

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO. UNIDAD LAGUNA.

**EFFECTO DEL PATRON DE SIEMBRA EN LA PRODUCCION DE
MATERIA SECA EN GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) PARA
FORRAJE**

TESIS

POR

JOSE FRANCISCO AGUILERA VEGA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

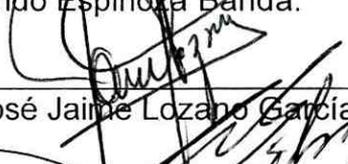
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÓNOMICA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:


M.C. Armando Espinosa Banda.

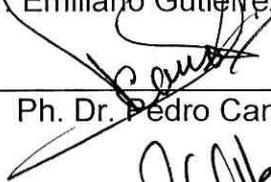
Asesor:


M.C. José Jaime Lozano García.

Asesor:


Dr. Emiliano Gutiérrez Del Río

Asesor:


Ph. Dr. Pedro Cano Ríos


Dr. Raúl Villegas Vizcaíno.
Encargado de Postgrado Unidad Laguna

Dr. Ramiro López Trujillo.
Subdirector de Asuntos de Postgrado.

Torreón, Coahuila, Julio del 2000

**EFFECTO DEL PATRON DE SIEMBRA
EN LA PRODUCCION DE MATERIA
SECA EN GIRASOL
(Helianthus annus L.)
PARA FORRAJE**

JOSE FRANCISCO AGUILERA VEGA

T E S I S

**Presentado como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias en
Producción Agronómica.**



Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

Unidad Laguna - Subdirección de Postgrado

Torreón, Coahuila. Julio del 2000.

DEDICATORIAS

A la memoria y recuerdo de mis padres Jose Aguilera Cervantes y Maria Concepción Vega Salas. (q.e.p.d.), por haberme dado la vida, su cariño, su amor y alentarme a seguir adelante en este paso por la vida.

A mi amada esposa **DELIA DE LA LUZ GONZALEZ FAVELA**. Por su comprensión, apoyo y cariño que me ha brindado en todo momento de nuestra vida juntos. **TE AMO**.

A mis hijas: Shalom y Estefania por darme amor y cariño e inspirarme superación.

A mis hermanos: **JESUS JACOBO, MARIA GUADALUPE** y **MAGNOLIA**. Con quien he compartido en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Dios gracias por haberme permitido completar sanamente una etapa más en la vida y por darme la fortaleza para seguir adelante.

A LA UNIDAD LAGUNA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" por permitirme alcanzar una más de mis metas principales de mi vida y por brindarme su apoyo económico para la realización de mis estudios de postgrado.

A MIS MAESTROS INVESTIGADORES: Por su dedicación, esfuerzo, tiempo y conocimientos que aportaron desinteresadamente en mi formación.

A MIS ASESORES: M.C. Armando Espinoza Banda, M.C. José Jaime Lozano García, Ph. D. Pedro Cano Ríos y por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo de investigación y por su valiosa colaboración, asesoramiento, estímulo, disponibilidad, sugerencias y orientación para facilitar su elaboración.

Al Ph.D. Arturo Palomo Gil, gracias por la ayuda amena que siempre me ha brindado.

A LOS MAESTROS DEL COMITÉ EVALUADOR DE POSTGRADO: Por su colaboración, apoyo constante y su dedicación en la revisión del presente documento. Al Ph.D. Vicente de Paúl Álvarez, Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, M.C. Alejandro Moreno Resendez, Ph. D. Pedro cano Ríos, M.C. José Jaime Lozano García, M.C. Armando Espinoza Banda a todos ustedes muchas gracias.

A MIS COMPAÑEROS DE LA DÉCIMA GENERACIÓN: HECTOR JAVIER, EULALIO, EFRAÍN Y CÁNDIDO, por ser compañeros y brindarme su amistad.

Estoy muy agradecido con todos los que directa e indirectamente participaron en el desarrollo y conducción del estudio, ya que no hay suficiente espacio para nombrarlos.

COMPENDIO

EFFECTO DEL PATRON DE SIEMBRA EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA EN GIRASOL (*Helianthus annus L.*) PARA FORRAJE

POR

JOSE FRANCISCO AGUILERA VEGA

**MAESTRIA EN CIENCIAS
EN
PRODUCCIÓN AGRONOMICA**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

TORREÓN, COAHUILA, JULIO DEL 2000

M.C. Armando Espinoza Banda.

- Asesor-

Palabras claves: Girasol, Patron de siembra, Materia seca, Rendimiento.

El presente estudio se estableció en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en junio 30 de 1999, para valorar el efecto de los patrones de siembra en la producción y distribución de materia seca en girasol para forraje con el propósito detectar la combinación genotipo - patrón de siembra más eficiente en la producción de materia seca.

Se usaron el genotipo SANE, precoz y de porte bajo y el SAN de ciclo tardío y de altura normal. Los sistemas utilizados fueron el tradicional con surcos a 0.76 m (A1), surcos distantes a 0.38 m (A2) y surcos gemelos a 0.20 m y separados a 0.76 m entre cada par (A3). La distancia entre plantas fue de 0.18 m. El diseño experimental fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones, los genotipos se asignaron en la parcela mayor y los patrones de siembra(A), en la parcela menor. La parcela menor constó de cuatro hileras o dos pares de surcos y 10 m largo. Se evaluaron las variables altura de planta, diámetro de capítulo, índice de área foliar y materia seca total. Para conocer la distribución de asimilados, se cuantificó por separado la materia seca de hoja, de tallo y de capítulo. Cada variable se estimó en seis muestreos con intervalos de 15 días a partir de la fecha de siembra hasta 90 dds. En cada muestreo se consideraron tres plantas en competencia completa. El patrón de siembra afectó significativamente la producción de materia seca total (MSTo), MSH, MSTa, y MSC, donde el A2, superó estadísticamente a los patrones A3 y A1. En forma general, las mayores producciones de MSTo, MSH, MSTa, MSC a los 75 dds y los más altos incrementos por día se obtuvieron con la interacción A2G1. Las variables altura de planta y diámetro de capítulo fueron independientes del patrón de siembra.

ABSTRACT

EFFECT OF PLANTING PATTERNS ON THE FORAGE SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) DRY MATTER PRODUCTION.

BY

JOSE FRANCISCO AGUILERA VEGA

MASTER OF SCIENCE
IN
AGRONOMIC PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
TORREÓN, COAHUILA., JULY 2000

M.C. Armando Espinoza Banda.

-Advisor-

Key words: Sunflower, planting patterns, dry matter, yield

This work was carried out at experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna in 1999. The purpose was to determine the effect of three planting patterns on dry matter production and distribution of two sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. The planting patterns evaluated were: (A1) conventional rows, spaced 0.76 m apart, (A2) solid seeded rows, 0.38 m apart, (A3) twins rows 0.20 m apart on 0.76 m centers and the genotype were SANE semi dwarf and early maturing and SAN standard height and late maturing and 0.18 m apart on plants. A split-plot design with genotype as main plot and planting patterns as subplotted

was used; the subplotted with four rows or two pair of rows 10 m long. Treatments were replicated four times. The plots were seeded on 30 June. The variables measured were the plant height, receptacle diameter, area foliar index and total dry matter. To know the biomass distribution the dry matter of leaves, dry matter of stalk and dry matter of receptacle were separated and measured at each one of six sampling date beginning 15 days after the planting date through 90 days after planting date, the sample size were three plants per plot. The planting patterns significantly affected the dry matter total, leaves, stalk, receptacle. A2 was the best planting patterns. In general the highest dry matter values were obtained 75 days after planting date. the A2 G1 combination showed highest crop growth rate. The plant height and the receptacle diameter were not affected by the planting patterns.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
COMPENDIO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
1.3. Metas.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. El girasol como forraje.....	4
2.2. Patrones de siembra.....	5
2.3. Producción o distribución de materia seca.....	14
III. MATERIALES Y METODOS.....	18
3. 1. Localización geográfica.....	18
3. 2. Cultivares.....	18
3. 3. Patrones de siembra.....	18
3. 4. Tratamientos.....	19
3. 5. Diseño experimental.....	19
3. 6. Parcela total.....	19
3. 7. Parcela útil.....	19
3. 8. Manejo agronómico.....	19
3. 9. Variables.....	20
3. 10. Altura de Planta (AP).....	21
3. 11. Diámetro de Capítulo (DC).....	21
3. 12. Índice de Área foliar (IAF).....	21
3. 13. Materia seca total (MSTo).....	21
3. 14. Materia seca de tallo (MSTa).....	22
3. 15. Materia seca de hoja (MSH).....	22
3. 16. Materia seca de capitulo (MSC).....	22
3. 17. Análisis estadístico.....	22
IV. RESULTADOS.....	25
4. 1. Materia seca total (msto).....	25
4. 2. Peso de materia seca de hoja (msh).....	29

	Página
4. 3. Peso de materia seca de tallo (msta).....	33
4. 4. Materia seca de capitulo (msc).....	36
4. 5. Índice de área foliar (iaf).....	40
4. 6. Altura de planta (ap).....	42
4. 7. Diámetro de capitulo (dc).....	44
V. DISCUSIÓN.....	46
5.1. Materia seca total.....	46
5.2. Materia seca de hoja.....	47
5.3. Materia seca de tallo.....	48
5.4. Materia seca de capitulo.....	49
5.5. Índice de área foliar.....	50
5.6. Altura de planta.....	52
5.7. Diámetro de capitulo.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RESUMEN.....	55
VIII. ABSTRACT.....	56
XI. LITERATURA CITADA.....	57
X. APENDICE.....	62

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de los cultivares evaluados. UAAAN- UL...	18
Cuadro 2. Calendario de muestreos.....	20
Cuadro 3. Cuadrados medios para peso de materia seca total (ton ha ⁻¹) en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60 y 75 dds).....	25
Cuadro 4. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca total en ton/ha.....	27
Cuadro 5. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca total en ton ha ⁻¹	29
Cuadro 6. Cuadrados medios para peso de materia seca de hoja (ton ha ⁻¹) en cada uno de los muestreos (30, 45, 60 y 75 dds).....	29
Cuadro 7. Comparación de medias para efectos independientes y su Interacción de materia seca de hoja en ton ha ⁻¹	30
Cuadro 8. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de hoja en ton ha ⁻¹	31
Cuadro 9. Cuadrados medios para peso de materia seca de tallo (ton ha ⁻¹) en cada uno de los muestreos (30, 45, 60 y 75 dds).....	33
Cuadro 10. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca de tallo en ton/ha.....	34
Cuadro 11. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de tallo en ton ha ⁻¹	35
Cuadro 12. Cuadrados medios para peso de materia seca de capítulo (ton ha ⁻¹) en cada uno de los muestreos (45, 60 y 75 dds).....	36
Cuadro 13. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca de capítulo en ton/ha.....	37

Cuadro 14. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de capitulo en ton ha^{-1}	38
Cuadro 15. Cuadrados medios para índice de área foliar en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60 y 75 dds).....	40
Cuadro 16. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción para índice de área foliar.....	41
Cuadro 17. Comparación de coeficientes de regresión de índice de área foliar.....	42
Cuadro 18. Cuadrados medios para altura de planta (m) en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60, 75 y 90 dds).....	43
..	
Cuadro 19. Comparación de medias para efectos independientes para altura de planta (m).....	44
Cuadro 20. Cuadrados medios para diámetro de capítulo (cm) en cada uno de los muestreos (45, 60, 75, 90 dds).....	44
Cuadro 21. Comparación de medias para efectos independientes para diámetro de capítulo (cm).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Respuesta polinómica de materia seca Total.....	27
Figura 1a. Respuesta lineal de materia seca total.....	28
Figura 2. Respuesta polinómica de materia seca de hoja.....	32
Figura 2a. Respuesta lineal de materia seca de hoja.....	32
Figura 3. Respuesta polinómica de materia seca de tallo.....	35
Figura 3a. Respuesta lineal de materia seca de tallo.....	36
Figura 4. Respuesta polinómica de materia seca de capitulo.....	39
Figura 4a. Respuesta lineal de materia seca de capitulo.....	39

I. INTRODUCCION

Antecedentes y Justificación

En la actualidad se considera a la Comarca Lagunera como una de las cuencas lecheras más importantes en el ámbito nacional. La existencia de aproximadamente 374,809 cabezas de ganado bovino lechero y la producción de más de dos millones de litros de leche diarios marcan su relevancia en la economía regional y nacional de éste sector.

La magnitud de éste sistema de producción, plantea la necesidad actual de expandir la superficie de siembra de forrajes para su manutención. Actualmente se dedican un promedio de 47 mil hectáreas de cultivos forrajeros donde la alfalfa, maíz, sorgo, Zacate ballico y avena, forman parte del patrón forrajero, que generan 3'094,939 ton año⁻¹, donde la demanda actual de forraje es de 3'123,671 ton año⁻¹, existiendo un déficit de forraje de 28,678 ton año⁻¹.

En orden de importancia la alfalfa representa la principal fuente de abasto de forraje, pues se dedican a este cultivo hasta el 65 por ciento de la superficie dedicada a la producción de forraje. La alfalfa es un cultivo que requiere grandes volúmenes de agua, y de acuerdo a SAGAR, el 95 por ciento de la superficie establecida con este cultivo, se irriga con agua del sub-suelo, lo cual, considerando las condiciones actuales del acuífero lagunero, donde el abatimiento real alcanza hasta 1.8 m año⁻¹, plantea la necesidad de impulsar la siembra de cultivos anuales forrajeros, que hagan un uso más eficiente del agua por unidad de materia seca producida.

Del patrón forrajero, en la Comarca Lagunera, el maíz y sorgo ocupan, después de la alfalfa un lugar importante, ya que se estima que se siembran un promedio de 10,500 ha año⁻¹. Una parte importante de la producción de estos cultivos se destina para ensilaje, con el propósito de disponer de alimento durante el periodo invernal, que es cuando la producción de alfalfa disminuye.

Los cultivos alternativos representan una opción en la producción de forraje. El girasol, ha demostrado ser una alternativa viable en la producción de forraje (Gómez 1984, Espinoza 1990, 1996), pues además de que tiene rendimientos similares al maíz y sorgo, tiene la virtud de utilizar menos agua, que ambos cultivos. (Robles 1978, 1980).

Existen formas diferentes de buscar el incremento de la producción, una es sin duda, generar genotipos con alto potencial de rendimiento, y la otra, modificando las prácticas de siembra y manejo de cultivo (Zaffaroni y Schneiter 1989). Los patrones de siembra representan una opción para incrementar el rendimiento de materia seca por unidad de superficie (Ávila 1994), pues permite aumentar la demanda de población con un diseño adecuado de siembra, y permite aprovechar al máximo los recursos suelo-fertilizante y principalmente, el recurso agua. Los arreglos de las plantas en los surcos y el arquetipo de planta tienen una marcada influencia en la eficiencia de la captación de la energía solar por las hojas y por consiguiente en la producción de materia seca.

1. 1. Objetivo

- Valorar el efecto del patrón de siembra en la producción de materia seca total, así como en la distribución de asimilados.

1. 2. Hipótesis.

- El arreglo de los surcos y el arquetipo de planta influyen en la eficiencia de la captación de energía solar por las hojas de la planta por consiguiente en la producción de materia seca.

1. 3. Meta

- Detectar la combinación genotipo - patrón de siembra más eficiente en la producción de materia seca.

II. REVISION DE LITERATURA

2. 1.- El girasol como forraje:

En una prueba de cultivares de girasol fue para producción de forraje, los cultivares de floración tardía como Record y Gor 104, fueron las mas productoras. A media floración todos los cultivares tienen un alto contenido de agua (88 a 91 por ciento) y producciones de materia seca en rangos que fluctúan de 7 a 10 ton ha⁻¹. La producción de materia seca se incrementa en el periodo de cosecha de (26 de Julio a 9 de Agosto). La variedad Issankca fue cosechada en intervalos de 7 a 8 días, del 10 de Julio al 17 de Agosto, se dispara el incremento de materia seca de 5 a 11 ton ha⁻¹ y el contenido de materia seca de 9 a 21.4 por ciento. Es generalmente recomendado que el forraje de girasol sea cosechado en floración, pero los altos contenidos de agua en esta etapa parece ser inaceptable para los productores comerciales (Bunting, 1975).

Robles (1978), en un estudio comparativo de la producción y calidad del forraje en varias especies forrajeras, encontró que el girasol proporcionó la mayor cantidad de proteína por hectárea. Los resultados experimentales han demostrado que el cultivo del Girasol representa una alternativa viable en la producción de forraje obtiene rendimientos similares de maíz y sorgo, y por número de riegos, utiliza menos agua, que ambos cultivos, ya que el girasol esta considerado como un cultivo eficiente en el uso del agua (Robles 1978; Farías 1984).

Se han llevado a cabo evaluaciones exploratorias sobre el potencial del girasol en la producción de forraje en la Comarca Lagunera, (Gómez 1984; Farías 1984; Espinoza 1990, 1996) obteniéndose producciones de 10 a 14 toneladas de materia seca por hectárea, con variedades provenientes de regiones agrícolas diferentes, así mismo, los análisis bromatológicos indican una digestibilidad aceptable oscilando entre el 55 - 70 por ciento. Resultados similares se han encontrado en el estado de Nuevo León (Carriles 1977; Vega y Carriles 1978; Robles 1978), en EUA (McGuffey *et al.* 1980; Thomas *et al.* 1982), lo que sugiere considerar a este cultivo como una alternativa para la Comarca Lagunera.

2. 2.- Patrones de siembra.

Putt y Fehr (1951) reportaron que no existen diferencias significativas en la producción de grano entre los arreglos, hay una consistente tendencia en cada uno de los 3 años en el estudio hacia un incremento para los arreglos angostos sobre los arreglos amplios. Paccuci y Martignano (1975), indicaron que los cultivares de girasol de porte bajo requieren altas densidades de población y espacios angostos entre surcos para una máxima producción de grano en comparación con los tipos convencionales.

Allesi *et al.* (1977) y Radford (1978), reportaron incremento en la producción de girasol tanto como el ancho entre surcos fuera reducido de 0.90 m a 0.30 m y de 1.08 m a 0.36 m respectivamente. Robinson (1978), en condiciones no áridas y la densidad de población óptima, el girasol producirá los más altos rendimientos cuando la distancia entre surcos y la distancia entre plantas es igual.

Algunos investigadores han reportado que la producción de girasol en regiones con escasez de agua no fue influenciada por el arreglo de surcos (Smith *et al.*, 1981; Khalifa, 1984).

Los híbridos de girasol con altura convencional y los de porte bajo, tienen respuesta similar a diferentes densidades de población cuando se establecen a la distancia tradicional 0.76 m entre surcos (Schneiter *et al.*, 1984; Majid y Schneiter, 1987, 1988). . Poco o nada de efecto ha sido reportado en la producción de girasol establecido en el sistema de doble surco (De León - López *et al.*, 1980; Silva y Schmidt, 1985). Holt y Zentner (1985), en otra forma reporta que existe significativamente baja producción en el arreglo estrecho que con el arreglo amplio con girasol que no produce aceite establecido en India Head, Saskatchewan. Las condiciones de sequía en el crecimiento en la localidad pueden ser la razón de los resultados diferentes.

Zaffaroni y Schneiter (1991), observaron que el máximo total de la producción de materia seca por planta ocurre entre 90 y 100 dds. La producción fue casi la misma en 30 mil, 45 mil plantas ha^{-1} , pero más baja a 60 mil plantas ha^{-1} además, encontraron que el diámetro de capítulo decrece de 143 a 122 mm, tanto como se incrementa la densidad de población de 35 a 65 mil plantas ha^{-1} y mencionan que los genotipos enanos tienen significativamente capítulos de mayor tamaño (138 mm) que los de altura normal (126 mm), dentro del mismo reporte manifiestan que la altura de planta de los genotipos enanos fue 25 por ciento menos que los de altura normal, indicando que es debido a los a las condiciones genéticas y de medio ambiente.

El efecto de la densidad de plantas en altura, peso de aquenio y contenido de aceite reportado en este estudio son de acuerdo con los reportados previamente por Gubbels y Dedio (1988).

El contenido de aceite fue mas bajo en Sunweat 101 que en MRS 34 y se incremento conforme se incrementa la densidad de plantas. De cualquier manera, no existieron diferencias en el contenido de aceite entre los arreglos de 30 y 60 cm entre surcos en las mismas densidades. En las dos interacciones significantes, la diferencia en el contenido de aceite entre los cultivares fue mayor en 1987 que en 1986, y el incremento en el contenido de aceite con el incremento en la densidad de planta de 55,000 a 148,000 plantas ha^{-1} fue mayor para Sunweat 101 (3.3 por ciento) que para MRS 34 (1.8 por ciento). Esto sugiere que los enanos, precoces híbridos requieren una mayor densidad de plantas para un máximo de producción. Esta observación esta en contraste, con los resultados de la prueba establecida en North Dakota por Feoli y Schneiter (1989). Ellos encontraron que Sunweat 101 produjo lo mismo sobre un rango de densidad de plantas de 45 mil a 125 mil plantas ha^{-1} .

Previos estudios realizados en Norte América en cultivares de girasol de polinización abierta e híbridos para producción de aceite indicaron que el espacio entre surcos tiene poco efecto en la producción de semilla (Putt y Fehr 1951; Vijayalakshmi *et al.* 1975; Robinson *et al.* 1976; Zaffaroni y Schneiter 1989;).

Johnson (1987), indica que en Soya, la mejor equidistancia de las plantas en surcos más estrechos proveyó menos competencia dentro del suelo y debería esperarse diferencias cuantitativas en la masa vegetal y reflejarse en el rendimiento de grano.

En recientes años, los híbridos de girasoles precoces, enanos han estado disponibles. Con sus hábitos compactos de crecimiento, donde más del espacio entre surcos no tiene uso. Sun M 20, alto, precoz con hábitos de crecimiento compactos, fue reportado con rendimientos más altos a 45 cm que el de 90 cm (Gubbels y Dedio 1988).

Actualmente, algunos de los nuevos híbridos precoces fueron encontrados que tienen hábitos compactos de crecimiento, dejando mas espacio entre surcos sin uso. Estos cambios en los hábitos de crecimiento condujeron a especular que pueden responder diferente al espacio entre surcos que sus progenitores y por tal motivo se evaluó un híbrido precoz (Sun M 20) y un tardío (894) en maduración para la producción de aceite. Híbridos (*Helinthus annuus* L.) fueron establecidos a 45 y 90 cm entre surcos en 1984 hasta 1986 en Canadá, Morden, Manitoba. En el de 45 cm entre surcos, comparado con el de 90 cm, la altura de plantas fue reducida aproximadamente en 9 cm y la producción de aquenio se incrementa 14.5 por ciento para el híbrido precoz; la respuesta del híbrido tardío al espacio entre surcos fue mínima y el contenido de aceite fue mayor para 45 que para 90 cm en 1985 en ambos híbridos, pero no en los otros años, (Gubbels y Dedio, 1988).

Se cree que la razón por el mejor desarrollo en surcos más cercanos puede ser por la mayor interceptación de luz de una mayor distribución equidistante de las plantas, particularmente en las etapas tempranas de la planta. Esto sería más importante para los híbridos precoces de hábitos compactos el cual cubre menos espacio entre surcos en el arreglo más espaciado que el híbrido tardío con sus hábitos amplios de crecimiento. Otro factor que puede afectar el desarrollo, sería mejor la utilización de nutrientes y humedad en los surcos más estrechos. (Gubbels y Dedio, 1988).

Zaffaroni y Schneiter (1989) El girasol puede obtener la máxima interceptación de luz y con relativamente bajos valores de índice de área foliar y mencionan que no existe diferencia significativa en producción entre surcos convencionales y doble surco. Feoli y Schneiter (1989), encontraron que Sunweat 101 y 894 producen mayores rendimientos de aquenio con los arreglos de 30 y 45 cm entre surcos que los de 76 cm. Los resultados indican que Sunweat 101 y MRS 34 requieren 55 mil plantas ha^{-1} para optimas producciones la cual es mayor que la encontrada requerida por Sun M 20 (Gubbels y Dedio 1989). Sun M 20 es comparable en precocidad y hábitos de crecimiento que aquellas en el presente estudio, pero es mas alta (datos no publicados), esto sugiere que los enanos, precoces híbridos requieren un mayor densidad de plantas para un máximo de producción. Esta observación contrasta, con los resultados de la prueba establecida en North Dakota por Feoli y Schneiter (1989).

Dos híbridos precoces de girasol, Sunweat 101 y MRS 34, con altura más pequeña que los normales y con hábitos de crecimiento compactos, fueron establecidos en 30 y 60 cm entre surcos y 3 densidades de plantas en cada arreglo en 1986 y 1987 en Canada, Morden, Manitoba. No existieron diferencias en la producción de grano, ni en el contenido de aceite entre los arreglos. La altura de las plantas y el contenido de aceite se incrementan con el incremento de la densidad de plantas, mientras que el peso del aquenio decrece. La producción de aquenio en ambos híbridos se incrementa tanto como la densidad de plantas se incrementa de 55 mil a 74 mil plantas ha^{-1} , luego permanece relativamente constante a 148 mil plantas ha^{-1} . La altura se incrementa desde la mas baja hasta la más alta densidad, fue 4 cm para MRS 34, con una media de altura de 182 cm. La media de altura para Sunweat 101 fue de 117 cm, como quiera que sea, sus alturas fueron de 111, 119 y 126 cm en el arreglo de 30 cm entre surcos y 109, 114 y 125 en el arreglo de 60 cm para baja,

mediana y alta densidad, respectivamente. Esto indica que ambos híbridos requieren una densidad de plantas de sobre 55 mil plantas ha^{-1} para su producción óptima. Para 74 mil y 111 mil plantas ha^{-1} no hubo diferencias significativas en la producción entre los arreglos de 30 y 60 cm para cada densidad (Gubbels y Dedio, 1990).

Gubbels y Dedio (1990), sugieren altas densidades de población y espacios angostos entre surcos para maximizar el potencial de producción en los cultivares de maduración precoz, además reportan que generalmente la altura de planta se incrementa con el incremento en la densidad de plantas y la interacción híbrido x diferentes distancias entre surco fue significativa ($p=0.05$).

En el intento de ganar un entendimiento coherente de los estudios previos en las poblaciones de girasol es lógico razonar que la óptima población de plantas para girasol depende fuertemente de la humedad, temperatura y condiciones de fertilidad durante la época de crecimiento (Prunty, 1981). Algunas observaciones indican que en la reducción de la población retardara la maduración del capitulo; investigaciones en la población frecuentemente incluyen la variable de diferentes distancias entre surcos por que cambiando la distancia entre surcos es una efectiva forma de establecer cambios en la distribución de la población. La población fue el mayor factor que afecta la producción de semilla. Los promedios de producción se incrementaron de 1,841 a 2,946 Kg ha^{-1} cuando la población se incrementa de 17 mil a 62 mil plantas ha^{-1} . La población mínima por hectárea requiere para máxima producción fue de 62 mil en Wesca y Gran Rapids, 37 mil en Lamberton, 49 mil en Morris y Crookston y 25 mil en Becker. La respuesta a la población fue similar en ambos años. Las interacciones cultivar x población fueron no significativas en 9 características. Los diferentes efectos de las poblaciones en la producción entre las 6 localidades pueden ser atribuibles al

suelo, temperatura y la precipitación. Las máximas poblaciones fueron requeridas para las máximas producciones en suelos arenosos en Gran Rapids y en suelo limoso en Waseca. Poblaciones por encima de las requeridas para máximas producciones no redujeron la producción pero reducen los otros dos componentes de la producción como número de semillas por capítulo y el peso de la semilla. Los factores de la calidad de la semilla afectados por la población son porcentaje de largura en la semilla para las no productoras de aceite, porcentaje de aceite para las productoras de aceite y prueba de peso (estimada en la densidad de semilla) para ambas productoras y no productoras de aceite en girasol. (Robison *et al.*, 1990).

Wells (1991), afirma que el espaciamiento entre plantas afecta el área foliar, la interceptación de luz y la fotosíntesis aparente en Soya, al evaluar éstas variables en dos densidades de población en surcos a 0.96 m y 0.43 m de amplitud en 1988 y 1989 en Clayton, Carolina del Norte. Encontró que la fotosíntesis aparente (FA), fue mayor en los surcos a 0.43 m en 1988 al inicio del crecimiento, no así en el ensayo de 1989, lo cual se debió a una reducida interceptación de luz. Así mismo encontró una relación lineal entre FA y la interceptación de luz antes de la cobertura total del follaje, en tanto la relación del IAF y la FA fue curvilínea. Observó que después de que ocurrió la cobertura total del cultivo la interceptación de la luz no declinó proporcionalmente con la pérdida del área foliar, indicando que la absorción no estuvo involucrada.

Zaffaroni y Schneiter (1991), mencionan que no se conoce si los diferentes híbridos presentan similar respuesta bajo diferentes arreglos con la densidad de plantas, el girasol parece tener flexibilidad en respuesta a los diferentes arreglos de surcos. Los efectos de competencia son por las altas densidades de plantas, compitiendo por agua, nutrientes y luz, influyendo estos en la reducción del diámetro

de capítulo. El arreglo de surcos y la arquitectura de la planta influyen en la estructura de la misma, influenciando así la eficiencia de la interceptación de la radiación solar por los tejidos verdes y la subsecuente producción de materia seca.

Kelly y Davis (1988), afirman que la identificación de la luz como una determinante importante del crecimiento de los cultivos ha influido en la selección de aquellos cultivos y prácticas culturales que favorecen una rápida cobertura del follaje y maximizar la interceptación de luz al inicio de la etapa de crecimiento. Comenta que una vez que la fase exponencial del desarrollo del área foliar se ha completado, algunas hojas inician la senescencia, de tal forma que si no existe un balance con la producción de nuevas hojas, la fotosíntesis tiende a declinar. La contribución de la senescencia en declinar la fotosíntesis y la capacidad de rendimiento, ha sido identificada como una de las limitantes potenciales en la producción de los cultivos.

El girasol se desarrolla en diferentes distancias entre surcos dependiendo del equipo disponible. Los mejores rendimientos son cuando las distancias entre surcos son de 50 a 76 cm, a un que distancias tan amplias como 1m y angostas de 35 cm tienen buenos rendimientos. El espaciamiento entre plantas debe disminuir proporcionalmente con el bajo porcentaje de germinación, pero el número de semillas por metro se incrementa; el girasol se compensa en las diferentes poblaciones ya sea por cambios en el tamaño de la semilla y del capítulo. Tanto como la población de plantas se disminuye, el tamaño de la semilla y del capítulo resulta más grande. La calidad del tallo es una característica a considerar en los híbridos, los tallos de buena calidad son fáciles de cosechar y se reduce la pérdida de producción, la buena calidad del tallo permite mantener la producción debido a la reducción del acame por el viento. La uniformidad de la altura del tallo en la maduración es otra característica importante

a considerar. Las plantas enanas de girasol son menos susceptibles al traslape, el cual puede ser muy importante durante el crecimiento óptimo de la planta o donde el girasol es establecido con riego en altas poblaciones y en surcos con menores distancias entre ellos. (iaia.ext.nodak.edu Universidad del estado de Dakota del Norte; 1995).

Los productores han buscado formas para incrementar la economía y minimizar los costos de los insumos, asegurando una ganancia y la producción de girasol en cero labranza. Los productores pueden usar equipo para sembrar en surcos estrechos y así ayudar a reducir los costos de siembra. Por el uso de este equipo de siembra, la anchura del surco se puede ser reducida de 75 a 37 cm, reduciendo en 50 por ciento, la producción de biomasa de las malas hierbas en la floración del girasol. Se reduce la anchura del surco cuando se combina con un 25 por ciento de incremento en la densidad de población de plantas y puede resultar de un 10 a 25 por ciento de incremento en la producción de semilla. En la combinación de dos o más prácticas culturales dentro del sistema, el impacto de cada práctica cultural es mayor. (Donald y Randal, 1999).

Haciendo más angosto el espacio entre surcos de girasol de 75 a 50 cm, puede permitir a los productores utilizar equipo para sembrar en surcos estrechos, reduciendo los costos de maquinaria e incrementa el uso de este tipo de sembradoras. Muchos productores de los altos planos del norte tienen el equipo de cero labranza, lo que permite sembrar el girasol en residuos vegetales, reduciendo el potencial de erosión del suelo. Se ha observado que con surcos más estrechos, bajo condiciones convencionales de labranza, el incremento de la producción de girasol es mayor. La producción de girasol se incrementa en 13 por ciento con surcos espaciados a menos de 50 cm, comparado con los de 75 cm. Los surcos estrechos no tienen efectos

negativos en el peso de semilla o el contenido de aceite. El efecto de los surcos estrechos en la producción fue consistente entre cultivares y reducen la formación de malas hierbas. (Ardell, 1998).

2. 3.- Producción o distribución de materia seca:

Blackman (1919), fue el primero en utilizar el peso seco como medida de crecimiento y señaló que en el caso de una planta anual el peso final depende del peso de la semilla o peso seco inicial, de la tasa a la cual el material presente empieza a producir nuevo material y del tiempo durante el cual la planta esta incrementando su peso; la acumulación de biomasa se fundamenta en el peso de plantas completas o de sus componentes y en la dimensión del aparato fotosintético (área foliar, contenido de clorofila etc.).

El desarrollo del cultivo y la producción están fuertemente determinados por el dosel de las hojas o el forraje en la interceptación de la radiación (Monteith, 1977).

Alekseev y Rodin (1979), encontraron en sus estudios que la proporción del capítulo en la inflorescencia completa fue mayor en el girasol de porte bajo que en el de altura normal, debido a que la translocación de los fotosintatos es más favorecida en el capítulo que al tallo.

Existen diversas estrategias para incrementar la producción de biomasa en las plantas cultivadas. Un camino es sin duda el mejoramiento genético, a través del cual se derivan plantas con un mayor potencial para explotar determinados ambientes; otro camino lo es la modificación de las prácticas culturales. Entre ellas, la modificación de las densidades de siembra y el suministro de agua esto constituye una alternativa para

eficientar los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción de biomasa; además menciona que el índice de área foliar (IAF) especifica el tamaño del aparato asimilatorio que un cultivo tiene por unidad de superficie de suelo, este factor puede ser alterado por practicas de manejo como son la densidad de plantas, la fertilización y los riegos. Por otro lado la mayor eficiencia se tiene cuando el índice de área foliar es máximo (Langer, 1987).

Gardner y Auma (1989), demostraron en el cultivo de cacahuete, que el índice de área foliar (IAF), la cobertura del follaje y la interceptación de luz están altamente correlacionadas y además relacionadas con el rendimiento de vainas.

En los cultivos más eficientes tienden con frecuencia a invertir en las etapas tempranas del crecimiento en expansión del área foliar, el cual resulta en un uso más eficiente de la radiación solar. Afirma que muchas prácticas agronómicas, tales como fertilización, altas densidades de plantas y arreglos de siembra para una mejor distribución espacial de las plantas (surcos angostos) se utilizan para acelerar la cubierta vegetal e incrementar la interceptación de luz, además mencionan que al inicio, el área foliar tiene una tasa exponencial de desarrollo, pues a medida que se generan mas hojas, se intercepta más luz, pero como el área foliar al inicio es pequeña, una porción importante de interceptación de luz se pierde o no es capturada por el follaje. Al final de la floración, el área foliar se ha desarrollado en su totalidad, por lo que el objetivo de las practicas culturales son maximizar la fotosíntesis por la interceptación total o casi totalmente de la radiación solar. Los patrones de crecimiento típicamente se caracterizan por un crecimiento o formación de materia seca en función de una curva sigmoideal, dicha curva esta comprendida por una fase o periodo exponencial, al inicio de la curva es un periodo relativamente corto, la segunda fase es

conocida como la fase lineal, periodo relativamente largo, en el cual la materia seca se incrementa en constante proporción, esta fase lineal, la denominan como tasa de crecimiento del cultivo, la tercer fase o fase final es donde el incremento en el crecimiento o producción de materia seca tiende a disminuir con el tiempo hasta un estado uniforme, siendo este estado la madures fisiológica. (Gardner *et al.* 1990).

Manrique (1990), estudió el desarrollo del área foliar y la producción de materia seca en el cultivo de Cassava, para analizar los efectos de la temperatura y la radiación solar sobre el índice de área foliar (IAF) y la producción de raíz. Encontró que el máximo valor del IAF osciló entre 8 y 6 para 240 dds (días después de la siembra) y el máximo rendimiento se encontró de los 240 a 300 dds. Encontró también una influencia marcada de la temperatura en la tasa de desarrollo foliar, donde altas temperaturas promovieron un mayor desarrollo foliar.

En un estudio sobre la distribución de materia seca de Meadowfoam (*Limnanthes R.Br:spp*) en la Universidad de Oregon, E.U.A., utilizaron tres líneas durante 1988 y 1989, encontrando que el máximo de producción de materia seca ocurrió cercano al 50 por ciento de floración para declinar después, en tanto el IAF lo alcanzo 26 y 13 días antes de la floración (para 1988 y 1989) para declinar posteriormente hasta un valor cercano a cero. La tasa de asimilación neta (TAN) mostró sus máximos valores cerca de la floración (4 y 1 día antes) para 1988 y 1989 respectivamente, lo que se debió a que el IAF declino más rápido que el TCC, dado que TAN es una relación entre TCC/IAF. (Fiez, *et al.* 1991).

Manrique (1991), comenta que determinar el uso eficiente de la radiación (UER) en condiciones de campo es necesaria para estimar el potencial de la

producción de biomasa, pues la facilidad para el cálculo de este parámetro lo ha hecho popular en los estudios de crecimiento en plantas, requiriéndose así mismo estimaciones de materia seca y por ciento de interceptación de luz por la planta, así como también el valor de la radiación solar recibida. Menciona además, que la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que es interceptada por las hojas, cuando no se mide directamente, puede estimarse directamente del índice de área foliar (IAF) utilizando la ley de Beer: $IPAR = PAR \{1 - \exp(-k \times IAF)\}$, donde IPAR es la PAR interceptada y k es el coeficiente de extinción.

Zaffaroni y Schneiter (1991), encontraron diferencias altamente significativas en la producción de materia seca, debido a la población de plantas. La producción de materia seca total tiende a ser similar en híbridos y arreglos que las obtenidas en la producción de grano, lo cual indica que están grandemente correlacionadas. En bajas densidades de población, las plantas individualmente tienen menos competencia y más espacio para desarrollarse formando más MS que en altas poblaciones.

Ma *et al.* (1992), comenta que la producción del área foliar es esencial para la transferencia de energía y los procesos de acumulación de materia seca en el follaje del cultivo. Es indicativa de la interceptación de la luz y el crecimiento, la fotosíntesis, transpiración y tasa de crecimiento. Asume que existe una estrecha relación entre área foliar, peso seco de hojas y posiblemente con biomasa total, por lo que con base a estos parámetros es posible estimar el área foliar. En Cacahuete, encontraron una relación no-lineal entre AF y PSH ($R^2 = 0.98$) y una relación lineal entre AF y BT ($R^2 = 0.95$).

III. MATERIALES Y METODOS

3. 1. Localización geográfica: La presente investigación se realizó en el campo Experimental de la UAAAN Unidad Laguna.

3. 2. Cultivares: Los materiales que se utilizaron y sus características se encuentran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los cultivares evaluados. UAAAN- UL.

Cultivar	Ciclo	A P (m)	Días a corte
San	Tardío	2.3	70
Sane	Precoz	1.5	56

El genotipo SAN es de altura normal y el genotipo SANE es de porte bajo, las diferencias contrastantes, son para determinar la capacidad de producción de materia seca.

3. 3. Patrones de siembra: El trabajo consistió en tres patrones de siembra. El primero, se estableció en el sistema tradicional a 0.76 m (A1), el segundo arreglo (A2) fue con distancias entre surcos a 0.38 m y el tercer arreglo (A3) constó de surcos gemelos a 0.20 m y separados a 0.76 m entre cada par. La distancia entre plantas fue de 0.18 m.

3. 4. Tratamientos: Considerando cultivares y arreglos resultaron seis tratamientos.

3. 5. Diseño experimental: Bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones con un total de 24 unidades experimentales.

3. 6. Parcela total: Cada arreglo constó de cuatro hileras o dos pares de surcos de amplitud y 10 m largo, con una superficie por arreglo de:

A 1: 22.8 m²

A 2: 15.2 m²

A 3: 11.6 m

3. 7. Parcela útil: Se consideraron tres plantas con una superficie por arreglo de:

A1 (0.76 m): 0.4104 m²

A2 (0.38 m): 0.2052 m²

A3 (0.20 m): 0.2592 m²

3. 8. Manejo agronómico: Preparación del terreno y labores culturales.- Fueron de acuerdo, al paquete tecnológico recomendado por el Campo Agrícola Experimental de la Laguna.

Fecha de siembra.- Junio 30 de 1999

Fertilización.- Se utilizó la fórmula 100 – 80 – 00, para cubrir esta formula, se necesitaron 17.3 kg de superfosfato diamónico (18-46-00) y 15.1 kg de Urea (46-00-00), formando 32 kg de mezcla, el cual se aplicó a 128 surcos, correspondiendo 250 g por surco.

Control de plagas.- En el área experimental se aplicó 200 ml del insecticida Thiodan 35 por ciento (Endosulfan), para el control de plagas chupadoras como la mosca blanca (*Trialeurodes sp*) y algunos gusanos como el gusano Cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Riegos.- Un riego de presembrado (Junio 20) y 3 riegos de auxilio, el primero riego (Julio 20), el segundo (Agosto 18) y el tercer riego (Septiembre 10).

Muestreos.- Se realizaron seis, a partir de la fecha de siembra, efectuados en intervalos de 15 días. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calendario de muestreos.

Muestreo	Fecha
1º	Julio 14
2º	Agosto 04
3º	Agosto 18
4º	Septiembre 01
5º	Septiembre 15
6º	Octubre 01

3. 9. Variables: Las variables que se cuantificaron son: altura de planta (AP), diámetro de capítulo (DC), índice del área foliar (IAF) y materia seca (MS). Para conocer la distribución de asimilados, la materia seca total, se cuantificó por separado la materia sea de hoja (MSH), de tallo (MSTa) y capítulo (MSC).

Cada variable se estimó en seis muestreos, con intervalos de 15 días a partir de la fecha de siembra (Junio 30 de 1998) y hasta 90 días después, para tal efecto se seleccionaron tres plantas por parcela con competencia completa. Las variables fueron:

3. 10. Altura de Planta (AP): La cual se estimó desde el nivel del suelo hasta la parte apical del tallo, expresándose en metros (m). En esta variable se consideraron todos los muestreos para el análisis de varianza, comprendido desde 15 hasta 90 dds.

3. 11. Diámetro de Capitulo (DC): Se midieron los capítulos por el lado de las inflorescencias y fue expresado en centímetros (cm). Dentro de esta variable se registraron los diámetros desde la aparición del capitulo a 45 dds hasta 90 dds.

3. 12. Índice de Área foliar (IAF): Se determinó como la relación del área foliar respecto a la superficie de terreno ocupada por las tres plantas en competencia completa. La superficie fue diferente para cada arreglo. Se midió, el largo (L) por el ancho (A) de la hoja media y se multiplicó por el número de hojas. Esta variable se estimó desde los 15 hasta 75 dds con intervalos de 15 días; para la determinación del área foliar se uso el método propuesto por Schneiter (1978), el cual consiste en la siguiente ecuación: $AF = \{ \{ (L \times A) \times 0.6683 \} - 2.45 \}$; donde:

AF es área foliar (m^2), 0.6683 y 2.45 son constantes, L y A son largo y ancho de la hoja.

3. 13. Materia seca total (MSTo): Se realizó a partir de los 15 dds, con intervalos de 15 días hasta la etapa de madurez fisiológica, para tal efecto se utilizaron tres plantas por parcela, esta variable se cuantificó obteniendo la suma aritmética de los tres componentes MSTa, MSH y MSC. Cada componente se estimó de una muestra de tres plantas y de cada planta se separaron tallo, hoja y capitulo. Estos componentes, se etiquetaron por separado en bolsas de papel y se llevaron a secado en una estufa de aire forzado (FELISA) a una temperatura de 80° C hasta lograr un secado constante

aproximadamente de 3 a 4 días. Una vez secado, se registraron pesos por separado, utilizando una balanza digital.

3. 14. Materia seca de tallo (MSTa): Se cortó el tallo al nivel del suelo, posteriormente se transportaron las plantas a un lugar de procesamiento, se procedió a cortar los tallos en pequeños trozos, para facilitar el secado y manejo.

3. 15. Materia seca de hoja (MSH): En campo, se separaron las hojas, se trozaron (picado) para facilitar su secado y manejo.

3. 16. Materia seca de capítulo (MSC): Al separar el capítulo del tallo, se cortaron para facilitar el secado.

3. 17. Análisis estadístico: Consistió de la manera siguiente:

Análisis de varianza. Se realizó por muestreo, por variable, de acuerdo al diseño estadístico, se utilizó el software propuesto por Olivares (1994). La comparación de medias para efectos individuales e interacción A x G, se utilizó la prueba de DMS. (Diferencia mínima significativa).

Análisis de regresión. Se utilizó como herramienta para conocer la tendencia de la distribución de materia seca, por muestreo durante el periodo del estudio. Cada grupo de datos se ajustó a un modelo polinómico de segundo grado:

$$Y = a + b(x) + c(x^2)$$

donde: Y = Producción de materia seca o en su caso índice de área foliar (variable dependiente), a = Valor promedio (intercepto), b,c = coeficientes de regresión o incremento diario (pendiente) y x = Días después de la siembra (variable independiente).

En cada curva, se identificó el periodo de crecimiento activo (PCA) (Gardner et al. 1990) y se realizó un análisis de regresión lineal: $Y = a + b(x)$, para conocer el incremento (b) de cada variable en MS. Las respuestas lineales se compararon por el método de covarianza.

La descripción del modelo lineal es:

$$Y = a + b(x)$$

donde: Y = Producción de materia seca o en su caso índice de área foliar (variable dependiente), a = Valor promedio (intercepto), b = coeficiente de regresión o incremento diario (pendiente), x = Días después de la siembra (variable independiente)

La regresión de las respuestas lineales individuales y la comparación de las mismas, se efectuó por el método estadístico de covarianza, a través del sistema de análisis estadístico (SAS system), el cual se basa en los modelos siguientes:

$$X_2 = 0 \quad Y \quad \text{Si } X_2 = 1 \quad H_0 = B_2 = 0$$

$$Y = X_1 X_2 \quad Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 (1) + b_3 X_1 (1) \quad H_i = B_2 \neq 0$$

$$X_3 = (X_1) (X_2) \quad Y = (b_0 + b_2) + (b_1 + b_3) (X_1) \quad H_0 = B_3 = 0$$

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_1 X_2 \quad H_i = B_3 \neq 0$$

$$\text{Si } X_2 = 0$$

$$Y = b_0 + b_1 X_1$$

donde: Y = Producción de materia seca o en su caso índice de área foliar (variable dependiente), b_0 = Valor promedio (intercepto), $b_1, 2, 3$ = coeficiente de regresión o incremento diario (pendiente), x = Días después de la siembra (variable independiente), H_0 = Hipótesis nula y H_1 = Hipótesis alternativa.

IV. RESULTADOS

4. 1. MATERIA SECA TOTAL (MSTo)

El análisis de varianza (Cuadro 3), muestra, para los arreglos (A), diferencias altamente significativas ($P = 0.01$ por ciento) en todos los muestreos.

Cuadro 3. Cuadrados medios para peso de materia seca total (ton ha⁻¹) en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60 y 75 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)				
		15	30	45	60	75
Repeticiones	3	0.000003 ns	0.012 ns	0.295 ns	0.212 ns	0.558 ns
Arreglos (A)	2	0.000121 **	1.420 **	4.432 **	19.491 **	41.372 **
Error (a)	6	0.000002	0.013	0.082	0.069	0.579
Genotipos (G)	1	0.000000 ns	0.055 ns	2.739 **	30.399 **	55.321 **
Interacción	2	0.000003 ns	0.228 *	1.567 **	1.292 *	1.012 **
Error (g)	9	0.000002	0.031	0.078	0.169	0.455
Total	23					
c.v. (Error (g)) %		10.93	18.33	6.50	7.84	8.82

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01$ %), * Diferencia significativa ($P = 0.05$ %), ns = Diferencia no significativa y dds = días después de la siembra

A los 15 dds, los arreglos a 0.38 m (A2) y a 0.20 m (A3), fueron estadísticamente iguales, ya que presentaron una producción de materia seca total (MSTto) de 0.015 y 0.014 ton ha⁻¹, superando en 47 por ciento al arreglo tradicional de 0.76 m (A1) (Cuadro 4).

El arreglo A2 superó a los arreglos A1 y A3 a los 30, 45, 60 y 75 dds, además de ser estadísticamente diferentes, entre estos muestreos existió una tendencia similar, ya que el arreglo A2 superó en un promedio de 45 y 27 por ciento a los arreglos A1 y A3 respectivamente (Ardell, 1998). A los 75 dds, fue la etapa en la que se existió la mayor producción de MSTo, donde el arreglo A2 presentó una producción

de 10 ton ha⁻¹, superando en un 45 y 26 por ciento a los arreglos A1 y A3 respectivamente. (Cuadro 4).

Respecto a los genotipos, el Sintético Antonio Narro (SAN) y el Sintético Antonio Narro Enano (SANE), presentaron diferencias altamente significativas en los 45, 60 y 75 dds, no así en los 15 y 30 dds donde las diferencias fueron no significativas, debido a que ambos genotipos produjeron 0.1 ton ha⁻¹ y 1 ton ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 4). A los 75 dds, se expresó la mayor producción de MSTo, donde el genotipo SAN produjo 9.2 ton ha⁻¹ contra 6.1 ton ha⁻¹ del genotipo SANE, significando 33 por ciento superior el genotipo SAN.

En los muestreos donde se presentaron diferencias altamente significativas entre genotipos (45, 60 y 75 dds) en promedio el genotipo SAN superó en un 27 por ciento al genotipo SANE, además de ser estadísticamente diferentes. (Cuadro 4).

En cuanto al efecto de las interacciones genotipos x arreglos (AXG) (Cuadro 3), presentaron una diferencia altamente significativa a los 45 y 75 dds y a los 30 y 60 dds la diferencia fue significativa, no así en los 15 dds, donde las diferencias fueron no significativas. En los 30 dds, dentro de los arreglos A1 y A2, ambos genotipos se comportaron estadísticamente similar, en tanto que en el arreglo A3 fueron diferentes estadísticamente, ya que el genotipo SAN produjo 1.2 ton ha⁻¹ de MSTo contra 0.7 ton ha⁻¹ del genotipo SANE, siendo así un 41 por ciento superior el genotipo SAN, en este último arreglo. (Cuadro 4, Figura 1). A los 45 dds, SAN y SANE tuvieron rendimientos similares dentro de A1 y A3, en tanto que en A2, SAN superó estadísticamente a SANE. En los 60 y 75 dds, ambos genotipos presentaron diferencias estadísticas para los tres arreglos, además de ser las etapas en las que existió la mayor producción de

MSTo, a los 75 dds donde se produjo la máxima producción en el arreglo A2, donde el genotipo SAN produjo 11 ton ha⁻¹ contra 9.1 ton ha⁻¹ del genotipo SANE, significando un 17 por ciento más que el genotipo SANE.

Cuadro 4. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca total en ton ha⁻¹.

dds	Genotipos	Arreglos			\bar{x}	DMS
		A1	A2	A3		
15	G1	0.007 a	0.015 a	0.015 a	0.01 a	0.002
	G2	0.008 a	0.015 a	0.013 a	0.01 a	
	\bar{x}	0.008 b1	0.015 a	0.014 a		
30	G1	0.5 a2	1.3 a	1.2 a	1.0 a	0.3
	G2	0.5 a	1.5 a	0.7 b	0.9 a	
	\bar{x}	0.5 c	1.4 a	0.9 b		
45	G1	3.6 a	5.9 a	4.5 a	4.6 a	0.4
	G2	3.6 a	4.2 b	4.1 a	4.0 b	
	\bar{x}	3.6 c	5.1 a	4.3 b		
60	G1	4.7 a	8.4 a	6.0 a	6.4 a	0.7
	G2	3.3 b	5.6 b	3.5 b	4.1 b	
	\bar{x}	4.0 c	7.0 a	4.8 b		
75	G1	6.2 a	11.0 a	10.2 a	9.2 a	1.1
	G2	4.8 b	9.1 b	4.5 b	6.1 b	
	\bar{x}	5.5 c	10.0 a	7.4 b		

G1 = SAN, G2 = SANE, 1) Medias marginales con la misma letra son estadísticamente iguales, (DMS = 0.05 P) y 2) Medias de la interacción son comparadas en sentido vertical, (DMS = 0.05 P).

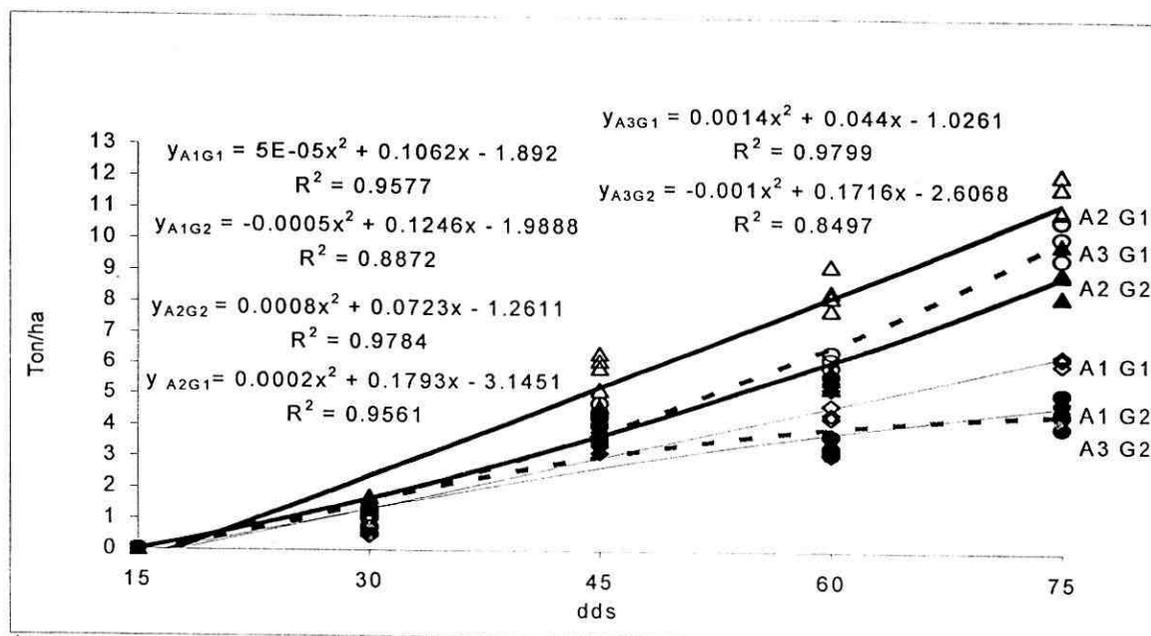


Figura 1. Respuesta polinómica de materia seca total

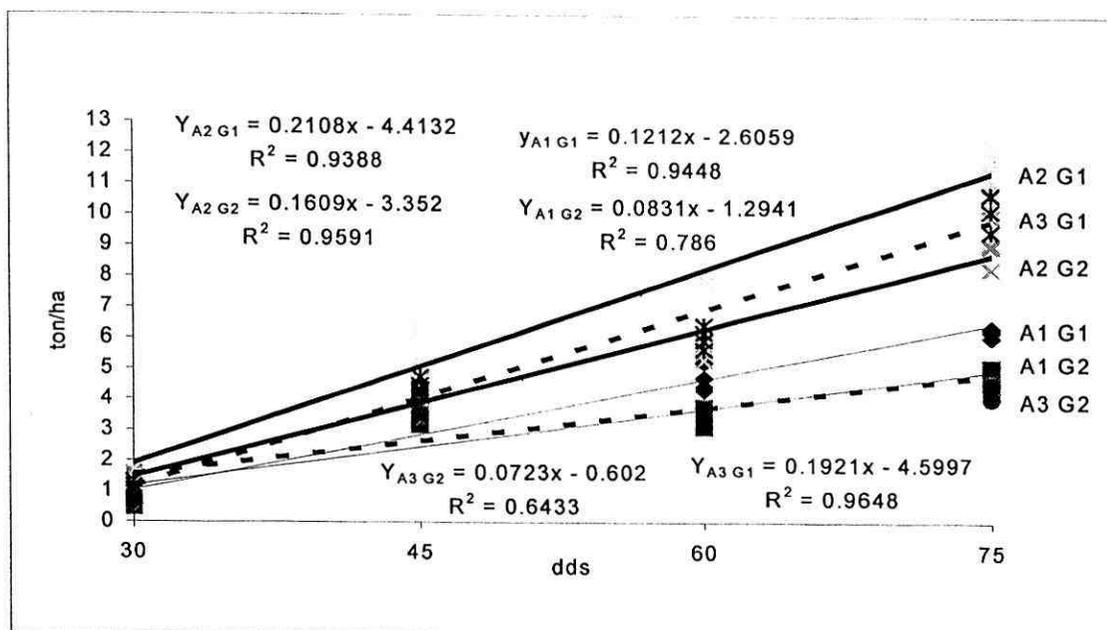


Figura 1a.- Respuesta lineal de materia seca total

Los efectos de interacción (Arreglo x Genotipo) a través de los muestreos (15 a 75 dds), se presentan en la Figura 1, donde los datos de cada combinación se ajustaron a un polinomio de segundo grado, donde los coeficientes de determinación (R^2) oscilaron de 0.85 a 0.98. Todos los tratamientos o combinaciones fueron similares a los 15 dds (Cuadro 4), para después incrementar y diferenciarse a partir de los 30 dds. La tendencia de las combinaciones A2G1, A3G1 y A2G2 fue seguir incrementando después de los 60 dds, en contraste al resto (A1G1, A1G2, A3G2), la tendencia fué a decrecer después de dicho muestreo.

La comparación estadística entre los coeficientes de regresión lineal (b) de cada combinación, se muestra en el Cuadro 4, donde A2G1, ($b = 0.211$) fue estadísticamente igual a A3G1 ($b = 0.192$) y ambos diferentes al resto (Figura 1a).

Cuadro 5. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca total en ton ha⁻¹.

Tratamientos	A1 G1	A1 G2	A2 G1	A2 G2	A3 G1	A3 G2
A1 G1	0.121 **	- 0.040 **	0.090 **	0.040 **	0.071 **	- 0.049 **
A1 G2		0.083 **	0.128 **	0.078 **	0.109 **	- 0.011 ns
A2 G1			0.211 **	- 0.050 **	- 0.019 ns	- 0.139 **
A2 G2				0.161 **	0.031 **	- 0.089 **
A3 G1					0.192 **	- 0.119 **
A3 G2						0.072 **

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %) y ns = Diferencia no significativa

4.2. PESO DE MATERIA SECA DE HOJA (MSH)

Los resultados del análisis de varianza, para arreglos (A), presentaron diferencias altamente significativas (P=0.01) a los 30, 60 y 75 días y diferencias no significativas a los 45 días. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cuadrados medios para peso de materia seca de hoja (ton ha⁻¹) en cada uno de los muestreos (30, 45, 60 y 75 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)			
		30	45	60	75
Repeticiones	3	0.000046 ns	0.022 ns	0.019 ns	0.066 ns
Arreglos (A)	2	0.479950 **	0.132 ns	2.563 **	2.925 **
Error (a)	6	0.013966	0.037	0.007	0.041
Genotipos (G)	1	0.001733 ns	0.068 ns	3.392 **	1.775 **
Interacción	2	0.132246 **	0.273 **	0.450 **	0.642 *
Error (g)	9	0.006961	0.015	0.024	0.097
Total	23				
c.v. (Error (g)) %		13.66	7.61	8.62	15.29

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %), ns = Diferencia no significativa, dds = días después de la siembra

Respecto a los efectos individuales de arreglos (A), el A2 fue estadísticamente superior a A1 y A3, excepto a los 45 dds. El A2 superó en un 25 por ciento, 40 por ciento y 29 por ciento al arreglo más próximo, A3 a los 30, 45 y 75 dds. La mayor producción de MSH, al igual que la MSTo, se presentó a los 75 dds. Los genotipos (G1 y G2), fueron diferentes estadísticamente a los 60 y 75 dds, sobresaliendo G1 en ambos muestreos con 2.2 y 2.3 ton ha⁻¹. (Cuadro 7).

La interacción de AxG fue altamente significativas ($P=0.01$) a los 30, 45 y 60 días y significativa ($P=0.05$) a los 75 días. (Cuadro 6). Los mayores promedios de efectos de interacción (A x G), por muestreo fueron A2G2, A2G1, A2G1, y A2G1 para los 30, 45, 60 y 75 dds, respectivamente. A los 30 dds, dentro de A2 el G2 produjo 1 ton ha^{-1} de MSH contra 0.7 ton ha^{-1} del G1, siendo el G2 30 por ciento más productor de MSH. Estas producciones contrastan con las obtenidas en el arreglo A3, ya que la producción es inversa, dado que el G1 produjo 0.7 ton ha^{-1} contra 0.5 ton ha^{-1} , siendo así 28 por ciento más productor el G1, en este mismo muestreo las producciones de ambos genotipos en el A1 fueron estadísticamente iguales. (Cuadro 7). A los 45 dds dentro del A2 el G1 produjo 2 ton ha^{-1} de MSH contra 1.5 ton ha^{-1} del G2, superando en 25 por ciento el G1, además de ser estadísticamente diferentes. En cuanto a A1 y A3, ambos genotipos expresaron producciones estadísticamente iguales. (Cuadro 7). A los 60 dds, en los tres diferentes arreglos, el G1 supera al G2 en 29 por ciento, 42 por ciento y 23 por ciento para los arreglos A1, A2 y A3 respectivamente, además de ser los genotipos estadísticamente diferentes.

Cuadro 7. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca de hoja en ton ha^{-1} .

dds	Genotipos	Arreglos			\bar{x}	DMS
		A1	A2	A3		
30	G1	0.4 a	0.7 b	0.7 a	0.6 a	0.1
	G2	0.3 a	1.0 a	0.5 b	0.6 a	
	\bar{x}	0.4 c1	0.8 a	0.6 b		
45	G1	1.5 a2	2.0 a	1.6 a	1.7 a	0.2
	G2	1.6 a	1.5 b	1.7 a	1.6 a	
	\bar{x}	1.5 a	1.8 a	1.6 a		
60	G1	1.7 a	3.1 a	1.7 a	2.2 a	0.2
	G2	1.2 b	1.8 b	1.3 b	1.4 b	
	\bar{x}	1.4 b	2.5 a	1.5 b	0.1	
75	G1	1.5 a	2.9 a	2.5 a	2.3 a	0.5
	G2	1.4 a	2.5 a	1.3 b	1.8 b	
	\bar{x}	1.5 c	2.7 a	1.9 b	0.2	

G1 = SAN, G2 = SANE, 1) Medias marginales con la misma letra son estadísticamente iguales, (DMS = 0.05 P),

2) Medias de la interacción son comparadas en sentido vertical, (DMS = 0.05 P).

La etapa en donde existió la mayor producción de MSH fue a los 75 dds . Dentro del A3, el G1 produjo 2.5 ton ha⁻¹ de MSH contra 1.3 ton ha⁻¹ del G2, siendo 48 por ciento más productor el G1 y estadísticamente diferentes, contrastando así con los arreglos A1 y A2, donde ambos genotipos fueron estadísticamente iguales en la producción de MSH.

La distribución de MSH, por muestreo de cada combinación de la interacción se representa en la (Figura 2), las cuales se ajustan a un polinomio de segundo grado, presentando coeficientes (R^2) de determinación que osciló de 0.67 hasta 0.96. La curva correspondiente a la combinación A2G1, toma ventajas en la producción de MSH a los 45 y 60 dds, estabilizándose a los 75 dds, en contraste las combinaciones A2G2 y A3G1 se incrementaron casi linealmente a partir de los 30 dds, (donde supera el A2 G2) hasta los 75 dds. Excepto para A2G2 y A3G1, la producción pico de MSH se presentó a los 60 dds, donde A2 G1 promedió 3.1 ton ha⁻¹. (Cuadro 7). La respuesta lineal, de los resultados comprendidos de 30 hasta 60 dds, se presentan en la Figura 2a. Los coeficientes de determinación (R^2) fluctuaron desde 0.41 hasta 0.98, para los tratamientos y/o combinación. El mayor incremento en la producción de MSH fue presentado por el tratamiento A2G1 ($b = 0.0791$) Figura 2a, además de ser estadísticamente diferente y superior al resto de los tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de hoja en ton ha⁻¹.

Tratamientos	A1 G1	A1 G2	A2 G1	A2 G2	A3 G1	A3 G2
A1 G1	0.044 **	- 0.017 ns	0.035 **	- 0.016 **	- 0.011 ns	- 0.016 ns
A1 G2		0.027 **	0.052 **	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns
A2 G1			0.079 **	- 0.051 **	- 0.046 **	- 0.051 **
A2 G2				0.028 **	0.000 ns	- 0.00 ns
A3 G1					0.033 **	- 0.00 ns
A3 G2						0.028 **

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %), ns = Diferencia no significativa

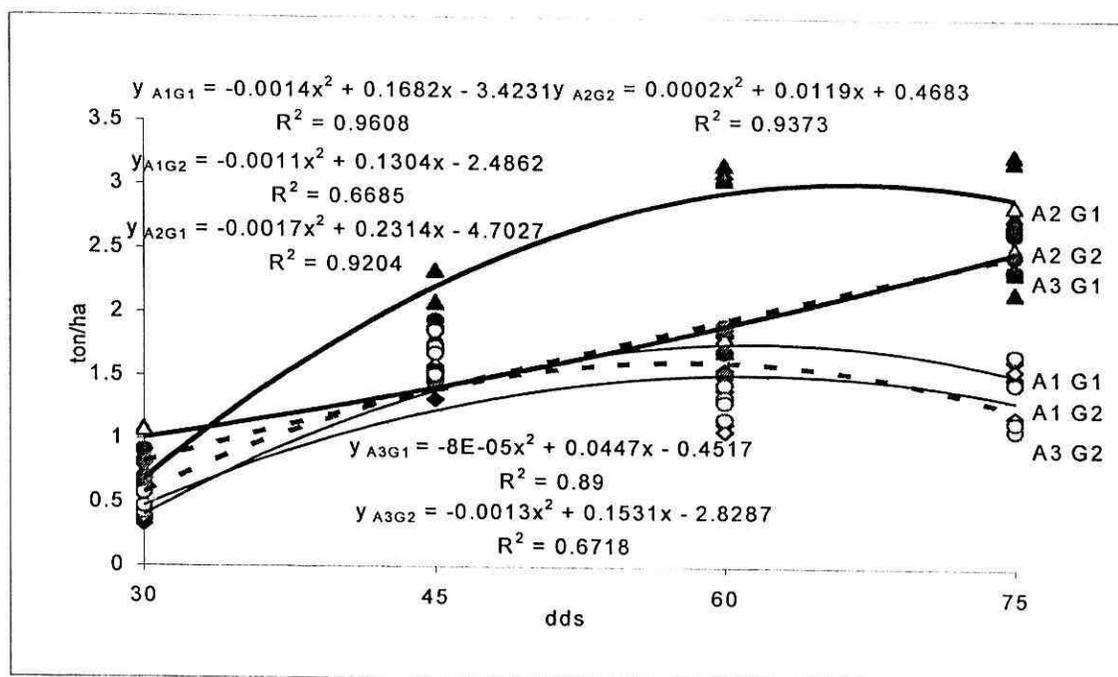


Figura 2. Respuesta polinómica de materia seca de hoja

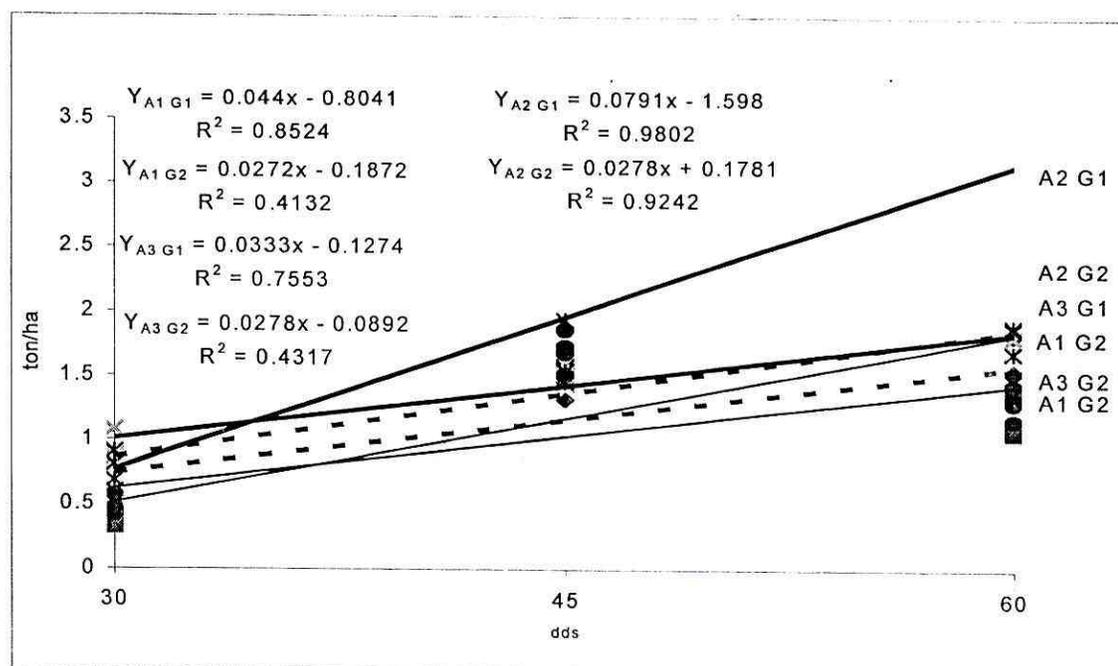


Figura 2a.- Respuesta lineal de Materia seca de hoja

4. 3. PESO DE MATERIA SECA DE TALLO (MSTa)

El análisis de varianza de materia seca de tallo MSTa, existió diferencia altamente significativa ($P = 0.01$) para todos los muestreos realizados en cuanto arreglos y genotipos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios para peso de materia seca de tallo (ton ha^{-1}) en cada uno de los muestreos (30, 45, 60 y 75 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)			
		30	45	60	75
Repeticiones	3	0.001141 ns	0.157 *	0.121 ns	0.336 ns
Arreglos (A)	2	0.172512 **	1.193 **	5.521 **	6.842 **
Error (a)	6	0.000955	0.017	0.063	0.152
Genotipos (G)	1	0.019674 **	3.378 **	21.459 **	30.244 **
Interacción	2	0.032924 **	0.276 *	0.864 **	1.205 *
Error (g)	9	0.003120	0.038	0.076	0.183
Total	23				
c.v. (Error (g)) %		17.08	9.98	10.95	14.04

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01$ %), * Diferencia significativa ($P = 0.05$ %), ns = Diferencia no significativa, dds = días después de la siembra

En la comparación estadística de valores medios (Cuadro 10) para arreglos (A), el A2, presentó la mayor producción de materia seca de tallo en todos los muestreos, además de ser estadísticamente diferentes. La mayor producción de MSTa se presentó a los 75 dds, en donde el arreglo A2 superó en 46 y 20 por ciento a los arreglos A1 y A3 respectivamente. (Cuadro 10).

Respecto a los genotipos, el G1 superó al G2 en la producción de MSTa en todas las etapas de muestreo, además de ser estadísticamente diferentes. En promedio considerando todos los muestreos, el G1 superó en 41 por ciento.

En el muestreo a los 75 dds, se registró la mayor producción de MSTa, donde, el G1 produjo 4.2 ton ha^{-1} contra 1.9 ton ha^{-1} del G2, superior en 55 por ciento, además de ser estadísticamente diferentes. (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca de tallo en ton ha⁻¹.

dds	Genotipos	Arreglos			\bar{x}	DMS	
		A1	A2	A3			
30	G1	0.2 a	0.4 a	0.4 a	0.3 a	0.05	0.09
	G2	0.2 a	0.5 a	0.2 b	0.3 b		
	\bar{x}	0.2 c1	0.5 a	0.3 b			
45	G1	1.8 a2	2.9 a	2.3 a	2.3 a	0.2	0.3
	G2	1.4 b	1.8 b	1.6 b	1.6 b		
	\bar{x}	1.6 c	2.4 a	1.9 b			
60	G1	2.4 a	4.6 a	3.4 a	3.5 a	0.2	0.4
	G2	1.2 b	2.3 b	1.2 b	1.6 b		
	\bar{x}	1.8 c	3.4 a	2.3 b			
75	G1	2.8 a	5.1 a	4.6 a	4.2 a	0.4	0.7
	G2	1.4 b	2.7 b	1.7 b	1.9 b		
	\bar{x}	2.1 c	3.9 a	3.1 b			

G1 = SAN, G2 = SANE, 1) Medias marginales con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS = 0.05 P)

2) Medias de la interacción son comparadas en sentido horizontal. (DMS = 0.05 P)

Las interacciones fueron altamente significativas en los 30, 60 dds, mientras que en los 45 y 75 dds las diferencias fueron significativas. (Cuadro 9). Los efectos de interacción con mayor producción de MSTa, se observan (por muestreo), con el A2 en combinación con G1 y G2, donde G1 supera estadísticamente a G2, excepto a los 30 dds. De los 45 dds hasta 75 dds, supera a G2 (SANE), en 38, 50 y 47 por ciento respectivamente. (Cuadro 10). La distribución de MSTa se ajustó a un polinomio de segundo grado. (Figura 3), para las seis combinaciones (A x G) de los 30 a 75 dds. Al inicio (30 dds), la producción de MSTa, fue similar para todas las combinaciones, observándose, marcadas diferencias en el periodo crecimiento activo (CA) comprendido entre los 30 y 60 dds. Durante el CA, la curva A2 G1, mostró los mayores valores de MSTa, con respuestas (b) de 0.138, 0.100, 0.073 y 0.060 ton ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente para A2G1, A3G1, A1G1 y A2G2, donde estadísticamente las dos primeras respuestas (b) son diferentes y diferentes al resto y las dos segundas respuestas (b) son estadísticamente iguales. La combinación A3G2 y A1G2, muestran una distribución cuadrática, ya que de los 45 a 60 dds, decrecen. El resto de

las combinaciones tuvieron valores medios significativamente superiores a los dos anteriores. (Cuadro 11, Figura 3a).

Cuadro 11. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de tallo en ton ha^{-1} .

Tratamientos	A1 G1	A2 G1	A2 G2	A3 G1
A1 G1	0.073 **	0.064 **	-0.013 ns	0.026 **
A2 G1		0.138 **	-0.077 **	-0.037 **
A2 G2			0.060 **	0.039 **
A3 G1				0.100 **

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %) y ns = Diferencia no significativa

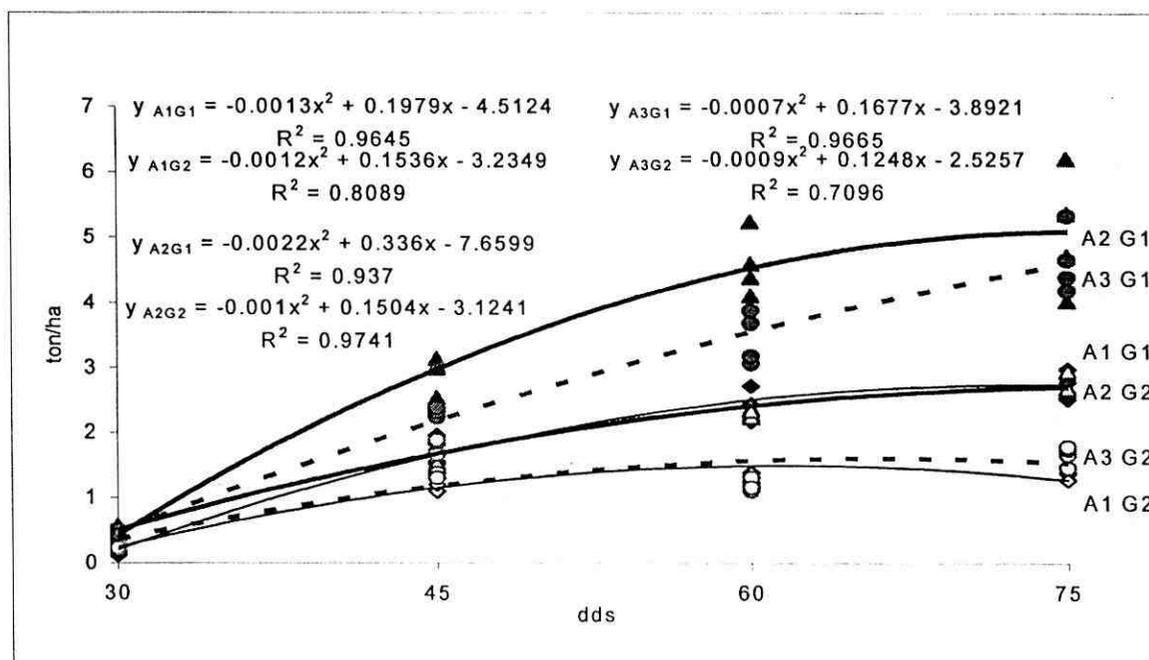


Figura 3. Respuesta polinómica de materia seca de tallo

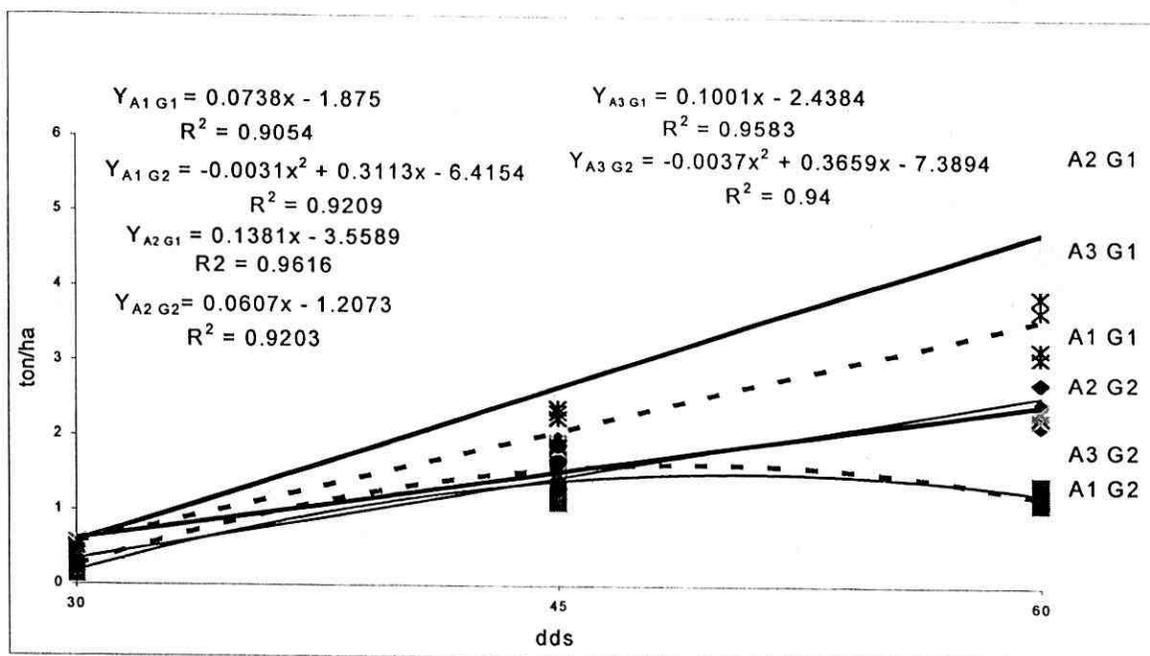


Figura 3a.- Respuesta lineal de materia seca de tallo

4. 4. MATERIA SECA DE CAPITULO (MSC)

Para arreglos (A), se observaron diferencias altamente significativas ($P=0.01$), en todos los muestreos de esta variable. (Cuadro 12).

Cuadro 12. Cuadrados medios para peso de materia seca de capítulo (ton ha^{-1}) en cada uno de los muestreos (45, 60 y 75 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)		
		45	60	75
Repeticiones	3	0.015010 ns	0.008 ns	0.889 ns
Arreglos (A)	2	0.188775 **	0.247 **	7.239 **
Error (a)	6	0.004802	0.021	0.558
Genotipos (G)	1	0.075902 *	0.922 **	1.179 **
Interacción	2	0.041472 **	0.213 **	0.794 ns
Error (g)	9	0.009142	0.021	0.205
Total	23			
c.v. (Error (g)) %		15.95	15.92	16.26

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01$ %), * Diferencia significativa ($P = 0.05$ %), ns = Diferencia no significativa y dds = días después de la siembra

La mayor producción de MSC, se observó en promedio para A2 (Cuadro 13), superando, en todos los muestreos a A1 y A3. Porcentualmente, A2 superó en un 37,

27 y 40 por ciento, al testigo A1 (sistema tradicional) y 25, 27 y 40 por ciento al A3 en los 45, 60 y 75 dds respectivamente. (Cuadro 13).

El análisis de varianza, detectó diferencia significativa (45 dds) y altamente significativa (60 y 75 dds) para genotipos (G) (Cuadro 12), lo cual se corrobora al observar los valores medios (Cuadro 13), donde G2, supera a G1 a los 45 y 60 dds en un 17 y 36 por ciento respectivamente, contrariamente G1 supera a G2 a los 75 dds, en un 16 por ciento (Cuadro 13).

Para la interacción (A x G), se observaron diferencias altamente significativas ($P=0.01$) en los muestreos a los 45 y 60 dds, y no significativa a los 75 dds (Cuadro 12).

Cuadro 13. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción de materia seca de capítulo en ton ha⁻¹.

dds	Genotipos	Arreglos			\bar{x}	DMS	
		A1	A2	A3			
45	G1	0.3 b	0.7 a	0.6 a	0.5 b	0.9	0.1
	G2	0.6 a	0.8 a	0.6 a			
	\bar{x}	0.5 c ¹	0.8 a	0.6 b			
60	G1	0.6 b ²	0.7 b	0.8 a	0.7 b	0.1	0.2
	G2	0.9 a	1.5 a	0.9 a			
	\bar{x}	0.7 b	1.1 a	0.9 b			
75	G1	2.0 a	3.9 a	3.1 a	3.1 a	0.4	0.9
	G2	1.9 a	3.8 a	1.9 a			
	\bar{x}	2.0 b	3.8 a	2.5 b			

Trat. = Tratamiento, G1 = SAN, G2 = SANE, 1) Medias marginales con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS = 0.05 P), 2) Medias de la interacción son comparadas en sentido horizontal. (DMS = 0.05 P).

La distribución de MSC, se muestra en la (Figura 4), donde los valores se ajustaron a un polinomio de segundo grado y donde la combinación con mayor MSC, fue A2G2 hasta los 60 dds, con un valor de ajuste (R^2) de 0.8459. Cabe resaltar que la curva A3G1 con MSC similar a A2G2 a los 45 dds e inferior al mismo a los 60 dds, con un valor de ajuste (R^2) 0.9377.

En cuanto a las interacciones altamente significativas ($P = 0.01$), encontradas a los 45 y 60 dds (Cuadro 12), se observó que a los 45 dds dentro de los arreglos A2 y A3, ambos genotipos son estadísticamente iguales y diferentes en el arreglo A1 con 0.6 ton ha^{-1} del genotipo SANE contra 0.3 ton ha^{-1} del genotipo SAN, superando así en 50 por ciento el genotipo SANE. (Cuadro 13). En los 60 dds, dentro del arreglo A3, ambos genotipos son estadísticamente iguales y diferentes en los arreglos A2 y A1, en el arreglo A2 con el genotipo SANE, se presentó 1.5 ton ha^{-1} contra 0.7 ton ha^{-1} del genotipo SAN, superando en 53 por ciento el genotipo SANE, dentro del arreglo A1 existió un comportamiento similar, ya que el genotipo SANE superó en 33 por ciento. (Cuadro 13). Los resultados comprendidos de 45 hasta 75 dds (PCA), se ajustaron a una respuesta lineal, donde los coeficientes de determinación (R^2) fluctuaron de 0.63 a 0.90, para los tratamientos individuales. (Figura 4a). La magnitud de la respuesta lineal (b) del periodo comprendido de 45 hasta 75 dds (Figura 4a), indican que las combinaciones A2G1, A2G2, A3G1 y A1G1 fueron significativamente iguales con valores de regresión de 0.105 , 0.100 , 0.083 y $0.058 \text{ ton ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. (Cuadro 14).

Cuadro 14. Comparación de coeficientes de regresión de Materia seca de capitulo en ton ha^{-1} .

Tratamientos	A1 G1	A1 G2	A2 G1	A2 G2	A3 G1	A3 G2
A1 G1	0.058 **	- 0.011 ns	0.047 ns	0.042 ns	0.025 ns	- 0.013 ns
A1 G2		0.046 **	0.059 **	0.054 **	0.037 **	- 0.000 ns
A2 G1			0.105 **	- 0.00 ns	- 0.020 ns	- 0.061 **
A2 G2				0.100 **	- 0.017 ns	- 0.056 **
A3 G1					0.083 **	- 0.39 **
A3 G2						0.044 **

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01 \%$), * Diferencia significativa ($P = 0.05 \%$) y ns = Diferencia no

significativa

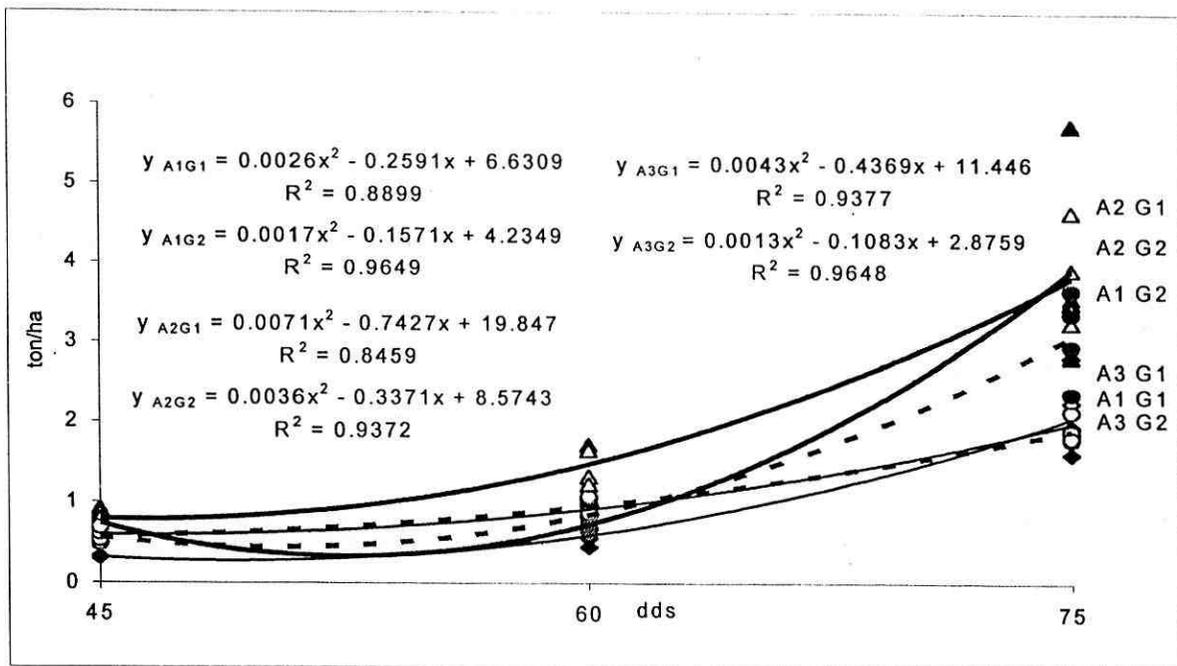


Figura 4. Respuesta polinómica de materia seca de capítulo

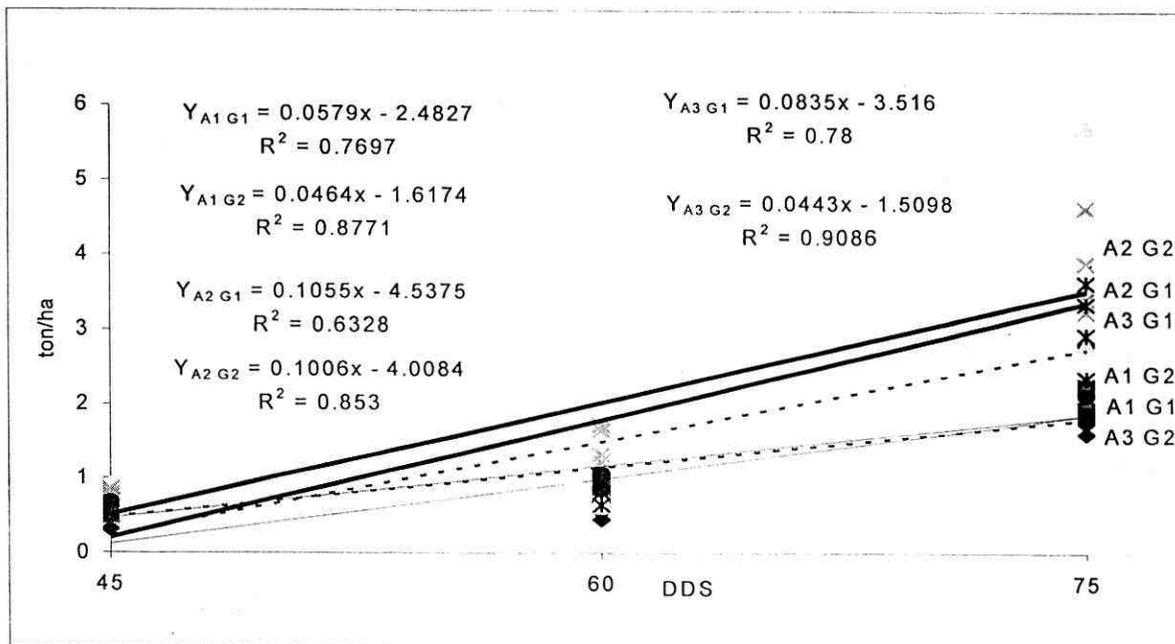


Figura 4a .- Respesa lineal de materia seca de capítulo

4. 5. INDICE DE AREA FOLIAR (IAF)

El factor arreglos (A) presentó diferencias altamente significativas ($P=0.01$) en los muestreos realizados a los 30, 60 y 75 dds, en tanto que a los 15 dds la diferencia fue significativa ($P=0.05$) y no significativa a los 45 dds. (Cuadro 15).

Cuadro 15. Cuadrados medios para índice de área foliar en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60 y 75 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)				
		15	30	45	60	75
Repeticiones	3	0.000008 ns	0.106 ns	1.804 ns	2.327 ns	0.061 ns
Arreglos (A)	2	0.000130 *	25.925 **	3.219 ns	27.338 **	14.264 **
Error (a)	6	0.000011	0.227	1.346	1.335	0.058
Genotipos (G)	1	0.000435 **	2.609 **	9.200 *	13.854 **	4.698 **
Interacción	2	0.000242 **	0.129 ns	1.919 ns	0.481 ns	1.494 **
Error (g)	9	0.000004	0.143	1.005	0.902	0.122
Total	23					
c.v. (Error (g)) %		5.82	5.18	6.12	11.97	11.10

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01$ %), * Diferencia significativa ($P = 0.05$ %) y ns = Diferencia no

significativa y dds = días después de la siembra

En general el IAF, se incrementó con el tiempo, alcanzando sus máximos valores a los 60 DDS, para posteriormente declinar a los 75 dds (Cuadro 16, Figura 5).

El A2 (0.38 m) arrojó los más altos valores promedio de IAF (Cuadro 16), observándose a 15 dds, valores medios significativamente iguales con A3. A excepción de los 45 dds donde no hubo diferencias significativas entre arreglos, a los 30, 60 y 75 dds, el A2, fue significativamente superior a A1 y A3, superándolos porcentual mente en 43 y 28; 34 y 28 por ciento respectivamente.

Con respecto al factor genotipo, existieron diferencias altamente significativas ($P=0.01$) a los 15, 30, 60 y 75 dds, no así para el muestreo realizado en los 45 dds, donde la diferencia fue significativa ($P=0.05$) (Cuadro 15). El G1 manifestó los mayores IAF, presentándose una tendencia similar en todos los muestreos (Cuadro 16). A los

15 y 30 dds, el G1 manifestó 0.04 y 6.5 respectivamente, lo cual significa 25 y 12 por ciento de superioridad al G2, mientras que a los 45 y 60 dds fueron los muestreos donde ambos genotipos manifestaron los mayores IAF. A los 45 dds, el G1 expresó 9.0 superando en 13 por ciento al G2, en tanto que a los 60 dds, el G1 presentó su máximo IAF de 9.3 superándolo en 16 por ciento. En estos muestreos de mayor IAF (45 y 60 dds), el G2 mantuvo un IAF de 7.8. (Cuadro 16). A los 75 dds, ambos genotipos expresaron un decremento en el IAF, ya que el G1 presentó 7.2 contra 6.3 del G2, lo que a un significa 12 por ciento superior en IAF. (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias para efectos independientes y su interacción para índice de área foliar.

dds	Genotipos	Arreglos			\bar{x}	DMS	
		A1	A2	A3			
15	G1	0.03 a	0.03 a	0.05 a	0.04 a	0.002	0.003
	G2	0.03 b	0.03 a	0.03 b	0.03 b		
	\bar{x}	0.03 b1	0.03 a	0.04 a	0.004		
30	G1	4.9 a2	8.4 a	6.3 a	6.5 a	0.3	0.6
	G2	4.3 a	7.9 a	5.4 a	5.7 b		
	\bar{x}	4.6 c	8.1 a	5.8 b	0.6		
45	G1	8.3 a	9.8 a	8.9 a	9.0 a	0.9	
	G2	8.1 a	8.4 a	6.8 a	7.8 b		
	\bar{x}	8.2 a	9.1 a	7.9 a			
60	G1	7.5 a	11.5 a	8.9 a	9.3 a	0.9	1.4
	G2	6.6 a	9.7 a	7.1 a	7.8 b		
	\bar{x}	7.0 b	10.6 a	8.0 b			
75	G1	6.0 a	9.2 a	6.4 a	7.2 a	0.3	0.6
	G2	5.9 a	7.4 b	5.7 b	6.3 b		
	\bar{x}	5.9 b	8.3 a	6.0 b	0.3		

Trat. = Tratamiento, G1 = SAN, G2 = SANE, 1) Medias marginales con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS = 0.05 P), 2) Medias de la interacción son comparadas en sentido horizontal. (DMS = 0.05 P)

Respecto a las interacciones de los genotipos dentro de los arreglos, presentaron diferencias altamente significativas ($P=0.01$) en los 15 y 75 dds, en tanto que el resto de los muestreos expresaron diferencias no significativas. (Cuadro 15). La interacción en ambos muestreos (15 y 75 dds), se atribuye al G2, aún cuando en estas etapas, el IAF son de poca relevancia. La distribución del IAF para todas las

combinaciones de la interacción, se ajustaron a un polinomio de segundo grado (Figura 5), donde las tendencias polinómicas que más sobresalieron es en, se los tratamientos donde se incluye el arreglo A2 con ambos genotipos. En contraste, el arreglo A1 y ambos genotipos, presentaron los menores valores de las tendencias polinómicas.

La magnitud de los coeficientes de regresión lineal (b) en el periodo de crecimiento activo (CA) para cada combinación, fueron estadísticamente iguales, sin embargo el arreglo A2 promovió un mayor IAF, indistintamente del genotipo (Cuadro 17, Figura 5a).

Cuadro 17. Comparación de coeficientes de regresión de índice de área foliar.

Tratamientos	A1 G1	A1 G2	A2 G1	A2 G2	A3 G1	A3 G2
A1 G1	0.275 **	- 0.006 ns	0.057 ns	0.004 ns	0.021 ns	- 0.049 ns
A1 G2		0.268 **	0.050 ns	0.009 ns	0.027 ns	- 0.043 ns
A2 G1			0.325 **	- 0.047 ns	- 0.029 ns	- 0.099 ns
A2 G2				0.278 **	0.018 ns	- 0.052 ns
A3 G1					0.296 **	- 0.076 ns
A3 G2						0.226 **

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %) y ns = Diferencia no significativa

4. 6. ALTURA DE PLANTA (AP)

El factor arreglos (A) e interacciones (A x G), las diferencias estadísticas fueron no significativas. (Cuadro 18). En cuanto al factor genotipos solo a los 45, 60, 75 y 90 (dds), se presentaron diferencias altamente significativas (P=0.01). (Cuadro 18).

Cuadro 18. Cuadrados medios para altura de planta (m) en cada uno de los muestreos (15, 30, 45, 60, 75 y 90 dds).

f.v.	gl	Cuadrados medios (dds)					
		15	30	45	60	75	90
Repeticiones	3	0.881ns	62.036ns	0.029 ns	0.018 ns	0.008 ns	0.013 ns
Arreglos (A)	2	0.399ns	129.726ns	0.027 ns	0.024 ns	0.003 ns	0.056 ns
Error (a)	6	0.474	130.407	0.010	0.057	0.015	0.063
Genotipos(G)	1	1.058ns	240.64ns	1.213 **	1.364 **	3.840 **	1.627 **
Interacción	2	0.018ns	133.73ns	0.028 ns	0.069 ns	0.012 ns	0.001 ns
Error (g)	9	0.275	57.888	0.021	0.036	0.003	0.029
Total	3						
	2						
c.v. Error (g)		7.40	10.49	8.27	9.98	3.30	9.74
%							

** Diferencia altamente significativa (P = 0.01 %), * Diferencia significativa (P = 0.05 %) y ns = Diferencia no significativa, y dds = días después de la siembra.

Las diferencias estadísticas en la altura se inician a los 45 dds, donde el genotipo SAN presenta una altura de 1.99 m contra 1.55 m del genotipo SANE, superando en un 22 por ciento (Cuadro 19). La máxima altura del genotipo SANE fue a los 60 dds con 1.68 m y la de SAN, se presentó a los 75 dds con 2.24 m, existiendo un decremento en altura por el genotipo SANE, ya que presentó 1.44 m. (Cuadro 19). En ambos muestreos SAN superó a SANE, con 22 y 36 por ciento respectivamente. A los 90 dds, existe un decremento en la altura, ya que el genotipo SAN presentó 2.03 m contra 1.51 m del genotipo SANE, lo que significa 26 por ciento en mayor altura del genotipo SAN. (Cuadro 19). A partir de los 45 dds, el genotipo SAN supera en promedio de 26 por ciento de estatura al genotipo SANE. (Cuadro 19).

Cuadro 19. Comparación de medias para efectos independientes para altura de planta (m).

Arreglo/Genotipo	dds					
	15	30	45	60	75	90
A1	0.07 a	0.68 a	1.71 a	1.94 a	1.81 a	1.74 a
A2	0.07 a	0.73 a	1.81 a	1.96 a	1.84 a	1.87 a
A3	0.07 a	0.76 a	1.80 a	1.86 a	1.85 a	1.71 a
DMS						
G1	0.07 a	0.76 a	1.99 a	2.16 a	2.24 a	2.03 a
G2	0.07 a	0.69 a	1.55 b	1.68 b	1.44 b	1.51 b
DMS			0.13	0.18	0.06	0.16

1) Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS = 0.05 P)

4. 7. DIAMETRO DE CAPITULO (DC)

Existieron diferencias altamente ($P=0.01$) significativas para el factor arreglos a los 60 y 90 dds, y no significativas en los 45 y 75 dds. (Cuadro 20).

Cuadro 20. Cuadrados medios para diámetro de capítulo (cm) en cada uno de los muestreos (45, 60, 75, 90 dds).

f.v.	gl	Cuadrados Medios (dds)			
		45	60	75	90
Repeticiones	3	0.880 ns	11.144 **	21.558 **	2.527 ns
Arreglos (A)	2	1.955 ns	7.505 **	2.172 ns	23.447 **
Error (a)	6	0.526	1.013	1.705	1.767
Genotipos (G)	1	6.364 *	34.320 **	1.440 ns	22.041 **
Interacción	2	0.989 ns	4.905 ns	5.932 ns	3.385 ns
Error (g)	9	0.645	4.724	1.858	0.937
Total	23				
c.v. (Error (g)) %		9.02	17.42	7.71	8.01

** Diferencia altamente significativa ($P = 0.01$ %), * Diferencia significativa ($P = 0.05$ %), ns = Diferencia no significativa y dds = días después de la siembra.

En el muestreo efectuado a los 60 dds, el arreglo A1, presentó 13.47 cm de DC, estadísticamente igual al arreglo A2 y diferente al arreglo A3 con 11.5 cm.

Los arreglos A2 y A3 fueron estadísticamente iguales. (Cuadro 21). A los 90 dds, el arreglo A1 presentó 13.93 cm de diámetro y estadísticamente diferente a A2 y A3 y superior en un 16 por ciento y 24 por ciento respectivamente, (Cuadro 21). Los máximos diámetros de capítulo se presentaron A los 75 dds, en los tres diferentes arreglos, con 18.20, 17.64 y 17.16 cm para A1, A2 y A3, respectivamente y estadísticamente iguales. (Cuadro 21).

Respecto a los genotipos, existieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P=0.01$) en los 60 y 90 dds, diferencias significativas ($P=0.05$) a los 45 dds y no significativas a los 75 dds. (Cuadro 20). En los genotipos, se manifestó una tendencia similar, ya que el genotipo SANE superó y fue estadísticamente diferente al genotipo SAN. (Cuadro 21). A los 45 dds, el genotipo SANE presentó 9.42 cm contra 8.39 cm del genotipo SAN, significando 11 por ciento superior el genotipo SANE, mientras que a los 60 dds, el genotipo SANE presenta 13.67 cm contra 11.28 cm del genotipo SAN, superando en 17 por ciento el genotipo SANE, en tanto que a los 90 dds el genotipo SANE superó en 15 por ciento. (Cuadro 21). En promedio de los muestreos donde existieron diferencias estadísticas, para genotipos, el genotipo SANE supera en 14 por ciento de diámetro de capítulo al genotipo SAN. (Cuadro 21).

No se detectaron diferencias significativas para la interacción AxG. (Cuadro 20).

Cuadro 21. Comparación de medias para efectos independientes para diámetro de capítulo (cm).

Arreglo/Genotipo	dds			
	45	60	75	90
A1	8.93 a	13.47 a	18.20 a	13.93 a
A2	9.38 a	12.42 ab	17.64 a	11.75 b
A3	8.39 a	11.53 b	17.16 a	10.56 b
DMS		1.23		1.62
G1	8.39 b	11.28 b	17.42 a	11.12 b
G2	9.42 a	13.67 a	17.91 a	13.04 a
DMS	0.74	2.00		0.89

1) Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS = 0.05 P)

V. DISCUSIÓN

5.1. MATERIA SECA TOTAL

Considerando la poca información existente de la distribución de materia seca en los componentes de la planta de girasol, evaluados en diferentes periodos y arreglos de siembra, se asume que la producción de materia seca total de la planta esta fuertemente correlacionada con la producción de grano, de acuerdo con Zaffaroni y Schneiter (1991) y Paccuci y Martignano, (1975), por lo que las inferencias del presente trabajo, se harán en su mayoría con la producción de grano.

En el presente trabajo, se encontró que los arreglos, expresan diferente respuesta, en donde los arreglos estrechos manifiestan mayor producción de MSTo en comparación al arreglo tradicional, lo cual es sustentado en los estudios realizados por Allesí *et al.* (1977), Radford (1978), Gubbels y Dedio (1988), Feoli y Schneiter (1989), Zaffaroni y Schneiter (1991), Wells (1991), Ardell (1998), Donald y Randal (1999) y difiere en los resultados con lo reportado por Putt y Fehr (1951), Vijayalakshmi *et al.* (1975), De Leon Lopez *et al.* (1980), Silva y Schimidit (1985), Holt y Zenter (1985), Zaffaroni y Schneiter (1989), Gubbels y Dedio (1990), ya que ellos indican que no encontraron diferencias significativas entre los arreglos, pero establecen claramente que la tendencia es en incremento en la producción de girasol, conforme se reduce la distancia entre surcos. La mayor producción de MSTo encontrada en el estudio fue de 11 ton ha⁻¹, producción con resultados similares a los reportados por Bunting (1975), Gómez, (1984), Farías (1984) y Espinoza, (1990, 1996).

Es importante sugerir que las altas densidades de población y surcos estrechos, para maximizar el potencial de producción de MSTo (Gubbels y Dedio, 1990). Se cree que la razón para el mejor desarrollo en surcos más cercanos puede ser la mayor interceptación de luz (Wells, 1991), una distribución más equidistante entre plantas (Johnson, 1987), particularmente en etapas tempranas del desarrollo de la planta. Otro factor que puede afectar el desarrollo, sería una mayor utilización de nutrientes y humedad en los surcos más estrechos (Langer, 1987), se considera que la arquitectura de la planta y la disposición de las hojas influye grandemente en la eficiencia de interceptación de la radiación solar (Monteith, 1977; Gubbels y Dedio, 1989; Zaffaroni y Schneiter, 1991), lo cual coincide con los resultados del presente trabajo, donde, los surcos estrechos y en especial A2, produjo los mayores IAF. (Cuadro 11, Figura 5).

Las diferencias entre los genotipos SAN y SANE estuvieron relacionadas directamente con sus características fenotípicas, ya que el primero es de altura normal y de ciclo tardío, en contraste el segundo es de porte bajo y de ciclo precoz, Espinoza (1990; 1996). La igualdad en la producción de MSTo hasta los 30 dds, se explica ya que G1 y G2 se encontraban en la etapa de crecimiento lento (Gardner *et al.* 1990), para posteriormente diferenciarse en el periodo de crecimiento activo PCA (30 a 75 dds) o lineal. Estas tendencias se aprecian mejor en las figuras 1, 1a y se precisan cuantitativamente en el Cuadro 5, donde los arreglos A2 y A3 interaccionaron mejor con G1.

5.2. MATERIA SECA DE HOJA

Los arreglos estrechos con ambos genotipos, expresaron los mayores incrementos de MSH por día, lo que indica que estos sistemas fueron más eficientes,

pues favorecieron una mayor generación de estructura fotosintética y consecuentemente una mayor intercepción de radiación solar, que coincide con la mayor producción de MSTo, (Gubbels y Dedio, 1988; Kelly y Davies, 1988; Monteith, 1977; Gardner *et al.* 1990; Wells, 1991; Zaffaroni y Schneiter, 1991; Ma *et al.* 1992) y coincidentemente con la magnitud del IAF. (Cuadro 11). La producción de MSH manifiesta una tendencia en incremento, conforme transcurre el tiempo hasta los 75 dds, donde decrece, básicamente debido a la pérdida de las mismas en la parte inferior de la planta a causa de la senescencia (Kelly y Davies, 1988; Gardner *et al.* 1990).

En promedio las hojas aportan el 24 por ciento del peso seco total de la planta. La superioridad de G1 sobre G2, se atribuye a sus diferencias genéticas. La respuesta lineal del tratamiento A2G1 fue superior al resto, con incrementos de $0.0791 \text{ ton ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Figura 2a).

5.3. MATERIA SECA DE TALLO

Las diferencias observadas en esta variable, donde A2 fue superior a A1 y A3, se explican por la misma base teórica que explica las diferencias para MSTo y MSH.

Las diferencias entre genotipos se debieron a su estructura genética, donde el genotipo de ciclo más tardío, desarrolla una mayor dimensión de tallo, como lo observado en este trabajo de G1 contra G2, donde lo supera en todos los muestreos en un 41 por ciento en promedio.

Las diferencias estadísticas en la interacción AxG ponen de manifiesto que los genotipos responden de manera diferente al tipo de arreglo. (Langer, 1987). Las respuestas polinómicas para las seis combinaciones de AxG, son las típicas encontradas para todo material vegetal (Gardner *et al.* 1990). El análisis de la respuesta durante el periodo de crecimiento activo (PCA) de los 30 a 60 dds, fue lineal para cuatro de los seis tratamientos. A1G2 y A3G2, se ajustaron a una respuesta

cuadrática, debido a que a los 60 dds, declina la producción de materia seca, por efecto de la precocidad de genotipo (G2). Durante el CA, la curva A2 G1, mostró los mayores valores de MSTa, con respuestas (b) de 0.138, 0.100, 0.073 y 0.060 ton ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente para A2G1, A3G1, A1G1 y A2G2, donde estadísticamente las dos primeras respuestas (b) son diferentes y diferentes al resto y las dos segundas respuestas (b) son estadísticamente iguales. La combinación A3G2 y A1G2, muestran una distribución cuadrática, ya que de los 45 a 60 dds, decrecen. El resto de las combinaciones tuvieron valores medios significativamente superiores a los dos anteriores. Figura 3a.

5.4 MATERIA SECA DE CAPITULO

Las diferencias estadísticas para el factor arreglo, indican que la amplitud del surco tiene un marcado efecto sobre la producción de la MSC, (Cuadro 12), la superioridad del A2 (0.38 m) en todos los muestreos, sugiere que este sistema promueve una mayor acumulación de MS. (Gubbels y Dedio 1988), aún cuando la literatura no reporta estudios para esta variable, en este tipo de sistema (Cuadro 13).

Las diferencias estadísticas entre G1 y G2, se atribuyen a unas diferencias genéticas. La superioridad de G2 sobre G1 (Cuadro 13), en las etapas iniciales del desarrollo del capítulo (45 y 60 dds), se explican en función de que G2 es de ciclo más precoz y en consecuencia tiende a completar el desarrollo de ésta estructura más rápido durante el ciclo. Lo anterior se corrobora, a los 75 dds, donde el G1 fue superior a G2, pues el primero (G1) continúa desarrollando el capítulo y acumulando MS, en tanto que G2, éste proceso es más lento, (Cuadro 13).

La interacción significativa (AxG) en el periodo que comprende de los 45 a 60 dds, implican que los genotipos responden de manera diferente a los arreglos, como se constata en el Cuadro 13, donde la mayor amplitud de surco (A1) indujo la diferenciación entre genotipos, pero esto no implicó mayor generación de MS, la cual al parecer dependió más de la equidistancia entre plantas (Gubbels y Dedio 1988) y por consiguiente de una mayor captación de la radiación solar (Wells 1991).

Donald y Randal (1999) sugieren que la anchura de los surcos de 0.75 m a 0.35 m combinado con un incremento de un 25 por ciento en la densidad de población, resultará en un incremento de grano del 10 al 25 por ciento; en este estudio, la reducción de 0.76 m a 0.38 m con un incremento del 100 por ciento de la población significó un incremento de 37, 27 y 40 por ciento en MSC. (Cuadro 13). Los mayores incrementos diarios de MSC, corresponden al arreglo A2 (0.38 m) en combinación con el G1 y G2, lo cual ratifica lo anteriormente discutido. (Figura 4a).

5.5. INDICE DE AREA FOLIAR

Las diferencias estadísticas observadas entre arreglos, excepto a los 45 dds, indican que son diferentes para la interceptación de radiación solar (Gardner *et al.*, 1990), donde el arreglo A2 fue significativamente más eficiente que el arreglo tradicional (A1) en un 43 y 34 por ciento en los muestreos de los 30 y 60 dds.

Los resultados anteriores coinciden con lo expuesto por Langer, (1987); Gardner y Auma (1989) y Gardner *et al.*, (1990), respecto a la eficiencia en la captación de radiación solar por las modificaciones en los arreglos de siembra y/o de prácticas de cultivo.

La superioridad en la magnitud del IAF de G1 sobre G2 en todos los muestreos, indica que SAN desarrollo un mayor aparato fotosintético que SANE, relacionada con su estructura fenotípica, lo cual se reflejo en la producción de MSTo y en consecuencia más eficiente (Gardner *et al.*, 1990).

Los máximos valores del IAF en el periodo de 45 a 60 dds coinciden con los encontrados por Manrique (1990) en Cassava, donde posterior al máximo de IAF, se detectaron los máximos rendimientos. Similares tendencias observo Fiez *et al.*, (1991), donde la máxima producción de MSTo ocurrió cercano al 50 por ciento de floración.

En el presente trabajo, los máximos incrementos de MSTo, se detectaron de 15 a 30 días después de que se alcanzo el máximo de IAF. Esto se reafirma considerando que el periodo de floración fue comprendido entre los 59 dds para G1 y de 46 dds en G2 para los tres arreglos.

Respecto a la no diferencia significativa entre la respuesta (b) de los seis tratamientos, pudiera ser debido al método de estimación del IAF, sin embargo, las diferencias tan marcadas en la producción de MSTo y sus componentes, indican que en realidad el IAF, tubo impacto en la producción de asimilados.

La no significancia en el periodo critico del desarrollo del cultivo para la interacción, indica que el IAF es independiente y que depende más del tipo de arreglo y del genotipo, esta manifestación corrobora la no significancia en la comparación de los incrementos de índice de área foliar diarios (b).

5.6. ALTURA DE PLANTA

La respuesta no significativa de los efectos de interacción (AxG), demuestra que la altura es independiente y que la respuesta que se presenta es básicamente por el efecto de arreglo y de genotipo individualmente, además de que contrastan grandemente en sus hábitos de crecimiento, lo cual sugiere que en los genotipos de porte bajo, se debe aumentar la densidad de población y establecer el sistema de surcos estrechos para mejorar los rendimientos de materia seca, de acuerdo con Paccuci y Martignano (1975); Gubbels y Dedio (1988); Feoli y Schneiter (1989); Gubbels y Dedio (1990).

El genotipo SAN de altura normal y el genotipo SANE de porte bajo Espinoza (1990; 1996), confirman los resultados obtenidos pues las alturas manifestadas se debieron a sus características genotípicas, donde a los 75 dds, el genotipo SAN fue 36 por ciento superior en altura, coincidiendo con los resultados encontrados por Zaffaroni y Schneiter (1991).

Los decrementos de altura en los muestreos 75 y 90 dds, para el genotipo SANE y SAN, respectivamente, se cree que el doblamiento del tallo en la base de la inflorescencia es debido por el peso del capítulo, formando así plantas con dificultad para su medición, lo cual pudo ocasionar error de muestreo.

5.7. DIAMETRO DE CAPITULO

El efecto de interacción (AxG), no significativo, confirma que la respuesta expresada por el diámetro de capítulo es por las características fenotípicas propias de los materiales evaluados, independientemente de la forma en que se siembre. Así el genotipo SANE de porte bajo y de ciclo precoz produjo los mayores diámetros (Cuadro 21) que contrastan con los genotipos de altura normal que expresan capítulos de

menor diámetro, siendo esta la tendencia de los genotipos forrajeros.

En el presente estudio, existió una tendencia, donde los surcos amplios forman capítulos de mayor diámetro, debido, principalmente por los efectos de competencia por nutrientes, agua y luz, coincidiendo con lo estipulado por la Universidad del Estado de Dakota del Norte (1995); Zaffaroni y Schneiter (1991).

VI. CONCLUSIONES

En la valoración del efecto del patrón de siembra y el arquetipo de planta en la producción de materia seca total, condujo a las conclusiones siguientes:

Influyeron positivamente en la eficiencia de la captación de energía solar y por consiguiente en la producción de materia seca.

Los patrones de siembra, manifestaron respuestas diferentes a la producción de MSTo, donde los surcos estrechos A2 (0.38 m) y A3 (0.20 m), expresaron la mayor producción de MS en comparación al tradicional (A1 m).

A los 75 dds, se expresó la mayor producción de MSTo, MSH, MSTa y MSC.

En MSTo, A2 superó en promedio 45 y 27 por ciento a A1 y A3.

SAN fue superior al genotipo SANE en MSTo MSH, MSTa y MSC a los 75 dds.

La contribución de los componentes de la MSTo a los 75 dds fue de 39 por ciento de MSTa, 35 por ciento MSC y 26 por ciento en MSH, independientemente del patrón de siembra.

La interacción A2G1 fue superior en producción de MSTo, MSH, MSTa, MSC y los más altos incrementos por día.

El IAF, se incrementó con el tiempo, alcanzando sus máximos valores a los 60 dds, para posteriormente declinar a los 75 dds.

El A2 (0.38 m) arrojó los más altos valores promedio de IAF.

El patrón de siembra no tiene un efecto significativo tanto para AP como para DC.

VII. RESUMEN

El presente estudio se estableció en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en junio 30 de 1999, para valorar el efecto de los patrones de siembra en la producción y distribución de materia seca en girasol para forraje con el propósito detectar la combinación genotipo - patrón de siembra más eficiente en la producción de materia seca. Se usaron el genotipo SANE, precoz y de porte bajo y el SAN de ciclo tardío y de altura normal. Los sistemas utilizados fueron el tradicional con surcos a 0.76 m (A1), surcos distantes a 0.38 m (A2) y surcos gemelos a 0.20 m y separados a 0.76 m entre cada par (A3). La distancia entre plantas fue de 0.18 m. El diseño experimental fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones, los genotipos se asignaron en la parcela mayor y los patrones de siembra(A), en la parcela menor. La parcela menor constó de cuatro hileras o dos pares de surcos y 10 m largo. Se evaluaron las variables altura de planta, diámetro de capítulo, índice de área foliar y materia seca total. Para conocer la distribución de asimilados, se cuantificó por separado la materia seca de hoja, de tallo y de capítulo. Cada variable se estimó en seis muestreos con intervalos de 15 días a partir de la fecha de siembra hasta 90 dds. En cada muestreo se consideraron tres plantas en competencia completa. El patrón de siembra afectó significativamente la producción de materia seca total (MSTo), MSH, MSTa, y MSC, donde el A2, superó estadísticamente a los patrones A3 y A1. En forma general, las mayores producciones de MSTo, MSH, MSTa, MSC a los 75 dds y los más altos incrementos por día se obtuvieron con la interacción A2G1. Las variables altura de planta y diámetro de capítulo fueron independientes del patrón de siembra.

VIII. ABSTRACT

EFFECT OF PLANTING PATTERNS ON THE FORAGE SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.) DRY MATTER PRODUCTION.

This work was carried out at experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna in 1999. The purpose was to determine the effect of three planting patterns on dry matter production and distribution of two sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. The planting patterns evaluated were: (A1) conventional rows, spaced 0.76 m apart, (A2) solid seeded rows, 0.38 m apart, (A3) twins rows 0.20 m apart on 0.76 m centers and the genotype were SANE semi dwarf and early maturing and SAN standard height and late maturing and 0.18 m apart on plants. A split-plot design with genotype as main plot and planting patterns as subplotted was used; the subplotted with four rows or two pair of rows 10 m long. Treatments were replicated four times. The plots were seeded on 30 June. The variables measured were the plant height, receptacle diameter, area foliar index and total dry matter. To know the biomass distribution the dry matter of leaves, dry matter of stalk and dry matter of receptacle were separated and measured at each one of six sampling date beginning 15 days after the planting date through 90 days after planting date, the sample size were three plants per plot. The planting patterns significantly affected the dry matter total, leaves, stalk, receptacle. A2 was the best planting patterns. In general the highest dry matter values were obtained 75 days after planting date. the A2 G1 combination showed highest crop growth rate. The plant height and the receptacle diameter were not affected by the planting patterns.

IX. LITERATURA CITADA

- Alekseev, A. P., and V. F. Rodin. 1979. Ratio of seed, stem and receptacle weight in short-stemmed sunflower (In Russian). Byul. MTI po Maslich Kul turam 3: 26 – 29. Field Crops Abstr. 35: 629. 1982.
- Alessi, J., J. F. Power, and D. C. Zimmerman. 1977. Sunflower yield and water use as influenced by planting date, population and row spacing. Agron. J. 69: 465 – 469.
- Ardell, H. 1998. Row spacing effects on Sunflower production in minimum and till systems. Agricultural research service; www.nal.usda.gov/ttic/tektran
- Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Ann. Bot. 33:353-360.
- Bunting, E. S. 1975. Sunflower. Herbage Abstracts. Vol. 45 N° 9. p. 360
- Carriles, U. J. M. 1977. Efecto combinado de la humedad disponible del suelo y la fertilización en la producción y calidad del girasol forrajero (*Helianthus annuus* L) en Apodaca N.L. Tesis profesional. ITESM. Monterrey, N.L.
- De Leon-Lopez, M., R. Garcia-Ruiz, and A. Alcantara. 1980. Influence of cultural practices on production and oil of sunflower. In Proc. IX Int. Sunflower Conf. Torremolinos, Malaga, Spain. p. 319 – 326.
- Donald, T. L. and Randal, A. L. 1999. Sunflower: row spacing and plant population. Agricultural Research Service. TEKTRAN. www.nalusda.gov/ttic/tektran
- Espinoza, B. A. 1990. Evaluación del potencial forrajero del girasol (*Helianthus annuus* L.) en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación. FAZ - UJED. Venecia, Dgo., México.
- Espinoza, B. A. 1996. Potencial forrajero en genotipos de girasol. P: 45. In: Sahagun, C.J., P. Ramirez V. y F. Castillo G. (eds.). 1996. Memorias del XVI Congreso de Fitogenética. SOMEFI. Chapingo, México.

- Fariás, F. J. M. 1978. Evaluación de variedades de girasol para la producción de forraje en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación, Verano 1978. CIAN - INIA - SARH. P. 8.
- Fariás, J. M. 1984. Girasol para forraje. Resumen del 8º día del forrajero. Centro de Investigación Agrícola del Norte. Campo Agrícola Experimental de la Laguna. INIA. Publicación especial p. 1 – 3.
- Feoli, C and Schneiter, A. A. 1989. Row spacing and plant population effect on dwarf and conventional height type sunflower hybrids. Proc. Sunflower Research Workshop, National Sunflower Assoc. pp 11 – 12.
- Fiez, T.E., O.S. Norberg and G.D. Joliff. 1991. Dry matter production and carbohydrate accumulation in three Meadowfoam lines. *Crop Sci.* 31: 1008-1014.
- Gardner, F.P. and E.O. Auma. 1989. Canopy structure, light interception, and yield and market quality of peanut genotypes as influenced by planting pattern and planting date. *Field Crops Res.* 20: 13-29.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce and R.L. Mitchell. 1990. *Physiology of crop plants.* Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa. 327 p.
- Gómez, S. A. 1984. Efecto del régimen de humedad y dosis de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad del forraje del cultivo del girasol.
- Gubbels, G. H. y Dedio, W. 1988. Response of sunflower hybrids to Row spacing *Canadian Jour. Plant Science.* 68: 1125 – 1127.
- Gubbels, G. H. y Dedio, W. 1990. Response of early maturing sunflower hybrids to Row spacing and plant density. *Canadian Jour. Plant Science.* 70: 1169 – 1171.
- Holt, N.W., and Zentner, R. P., 1985. Effect of plant density and row spacing on agronomic performance and economic returns of nonoilseed sunflower in southeastern Saskatchewan. *Can. J. Plant Sci.* 65: 501 – 509.
- Johnson, R.R. 1987. Crop management. In: Wilcox J.R (ed.) 1987. *Soybeans: Improvement, production, and uses.* Agron. Monogr. 16. 2nd. ed. ASA, CSSA. and SSSA. Madison, WI. p. 355-390.
- Kelly, M.O. and P.J. Davies. 1988. The control of whole plant senescence. *CRC Crit. Rev. Plant Sci.* 7: 139-173.

- Khalifa, F. M. 1984. Effect of spacing on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under two systems of dry farms in Sudan. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 1030: 213 – 222.
- Langer, M., R.H. 1987. *Plantas de interes agrícola. Introducción a la botánica agrícola.* Editorial acriba, S.A. Zaragoza, España.
- Majid, H. R., and A. A. Schneiter. 1987. Yield and quality of semidwarf and standard height sunflower hybrids grown at five plant populations. *Agrono. J.* 79: 681 – 684.
- Majid, H. R., and A. A. Schneiter. 1988. Semidwarf and conventional height sunflower performance of five plant population *Agrono. J.* 80: 821 – 824.
- Ma, L., F.P. Gardner and A. Selamat. 1992. Estimated of leaf area from leaf and total mass measurements in peanut. *Crop Sci.* 32:467-471.
- Manrique, L.A. 1990. Leaf area development and dry matter production of Cassava. *Agron. J.* 82: 887-891.
- Manrique, L.A. , J.R. Kiriny., T. Hodges and D.S. Axness. 1991. Dry matter production and radiation interception of potato. *Crop Sci.* 31:1044-1049.
- McGuffey, R. K. and Schingoethe. 1980. Feeding value of a high oil variety of sunflwoer as silage to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63: 1109.
- Monteith, J. L. 1977. Climate and the efficiency of crop production. *Britain Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B.* 218: 277 – 297.
- NDSU.1995. Sunflower production. North Dakota State University. North Dakota Agricultural Experiment Station. //iaia.ext.nodak.edu/
- Pacucci, G., and F. Martignano. 1975. Effect of sowing density and yield on some bioagronomic characteristics of tall and dwarf cultivars (In Italian). *Revista di Agronomia* 9: 180 – 186.

- Prunty, L. 1981. Sunflower cultivar performance as influenced by soil water and plant population. *Agrono. J.* 73: 257 – 260.
- Putt, E. D and Fehr, J. A. 1951. Effect of plant spacings, row spacings and number of plant per hill on advance hybrid sunflower. *Sci. Agric.* 31: 480 – 491.
- Radford, B. F. 1978. Plant population and row arrangement for irrigated and rainfed oil seed sunflower (*Helianthus annuus L.*) the Darling Downs. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 18: 135.
- Robinson, R.G. 1978. Production and culture. In: J.F. Carter (Ed). *Sunflower Science and Technology. Agronomy 19 Amer. Soc. Agron-Crop Sci. Soc. Amer-SSSA. USA.* p. 89-135.
- Robinson, R. G., Rabas, D. L., Smith, L. J., Warnes, D. D., Ford, J. H and Lueschen, W. E. 1990. Sunflower population, row width, and row direction. *Agric Exp. Station, University of Minnesota, Misc. Rep.* 141. 24 p.
- Robles, S. R. 1978. Girasol (*Helianthus annuus L.*) TECMON-51 primera variedad para forraje formada en México. En: *Boletín Bimestral* 17: 2-14. División De Ciencias Agropecuarias y Marítimas. ITESM, Monterrey, N. L.
- Robles, S. R. 1980. Producción de textiles y oleaginosas. Primera edición. De. LIMUSA, México, D. F. p. 620.
- Silva, P. R. F. da, and E. Schimidit. 1985. Effect of rate and and method of planting on light interception and on agronomic characteristics of sunflower. In *XI Sunflower Conf. Plata, Argentina, Sunflower Assoc.* p. 295 – 299.
- Smith, B. C., A. M. Akhanda, V. E. Green, Jr., and G. M. Prine. 1981. Early planted oil seed sunflower cultivars grown at three row spacing and plant population in North Florida. *Proc. Soil Crop Soc. Fl.* 40: 165 – 171.
- Thomas, V. M., Murray, G. A., Thacker, D. L. and Sneddon, D. N. 1982. Sunflower silage in rations for lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* 65: 267 – 270.
- Vega, J. D. y Carriles, J.M. 1978. Efecto combinado de la humedad disponible del suelo y la fertilización nitrogenada en la producción y calidad del girasol forrajero (*Helianthus annuus L.*) en Apodaca N. L. XVI Informe de investigación. Escuela de Agricultura y Ganadería, ITESM, Monterrey, N. L. Mexico.

- Vijayalakshmi, K. Sanghi, N. K., Pelton, W. L and Anderson, C. H. 1975. Effects of plant population and row spacings on sunflower agronomy. *Can. J. Plant Sci.* 55: 491 – 499.
- Wells, R. 1991. Soybean growth response to plant density: relationship among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. *Crop Sci.* 31: 755-761.
- Zaffaroni, E., and A.A. Schneiter. 1989. Water-use efficiency and light interception of semidwarf and standard-height sunflower hybrids grown in different row arrangements. *Agron. J.* 81: 831-836.
- Zaffaroni, E., and A. A. Schneiter. 1991. Sunflower production as influenced by plant type, plant population, and row arrangement. *Agron. Jour.* 83: 113 - 118.

X. APENDICE