	252.8 a	106.1 ab
11.5	252.0 a	109.8 a
15.0	239.7 b	107.6 ab
GENOTIPOS	**†	**
DENSIDADES	*	*
INTERACCION	NS	NS
C. V.	4.2 %	7.1 %

§ Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey) † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

Porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles.

El análisis del porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles se encontraron diferencias significativas entre genotipos y densidades así como en la interacción entre estos factores. En los genotipos 3002W y Garst 8285 el porcentaje de plantas cuateras fue bajo en todas las densidades de población evaluadas. Por el contrario en el 3025W el porcentaje de plantas cuateras fue mayor que en los otros dos genotipos en bajas densidades (5.5 y 7.5 plantas/m²). En densidades superiores no se encontraron diferencias significativas entre genotipos (Figura 7 A).

Al comparar el porcentaje de plantas estériles de los tres genotipos para una misma densidad, no se encontró diferencia significativa en las densidades más bajas (5.5 y 7.5 plantas/m²). A partir de 9.5 plantas/m², el porcentaje de plantas estériles fue mayor en 3002W respecto a 3025W y Garst 8285 (Figura 7 B), lo cual se relacionó con un menor número de granos/m² y un menor rendimiento de grano en el primer genotipo (Cuadro 8)

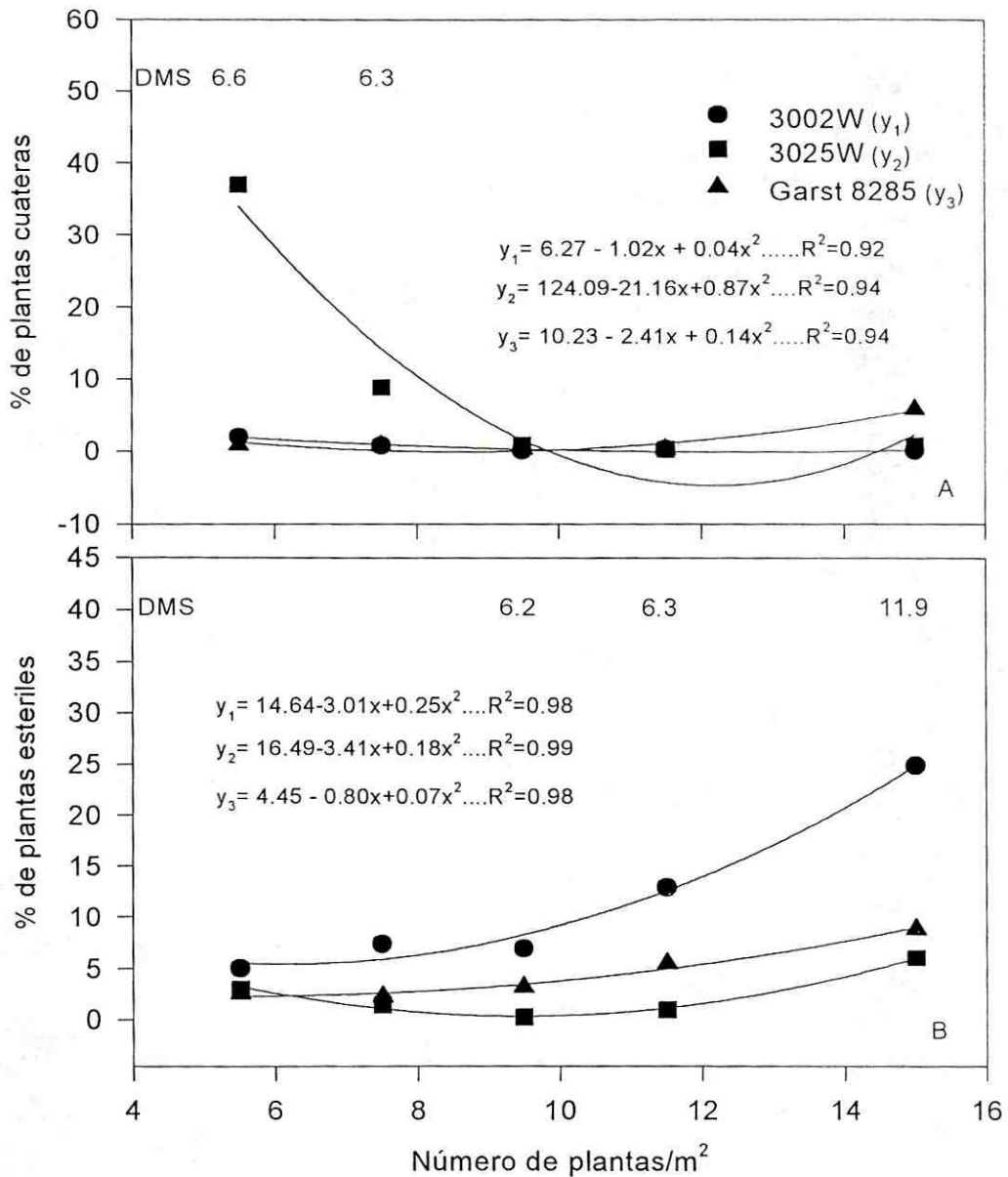


Figura 7. Porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles de tres genotipos de maíz en función de diferentes densidades de población a cosecha de forraje. D.M.S. para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

4.3.4. Relación índice de área foliar (IAF) - rendimiento de forraje seco y grano.

Para determinar el índice de área foliar (IAF) se calculó el área foliar para cada combinación de tratamientos, para esto se utilizó una regresión entre el peso seco de la lámina y su área foliar correspondiente, que se diseñó para los tres genotipos (Figura 8). Con esta regresión se estimó el área foliar considerando los pesos secos de lámina de cada tratamiento obtenidos 79 días después de la siembra. Después se dividió el área foliar entre el área de suelo ocupada para así determinar el IAF.

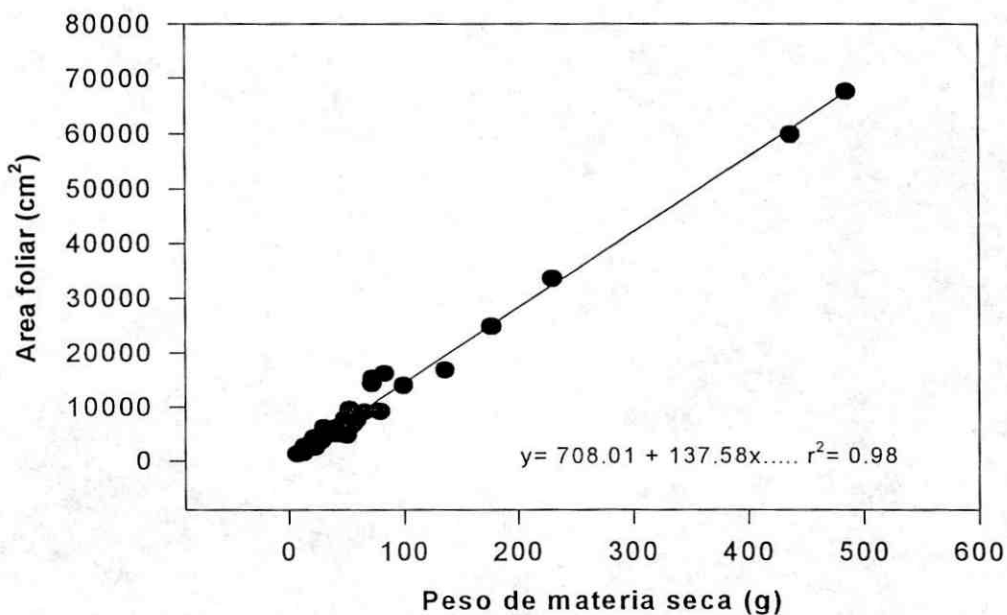


Figura 8.0 Curva de regresión para determinar el área foliar de tres genotipos de maíz.

La relación entre el IAF y el rendimiento de forraje seco y grano fue diferente para los genotipos de maíz evaluados, de acuerdo a sus características agronómicas. El máximo rendimiento de forraje seco (Figura 9 A), lo obtuvo el genotipo Garst 8285 (23,150 Kg./ha) a su máximo IAF (5.63), mientras que el genotipo 3025W lo obtuvo a un IAF de 5.28 (20,673 Kg./ha) y el 3002W a un IAF de 5.09 (20,589 Kg./ha). Para el caso de Garst 8285, los datos son similares a los resultados de Tetio – Kagho y Gardner (1988 a); Tollenaar (1992); Graybill *et al.*, (1991) quienes reportan que la mayor densidad de población tuvo el más alto índice de área foliar y la mayor acumulación de materia seca.

Por otra parte el máximo rendimiento de grano del genotipo 3025W (10, 609 Kg./ha) lo obtuvo a un IAF de 5.28 (Figura 9 B), mientras que el genotipo Garst 8285 lo obtuvo a un IAF de 5.56 (10, 067 Kg./ha) y el 3002W a un IAF de 5.80 (6, 950 Kg./ha). Estos resultados difieren con los reportados por Tollenaar (1989) quien menciona que el IAF óptimo para obtener el máximo rendimiento de grano ha sido reportado entre 3.0 – 3.2; pero son similares a los resultados obtenidos en otros años en La Comarca Lagunera (Reta *et al.*, 2000) quienes reportan que el máximo rendimiento de grano se obtuvo a un IAF de 5.8.

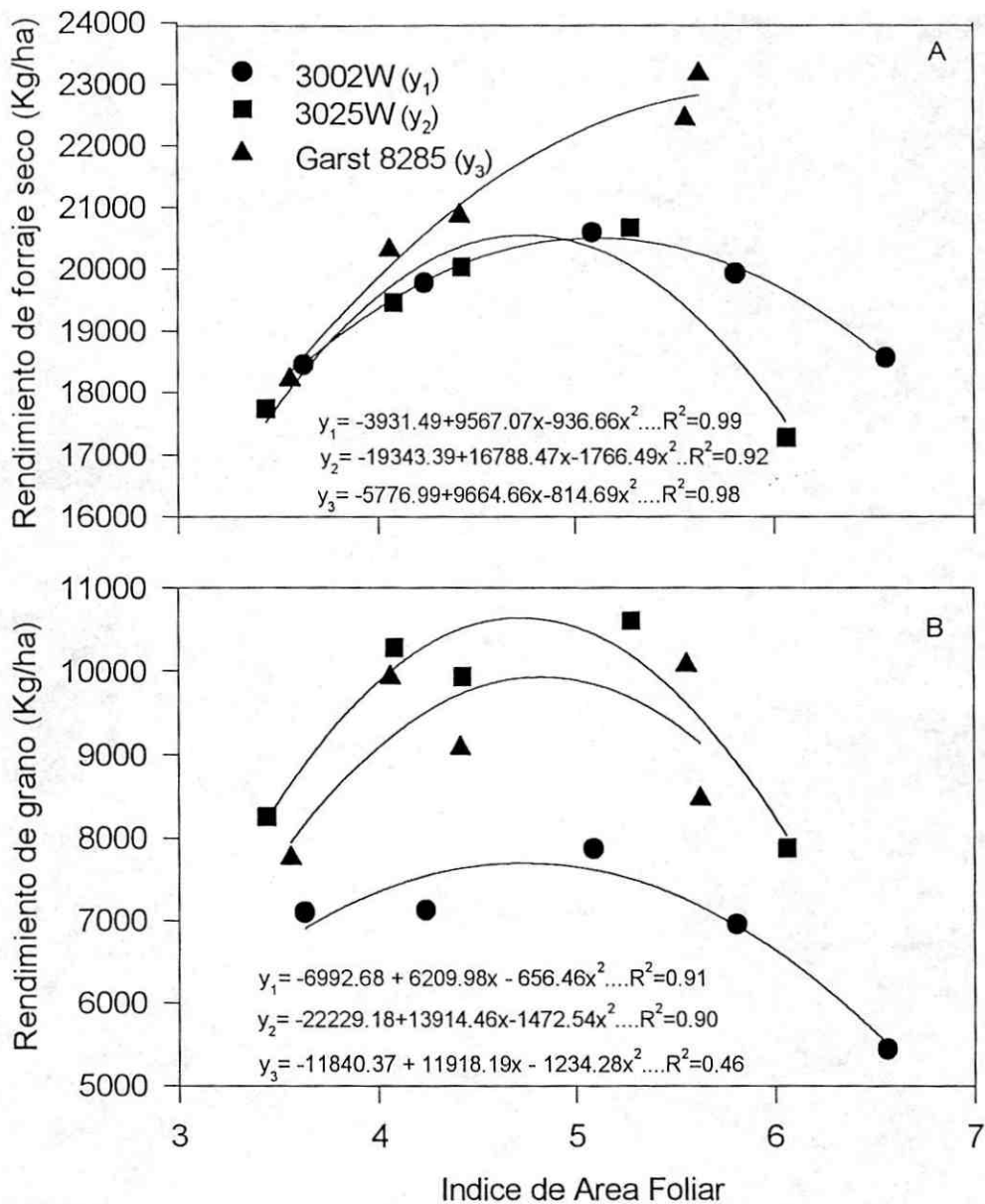


Figura 9. Relación Índice de Area Foliar – Rendimiento de forraje seco y grano de tres híbridos de maíz.

4.3.5. Calidad de forraje

El análisis estadístico de los parámetros de calidad de forraje indicó diferencias entre genotipos y densidades, para Fibra Acido Detergente (FAD), Fibra Neutro Detergente (FND), Total de Nutrientes Digestibles (TND) y Energía Neta de Lactancia (Enl) (Cuadro 10). Los híbridos 3025W y Garst 8285 obtuvieron una mayor calidad de forraje debido a una mayor Enl, TND y bajos porcentajes de FAD y FND. Esto se debió a que los híbridos antes mencionados, mantuvieron una mayor proporción de grano en el forraje (índice de cosecha). Lo cual coincide con Phipps (1980), quien reporta que un alto contenido de grano en el forraje proporciona buenas características de calidad al ensilado. Al incrementarse la densidad de población el Total de Nutrientes Digestibles y la Energía Neta de lactancia, se mantuvieron constantes hasta la densidad de 11.5 plantas/m². Mientras que el porcentaje de fibras no se incrementó significativamente hasta esta misma densidad, debido a que el índice de cosecha se mantuvo constante hasta 11.5 plantas/m², tal como lo consigan los estudios realizados por Karlen y Camp (1985); Tetio – Khago y Gardner (1988a); Tollenaar (1989); Reta *et al.*, (2000). Esto indica que el rendimiento de forraje seco/ha se puede aumentar mediante el uso de altas densidades de población sin afectar la calidad del forraje.

Cuadro 10. Parámetros de calidad del forraje de tres híbridos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	FAD‡	FND	TND	Enl	Indice de cosecha
	-----%-----			Mcal/Kg. M..S.@	
GENOTIPOS					
3002W	26.2 a§	47.3 a	63.4 b	1.3 b	0.34 c
3025W	22.1 b	40.6 b	66.5 a	1.4 a	0.50 a
GARST 8285	21.0 a	39.3 b	67.1 a	1.4 a	0.46 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)					
5.5	21.9 b	40.9 b	66.3 a	1.4 a	0.46 a
7.5	22.5 b	41.6 ab	66.0 ab	1.4 ab	0.46 a
9.5	23.1 ab	42.0 ab	65.9 ab	1.4 ab	0.46 a
11.5	22.8 ab	42.4 ab	65.7 ab	1.4 ab	0.43 a
15.0	25.2 a	45.0 a	64.4 b	1.4 b	0.36 b
GENOTIPOS	**†	**	**	**	**
DENSIDADES	**	*	*	*	**
INTERACCION	NS	NS	NS	NS	NS
C. V.	9.08 %	7.27 %	2.30 %	3.14 %	10.07 %

‡ FAD (Fibra Acido Detergente), FND (Fibra Neutro Detergente), TND (Total de Nutrientes Digestibles), Enl (Energía Neta de Lactancia), @ M.S. Materia Seca, § Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey), † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

En el análisis estadístico del porcentaje de proteína cruda, Total de Nutrientes Digestibles/ha (TND/ha) y Energía Neta de Lactancia/ha (Enl/ha) se registraron diferencias significativas entre genotipos, densidades y la interacción entre estos factores. En los tres híbridos evaluados, el porcentaje de proteína cruda no disminuyó significativamente con el aumento en densidad de población. Solamente en la densidad más baja (5.5 plantas/m²) se presentaron diferencias entre genotipos, donde el híbrido Garst 8285 mostró mayor porcentaje de Proteína cruda que el 3025W (Figura 10 A)

Debido a que el rendimiento de forraje seco se incrementó con el aumento de densidad de población, sin disminuir la calidad del forraje, el total de nutrientes digestibles/ha y energía neta de lactancia/ha en los híbridos 3025W y Garst 8285, se incrementó hasta alcanzar el máximo en 11.5 plantas/m². Posteriormente se presentó una disminución a 15.0 plantas/m² en 3025W, mientras que en Garst 8285 el valor se mantuvo sin cambio, debido a la capacidad de mantener un alto rendimiento de forraje seco en la mayor densidad de población (Figura 5). Al comparar el comportamiento del TND/ha y Enl/ha, entre genotipos para una misma densidad de población, se observa que el híbrido Garst 8285 superó a 3002W en densidades de 11.5 y 15.0 plantas/m² (Figura 10 B, C).

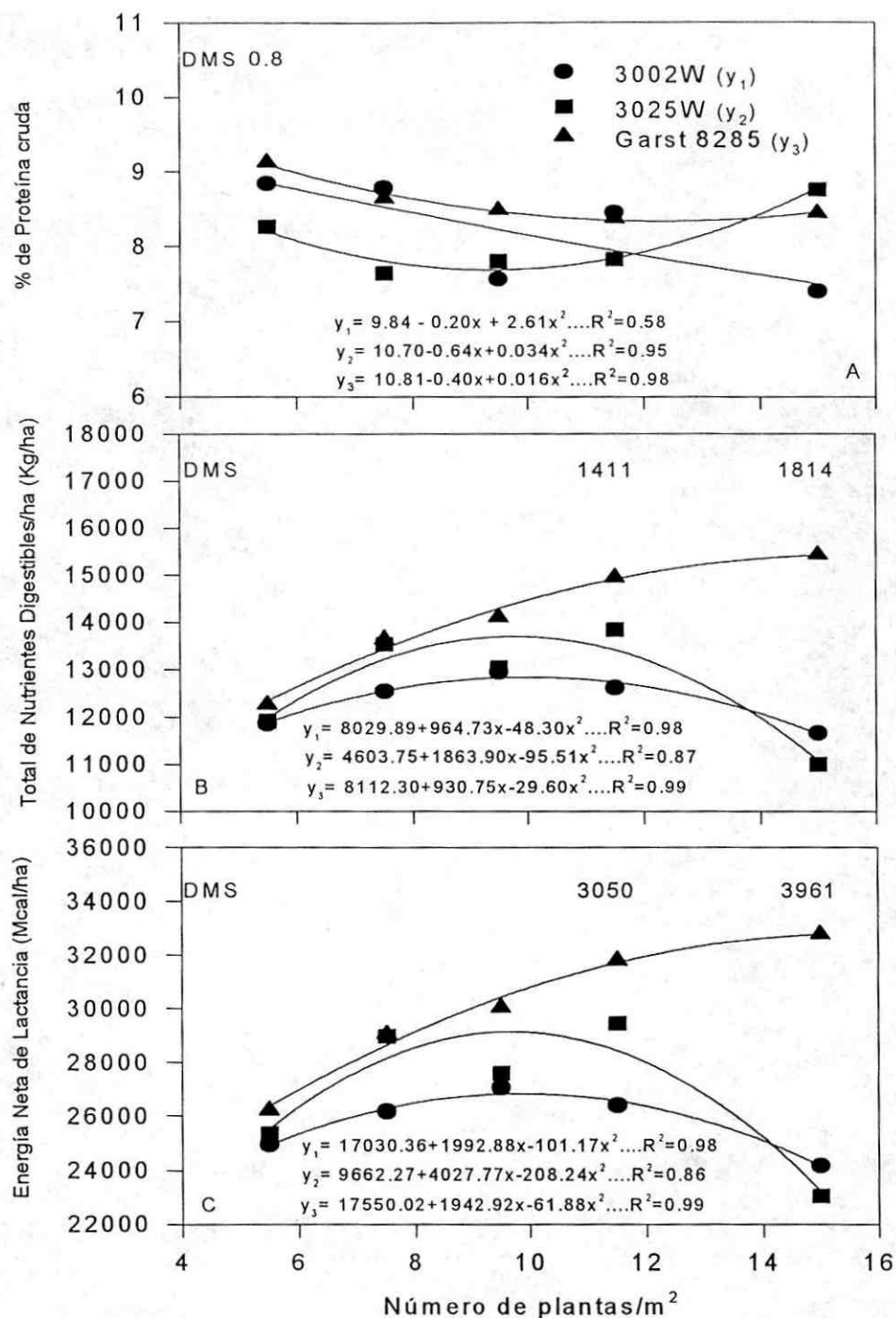


Figura 10. Parámetros de calidad del forraje de tres genotipos de maíz en función de cinco densidades de población (A= Proteína cruda, B= TND/ha y C= Enl/ha). D.M.S. para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

4.4. Evaluación de grano.

4.4.1. Rendimiento de grano, componentes del rendimiento e índice de cosecha a madurez fisiológica.

La cosecha de grano se realizó a los 149 días después de la siembra en todas las parcelas experimentales. El análisis estadístico del rendimiento de grano, número de mazorca/planta y número de granos/m², encontró diferencias significativas entre genotipos y densidades, así como para la interacción entre estos factores.

Al encontrar diferencias significativas en el rendimiento de grano para la interacción genotipo – densidad de población, indica que los genotipos evaluados mostraron diferente respuesta al incremento de la densidad de población. El híbrido 3002W no presentó respuesta a la densidad de población, mientras que en el 3025W, el rendimiento fue estadísticamente igual de 5.5 a 11.5 plantas/m², solo disminuyendo significativamente al incrementar la densidad a 15.0 plantas/m². El genotipo Garst 8285 presentó una respuesta parabólica tal como lo consignan otros estudios (Tollenaar, 1989; Karlen y Camp, 1985), con un incremento significativo al pasar de 5.5 a 7.5 plantas/m², para después mantenerse sin cambios hasta la mayor densidad (Figura 11 A). El híbrido Garst 8285 a la densidad de 11.5 plantas/m², superó en un 60.7 % el rendimiento de la combinación testigo (3002W a la densidad de 5.5 plantas/m²), lo cual equivalente a 4,756 Kg de grano/ha.

El componente del rendimiento más afectado por el incremento de densidad de población fue el número de granos/m², el cual aumenta a medida que se incrementa la densidad de población hasta 11.5 plantas/m². Los híbridos 3025W y Garst 8285 presentaron una respuesta parabólica al incremento de densidad de población (Figura 11 C). Por otra parte el menor rendimiento del híbrido 3002W se debió a la producción de un menor número de granos/m² en densidades de población superiores a 5.5 plantas/m², en comparación con los otros materiales.

La respuesta del número de mazorcas/planta a la densidad de población varió de acuerdo al genotipo utilizado. Al comparar los tres genotipos evaluados para una misma densidad de población, el híbrido 3025W superó a 3002W en todas las densidades de población, mientras que en el intervalo 7.5 a 15.0 plants/m², no hubo diferencia significativa entre 3025W y Garst 8285. El mayor número de mazorcas/planta en estos dos genotipos (Figura 11 B) fue un factor importante para la producción de un mayor número de granos/m² respecto a 3002W (Figura 11 C).

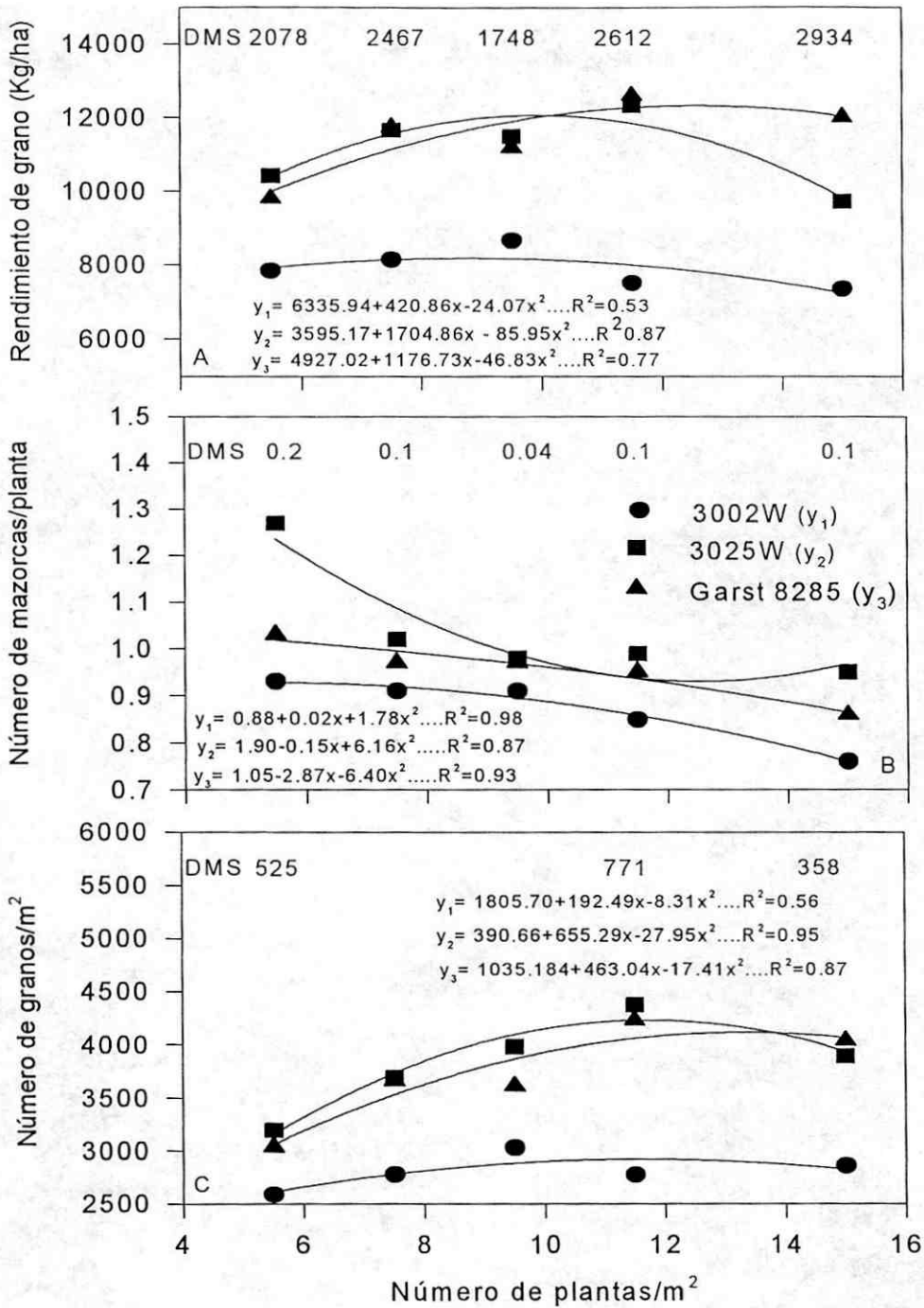


Figura 11. Rendimiento de grano y componentes del rendimiento de tres genotipos de maíz en función de la densidad de población a cosecha de grano. D.M.S para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

En el análisis estadístico del número de granos/mazorca, granos/planta, peso medio de grano y el índice de cosecha, se encontraron diferencias significativas entre genotipos y densidades de población, no así para la interacción de entre estos factores (Cuadro 11).

En lo que respecta al número de granos/mazorca, el híbrido Garst 8285 fue superior al 3002W y estadísticamente igual al 3025W. Por otra parte, el número de granos/mazorca se mantuvo significativamente igual para el intervalo de 5.5 a 7.5 plantas/m², disminuyendo a 9.5 plantas/m², para después disminuir significativamente a 15.0 plantas/m², en comparación a 9.5 plantas/m² (Cuadro 11).

En el número de granos/planta, sobresalió el genotipo 3025W con 587 granos/planta (Cuadro 11), debido a un mayor número de mazorcas/planta (Figura 11 B) reflejándose en un mayor número de granos/m² (Figura 11 C), lo que le permitió tener un mayor rendimiento de grano/ha (Figura 11 A). Cabe destacar que aunque el híbrido Garst 8285 tuvo un menor número de granos/planta que el 3025W, al tener el mismo número de granos/m² que el 3025W fue favorecido por un mayor peso medio de grano lo cual le permitió tener el mismo rendimiento que el 3025W (Figura 11 A).

En lo que respecta al peso medio de grano, sobresalió el híbrido Garst 8285 con un peso medio de grano de 0.31 g (Cuadro 11), lo que le permitió tener el mismo rendimiento de grano/ha que el genotipo 3025W (Figura 11 A). Por otra parte el incremento en la densidad de población tuvo un pequeño efecto negativo sobre el peso

medio de grano (Cuadro 11). Sin embargo, esta reducción no tuvo efecto sobre el rendimiento de grano/ha (Figura 11 A) para el rango de 5.5 a 11.5 plantas/m² en los híbridos 3025W y Garst 8285, debido a que estos mantuvieron el incremento en el número de granos/m² hasta la densidad de 11.5 plantas/m². Por otra parte, en el índice de cosecha, sobresalieron los híbridos 3025W y Garst 8285 con valores de 0.57 y 0.52, respectivamente. Lo cual indica el mayor grado de adaptación de estos materiales a las altas densidades de población. Por otra parte el índice de cosecha permaneció estable al incremento de la densidad de población de 5.5 a 11.5 plantas/m² (Cuadro 11).

Cuadro 11. Componentes del rendimiento e índice de cosecha de tres genotipos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Número de granos		Peso medio de grano(g)	Índice de Cosecha
	Mazorca	Planta		
GENOTIPOS				
3002W	515 b§	455 b	0.28 b	0.37 b
3025W	548 ab	587 a	0.29 b	0.54 a
GARST 8285	592 a	573 b	0.31 a	0.52 a
DENSIDADES (número de plantas/m²)				
5.5	750 a	816 a	0.32 a	0.51 a
7.5	654 a	633 b	0.31 ab	0.50 a
9.5	507 b	485 c	0.29 bc	0.49 a
11.5	456 bc	428 cd	0.28 cd	0.47 ab
15.0	390 c	332 d	0.27 d	0.43 b
GENOTIPOS	*†	**	**	**
DENSIDADES	**	**	**	**
INTERACCION	NS	NS	NS	NS
C. V.	16 %	19 %	6.3 %	9.8 %

§ Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey), † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

4.4.2. Características agronómicas a cosecha de grano.

El análisis estadístico registró diferencias entre genotipos, densidades e interacción de factores para el porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles. El híbrido 3002W no respondió al incremento de la densidad de población en el porcentaje de plantas cuateras, mientras que en los híbridos 3025W y Garst 18285 el porcentaje de plantas cuateras disminuyó significativamente al incrementar la densidad de población de 5.5 a 7.5 plantas/m², para posteriormente mantenerse sin cambio hasta la mayor densidad de población (Figura 12 A). Al comparar los tres genotipos para una misma densidad de población se encontró que los híbridos 3025W y Garst 8285 fueron superiores al 3002W en todas las densidades de población a excepción del Garst 8285 en la menor densidad de población.

Por otra parte al aumentar la densidad de población, el porcentaje de plantas estériles no se incrementó significativamente en el genotipo 3025W, mientras que en el Garst 8285, este porcentaje se incremento significativamente sólo en la mayor densidad. El genotipo 3002W fue más sensible al incremento de la densidad de población (Figura 12 B). Al comparar los tres híbridos para una misma densidad de población, se encontró que para el intervalo de 9.5 a 15.0 plantas/m², sobresalieron por su menor porcentaje de plantas estériles los híbridos 3025W y Garst 8285, siendo estadísticamente iguales al 3002W para el intervalo de 5.5 a 7.5 plantas/m². Este comportamiento influyó para que los híbridos 3025W y Garst 8285 tuvieran un mayor número de granos/m² (Figura 11 C) y un mayor rendimiento de grano/ha para el intervalo de 7.5 a 15.0 plantas/m², con relación al 3002W (Figura 11 A).

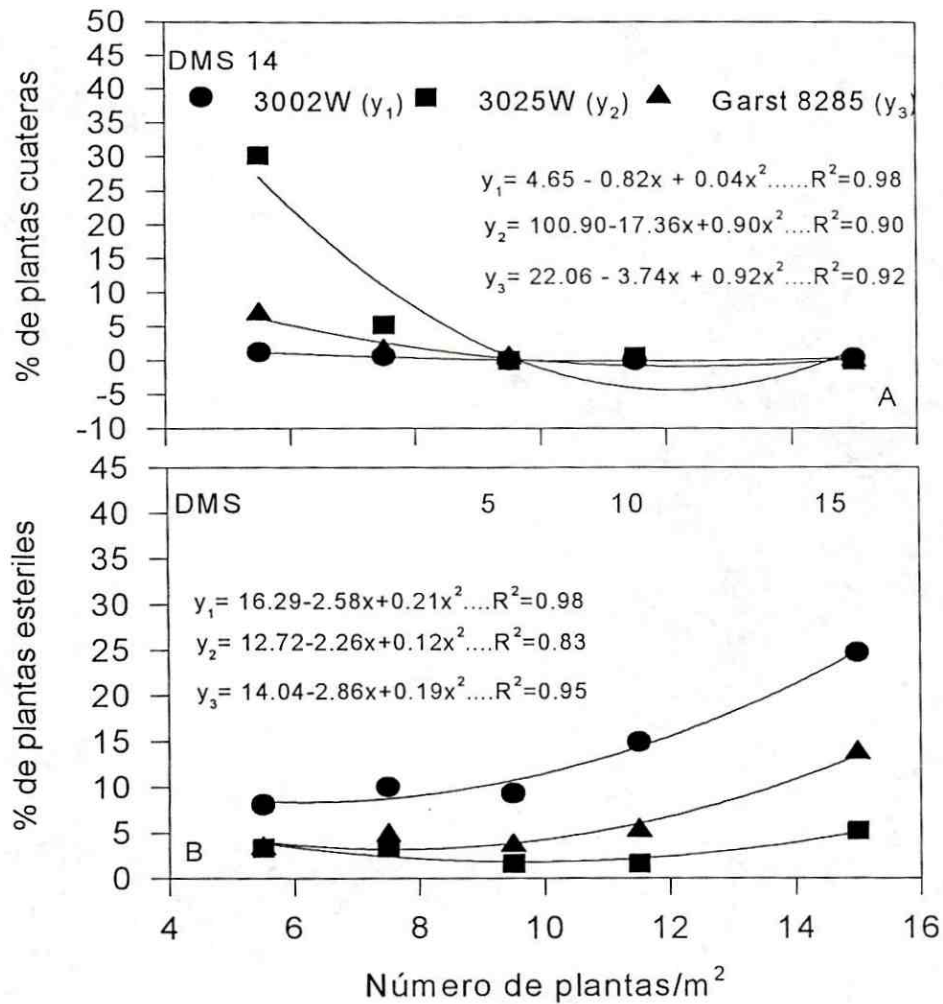


Figura 12. Porcentaje de plantas cuateras y plantas estériles de tres genotipos de maíz en función de la densidad de población a cosecha de grano. D.M.S. para la comparación de medias entre genotipos para una misma densidad de población. Tukey (≤ 0.05).

4.4.3. Relación Índice de área foliar (IAF) – rendimiento de grano/ha.

El máximo rendimiento de grano/ha lo obtuvieron los híbridos 3025W y Garst 8285 con 12, 334 y 12, 589 Kg./ha, a un IAF de 5.28 y 5.56, respectivamente (Figura 13). Estos resultados difieren de los reportados por Tollenaar (1989) quien menciona que el IAF óptimo para obtener el máximo rendimiento de grano ha sido reportado entre 3.0 – 3.2, pero son similares a los resultados obtenidos en años recientes en La Comarca Lagunera (Reta *et al.*, 2000) los cuales reportan que el rendimiento máximo de grano se obtuvo a un IAF de 5.8. Cabe mencionar que el híbrido 3002W no respondió al incremento de IAF.

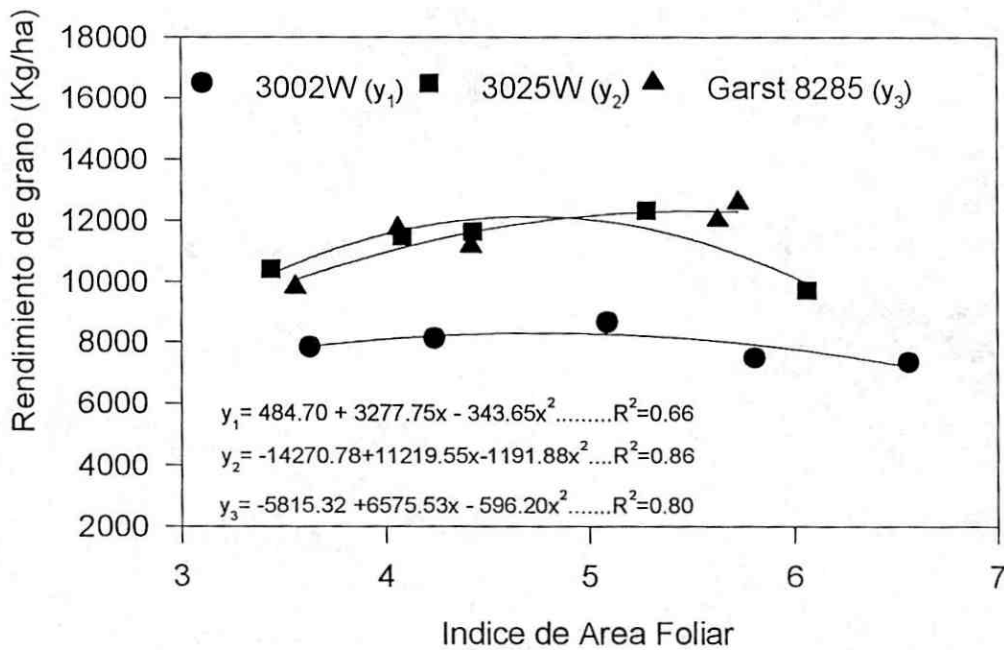


Figura 13. Relación Índice de área Foliar - Rendimiento de grano, en tres genotipos de maíz.

4.4.4. Relación aborto de óvulos – Rendimiento de grano.

El análisis mostró diferencias entre genotipos y densidades en el número de granos potenciales/m² y el porcentaje de aborto/m², no así en la interacción de estos factores. En el número de granos abortados/m² solo se encontraron diferencias entre densidades (Cuadro 12).

Aunque no se encontraron diferencias entre genotipos en el número de granos abortados/m², el porcentaje de aborto/m² fue diferente entre genotipos sobresaliendo el híbrido Garst 8285 con un menor porcentaje (43.6 %). Por otro lado a pesar de que el genotipo 3025W presentó un alto porcentaje de granos abortados/m², este genotipo produjo un alto número de granos potenciales/m² (Cuadro 12), por lo que esto no repercutió en el rendimiento de grano/ha (Figura 11 A), ya que el híbrido 3025W fue estadísticamente igual que el genotipo Garst 8285 en casi todas las densidades de población.

Por otra parte, con el aumento de densidad de población, el número de granos abortados/m², no se incrementó significativamente para el intervalo de 5.5 a 11.5 plantas/m². Esto influyó para que el porcentaje de granos abortados/m² tampoco se incrementara para este mismo intervalo de densidad de población (Cuadro 12), favoreciendo el rendimiento de grano/ha principalmente en los genotipos 3025W y Garst 8285 (Figura 11 A).

Cuadro 12. Relación aborto de óvulos – rendimiento de grano de tres híbridos de maíz en cinco densidades de población. Primavera de 2000.

TRATAMIENTOS	Granos/metro ²		Porcentaje de aborto
	Potenciales	Abortados	
GENOTIPOS			
3002W	6, 456 b§	6, 651 a	54.1 a
3025W	7, 637 a	3, 810 a	49.5 a
GARST 8285	6, 827 ab	3, 112 a	43.6 b
DENSIDADES (número de plantas/m²)			
5.5	5, 659 d	2, 721 b	46.7 b
7.5	6, 062 cd	2, 685 b	43.1 b
9.5	6, 925 cb	3, 384 b	48.3 b
11.5	7, 604 ab	3, 811 b	49.6 ab
15.0	8, 617 a	5, 021 a	57.7 a
GENOTIPOS	**†	NS	**
DENSIDADES	**	**	**
INTERACCION	NS	NS	NS
C. V.	15.3 %	28.6 %	14.7 %

§ Medias dentro de cada columna con diferente letra son estadísticamente diferentes al nivel ≤ 0.05 (Tukey), † Asterisco sencillo es significativo, doble asterisco es altamente significativo al nivel de significancia ≤ 0.05 (Tukey)

V. CONCLUSIONES

1. Los híbridos de maíz evaluados presentaron diferente respuesta en el rendimiento de forraje seco al aumento en densidad de población. El genotipo 3002W (testigo para forraje), no respondió al aumento en densidad de población. El híbrido 3025W presentó una respuesta parabólica a la densidad de población, alcanzando su máximo rendimiento a 11.5 plantas/m². Por otro lado el híbrido Garst 8285 tuvo una respuesta asintótica al aumento de densidad de población, alcanzando su máximo rendimiento entre 11.5 y 15.0 plantas/m², esto probablemente se debió a su menor altura de planta y a la posición de sus hojas (completamente erectas), lo que le permitió tener una mayor tolerancia a la mayor densidad de población. Al comparar el híbrido 3002W a 7.5 plantas/m² (combinación testigo para forraje) con el genotipo Garst 8285 a 11.5 plantas/m², se observó que el rendimiento de forraje seco se incrementó en un 13.4 % equivalente a 2,643 Kg./ha, Este incremento en el rendimiento de forraje seco se dio sin reducir significativamente la calidad del forraje, debido principalmente a que el contenido de grano en el forraje (índice de cosecha) no se redujo con el aumento en densidad de población hasta 11.5 plantas/m².
2. Los híbridos de maíz evaluados presentaron respuesta diferente en el rendimiento de grano al aumento en densidad de población. El genotipo 3002W no respondió al aumento en densidad de población, debido a una menor producción de granos/m². El rendimiento de grano en el híbrido 3025W fue estadísticamente igual de 5.5 a 11.5 plantas/m², reduciéndose significativamente a la mayor densidad de población. Por

otra parte el híbrido Garst 8285 presentó una respuesta parabólica al aumento en densidad de población, alcanzando su punto máximo a 11.5 plantas/m². Al comparar los tres genotipos para una misma densidad de población, sobresalieron los híbridos 3025W y Garst 8285 casi todas las densidades de población. Este comportamiento se debió a la mayor producción de granos/m² de estos materiales en comparación al 3002W. El híbrido Garst 8285 a la densidad de 11.5 plantas/m², superó en un 60.7 % el rendimiento de la combinación testigo (3002W a la densidad de 5.5 plantas/m²), lo cual equivalente a 4,756 Kg. de grano/ha.

3. Basándose en los resultados de estudios realizados anteriormente, se puede concluir que la máxima respuesta del rendimiento de forraje seco a la densidad de población se ha presentado entre 10 y 12 plantas/m², siempre y cuando se utilicen genotipos tolerantes a estas condiciones (altura intermedia a baja, hojas erectas o semierectas).
4. Por otra parte, el máximo rendimiento de grano se ha obtenido a densidades de 9 a 11.5 plantas/m² (como en el caso de este trabajo). Sin embargo, existe el inconveniente de que al aumentar la densidad de población, también se incrementa el porcentaje de plantas acamadas, lo cual representa un problema al momento de la cosecha ya sea manual o mecánica. Por lo que se recomienda sembrar de 8.5 a 9.5 semillas/m².

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, S.O. 1981. Guía climática de la Comarca Lagunera, publicación especial. CIAN-CELALA-INIA-SARH.
- Aluko, G.K. and K.S. Fisher. 1988. The effect of changes of assimilate supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays* L) cultivars of tropical and temperature adaptation. Aust. J. Agric. Res. 39: 153-161.
- Ascencio, J. y J.E. Fargas. 1973. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.Var. "Turrialba-4) cultivado en solución nutritiva. Turrialba 23(4): 420-428.
- Ballesteros Patrón, G.A. 1982. El sombreado artificial en frijol indeterminado arbustivo. Efectos morfológicos y fisiológicos. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, Méx. Centro de Botánica. 249 pp.
- Barriere, Y. and R. Traineau, 1986. Characterization of silage maize: Patterns of dry matter production, LAI evolution and feeding value in late and early genotypes. p. 131 – 137. In O. Dolstra and P. Miedema (ed.). Breeding of silage maize. Proc. 13th. Congress on the maize and sorghum section of EUCARPIA, Wageningen, The Netherlands, 9 – 12 Sept. 1985. PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
- Buting, E.S. 1971. Plant density and yield of shoot dry material in England. J. Agric. Sci. (Cambridge) 77: 175- 185.
- Cabrales, F. J. M., J. J. Cabrales, S. Fernandez R., M. Rivera M. y U. A. Gonzalez H. 1992. Efecto de la arquitectura de la planta y la densidad de población en el rendimiento y calidad de rastrojo de maíz. Fitotec. Mex. 15:104-113.
- Collins, W.R., W.A. Russell, and S.A. Eberthart. 1971. Performance of two ear type corn belt maize. Crop. Sci. 5:113-116.
- Cox, W.J. 1996. Whole-plant. Physiological and yield responses of maize to plant density. Agron. J. 88:489-496.

- Crosbie, T.M. 1982. Changes in physiological traits associated with long-term breeding efforts to improve grain yield of maize. p 206-233. In H.D.Loden and D. Wilkinson (Ed.). Proc. 37th. Annu. Corn Sorghum Ind. Res. Conf., Chicago, IL 5-9 Dec. 1982. Am. Seed Trade Assoc. Washington, DC.
- Daugtry, C.S.T., K.P. Gallo, and M.E. Baver. 1983. Spectral estimates of solar radiation intercepted by corn canopies. *Agron. J.* 75:527-531.
- Daynard, T.B. and J.F. Muldoon. 1983. Plant-to-plant variability of maize plants grown at different densities. *Can. J. Plant. Sci.* 63: 45-49.
- Deinum B. 1988. Genetics and environmental variation in quality of forage maize in Europe. *Neth. J. Agric. Sci.* 36: 400-403.
- Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15:1-114.
- Dong, S.T. and C.H. Hu. 1993. Effect of plant population density on canopy net photosynthesis and their relation to grain yield in maize cultivars. *Photosynthetica.* 29: 25-32.
- Dwyer, L.M., M. Tollenaar, and D.W. Stewart. 1991. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L) hybrids. 1959 to 1988. *Can. J. Plant. Sci.* 71: 1-11.
- Duncan, W.G. 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Agron. J.* 24: 1141-1145.
- Early, E.B., W.O. McIlrath, R.D. Seif, and R.H. Hageman. 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L) production. *Crop. Sci.* 7: 151-156.
- Edmeades, G.O. and H.R. Lafitte. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Agron. J.* 85:850-857.

- Edmeades, G.O. and T.B. Daynard. 1979. The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plants. *Can. J. Plant. Sci.* 59: 585-601.
- El siglo de Torreon. 2001. Resumen 2000 de actividades económicas en la Comarca Lagunera. Torreón, México. 38 pp.
- Evans, L.T. 1983. Fisiología de cultivos. Edit. Hemisferio-Sur. Buenos Aires. Argentina. 27- 54 pp.
- Fanjul Peña, L. 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L., de habito de crecimiento indeterminado y ensayo preliminar para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de Maestría en Ciencias. C.P. Chapingo, Méx. 156 pp.
- Fisher, K.S. and F.E. Palmer. 1984. Tropical maize. P. 213 –248. *In* P.R. Goldsworthy and N.M. Fisher (Ed.) The physiology of tropical field crops. Wiley Interscience. New York.
- Genter, C.F. and H.M. Camper. 1973. Component plant part development in maize as affected by hybrids and population density. *Agron. J.* 65: 669- 671.
- Grant, R.F. 1989. Simulation of carbon assimilation and partitioning in maize. *Agron. J.* 81: 563-571.
- Graybill, J.S., W.J. Cox and D.J. Otis. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agron. J.* 83: 559-564.
- Hanft, J.M., R..J. Jones, and A.B. Stumme. 1986. Dry matter accumulation and corbohydrate concentration patterns of yield-grown and *in vitro* cultured maize kernels from the tip and middle ear positions. *Crop. Sci.* 26: 568-572.
- Hashemi-Dezfouli, A. and S.J. Hebert. 1992. Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agron J.* 84:547-551.

- Hozumi, K., Koyami, H. And Kira, T. 1955. Interspecific competition among higher plants. IV. A preliminary account of the interaction between adjacent individuals. J. Inst. polytechnics. Osaka. City University. Ser d. 6: 121-130.
- Huerta, N.R. 1969. Influencia de la densidad de población, distancia entre surcos y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y otras características de los híbridos H-125 y H-129. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México. 97 p.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis. The Institute of Biology's in Biology No. 96. First published by Edward Arnold. 69 pp.
- Iwata, F. 1973. Studies on high-yielding culture in corn –theory and practice. Bull. Inst. agric. Res. 46: 63-129.
- Iremiren, G.O. and G.M. Milbourn. 1978. The growth of maize. IV. Dry matter yields and quality components for silage. J. Agric. Camb. 90:569-577.
- Jolliffe, P.A., A.J. Tarimo, P. G.W. Eaton. 1990. Plant growth analysis. Growth and yield component. Responses to population density in forage maize. Annals of Botany 65:139-147.
- Johnson, E.C., K.S. Fisher, G.O. Edmeades and A.F.E. Palmer. 1986. Recurrent selection for reduced plant height in low-land tropical maize. Crop. Sci. 26: 253-260.
- Karlen, D.L. and C.R. Camp. 1985. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 16: 55-70.
- Kiniry, J.R. and J.T. Ritchie. 1985. Shade-sensitive interval of kernel number of maize. Agron. J. 77:711-715.
- Lucas, E.O. 1986. The effect of density and nitrogen fertilizer in the growth and yield of maize (*Zea mays* L) in Nigeria. J. Agric. Sci. (Cambridge) 107: 573-578.

- Magalhaes, A.C. and J.C. Montojos. 1971. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Turrialba: Vol. 21, Num. 2. 165-168 pp.
- Núñez, G.F.G, S. Martín del Campo y A.A. De Alba. 1994. Efecto de densidad de planta en la productividad y calidad de maíz híbrido de hojas erectas para ensilaje. Avances en Investigación Agropecuaria. 3:25-30.
- Núñez, H. G., F.E. Contreras G., R. Herrera y Saldaña y R. Faz C. 1997. Evaluación de híbridos de maíz y sorgo para la producción de ensilaje de alta calidad nutritiva. Folleto técnico Num. 3: INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Phipps, R.H. 1980. A review of the carbohydrate content and digestibility value of forage maize in the cool conditions of the UK and their relevance to animal production. p 291- 315. In W. G. Pollmer and R.H. Phipps (Ed.). Improvement of quality traits of maize for grain silage use. Martinus Nijhoff. The Hague. The Netherlands.
- Pinter, L., J. Schmidt S. Josza, J. Szabo and A. Kelemen. 1990. Effect of plant density on the value of forage maize. Maydica 35:73-79.
- Pinter, L., Z. Alfoldi, Z. Burucs, and E. Paldi. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. Agron. J. 86: 799-804.
- Prior, C.L. and W.A. Russell. 1975. Yield performance on nonprolific and prolific maize hybrids at six plant densities. Crop. Sci. 15: 482-486.
- Quiñones, R.E. 1988. Función de producción de maíz forrajero usando láminas y frecuencias de riego. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Torreón. México.
- Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. Crop. Sci. 7:171-175.
- Reed, A.J., G.W. Singletary, J.R. Schussler, D.R. Willismson, and A.L. Christy. 1988. Shading effects on dry matter and nitrogen partitioning, kernel number, and yield of maize. Crop. Sci. 28: 819-825.

- Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo A. 1992. Influencia del tipo de planta y densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de grano del maíz en la Comarca Lagunera. Informe de investigación. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo A. 1993. Efecto del método de siembra y densidad de población sobre el rendimiento y productividad del maíz en la Comarca Lagunera. Informe de investigación. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo A. 1998. Respuesta del maíz para ensilaje en siembras de verano a métodos de siembra y densidades de población. Informe de investigación. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo A. 1999a. Sistemas de producción para incrementa la productividad y sustentabilidad del maíz para grano y forraje. INIFAP-CIRNOC-CELALA.
- Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo A. 1999b. Respuesta del maíz a densidades de población y métodos de siembra. I. Rendimiento y sus componentes. Ciencia Agropecuaria. FAUANL. 8(1): 11-16.
- Reta S.D.G., A. Gaytan M. y J.S. Carrillo A. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 23: 37 – 48.
- Roberts, M.J., S.P. Long., L.L. Tieszen and C.L. Beadle. 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. *In: Techniques in bioproductivity and photosynthesis.* Edited by J. Coombs., D.O. Hall., S.P. Long and J.M.O. Scurlock. Pergamon Press. 1 pp.
- Robles, S.R. 1994. Produccion de granos y forrajes. Quinta edicion. Edit. Limusa. Mexico.
- Ruget, F. 1989. Relations entre matière sèche à la floraison et rendement en grains chez le maïs: Importance du rayonnement disponible par plante. Agronomie (Paris) 9: 457 – 465.

- Rutger, J.N. and L.V. Crowder. 1967. Effect of high density on silage and grain yields of six corn hybrids. *Crop. Sci.* 7:182-184.
- Tanaka A. y J. Yamaguchi. 1984. Produccion de materia seca, componentes de rendimiento y rendimiento de grano de maiz. Traducido al español por Dr. J Kohashi Shibata.
- Tetio – Kagho, F. and F.P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. *Agron. J.* 80: 930-935.
- Tetio – Kagho, F. and F.P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. *Agron. J.* 80: 935-940.
- Tollenaar, M. 1977. Sink –Source relationships during reproductive development in maize: A review. *Maydica* 22: 49-75.
- Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of comerial maize hybrids grown in Ontario form 1959 to 1988. *Crop. Sci.* 29: 1365-1371.
- Tollenaar, M. and W. Migus, 1984. Dry matter accumulation of maize grown hydroponicall under controlled –environment and field conditions. *Can. J. Plant. Sci.* 64: 475-485.
- Tollenaar, M. 1991. Physiological basis of genetic improvement of maize hybrids in Ontario from 1959 to 1988. *Crop. Sci.* 31:119-124.
- Tollenaar, M. 1992. Is low plant density a stress in maize?. *Maydica* 37: 305-311.
- Tollenaar, M. and A. Aguilera. 1992. Radiation use efficiency of an cold and a new maize hybrid. *Agron. J.* 84: 536-541.
- Tollenaar, M., L.M. Dwyer, and D.W. Stewart.1992. Ear and Kernel formation of maize genotypes selected of extreme fibre concentrations. *Crop. Sci.* 33:1359-1365.

Wallace, D.H. and H.M. Munger. 1965. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six bean varieties. *Crop. Sci.* 5: 343-348.

Williams, W.A., R.S. Loomis, W.G. Duncan, A. Bourat, and F. Nuñez, 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain of corn. *Crop. Sci.* 8: 303-308.

Zavala, G. A. 1999. Dinámica de distribución de asimilados de cuatro genotipos de maíz (*Zea mays* L) bajo dos calendarios de riego. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Torreón. México. pp 1-72.

VII.APENDICE

Apéndice 1. Cuadrados medios, niveles de significancia estadística y Coeficiente de Variación de las variables evaluadas a cosecha de forraje.

Distribución final de materia seca.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Total	Tallo	Hoja	Mazorca	Bractea	Espiga
Repeticiones	3	222825.080	2627.515	7972.814	113691.944	671.933	15.841
Genotipos	2	312591.630	178340.391	34505.371	112768.219	30208.322	767.788
Densidades	4	576541.323	59977.379	74668.938	200522.902	4011.236	209.349
Interacción	8	195373.018	11593.115	9610.314	91122.636	1554.781	13.727
Error	42	109022.424	4221.347	2747.23	51638.506	683.632	23.849
Total	59						
C. V.		14.02 %	15.07 %	9.99 %	18.71 %	16.92 %	16.39 %
Genotipos		NS	**	**	NS	**	**
Densidades		**	**	**	**	**	**
Interacción		NS	*	**	NS	*	NS

Rendimiento de grano y componentes del rendimiento

Fuente de Variación	Grados de libertad	Producción de grano	Mazorcas por Planta	Granos			Peso medio de grano	Indice de cosecha
				Mazorca	Planta	Metro ²		
Repeticiones	3	4815409.23	0.00742	12812.659	12171.4790	181943.420	0.00137	0.006846
Genotipos	2	36754082.93	0.16028	33271.026	167345.456	2383093.791	0.00391	0.137437
Densidades	4	9741004.68	0.09121	277151.08	498140.363	4601495.106	0.00522	0.021503
Interacción	8	1713191.94	0.02160	13852.732	27463.5769	332221.050	0.00016	0.002435
Error	42	988066.07	0.00315	8467.4877	9290.2009	154016.349	0.00040	0.001921
Total	59							
C.V.		11.77 %	5.71 %	17.29 %	18.01 %	9.62 %	7.69 %	10.07 %
Genotipos		**	**	*	**	**	**	**
Densidades		**	**	**	**	**	**	**
Interacción		NS	**	NS	*	NS	NS	NS

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Fuente de Variación	Grados de libertad	Planta Completa			Mazorca
		0 dds – C.F.	21 – 79 dds.	79 – C.F.	55 dds – C.F
Repeticiones	3	21.286	21.344	20.083	58.121
Genotipos	2	2.6564	2.945	14.162	191.605
Densidades	4	57.922	56.828	120.938	96.536
Interacción	8	19.941	20.021	29.095	46.124
Error	42	10.610	10.626	30.729	25.255
Total	59				
C.V.		13.83 %	20.09 %	44.09%	19.55 %
Genotipos		NS	NS	NS	**
Densidades		**	**	**	**
Interacción		NS	NS	NS	NS

Rendimiento de forraje

Fuente de Variación	Grados de libertad	F. Verde	Mazorca en Fresco	Forraje Seco
Repeticiones	3	6829466.3840	10618989.783	776997.3691
Genotipos	2	185228542.28	144440485.596	21073691.1013
Densidades	4	120705020.04	28018792.660	13732766.1244
Interacción	8	5846538.435	8533838.988	6651681.768
Error	42	14234705.586	2732937.776	1619500.808
Total	59			
C.V.		6.42 %	9.09 %	6.42 %
Genotipos		**	**	**
Densidades		**	**	**
Interacción		**	**	**

Características agronómicas.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Altura		Porcentaje de Plantas	
		Planta	Mazorca	Cuateras	Estériles
Repeticiones	3	353.643	77.877	9.052	36.796
Genotipos	2	9922.69	3558.362	427.081	448.322
Densidades	4	357.468	162.626	498.648	210.491
Interacción	8	210.396	47.477	275.685	50.141
Error	42	111.058	55.823	11.590	16.777
Total	59				
C.V.		4.23 %	7.05 %	77.69 %	65.46 %
Genotipos		**	**	**	**
Densidades		*	*	**	**
Interacción		NS	NS	**	**

Calidad de forraje.

Fuente de Variación	Grados de libertad	PC	FAD	FND	TND	Enl	TND/ha	Enl/ha
Repeticiones	3	0.6746	8.014	21.360	4.544	0.003	256830.8	1304720.5231
Genotipos	2	1.6234	146.91	367.21	78.56	0.062	17125789.9	95647961.4807
Densidades	4	1.0234	18.650	29.721	6.280	0.005	5718946.66	25347532.2807
Interacción	8	1.0236	3.334	12.268	2.885	0.001	3586785.66	17341308.0198
Error	42	0.3854	4.404	9.510	2.273	0.001	747890.7	3615912.6093
Total	59							
C.V.		7.49 %	9.08 %	7.27 %	5. %	3.14 %	6.64%	6.09 %
Genotipos		*	**	**	**	**	**	**
Densidades		*	**	*	*	**	**	**
Interacción		*	NS	NS	NS	NS	**	**

Apéndice 2.0. Evaluación de grano.

Rendimiento de grano y componentes del rendimiento

Fuente de Variación	Grados de libertad	Rendimiento de grano	Mazorcas por Planta	Granos			Peso medio de grano	Indice de cosecha
				Mazorca	Planta	Metro ²		
Repeticiones	3	4845533.328	0.01337150	10726.1050	22031.43709	395684.0000	0.00025547	0.00646929
Genotipos	2	77637553.10	0.14511107	29767.8349	104910.5970	6288506.284	0.00467746	0.17257227
Densidades	4	4427858.002	0.07596828	261020.891	432802.6803	1241520.260	0.00489828	0.01209975
Interacción	8	2740520.150	0.01221476	8471.72707	16295.09092	228320.5262	0.00041960	0.00202420
Error	42	1241001.200	0.0020117	8177.88012	11043.70449	86486.504919	0.00033776	0.00219054
Total	59							
C.V.		10.96 %	4.68 %	16.39 %	19.53 %	8.52 %	6.25 %	9.75 %
Genotipos		**	**	*	**	**	**	**
Densidades		*	**	**	**	**	**	**
Interacción		*	**	NS	NS	*	NS	NS

Características agronómicas.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Porcentaje de Plantas	
		Cuateras	Estériles
Repeticiones	3	6.73103333	91.94609500
Genotipos	2	258.716711	555.54540667
Densidades	4	356.697698	19090931833
Interacción	8	178.695440	35.06277958
Error	42	11.0369083	16.14408310
Total	59		
C.V.		106.60 %	63.83 %
Genotipos		**	**
Densidades		**	**
Interacción		**	*

Apéndice 3. Tablas de interacción genotipo – densidad de población(en plantas/m²)

a) Evaluación de forraje.

Rendimiento de forraje verde

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 54689.65 (a)	A 52594.69 (bc)	A 53960.50 (d)	↓
7.5	A 58645.24 (a)	A 59399.92 (ab)	A 60208.05 (c)	
9.5	A 61041.74 (a)	A 57697.63 (abc)	A 61854.79 (bc)	
11.5	B 59074.83 (a)	AB 61290.68 (a)	A 66480.79 (ab)	
15.0	B 55021.40 (a)	B 51232.56 (c)	A 68632.29 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población

Rendimiento de mazorca en fresco

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 15693 (a)	A 19204 (ab)	B 16386.4 (b)	↓
7.5	B 15848 (a)	A 21252 (a)	AB 19810.4 (a)	
9.5	B 16947 (a)	A 21579 (a)	B 18955.5 (a)	
11.5	B 15159 (a)	A 22512 (a)	A 21320.0 (a)	
15.0	B 12206 (a)	A 16990 (b)	A 19068.6 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Rendimiento de forraje seco.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 18447 (a)	A 17740.2 (bc)	A 18200.9 (d)	↓
7.5	A 19781 (a)	A 20035.6 (ab)	A 20308.2 (c)	
9.5	A 20589 (a)	A 19461.4 (abc)	A 20863.6 (bc)	
11.5	B 19926 (a)	AB 20673.3 (a)	A 22424.0 (ab)	
15.0	B 18559 (a)	B 17280.7 (c)	A 23149.7 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Número de mazorcas/planta.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 0.97 (a)	A 1.34 (a)	B 1.05 (a)	↓
7.5	B 0.93 (a)	A 1.07 (b)	B 0.98 (a)	
9.5	B 0.93 (a)	A 1.00 (bc)	AB 0.97 (a)	
11.5	B 0.87 (ab)	A 0.99 (bc)	A 0.94 (a)	
15.0	B 0.75 (b)	AB 0.94 (c)	A 0.97 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Número de granos/planta

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 690.07 (a)	A 1042.14 (a)	AB 818.12 (a)	↓
7.5	B 506.89 (b)	A 800.13 (a)	AB 522.59 (b)	
9.5	A 408.72 (bc)	A 482.48 (b)	A 507.67 (bc)	
11.5	B 342.17 (c)	AB 457.47 (b)	A 474.89 (bc)	
15.0	B 267.31 (c)	AB 347.61 (b)	A 358.71 (c)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Número de ganos/m²

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 3143.3 (b)	B 2289.0 (d)	AB 2881.2 (c)	↓
7.5	A 3472.7 (ab)	A 3767.6 (c)	A 3843.0 (b)	
9.5	A 3899.0 (ab)	A 4382.8 (cb)	A 4378.9 (ab)	
11.5	B 3820.4 (ab)	A 5118.1 (ab)	A 5014.2 (a)	
15.0	B 4015.5 (a)	A 4985.9 (a)	AB 4667.6 (ab)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Porcentaje de plantas cuateras.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 2.00 (a)	A 37.00 (a)	B 8.00 (a)	↓
7.5	B 0.73 (a)	A 8.82 (b)	B 0.73 (a)	
9.5	A 0.00 (a)	A 0.86 (c)	A 0.28 (a)	
11.5	A 0.23 (a)	A 0.23 (c)	A 0.23 (a)	
15.0	A 0.00 (a)	B 0.73 (c)	B 5.84 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Porcentaje de plantas estériles.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 5.00 (b)	A 3.00 (ab)	A 2.50 (a)	↓
7.5	A 7.35 (b)	A 1.47 (ab)	A 2.20 (a)	
9.5	A 6.89 (b)	B 0.28 (b)	AB 3.16 (a)	
11.5	A 12.86 (ab)	B 0.95 (ab)	B 5.47 (a)	
15.0	A 24.82 (a)	B 6.02 (a)	B 8.76 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Porcentaje de proteína cruda.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	AB 8.84 (a)	B 8.26 (a)	A 9.12 (a)	↓
7.5	A 8.78 (a)	A 7.64 (a)	A 8.63 (a)	
9.5	A 7.55 (a)	A 7.79 (a)	A 8.47 (a)	
11.5	A 8.44 (a)	A 7.82 (a)	A 8.37 (a)	
15.0	A 7.39 (a)	A 8.76 (a)	A 8.44 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Total de Nutrientes digeribles/ha.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 11856.0 (a)	A 11916.2 (cb)	A 12258.8 (c)	↓
7.5	A 12541.3 (a)	A 13543.0 (ab)	A 13639.2 (cb)	
9.5	A 12951.5 (a)	A 13042.9 (ab)	A 14106.8 (ab)	
11.5	B 12619.6 (a)	AB 13849.2 (a)	A 14934.9 (ab)	
15.0	B 11658.8 (a)	B 10996.7 (c)	A 15421.9 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Energía Neta de Lactancia/ha.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 24947 (a)	A 25376 (bc)	A 26219 (b)	↓
7.5	A 26170 (a)	A 28980 (ab)	A 29054 (ab)	
9.5	A 26409 (a)	A 27610 (ab)	A 30052 (ab)	
11.5	B 27064 (a)	AB 29449 (a)	A 31805 (a)	
15.0	B 24188 (a)	B 23056 (c)	A 32781 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

b) Evaluación de grano.

Rendimiento de grano.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 7833 (a)	A 10420.5 (ab)	AB 9802.4 (b)	↓
7.5	B 8133 (a)	A 11657.0 (ab)	A 11725.1 (ab)	
9.5	B 8645 (a)	A 11482.3 (ab)	A 11157.5 (a)	
11.5	B 7491 (a)	A 12333.8 (a)	A 12589.1 (a)	
15.0	B 7349 (a)	AB 9722.9 (b)	A 12013.5 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Número de mazorcas/planta

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 0.93 (a)	A 1.26 (a)	B 1.03 (a)	↓
7.5	B 0.90 (ab)	A 1.02 (b)	AB 0.96 (b)	
9.5	B 0.90 (ab)	A 0.98 (b)	A 0.96 (b)	
11.5	B 0.85 (ab)	A 0.99 (b)	AB 0.94 (b)	
15.0	B 0.76 (b)	A 0.94 (b)	A 0.86 (c)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Número de ganos/m²

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 3084.4 (c)	B 2500.6 (d)	A 3123.8 (a)	↓
7.5	B 3547.2 (bc)	A 3728.3 (c)	A 4038.8 (a)	
9.5	A 4049.9 (ab)	A 4596.1 (b)	A 4347.5 (b)	
11.5	B 4196.7 (ab)	A 5021.6 (ab)	A 5173.7 (b)	
15.0	B 4614.8 (a)	A 5276.1 (a)	B 4892.8 (c)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Porcentaje de plantas cuateras.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	B 1.20 (a)	A 30.20 (a)	B 6.73 (a)	↓
7.5	A 0.58 (a)	A 5.22 (b)	A 1.41 (b)	
9.5	A 0.00 (a)	A 0.00 (b)	A 0.38 (b)	
11.5	A 0.00 (a)	A 0.59 (b)	A 0.00 (b)	
15.0	A 0.40 (a)	A 0.00 (b)	A 0.00 (b)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

Porcentaje de plantas estériles.

	3002W	3025W	Garst 8285	Comparación entre densidades para un mismo genotipo (letra minúscula)
5.5	A 8.02 (b)	A 3.33 (a)	A 3.38 (b)	
7.5	A 9.98 (ab)	A 3.31 (a)	A 4.70 (b)	
9.5	A 9.26 (ab)	B 1.60 (a)	B 3.53 (b)	
11.5	A 14.89 (ab)	B 1.61 (a)	AB 5.17 (b)	
15.0	A 24.26 (b)	B 5.20 (a)	B 13.66 (a)	

Comparación entre genotipos para una misma densidad de población (letra mayúscula)

GRACIAS, DIOS TODO PODEROSO