

19  
201



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**



**EVALUACION DE TRES VARIEDADES DE TRIGO PARA  
TEMPORAL Y TRES PARA RIEGO, BAJO CONDICIONES  
DE TEMPORAL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA AGRICOLA**

**P R E S E N T A :**

**MARIA HORTENSIA GONZALEZ GALINDO**

**DIRECTOR: M. C. HECTOR EDUARDO VILLASEÑOR MIR**

**COASESOR : M. C. JOSE LUIS ARRELLANO VAZQUEZ**

**CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 1990**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



2.4	Densidad de siembra .....	37
2.4.1	Conceptos sobre densidad de siembra .....	37
2.4.2	La competencia como función de la densidad de siembra .....	39
2.4.3	Algunos ensayos sobre densidad de siembra en trigo .....	42
2.4.4	Influencia de la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento .....	46
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>57</b>
3.1	Características del área de estudio .....	57
3.1.1	Ubicación geográfica .....	57
3.1.2	Relieve .....	57
3.1.3	Clima .....	57
3.1.4	Temperatura .....	58
3.1.5	Precipitación pluvial .....	58
3.2	Material genético .....	58
3.3	Conducción agronómica .....	61
3.3.1	Preparación del terreno .....	61
3.3.2	Siembra .....	61
3.3.3	Fertilización .....	62
3.3.4	Control de malezas .....	62
3.3.5	Cosecha .....	62
3.4	Diseño experimental .....	62
3.5	Tamaño de parcela .....	63
3.6	Variables de estudio .....	63
3.7	Análisis estadístico .....	69
3.7.1	Análisis de varianza .....	69
3.7.2	Comparación de promedios .....	71
3.7.3	Contrastes .....	73
3.7.4	Estimación de correlaciones .....	74
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
4.1	Análisis de varianza .....	75

4.2 Rendimiento económico y rendimiento biológico ...	75
4.2.1 Rendimiento económico .....	75
4.2.2 Rendimiento biológico .....	77
4.3 Plantas por metro cuadrado y componentes del rendimiento .....	79
4.3.1 Plantas por metro cuadrado .....	79
4.3.2 Espigas por metro cuadrado .....	80
4.3.3 Espigas por planta .....	80
4.3.4 Longitud de espiga .....	82
4.3.5 Espiguillas por espiga .....	85
4.3.6 Granos por espiga .....	86
4.3.7 Granos por espiguilla .....	87
4.3.8 Peso de 1000 granos .....	89
4.4 Altura de planta .....	90
4.5 Floración y madurez fisiológica .....	91
4.5.1 Floración .....	91
4.5.2 Madurez fisiológica .....	93
4.6 Índices de eficiencia fisiológicos .....	94
4.6.1 Índice de cosecha .....	94
4.6.2 Relación grano/paja .....	95
4.6.3 Período de llenado de grano .....	95
4.6.4 Tasa de llenado de grano .....	96
4.6.5 Kilogramos por hectárea por días a floración .....	98
4.6.6 Kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica .....	99
4.6.7 Área foliar de la hoja bandera .....	99
4.6.8 Índice de área foliar de la hoja bandera ..	100
4.6.9 Eficiencia del área foliar de la hoja bandera .....	103
4.7 Reacción a royas .....	105
4.8 Comparación por medio de contrastes entre los grupos de variedades de trigos de temporal y riego .....	106
4.9 Análisis de correlación .....	108
<b>V. DISCUSION .....</b>	<b>113</b>
5.1 Componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos .....	113

5.2	Correlaciones entre el rendimiento económico y otras variables en genotipos de temporal y riego .....	121
5.3	Efecto de la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos .....	123
5.4	Definición del genotipo para siembras de temporal .....	125
VI.	CONCLUSIONES .....	128
VII.	LITERATURA CITADA .....	130
VIII.	APENDICE .....	143

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Análisis de varianza del diseño bloques al azar con arreglo factorial .....	72
2	Cuadrados medios y nivel de significancia entre genotipos, densidades de siembra y su interacción para las variables estudiadas en trigo, bajo condiciones de temporal .....	76
3	Promedios de cuatro densidades de siembra para rendimiento económico y rendimiento biológico de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	77
4	Promedios de cuatro densidades de siembra para plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado y espigas por planta de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	81
5	Promedios de seis genotipos de trigo para plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado y espigas por planta de cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	82
6	Interacción genotipo x densidad de siembra de las variables espigas por planta y longitud de espiga de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	84
7	Promedios de cuatro densidades de siembra para longitud de espiga, espiguillas por espiga y granos por espiga de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	86
8	Promedios de seis genotipos de trigo para longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga y granos por espiguilla de cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	87
9	Promedios de cuatro densidades de siembra para granos por espiguilla, peso de 1000 granos y altura de planta de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	91

10	Promedios de cuatro densidades de siembra para días a floración y días a madurez fisiológica de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	94
11	Promedios de cuatro densidades de siembra para índice de cosecha y relación grano/paja de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal..	96
12	Promedios de cuatro densidades de siembra para el periodo de llenado de grano y la tasa de llenado de seis genotipos de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	98
13	Promedio de cuatro densidades de siembra para kilogramos por hectárea por días a floración y kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal .....	100
14	Promedios de cuatro densidades de siembra para el área foliar, índice de área foliar y eficiencia del área foliar de la hoja bandera de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal..	102
15	Promedios de seis genotipos de trigo para el índice de área foliar y la eficiencia del área foliar de la hoja bandera de cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	103
16	Respuesta al ataque de la roya de la hoja ( <u>Puccinia recondita</u> ) de genotipos de trigo de temporal y riego sometidos a condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra .....	107
17	Contrastes y promedios de las diferentes variables estudiadas en genotipos de trigo de temporal y de riego, desarrollados bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra .....	109

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Escala modificada de Cobb para estimar la incidencia de las royas .....	70
2	Rendimiento económico y rendimiento biológico de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	78
3	Plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado, espigas por planta y longitud de espiga de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	83
4	Espiguillas por espiga, granos por espiga y granos por espiguilla de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	88
5	Altura de planta, peso de 1000 granos, días a floración y días a madurez fisiológica de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	92
6	Índice de cosecha, relación grano/paja, periodo de llenado de grano y tasa de llenado de grano de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	97
7	Kilogramos por hectárea por días a floración y kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	101
8	Área foliar de la hoja bandera, índice de área foliar y eficiencia del área foliar de variedades de trigo de temporal y de riego sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal .....	104

## INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Página
1A	Cuadrados medios del análisis de varianza de las diferentes variables estudiadas en seis genotipos de trigo bajo condiciones de temporal y sometidos a cuatro densidades de siembra .....	144
2A	Valores de componentes de rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos para evaluar la eficiencia de genotipos de trigo de temporal y de riego, bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra .....	147
3A	Análisis de correlación entre los componentes de rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos de genotipos de trigo de temporal y de riego, bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra .....	148
4A	Medias mensuales de temperatura, precipitación pluvial, evaporación y humedad relativa. Chapingo, México. 1988 .....	149

## RESUMEN

Para evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos en trigo; se emplearon seis variedades de trigo harinero, las cuales se agruparon de acuerdo a su adaptación a las condiciones de humedad en tres de riego y tres de temporal; cada grupo involucró tres tipos de acuerdo a su precocidad, esto es, que en cada grupo existió una variedad precoz, una intermedia y una tardía. El experimento fue llevado a cabo bajo condiciones de temporal. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo factorial y cuatro repeticiones; donde el factor I fueron las variedades de trigo (México M-82, Zacatecas VT-74, Temporalera M-87, Oasis F-86, Cucurpe S-86 y Genaro T-81) y el factor II las densidades de siembra (60, 90, 120 y 150 kg/ha).

Los componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos que se evaluaron en las seis variedades fueron: rendimiento económico, rendimiento biológico, plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado, espigas por planta, longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga, granos por espiguilla, peso de 1000 granos, altura de planta, días a floración, días a madurez fisiológica, índice de cosecha, relación grano/paja, periodo de llenado de grano, tasa de llenado de grano, kilogramos por hectárea por días a floración, kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, área foliar de la

hoja bandera, índice de área foliar de la hoja bandera y eficiencia del área foliar de la hoja bandera, así como también su reacción a las royas.

Los resultados indicaron diferencias altamente significativas en todos los parámetros evaluados para genotipos; sin embargo, entre densidades de siembra no se presentaron significancias en los índices de eficiencia fisiológicos, así como en altura de planta, días a floración, días a madurez fisiológica, peso de 1000 granos, rendimiento económico y rendimiento biológico. Para la interacción genotipo por densidad de siembra no hubo diferencias significativas en los parámetros registrados a excepción de espigas por planta y longitud de espiga.

Al efectuar la comparación entre los grupos de genotipos por medio de contrastes, se encontro superioridad de los genotipos de temporal sobre los de riego en: longitud de espiga, granos por espiga, peso de 1000 granos, altura de planta y rendimiento económico, así como también en los índices de eficiencia fisiológicos kilogramos por hectárea por días a floración, kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, periodo de llenado de grano, tasa de llenado de grano, área foliar de la hoja bandera y en el índice de área foliar de la hoja bandera.

## I. INTRODUCCION.

México cuenta con una superficie temporalera de 25 millones de hectáreas y sus necesidades actuales de granos básicos hacen necesario que dicha superficie sea objeto de una explotación racional. Dentro del ámbito agrícola, los rasgos característicos de clima, topografía, suelo, minifundio y condiciones socioeconómicas que condicionan la agricultura de temporal, siempre han resultado ser un reto a la capacidad del hombre para someterlo a su control; esto ha originado que el desarrollo de las áreas temporaleras no vaya a lá par con el logrado en las de riego. Un factor ecológico de primera importancia que limita la producción de temporal es el agua, manifestándose por la presencia de sequías durante diferentes etapas en los cultivos y ocasionando, según su magnitud, reducciones considerables o la pérdida total de la cosecha esperada.

La superficie cosechada de trigo de temporal en México ha mostrado altibajos en la historia de la producción, y fue a inicios de la década de los sesentas cuando las siembras en estas áreas tendieron a desaparecer, ya que las zonas irrigadas del país se convirtieron en las principales productoras de trigo, lo cual se debió a la incorporación de nuevas áreas al cultivo y de la tecnificación de éste, convirtiéndose así el trigo en una opción rentable para el agricultor. Por otra parte, gracias al esfuerzo del mejoramiento genético se generaron variedades apropiadas para

esas condiciones de producción que respondieron a calendarios de riego y altas dosis de fertilización, llegando así a la autosuficiencia en la demanda de este grano.

Esta situación se mantuvo hasta principios de la década de los ochentas. En la actualidad los rendimientos obtenidos con las nuevas variedades son ligeramente mayores a los anteriores, sin embargo, la superficie cultivada se ha reducido por la presencia de enfermedades y la falta de agua para las siembras. Esto último ha propiciado que se abran áreas de temporal para la siembra de este cultivo, considerandose que en un futuro sean tan importantes como las áreas bajo riego.

Dada la proyección que se le está dando al trigo bajo temporal, y considerando que las condiciones de producción que prevalecen en áreas de riego y temporal son distintas, es evidente que las variedades más apropiadas para cada situación deberán ser diferentes, sin embargo poco se ha realizado para temporal y es muy frecuente que en siembras temporaleras se cultiven variedades liberadas para condiciones de riego.

Al respecto, poco se conoce acerca de las características propias que deben presentar las variedades adecuadas para riego y temporal, desde el punto de vista morfológico, fisiológico, agronómico y fenológico por lo cual, conviene hacer un estudio integral y conocer dichas características.

En base a lo señalado anteriormente se planteó esta

investigación bajo los objetivos e hipótesis que a continuación se establecen.

### **1.1 Objetivos**

1. Conocer el comportamiento agronómico y fisiológico y definir la diferencia entre genotipos de temporal y de riego, bajo condiciones de temporal.

2. Determinar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de grano y sus componentes, así como sobre los índices de eficiencia fisiológicos.

3. De acuerdo a la información obtenida, y en lo posible, definir las características agronómicas y fisiológicas del genotipo de trigo propio para temporal.

### **1.2 Hipótesis**

1. Los genotipos de riego y temporal tienen la misma respuesta en sus caracteres agronómicos y fisiológicos bajo condiciones de temporal.

2. La densidad de siembra no tiene efecto sobre el rendimiento de grano y sus componentes, así como en los diferentes índices de eficiencia fisiológicos de los genotipos de trigo de temporal y riego.

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1 El Trigo

#### 2.1.1 Importancia.

De los factores más importantes que contribuyeron en la transformación del hombre cazador y recolector a la etapa de productor de alimentos, fue la domesticación del trigo en su centro de origen en el cercano oriente; posterior a su domesticación, como muchas otras plantas cultivadas, el trigo fue desplazado a grandes distancias. En México se ha convertido en un alimento básico, a tal grado que su consumo ha llegado a ser una tercera parte con respecto al del maíz (Maya, 1980).

Hanson, Borlaug y Anderson (1985) indican que el trigo es algo especial desde varios puntos de vista. Primero, en el mundo se cultiva el trigo en 240 millones de hectáreas, una superficie mayor a la que ocupa cualquier otro cultivo. Segundo, el trigo contribuye a la dieta mundial con más calorías y más proteínas que ningún otro cultivo alimenticio. Tercero, el comercio mundial del trigo excede la comercialización de todos los demás granos combinados. Cuarto, el gluten del trigo hace posible que se levante el pan, ya que es una forma elástica de proteína. Quinto, los trigos de invierno poseen una combinación de genes que permiten que se siembren y germinen las plantas en climas

templados durante el otoño; que sobrevivan a temperaturas invernales, las que algunas veces llegan a descender hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ , usualmente bajo una cubierta de nieve; y crezcan, florezcan y maduren rápidamente antes de que se presenten los vientos calientes y secos del verano.

### 2.1.2 Situación del trigo de temporal en México.

Salazar (1988) indica que las regiones trigueras tradicionales de México son el noroeste, el Bajío y el norte. En el noroeste se cultivan aproximadamente 650 000 hectáreas con una producción de 3.0 millones de toneladas, lo que representa el 70% de la producción nacional. En el Bajío se siembran aproximadamente 200 000 hectáreas con una producción de 1'000 000 toneladas, dando un rendimiento medio de 5.5 ton/ha. La parte norte del país está formada por 130 000 hectáreas para una producción de 300 000 toneladas.

Villaseñor (1988) afirma que originalmente el trigo se cultivó bajo condiciones de temporal en México, posteriormente pasó a zonas de riego donde éste alcanzó su máxima productividad; sin embargo, en la actualidad se está incrementando la superficie sembrada en los Valles Altos y se considera que a futuro sean regiones importantes en la producción nacional, siendo necesario formar variedades con resistencia a enfermedades, buen rendimiento, precocidad, tolerancia a sequía y adaptabilidad a diferentes condiciones de producción.

Al respecto, Moreno (1988) señala que se han obtenido

variedades de trigo para siembras bajo riego y que funcionan en temporales buenos. Sin embargo, en las regiones donde la precipitación es escasa y errática, estas variedades no producen bien. En 15 o más estados del país existen regiones en donde se puede cultivar trigo en el verano, siempre y cuando se disponga de variedades apropiadas que toleren la sequía y que sean suficientemente precoces para el aprovechamiento de espacios cortos de tiempo con humedad y sin heladas. Para estas condiciones las investigaciones indican que se dispone de líneas con amplio rango de adaptación, precocidad y pueden sembrarse desde mayo hasta julio, lo cual permite aprovechar el temporal ya sea que este se adelante o se atrase. La base del programa de mejoramiento es una amplia gama de variabilidad genética lo que permite el establecimiento de estos materiales en las más variadas condiciones ambientales. El mismo autor indica que con este nuevo tipo de variedades se pretende aprovechar en forma más redituable, algunas regiones de entidades federativas donde con frecuencia se pierden cosechas por siembras tardías y heladas erráticas o por sequías intraestivales prolongadas.

Por otro lado, el mejoramiento genético del trigo para temporal, hasta ahora se ha llevado a cabo considerando sólo el rendimiento de grano, lo cual no implica el fenómeno de resistencia a la sequía, por ser un proceso en el que intervienen un sinnúmero de aspectos fisiológicos, químicos, genéticos y su interacción, que dificultan su dominio; por ello, Serrano,

Rodríguez y Benítez (1988) desarrollaron un trabajo con el fin de investigar la influencia de algunas variables fisiológicas en el rendimiento de materiales sobresalientes de trigo en condiciones limitantes de humedad. Para ello se evaluó una población para resistencia a sequía. De la información obtenida se logró saber que las variables con mayor influencia sobre el rendimiento de grano fueron: tasa respiratoria, potencial de turgencia y estabilidad de la clorofila.

### **2.1.3 El ideotipo de trigo.**

El ideotipo es un modelo de planta óptima con el que se espera mejorar el rendimiento, en base a una modificación de caracteres. La deferencia entre el mejoramiento para el ideotipo y el tradicional, es que en el ideotipo se fijan metas para cada uno de los caracteres, mientras que el tradicional sólo se basa en la corrección de defectos sin metas definidas (Hernández, 1988).

#### **2.1.3.1 Ideotipo de variedades para las regiones de riego en México.**

Moreno y Álvarez (1983) señalan que al analizar y aplicar las metodologías de mejoramiento genético del trigo o de cualquier otro cereal de este tipo, es necesario considerar las condiciones ecológicas de las áreas para las cuales se pretende generar las variedades.

Larger, Duncan y Termure; citados por Martínez (1973), coinciden en que las características propias de la variedad son

también de importancia para elevar los rendimientos unitarios, pues ya ha sido comprobado que las variedades o híbridos responden en forma diferente a la influencia de factores como la energía solar, el agua, los nutrimentos del suelo y la temperatura.

Hasta la fecha, el programa de mejoramiento desarrollado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) ha satisfecho los requerimientos de variedades de las zonas que cultivan el trigo bajo riego; el nivel tecnológico de estas zonas es avanzado y las variedades generadas han sido de alto rendimiento, con aceptable resistencia a enfermedades, con amplia adaptación y buena calidad industrial.

Debido a la metodología empleada en su formación y al germoplasma utilizado, estas variedades tienen capacidad para aprovechar elevadas dosis de fertilizantes y humedad, y producir altos rendimientos de grano.

Estas variedades se cultivan en suelos generalmente profundos, de buena a mediana fertilidad, y cuando son pobres se resuelve este aspecto con la adición de fertilizantes químicos, generalmente son genotipos de porte bajo, con alta capacidad de amacollamiento, resistencia al acame y su ciclo de cultivo puede ir de precoz a tardío.

La cantidad de agua no está limitada y se han establecido calendarios óptimos de riego. La época de siembra apropiada es cuando la temperatura del medio ambiente empieza a descender y esto ocurre a fines del otoño; más específicamente la fecha de

siembra se determina en base al ciclo vegetativo de la variedad y al interés del agricultor (Moreno y Alvarez, 1983).

#### **2.1.3.2 Ideotipo de variedades para las regiones temporaleras en México.**

En las áreas de temporal, generalmente la precipitación es escasa e irregular. En la mayoría de los casos los suelos son pobres y delgados; abundan las malas hierbas y las enfermedades, y no se puede programar la época de siembra porque ésta depende de la iniciación del temporal, lo que puede ser un factor determinante en la selección de la variedad e incluso del cultivo a sembrar.

Moreno y Alvarez (1983) sugieren que el ciclo de las variedades temporaleras debe ser de intermedio a precoz, es decir, deberán florear de los 60 a los 70 días, según la altura de la región y condiciones del clima. Ello haría posible lograr cosechas en algunas regiones en donde actualmente los cultivos se pierden por falta de humedad. La altura de la planta fluctuará entre 90 y 110 centímetros para facilitar su manejo y competir eficientemente con la maleza y, por lo que se refiere a sanidad, se procurará que las variedades temporaleras sean tolerantes a las royas, especialmente a la roya de la hoja (Puccinia recondita) y del tallo (Puccinia graminis f. sp. tritici). Además estas variedades deberán ser más eficientes en el uso de fertilizantes y capaces de producir adecuadamente aún bajo condiciones desfavorables.

De una manera más detallada, Hernández (1988) menciona que el ideotipo de trigo para las regiones temporaleras de México debe tener las siguientes características: 55 días a la antesis, 10 días de asincronía en el espigamiento, 55 días en su periodo de llenado de grano, 100 kg/ha/día en su tasa de llenado de grano, 0.035 kg en su peso de 1000 granos, 4 granos por espiguilla, 60 granos por espiga, 300 espigas por metro cuadrado, 6300 kg/ha de rendimiento experimental, 0.50 en su índice de cosecha, 760 g/litro en su peso hectolitrico, 70% de rendimiento harinero, 900 cm<sup>3</sup> en el volumen de pan, 11% de proteína en harina refinada, 90 cm de altura, amplio rango de adaptación y resitencia duradera a las royas.

## 2.2 Componentes del Rendimiento

La relación entre medio ambiente y planta radica en que la planta es la resultante de la interacción dinámica y continua entre su constitución genética y el medio ambiente. De tal manera, que cualquier cambio en uno de los dos factores mencionados anteriormente, o en varios factores implica una modificación en la respuesta de la planta, ya que lo que la planta hereda para Hayes e Immer (1942) no es un carácter determinado sino la forma de reaccionar de un carácter en un medio ambiente dado.

Para el investigador la expresión útil de la interacción que se genera entre la constitución genética de la planta y el medio ambiente en el cual crece y se desarrolla es la producción obtenida.

Donald y Hamblin (1976) define al rendimiento como la acumulación de sustancias elaboradas por la planta, en los órganos vegetales de importancia para el hombre. Kohashi (1979), lo considera la expresión fenotípica de interés antropocéntrico y la resultante final de los procesos fisiológicos que se refleja en la morfología de las plantas. Por tanto, el rendimiento de grano en cereales es un carácter complejo que resulta de la interacción de muchos caracteres primarios de la planta entre sí y de estos caracteres con el medio ambiente y en donde el rendimiento desde el punto de vista genético no es un carácter controlado por la acción simultánea de muchos genes, cada uno de los cuales tiene efectos individuales pequeños ,pero que en una acción conjunta y aditiva determinan el rendimiento (Bingham, 1969). La mayoría de estos genes según Wallace, Ozbun y Munger (1972) no han sido identificados. Esta situación aumenta la complejidad del carácter de rendimiento, por lo cual es más fácil descomponer al rendimiento en sus componentes.

De acuerdo a las definiciones que existen de componentes del rendimiento, se puede considerar en forma general a estos como todos aquellos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos de la planta que se pueden identificar y que regulan la producción final de grano.

Los componentes del rendimiento se dividen para su estudio en morfológicos, conocidos también como caracteres morfológicos de la planta, componentes físicos del rendimiento y componentes

numéricos o estructurales, entre otros, y fisiológicos, también llamados índices fisiotécnicos, índices de eficiencia fisiológicos o caracteres fisiológicos.

Los caracteres morfológicos son aquellos que se relacionan con los órganos aéreos y subterráneos de la planta, mientras que los fisiológicos son aquellos procesos que determinan la producción primaria.

Los componentes del rendimiento pueden ser modificados genéticamente o alterando las condiciones ambientales en donde se desarrolla el cultivo, así mismo ambos casos pueden conjuntarse favorablemente para obtener mejores dimensiones de los componentes morfológicos y la mayor eficiencia de los componentes fisiológicos.

#### 2.2.1 Componentes morfológicos.

Dentro de los componentes morfológicos se consideran a todos los órganos de la planta susceptibles de ser cuantificados. Usualmente se relacionan por unidad de superficie, como el número de espigas, o por individuo, como el número de espigas por planta, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiguilla, etc. O bien medidas simples como número de hojas, peso de 1000 granos, etc. En este tipo de componentes del rendimiento tanto el manejo del cultivo como el medio ambiente tienen gran influencia sobre su expresión.

Según McNeal, Berg, Stewart y Baldrige (1972) el rendimiento de trigo aumenta cuando se incrementa uno o más de los siguientes componentes morfológicos.

1. Número de espigas por área.
2. Número de semillas por espiga.
3. Peso de semilla.

Obviamente, todos los componentes del rendimiento de expresan en el rendimiento de grano, pero algunos investigadores trabajando con cebada (Hordeum vulgare) y trigo (Triticum aestivum L.), han encontrado que un componente o quizá una combinación de dos puede ser el determinante principal de alto o bajo rendimiento de grano (Brinkman y Frey, 1977).

Para Hawkins y Cooper (1981) el rendimiento en cereales es el producto de dos componentes principales: el número de granos por unidad de área y el peso de grano; de éstos, el peso de grano es el más estable y las grandes diferencias en el rendimiento son generalmente el resultado de fluctuaciones en el número de granos.

Dado que el número de granos por unidad de superficie es la mayor determinante del rendimiento, ésta puede ser influenciada por el número de inflorescencias, el número de espiguillas por inflorescencia, el número de florecillas por espiguilla y la proporción de florecillas que llegan a formar grano (Evans y Wardlaw, 1976).

### 2.2.2 Componentes fisiológicos.

Evans (1975), considera que los principales componentes fisiológicos son: la tasa de crecimiento relativo (TCR), utilización de la luz, intercambio neto de  $\text{CO}_2$ , y como subcomponentes: movilización y distribución de fotosintetizados, respiración oscura, fotorrespiración y actividad enzimática.

Suresh y Kanna (1975), consideran a los siguientes componentes fisiológicos:

1. Producción de materia seca, de la cual los subcomponentes son: área foliar, tasa de fotosíntesis neta por unidad de área o tasa de asimilación neta (TAN).

2. Tasa de fotosíntesis, cuyos subcomponentes son: el intercambio gaseoso, que está relacionado directamente con la frecuencia de estomas y la tasa de difusión; la carboxilación, la fosforilación y la fotorrespiración.

3. El crecimiento de la raíz y absorción de nutrientes, y como subcomponentes el peso de las raíces y la absorción de nutrientes por unidad de peso.

Para Kohashi (1979), la acumulación de fotosintetizados, expresada como el peso total de la planta (rendimiento biológico) y la movilización de dichos fotosintetizados al grano, representado por el número y peso de las semillas (rendimiento

económico), son los principales componentes fisiológicos del rendimiento.

Ozbun, citado por Osuna (1980), señala que los datos que deben ser obtenidos del cultivo son: número de días a madurez fisiológica, rendimiento biológico (peso seco de toda la planta) y rendimiento económico (peso seco de los órganos económicamente importantes), el mismo autor indica que los datos anteriores sirven para calcular los siguientes parámetros fisiotécnicos relacionados con la eficiencia de la planta para altos rendimientos como: índice de cosecha, rendimiento económico por hectárea por día y rendimiento biológico por hectárea por día.

Cooper, citado por Ramírez (1983), establece que la producción de materia seca no sólo depende de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) sino también, de la longitud de la estación de crecimiento. Así la producción de grano se ve afectada por la distribución relativa de los fotosintetizados que proveen al grano y de la fotosíntesis general durante el llenado del mismo.

Los componentes del rendimiento que actualmente sirven como principales parámetros para el estudio de la fisiología de los cultivos se describen a continuación.

El rendimiento biológico que se define como el total de materia seca acumulada en la planta. El rendimiento biológico de una planta se conforma por la producción de materia seca producida

por ella, incluye la parte aérea, tallos, hojas y frutos, y la parte subterránea; la cual en la mayoría de los casos no se toma en cuenta por resultar un tanto impráctico.

El rendimiento económico o rendimiento de grano se refiere al peso de las partes económicamente útiles del rendimiento biológico.

Fakorede y Mock (1980) consideran que el rendimiento de grano esta en función de numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos, que operan durante todo el ciclo de la planta.

Gaskel y Pearce (1981) consideran que el rendimiento económico, es una porción del rendimiento biológico y es afectado por otros caracteres, tales como la eficiencia en la translocación y magnitud de la demanda de fotosintatos o por la actividad de la demanda competitiva.

Se ha encontrado además que el tamaño y posición de las hojas estan correlacionados con el rendimiento; así Tanner, Garcener, Stocskopf y Reinbergs (1966), notaron que los cultivares de trigo, avena y cebada con rendimiento de grano más alto tienen hojas pequeñas y verticales, ellos atribuyen los altos rendimientos a la reducida competencia por luz entre las hojas.

Berdhal et al., citados por Brinkman y Frey (1977), encotraron en cebada que hojas pequeñas están asociadas con la habilidad para producir altos rendimientos de grano, probablemente

las hojas pequeñas permiten mayor penetración de luz hacia el dosel, el cual en respuesta aumenta el número de macollos.

Los esfuerzos por determinar índices de eficiencia que permitan conocer la capacidad de un cultivo no son nuevos, ya que han pasado más de 60 años desde que Beaven, citado por Donald y Hamblin (1976), propuso su "Coeficiente de Migración", el cual definió como la proporción de materia seca de la planta madura, excluyendo la raíz, la cual es acumulada en el grano. Posteriormente, los esfuerzos por emplear índices de eficiencia al parecer fueron abandonados y el mejoramiento de los cultivos para rendimiento se basó simplemente en la medida de éste carácter. Niciporovic, citado por Donald y Hamblin (1976), hace notar que el éxito en la producción de las cosechas, depende de la explotación efectiva de la fotosíntesis para realizar el máximo rendimiento biológico, ya que si el rendimiento económico es máximo, debe haber una distribución correcta y a tiempo de los productos de la fotosíntesis.

Ahora bien, Donald (1962), hizo notar que existen dos tipos de plantas que pueden resultar altamente rendidoras; unas son aquellas capaces de resistir las enfermedades o bien escapar de la sequía a través de la precocidad, y las segundas son aquellas plantas capaces de realizar una mayor fotosíntesis o bien capaces de transferir mayor parte de su rendimiento biológico hacia el grano. En este mismo estudio Donald concluyó que era más adecuado el término "Índice de Cosecha", para expresar la proporción de

rendimiento de grano y rendimiento biológico sin hacer alusión a características fisiológicas.

El índice de cosecha se refiere a un factor menor que la unidad y que generalmente queda comprendido de 0 a 0.55 (Donald y Hamblin, 1976), pero algunos investigadores prefieren usar el término como porcentaje, lo cual expresan de 0 a 55%.

Donald y Hamblin (1976), definen al índice de cosecha de cereales como "la proporción del rendimiento de grano entre el rendimiento biológico", o como la relación en peso seco del grano con el peso total de la parte aérea de la planta (biomasa) de un cultivo fisiológicamente madura. Además consideran que este índice es uno de los que generalmente se usan para evaluar la eficiencia de translocación de los fotosintatos en los cultivos.

Como se aprecia, el índice de cosecha es un índice de eficiencia que se encuentra estrechamente relacionado con el número y tamaño de hojas, número y peso de granos, etc.

Donald (1962) considera que el índice de cosecha permite predecir la capacidad de rendimiento y sirve como un medio para seleccionar a la maduración por peso de planta y tolerancia a altas densidades de planta.

Wilson, citado por Castillo (1980), menciona que el índice de cosecha si es un buen criterio para selección porque conjuga varias características morfológicas y agronómicas.

En muchas ocasiones los investigadores de cereales prefieren el término relación grano/paja, teniendo en cuenta que dicha relación puede convertirse fácilmente a índice de cosecha o viceversa.

Las hojas son un importante componente anatómico-fisiológico del rendimiento ya que es el aparato fotosintético más importante de la planta. Debido a esto, Donald y Hamblin (1976), señalaban que el éxito en el rendimiento de una cosecha depende de la explotación efectiva de la fotosíntesis con el fin de obtener el máximo rendimiento biológico.

Watson (1952) señala que el área foliar por unidad de área de terreno es una medida relevante desde el punto de vista de la producción agrícola y Duncan (1975) menciona que es importante para el estudio del crecimiento de comunidades de plantas o para el estudio de intercepción de luz por el dosel vegetal.

Como ya se mencionó la importancia del área foliar radica en que es la principal fuente interceptora de radiación solar de la que depende la producción de materia seca (Biscoe y Gallagher, 1977) y el rendimiento de grano (Zavala, 1982; Sobrado y Turner, 1983 y Ramírez, 1985).

Se ha estimado que más del 95% de la materia seca de una planta se produce directamente de la fotosíntesis, por lo que es de gran interés examinar la relación que existe entre la magnitud del área foliar y la eficiencia, con el propósito de conocer

cuanto está contribuyendo cada unidad foliar al desarrollo y al crecimiento de la planta (Crofts, Kachson, Martin y Patrik, 1971; Tanaka y Yamaguchi, 1981; Milthorpe y Moorby, 1982).

Se ha observado que en trigo no todo el aparato fotosintético es igualmente eficiente, ya que el área foliar de la parte superior de la planta es la que produce la mayor cantidad de fotosintatos, ya que capta la mayor cantidad de energía radiante en comparación con el área foliar de la parte inferior (Watson, Thorne y French, 1963); este mismo comportamiento ha sido detectado en el cultivo de maíz (Pendleton y Hammond, 1969; Tanaka y Yamaguchi, 1981).

Se considera que el área foliar por planta no es una buena medida del follaje total de un cultivo, porque no toma en cuenta el espaciamiento entre las plantas (Hunt, 1982) por lo que se ha propuesto una medida que sí considera el área que ocupan las plantas en relación con la superficie de terreno cosechado, el índice de área foliar (Watson, 1947).

El índice de área foliar de acuerdo con Norero (1969), es la relación adimensional entre el área foliar del cultivo (por un solo lado) y la superficie de suelo cubierta por dicho cultivo. Se expresa en metro cuadrado de lámina foliar por metro cuadrado de superficie sembrada. El área foliar por planta varía con el híbrido, la población y las condiciones de crecimiento.

De acuerdo con Chang (1968), este índice es de suma

importancia ya que el consumo de agua por los cultivos está íntimamente relacionado con éste. Sin embargo, este mismo autor señala que el índice de área foliar óptimo para la producción de grano de un cultivo, no necesariamente coincide con el índice de área foliar máximo, pero es de esperarse que este último, si coincide con la mayor producción de materia seca.

Marinato (1978), observó que el índice de área foliar máximo coincidió con aquellos tratamientos que presentaron mayor producción de materia seca, no así con la mayor producción de grano de trigo.

La duración del área foliar se refiere al tiempo que permanece activa el área foliar de la planta. La duración del índice de área foliar en maíz es muy diferente a la duración del índice de área foliar de cultivos como la cebada o el trigo. En esos cereales templados, el índice de área foliar llega rápidamente a la cima y cae también rápidamente, pero en maíz la curva es más gradual y un alto índice de área foliar es mantenido por un tiempo más largo (Allison y Mueller; citados por Butting y Drennan, 1966).

La tasa relativa de crecimiento se define como la materia seca acumulada por unidad de peso en la planta por unidad de tiempo y generalmente se utiliza para medir la eficiencia de una estación de crecimiento.

La tasa de asimilación neta es el incremento en peso seco

total por unidad de área foliar por unidad de tiempo, la cual es un parámetro de medición de actividad del área foliar de la planta.

La tasa de crecimiento del cultivo es el peso seco acumulado por unidad de superficie de terreno por unidad de tiempo.

La tasa de llenado de grano es definida como la tasa diaria promedio de acumulación de materia seca en el grano.

### 2.2.3 Efectos compensatorios.

Evans y Wardlaw (1976) mencionan que una de las razones del éxito de los cereales es su capacidad para la compensación de las componentes del rendimiento, ya que las componentes del rendimiento de grano tardías pueden compensar las pérdidas o restricciones iniciales del desarrollo o permiten tomar ventaja de condiciones ambientales favorables en el ciclo de vida del cultivo. Los cereales mayores difieren en la amplitud con la cual dicha compensación de rendimiento pueda ocurrir en los estados tardíos de su ciclo de vida.

Trabajando en trigo, Rawson y Evans (1970), encontraron que el peso de grano presenta un rango substancial, ya que si el número de granos por espiga se reduce, los restantes granos pueden alcanzar un tamaño mayor.

Siembras en condiciones pobres o variables o una baja densidad de siembra pueden compensarse en muchos cereales por

abundantes macollos y producción de más largas espigas por planta. Bremner; citado por Evans y Wardlaw (1976), menciona que considerando que los hijos pueden aportar únicamente el 30% del rendimiento total del grano en una siembra densa de trigo (300 plantas por metro cuadrado), con la mitad de esa densidad de siembra y aproximadamente con la mitad de esas plantas produciendo espiga en el tallo principal; es factible que entre el 50 y 60% del rendimiento pueda venir de los hijos y un tercio de las plantas pueda producir individualmente tanto como cuatro espigas. Observó este autor que con la mitad de la densidad de siembra, la compensación fue tal que el rendimiento de grano se redujo únicamente 9%.

Los cereales de zonas templadas producen macollos en una amplitud que es determinada por la radiación incidente posterior a la iniciación de la inflorescencia y a menudo en un número mayor al número de espigas de posible producción subsecuente. Sin embargo, dos tercios del total de macollos asegura un alcance considerable de compensación temprana en el ciclo de vida, lo cual no ocurre comunmente en maíz y sorgo, excepto en los maíces tardíos en donde el tallo principal puede producir mazorcas adicionales por efecto de compensación (Evans y Wardlaw, 1976).

El peso de grano y número de granos ayudan a compensar las bajas densidades de siembra. Kirby; citado por Evans y Wardlaw (1976), encontró en cebada que en un rango de 50 a 800 plantas por metro cuadrado el rendimiento no fue afectado, y que dicho aumento

sólo resultó en un incremento de 90% en el número de espigas por metro cuadrado combinado con una reducción de 40% en el número de granos por espiga y una reducción del 18% en el peso de grano.

Como resultado de ese notable poder compensatorio, el rendimiento de grano es relativamente insensible al efecto de la densidad de siembra, y muestra una amplia variedad de correlaciones negativas entre los componentes del rendimiento. Por esta misma razón hay una variación considerable de lugar a lugar, de variedad a variedad y de año a año, en los componentes más estrechamente relacionados con el rendimiento de grano (Leng; citado por Evans y Wardlaw, 1976).

Dada la magnitud de las variaciones en el terreno de año a año, una especificación precisa de componentes de rendimiento, pudiera ser nociva y la selección para rendimiento, dando énfasis particular a las componentes, no siempre es efectiva (Rasmussen y Cannell; citados por Evans y Wardlaw, 1976) quizá el carácter más importante a considerar sea alguna capacidad para sobreproducir las componentes del rendimiento determinadas en diferentes etapas del ciclo de vida, aún dentro del estado de llenado de grano.

#### 2.2.4 Algunos estudios sobre componentes del rendimiento en trigo.

En un experimento dialéctico de trigo, Fonseca y Patterson (1968), discutieron las correlaciones entre seis caracteres y el rendimiento de grano. Ellos encontraron que los caracteres: número

de espigas por metro cuadrado, granos por espiga y peso de grano, son los componentes más importantes del rendimiento. También observaron una alta correlación positiva de granos por espiga con altura de planta.

Graderi y Everson (1971) y Narváez (1977) en un ensayo de 30 líneas de trigo de invierno estudiadas durante dos años en seis localidades, mostraron que las pruebas de peso, estaban correlacionadas positivamente con el peso de grano y significativamente afectadas por las localidades y por el año.

McNeal et al. (1974), estudiaron la manera de determinar si la selección debería ser directamente al rendimiento o a las componentes del rendimiento. Los efectos genéticos y ambientales fueron separados por análisis de varianza y correlacionados. Se computaron los coeficientes de correlación con varias combinaciones de repetición, año y cultivo o selección de genotipos, se encontró que los cultivos mostrarán la mayor variación tanto para altura de planta como para las componentes del rendimiento (factores genéticos).

Escobar (1970), Barriga (1974), Calixto (1975) y Foltyn (1977); señalan que el rendimiento de trigo esta genéticamente correlacionado en sentido positivo con la altura de planta, tallos y espigas por planta, número de macollos y de nudos, longitud de espiga, número de granos por espiga, peso de 1000 y/o 100 granos, número de espigas y granos por metro cuadrado, peso seco de aristas y tallos, área foliar de la hoja bandera y peso de glumas.

En vista de que el rendimiento es un caracter complejo que depende de la interacción de varios componentes fisiológicos, en especial de aquellos que más lo limitan y que su expresión varia entre variedades, es necesario tomar en cuenta en la selección de líneas y variedades de trigo aquellos caracteres que más interactúen para dar lugar al rendimiento económico.

Villagoméz; citado por Narváez (1984) encontró correlación negativa para factores de rendimiento de grano-floración y correlación positiva altamente significativa para la interacción de rendimiento de paja y floración; correlación negativa altamente significativa entre rendimiento de grano y número de tallos totales.

Por su parte Beratto (1974), concluye que el mayor rendimiento de las variedades de ciclo intermedio de trigo que estudió, se atribuye a un mayor índice de cosecha, como también a una buena eficiencia de preantesis. Además, las variedades intermedias tuvieron mayor número de granos por metro cuadrado y más granos por espiguilla, y explica que el aspecto clave del rendimiento fue el componente granos por espiguilla; ya que un mayor número de granos por espiguilla estuvo asociado con un mayor número de granos por metro cuadrado y con mayores rendimientos.

En un estudio de las correlaciones genotípicas en trigo Hernández (1975), encontró que el rendimiento de grano por planta con altura de planta tenía una correlación negativa, en cambio con número de entrenudos por macollo, espiguillas por espiga, longitud

de espiga y granos por espiga, mostraron correlación positiva y altamente significativa.

Velasco (1980) haciendo una estimación de parámetros genéticos encontró que los caracteres días a espigamiento, número de tallos por planta, número de espigas por planta, número de granos por espiga y granos por espiguilla están correlacionados positivamente con rendimiento de grano por planta. Altura de planta, número de espiguillas por espiga y peso de 1000 granos mostraron correlación negativa. Longitud de espiga mostró correlación con rendimiento en el análisis por ambientes.

Slavka y Tomislov (1978) aclaran que las diferencias en importancia que muestran los componentes de rendimiento en diversos ambientes se deben a diferencias genéticas entre las variedades que se expresan solo en ambientes no limitantes; de modo que los caracteres que determinan el rendimiento no son los mismos en diversos ambientes y concluyen que la relación que se guarda entre los componentes de rendimiento varía dependiendo de la época, localidad, especie y/o variedad.

Marinato (1978) encontró en el cultivo de trigo que la producción de grano parece estar íntimamente relacionada con el tamaño de las espigas y número de granos por espiga, mientras que la altura de planta parece no tener ninguna influencia en la producción de grano.

Holliday, Willey y Hearth; citados por Aguilar y Fisher (1975) estudiando poblaciones de plantas en cereales encontrarón que el índice de cosecha disminuye en poblaciones altas.

Los factores que contribuyen efectivamente a un alto índice de cosecha según Donald y Hamblin (1976), son los siguientes:

1. De alta presión: el peso de grano por espiga y el número de espigas por metro cuadrado.

2. De baja presión: el peso por hoja, hojas por tallo y peso por pedúnculo.

Estos últimos autores añaden que un alto índice de cosecha en un cultivo puede ser obtenido con muchas espigas, cada una con alto rendimiento relativo de grano al corte, tallos ligeros y escasos, hojas cortas y angostas. Sin embargo, estos valores son altos y bajos en un sentido relativo, ya que espigas de tamaño absoluto pequeño, pueden ser relativamente grandes si cada una de éstas es asociada con una pequeña cantidad de tejido vegetal y lo mismo se aplica a todos los demás órganos.

Graham y Lessman (1966) trabajaron con trigo, avena y cebada sobre el efecto de la altura, el rendimiento y sus componentes. Las componentes estudiadas fueron: número de hojas, número de tallos, amacollamiento, yemas, grano y espigas. Señalan que los tallos contribuyeron en mayor medida sobre el total de materia seca, lo cual al ser estas partes vegetativas materialmente influyen sobre el índice de cosecha. Una reducción en altura de

planta tuvo mayor efecto sobre el peso de tallo y en consecuencia sobre el rendimiento de grano. Reducciones en altura de planta bajaron el peso seco de las partes vegetativas, de este modo, una disminución en el rendimiento de paja resultó en un aumento del índice de cosecha. El índice de cosecha correlacionó positivamente con rendimiento de grano y negativamente con el crecimiento vegetativo.

Sahagún (1973) no detectó diferencias significativas entre 25 variedades de trigo para peso total de planta, rendimiento y relación grano/paja, y concluye que la relación grano/paja está determinada por el genotipo de cada una de las variedades.

Arredondo (1982) realizó un trabajo con ocho variedades de trigo y encontró que las características que principalmente contribuyeron a la producción de grano fueron: altura final de planta, días a madurez fisiológica y rendimiento de paja; debido posiblemente a que son indicativos de área fotosintética y vigor.

En muchas investigaciones se ha observado que el área foliar es una de las partes de las plantas más sensibles a deficiencias de humedad (Boyer, 1970; Sivakumar, Scttharama, Sardor y Bidinger, 1979; Pandey, Herrera, Villegas y Pandleton, 1984) esto ocasiona que la producción de materia seca y el rendimiento de grano se reduzca fuertemente como encontraron en trigo Sionit y Kramer (1980) y en maíz Jurgens, Johnson y Boyer (1978).

Serrano (1986) en un trabajo para resistencia a sequia en trigo indica que se manifestó la interacción ambiente por variedad en los caracteres días a floración, días a madurez, altura de planta, rendimiento biológico y periodo de llenado de grano en forma altamente significativa, y en longitud de espiga, peso de 100 granos, rendimiento económico e índice de cosecha en forma significativa. Esta interacción era esperada en aquellos caracteres altamente sensibles al cambio de ambientes tales como días a floración, días a madurez y altura de planta, que se encuentran altamente correlacionados con rendimiento biológico, periodo de llenado de grano, longitud de espiga, peso de 100 granos y rendimiento económico, y en menor grado con índice de cosecha, razón por la cual estos caracteres también interaccionaron con los ambientes. El área foliar sufrió reducciones significativas del 51.13%, la tasa de llenado de grano y el volumen de 100 granos cuyas reducciones fueron de 63.7% y 57.5%, respectivamente.

Syme (1972) probando en trigo los criterios más importantes para elevar el rendimiento en 63 sitios a través del mundo, encontró que éstos fueron: el rendimiento de paja y el índice de cosecha.

Bravo (1988) trabajando con variedades mejoradas de trigos encontró que la altura de planta y longitud de espiga mostraron diferencias altamente significativas; para número de espigas por metro cuadrado, número de espiguillas por espiga y número de

granos por espiga la diferencia no fue significativa entre variedades; mientras que el peso de 100 granos sólo obtuvo diferencia significativa. No encontró diferencias significativas entre variedades.

Por otro lado, Villaseñor y Moreno (1988), evaluaron variedades de trigo de ciclo precoz, intermedio y tardío durante dos ciclos de verano y en dos localidades críticas y dos favorables. De acuerdo a los resultados obtenidos, los autores indican que la alternativa para siembras de temporal son las variedades intermedias, por su ciclo y potencial de rendimiento, y las precoces por su buena respuesta en ambientes críticos y su ciclo corto en ambientes favorables.

## 2.3 Competencia

### 2.3.1 Definición.

Darwin (1859), indica que el término general "lucha por la existencia además de una competencia con otros organismos incluye dependencia". Menciona también que De Candolle, Iyell y W. Herbert abordaron el tema de competencia en aquella época.

Una de las primeras definiciones que se encuentran sobre el término competencia es la de Sakai (1955), que define a esta como el efecto de interacción que opera entre individuos de diferente genotipo dentro de una población.

Croghan (1961), establece que la competencia debe considerarse por lo general como la agresividad entre individuos de la misma especie o de diferente especie por algún factor del ambiente. Para Milne (1961), el fenómeno de la competencia es el esfuerzo de dos o más organismos para lograr la misma cosa, o para ganar en la medida en que cada uno desea, el suministro o aprovisionamiento de una cosa cuando tal suministro no es suficiente para todos. Este autor comenta la bibliografía aparecida de 1933 a 1955 sobre el tema, y señala que a la competencia se le han asignado calificativos como: intraespecífica, interespecífica, activa, pasiva, disoperativa, cooperativa y otros. Considera que "el esfuerzo" puede tomar varias formas según el interés de los ecólogos, los genetistas, los zoólogos, etc.; pero lo que debe resultar claro, es que dicho esfuerzo debe terminar cuando la cosa por la cual se compite, ya no está disponible o cuando ya no es de interés para los organismos que compiten.

Mather (1961), considera que en competencia, cada competidor forma parte efectiva del medio ambiente de los otros competidores, lo cual implica que el medio ambiente donde hay competencia es distinto de aquél donde no la hay.

Odum (1965), define a la competencia como una disputa por la misma cosa, que a nivel ecológico se vuelve importante cuando dos organismos disputan algo que no está en cantidad adecuada para

ambos y que el resultado es que ambas partes competidoras se interfieren en alguna cosa.

Harper (1961), indica que desde el punto de vista agronómico, la competencia se relaciona con el mejor uso de los recursos por los cultivos, y que al genetista le interesa la competencia, ya que ésta puede cambiar la forma y el comportamiento de un fenotipo y complicar la selección artificial del genotipo. Sobre el mismo tópico, Sakai (1961), considera a la habilidad competitiva como un carácter genético controlado por muchos genes y que ese carácter es afectado por el medio ambiente. Mather (1961), también señala que la habilidad competitiva puede concebirse como una resultante de muchos rasgos fenotípicos.

### **2.3.2 Aspectos generales sobre competencia.**

Varios investigadores han tratado de encontrar una explicación al fenómeno de competencia, así como la forma en que se ve afectada la fisiología del cultivo con la influencia del medio ambiente.

#### **2.3.2.1 Aspectos ambientales.**

El desarrollo de las plantas en un medio terrestre es afectado en forma directa por la disponibilidad de agua. Clarke (1958), dice que la competencia y la extensión horizontal de las raíces regula a menudo el espaciamiento de las plantas en las regiones diferentes de agua.

Sakai (1961), señala que cuando ocurre la competencia intragenotípica algunas plantas pueden mostrarse más vigorosas que otras en su desarrollo, y que estas diferencias pueden ser llamadas efectos ambientales. También menciona que la presión competitiva que experimenta una planta de parte de sus vecinas depende de la distancia que las separa.

El fenómeno de competencia según Donald (1963), ocurre cuando dos o más organismos que están explotando el mismo ambiente exigen una determinada cantidad o dosis de un factor particular y éste se encuentra en nivel de abastecimiento inferior a la demanda combinada de los organismos que la requieren. Este mismo autor, indica que la competencia por agua ocurre junto con la competencia por otros factores, especialmente por nitrógeno y luz pero cuando la competencia por agua y nitrógeno es intensa, la competencia por luz puede ser de reducida importancia para el desarrollo del cultivo; sin embargo, si agua y nutrimentos no son limitantes, el sombreado será el factor mayor.

Por otro lado, Betanzos (1975), afirma que la intensidad de la competencia dependerá de la distancia entre plantas vecinas, de las limitaciones del factor por el cual compiten y del nivel de coincidencia de los requerimientos de estos factores.

#### **2.3.2.2 Aspectos fisiológicos.**

Donald (1951), indicó que hay una relación lineal entre el

peso de semilla o de plántula recientemente emergida por unidad de área y la densidad, y que la competencia por luz primero se presenta en las densidades altas y en las densidades más bajas se presenta progresivamente a medida que avanza el estado de crecimiento. En las densidades altas la competencia llega a ser más y más intensa hasta que el crecimiento puede detenerse casi completamente. El resultado es que el rendimiento a más bajas densidades se aproxima progresivamente hacia los rendimientos de más altas densidades en cuanto a materia seca se refiere.

La relación entre el rendimiento y la cantidad de plantas es una función compleja afectada por otros factores de productividad.

Bajo determinadas condiciones de fertilidad del suelo, el clima, variedad empleada, sistema de siembra, etc., existe un número de plantas por unidad de superficie determinada óptima que producen el máximo rendimiento.

Thorne, Wellbank y Blackwood (1969), encontraron que la capacidad de los granos para asimilar los productos de la fotosíntesis también puede ser un factor limitante en la producción de grano. Esta capacidad depende del número de granos por metro cuadrado formados por el cultivo y de la capacidad asimilatoria de cada grano, siendo un factor relacionado netamente con el genotipo.

Watson, Thorne y French (1963), mostraron la fuerte dependencia existente entre la producción de grano en cereales y el tamaño y duración del área fotosintética de la espiga y hoja bandera.

Bajo condiciones libres de crecimiento, la producción de tallos tiene un límite de expresión dentro de las plantas y su rendimiento va decreciendo a medida que emergen más tarde (Bonnet y Woodworth, 1913; Donald, 1968; Acosta, 1971). Tal decrecimiento es debido a factores de competencia entre las plantas y dentro de ellas (Puckridge, 1962 y 1968) en razón a la estrecha relación que existe entre genotipos semejantes favorecida por las densidades de siembra utilizadas (Ferguson, 1967).

Puckridge (1968), al sembrar trigo en densidades bajas y altas demostró que las diferencias en densidades de población pueden tener un marcado efecto sobre el crecimiento de las plantas aún cuando el volumen de suelo aprovechable por planta individualmente sea el mismo, debiéndose esta diferencia a la competencia por la luz. Transfiriendo plantas de altas densidades a bajas densidades en distintos periodos de crecimiento, encontró que se afectaba el grado de macollamiento, el área foliar y el número de espiguillas fértiles. En altas densidades, como la de 1150 plantas por metro cuadrado, las plantas no produjeron ningún macollo siendo el número de granos por espiga y el peso de grano significativamente inferiores comparados con los de las plantas

transferidas a baja densidad antes de los 46 días después de la siembra.

## **2.4 Densidad de Siembra**

### **2.4.1 Conceptos sobre densidad de siembra.**

La competencia se presenta debido a la acción de factores ambientales que afectan el crecimiento de las plantas componentes de la población. Entre los factores más importantes que afectan el crecimiento de las plantas se tiene a el tamaño de la semilla y a la densidad de siembra.

Cristian y Gray (1941), encontraron en dos variedades de trigo, que las plantas provenientes de semilla grande versus plantas provenientes de semilla pequeña, y las plantas tardías versus plantas precoces, difirieron en amplitud competitiva cada una a favor de la primera característica citada.

Demerlicakmak, Kaufmann y Johnson (1963), estudiaron la influencia del tamaño de la semilla y densidad de siembra sobre el rendimiento y las componentes del rendimiento en cebada. Estos autores experimentaron con tres tamaños de semilla, tres densidades de siembra y dos variedades de cebada en dos localidades durante dos años. Los datos obtenidos fueron emergencia, número de tallos, rendimiento de grano y peso de 1000 granos. Aunque no hubo ningún efecto sobre el tamaño de semilla sobre la emergencia el número de tallos y el rendimiento fueron más altos para semilla grande y más bajos para semilla pequeña en

todas las densidades, variedades y ensayos. La interacción densidad de siembra por tamaño de semilla no fue significativa, pero si la interacción variedad por densidad. La densidad de siembra tuvo una influencia significativa sobre el peso de 1000 granos. La más baja densidad produjo la semilla más pesada y la densidad más alta produjo la semilla más liviana en todos los ensayos.

Cuando se tienen altas densidades de siembra se tiene una gran competencia entre las plantas por nutrientes, luz, aereación, humedad, etc., teniéndose que el desarrollo de los hijos es raquítico y muchos de ellos no alcanzan la madurez. Por otra parte cuando la densidad de siembra es apropiada, se tiene un mejor desarrollo de las plantas y son más los hijos que alcanzan la madurez habiendo compensación en la producción de grano (García, 1958).

Jacob y Von (1968), mencionaron que un buen desarrollo de la planta exige cierta armonía entre el sistema aéreo y el subterráneo. De la competencia entre las raíces depende la densidad óptima de siembra, la cual al ser rebasada provoca mayor competencia por luz que por los demás factores aunque están ligados estrechamente, ya que un buen abonado y agua en abundancia provoca un crecimiento vegetativo excesivo, lo cual produce una disminución en la cantidad de luz para cada individuo. La luz bajo determinadas condiciones puede ser un factor limitante ejerciendo un efecto decisivo sobre el grano y

éxito de la fertilización, ya que una densidad elevada facilita el acame.

#### **2.4.2 La competencia como función de la densidad de siembra.**

Se ha encontrado que el incremento de la densidad aumenta la mortalidad en algunas especies, Montgomery (1912); en cambio en otras el aumento de la densidad da lugar a una respuesta plástica de la planta reduciendo su tamaño y peso de los distintos órganos como capítulos, espigas, número de semillas, peso por semilla, número de espiguillas con grano, etc., Clements, Weaver y Hanson (1929) y Harper y Mc Naughton (1926). Sakai (1955 y 1957), indica que la presión competitiva es función del espaciamiento interplanta y que el incremento o disminución en el carácter de una planta, es linealmente dependiente del número de plantas que causan la competencia. Según Blackman y Black (1959), las disminuciones se deben al efecto del sombreo mutuo.

Para Hodgson y Blackman (1957), el tamaño de la semilla depende parcialmente de la magnitud y exposición del área foliar durante la formación de la misma.

Harper (1961), considera que si la respuesta a densidad se traduce a plasticidad, puede esperarse que haya buena selección en la planta adulta, y que la respuesta plástica puede tomarse como un mecanismo para la conservación de genotipos dentro de una población.

Donald (1963), sugiere que el rendimiento por unidad de área es el resultado de la competencia entre plantas y la interferencia intraplanta; y que cuando ésta última es mínima se obtendrán los rendimientos máximos por unidad de área.

Bruisma (1966), trabajando con centeno encontró que al disminuir la densidad, la velocidad de crecimiento disminuyó, en tanto que el número de flores por espiga, la fertilidad de las flores y la velocidad y duración del llenado de grano aumentó. El peso de grano y el peso total por tallo aumentó proporcionalmente al logaritmo del espacio por tallo.

Sakai e Iyama (1963), señalan que no debe confundirse el efecto de densidad con el de competencia, ya que el efecto de la densidad en ausencia de competencia, dará como resultado una reducción uniforme del tamaño de la planta, puesto que un mayor número de plantas están explotando el mismo medio ambiente y por lo mismo, a cada planta le corresponde una cantidad menor de los factores necesarios para su desarrollo. El hecho de que no se detecten efectos de competencia no implica ausencia de este fenómeno; la competencia es más fuerte entre organismos del mismo genotipo, por lo tanto, en este caso citado por Sakai e Iyama (1963), se considera que si existió competencia entendida como la define Milne (1961), lo que ocurre, es que no se pudo medir.

Donald (1968), consideró que la eliminación del amacollamiento por medio genético permitiría obtener variedades de un solo tallo lo que reduciría la competencia y probablemente

aumentaría el uso más efectivo del periodo vegetativo para elevar los rendimientos de grano. Esta posición también ha sido sostenida por Bingham (1969), pero desde un punto de vista más amplio ya que él postula aumentar la sobrevivencia de tallos que forman espigas, lo cual se lograría reduciendo pero no eliminando los macollos.

Por otro lado, Márquez (1974), indica que la interacción genético-ambiental es muy específica, y señala una estrecha relación entre variedades y densidad. Apoyado por un estudio realizado con seis variedades de trigo probadas en cinco densidades de siembra, obtuvo que en cuatro variedades la densidad óptima fue de 40 kg/ha de semilla, mientras que para las otras dos esta densidad fué la peor dentro de la significancia estadística lo cual indica que cada variedad tiene su densidad de siembra específica.

Parece ser que para efectos de eficiencia resulta más útil emplear bajas densidades ya que en densidades altas ocurre una leve intercepción de luz más temprana y la competencia entre plantas por luz es más intensa, lo cual provoca una disminución del porcentaje de hijos, producción de espigas, número de granos por espiga y el tamaño de granos, incluso en donde el agua y nutrientes no son limitantes. El rendimiento biológico aumenta con la densidad de población hasta un valor máximo determinado por algún factor ambiental y a mayores densidades tiende a permanecer constante. El rendimiento de grano se incrementa a un

valor máximo pero declina si la densidad aumenta. Esto hace notar que el punto máximo de rendimiento biológico y rendimiento económico se logra generalmente a la misma densidad de población (Donald y Hamblin, 1976).

#### **2.4.3 Algunos ensayos sobre densidad de siembra en trigo.**

Quisenberry y Reitz (1967), mencionan que los ensayos sobre densidad de siembra se iniciaron en los Estados Unidos en la década de los veintes y a principios de los treintas y aún antes en algunas otras áreas. En estos ensayos fueron utilizadas las variedades más comunes de cada región, así como las fechas de siembra más representativas en las diferentes localidades. Así mismo, explican que estos factores fueron combinados en experimentos junto con niveles de humedad, de fertilidad y clases de trigos principalmente.

Martin (1926), realizó un trabajo de 1917 a 1923, bajo condiciones de secano y probando diferentes densidades de siembra con trigo cristalino y común; encontró que las recomendaciones sobre la densidad de siembra, son variables según el sitio y la variedad de que se trate y que la disponibilidad de humedad, es importante para determinarla. Así obtuvo que en ciclos de extrema sequía, las densidades de siembra bajas, son mejores que las altas ya que en las pruebas realizadas, todas las densidades probadas (50, 67, 84, 117 y 134 kg/ha), produjeron rendimientos semejantes, observando que en las localidades donde las condiciones se presentaron limitantes en cuanto a humedad, en la

mayoría de los años de estudio, las siembras con densidades no mayores de 67 kg/ha fueron las mejores; todavía aún donde las condiciones fueron más extremas para satisfacer la agricultura de seco, los resultados favorecieron marcadamente a las siembras con densidades menores de 67 kg/ha. Habiendose obtenido el rendimiento promedio más alto con densidades de 34 kg/ha de semilla.

En un trabajo con trigos de invierno cultivados bajo riego, durante los años de 1913 a 1915, Jardine (1916) encontró que las densidades de 36, 72, 108 y 144 kg/ha de semilla produjeron alrededor de 3.9 ton/ha en promedio sin diferencia significativa entre ellas; solo en 1913 se tuvo una pequeña diferencia, la cual se debió a la fecha de siembra y no a la densidad.

Robertson, Blandon, Fellows, Coleman y Curtis (1942), trabajando con trigo de invierno bajo condiciones de temporal en condiciones extremas, probaron las densidades de 18, 36, 54 y 90 kg/ha de semilla, habiendo obtenido sólo diferencias significativas para la densidad de 18 kg/ha en comparación con las otras tres, con promedios de rendimiento de 987 kg/ha para la densidad de 18 kg/ha y 1110 kg/ha como promedio de rendimiento de las otras tres densidades.

Bajo condiciones de riego Woodward (1956), condujo experimentos de fechas y densidades de siembra en trigo, cebada y avena durante tres años. Encontró que la cebada rindió igual con densidades de 33.6, 56.0 y 156.8 kg/ha y que una densidad de 56 a

67.2 kg/ha fue la adecuada para avena y trigo, excepto en siembras tardías donde el trigo mostró una alta infestación de hierbas y daño de enfermedades a una densidad de 67.2 kg/ha; la densidad óptima en este último caso fue la de 56 kg/ha. Además con altas densidades y adición de fertilizantes se incremento el acame.

Una revisión de Holliday (1963), reporta algunas conclusiones de varios experimentos, sobre el efecto de poblaciones y espaciamientos en el rendimiento del trigo en Europa, principalmente. Se concluye que a una densidad constante y bajo condiciones óptimas decreciendo el ancho del surco por debajo de 20 cm, en la mayoría de los casos se obtiene un pequeño incremento en el rendimiento de cereales, y en anchuras mayores de 40 cm se inicia un decremento del rendimiento. El efecto de densidad por sí mismo tiene un mayor efecto en aumento del rendimiento en el ancho del surco sobre el rendimiento, pero además existe la evidencia de la interacción, es decir, que las ventajas de rendimiento de surcos estrechos son más marcadas a bajas densidades, y que la disminución del rendimiento en surcos anchos es más pronunciada en altas densidades.

Kiesselbach y Lyness; citados por Quisenberry y Reitz (1967), condujeron un ensayo con diferentes densidades de siembra con un trigo duro por un periodo de 22 años. Las densidades probadas fueron de 46.5, 62.0, 77.5 y 93.0 kg/ha, y los rendimientos obtenidos fueron de 1544, 1624, 1643 y 1680 kg/ha,

con una diferencia neta de tan solo 90 kg/ha entre la más baja y la más alta densidad de siembra.

Salman et al.; citados por Quisenberry y Reitz (1967), hicieron un resumen de los resultados obtenidos en una gran cantidad de experimentos sobre densidades de siembra en trigo de primavera e invierno en los Estados Unidos, y concluyeron que las diferencias en rendimiento son muy pequeñas y que aún utilizando densidades tan bajas como 31 kg/ha, se lograban producir buenos rendimientos en trigos de primavera.

Vela (1971), en el ciclo 1969-1970 evaluó la respuesta de cuatro genotipos semienanos de trigo, los cuales sembró en cuatro distancias entre surcos (15, 30, 45 y 60 cm), y en cuatro densidades de siembra (40, 80, 120 y 160 kg/ha). Los resultados de los análisis indicaron diferencias significativas para genotipos, espaciamiento y densidades y sus interacciones para rendimiento.

Acosta (1971), en un estudio sobre el cultivo del trigo, concluyó que el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento depende de la variedad utilizada, existiendo genotipos que a muy bajas densidades y por efecto de su macollamiento son superiores a las densidades altas o por lo menos iguales; sin embargo, esto no sucede en todos los genotipos.

Thorne y Blacklock (1971), efectuaron un trabajo con variedades enanas de trigo, derivadas de Norin 10, para primavera e invierno. Concluyeron que la producción de grano de México 120

no fue afectada por un aumento cuádruple en el número de plantas por metro cuadrado (75 a 298), la producción de Lerma Rojo 64 fue disminuida solamente 5% por un aumento triple de población (105 a 298), y que la variedad Gaines fue más sensible a un 60% de aumento en el número de plantas por metro cuadrado (238 a 399) decreciendo la producción de grano en un 10%.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en 1979, realizó estudios sobre densidades de siembra los cuales han mostrado generalmente que los rendimientos máximos se pueden obtener a partir de una amplia gama de densidades fluctuando éstas desde 10 hasta 200 kg/ha o más. En 1977-78 se estudió el efecto de cuatro densidades de siembra (50, 100, 200 y 300 kg/ha) sobre seis genotipos de trigo. No se observaron diferencias significativas en el rendimiento debido estrechamente a las densidades siembra. El acamado fue más manifiesto en las densidades altas debido a la producción de tallos más débiles por efecto de la alta población. Si bien, las altas densidades se utilizan para contrarrestar el problema de malezas y algunas deficiencias en la preparación del suelo y deficiencias en la germinación de la semilla, entonces esta práctica sólo es aplicable en variedades resistentes al acamado.

#### **2.4.4 Influencia de la densidad de siembra sobre los componentes del rendimiento.**

Las prácticas de cultivos permiten un adecuado desarrollo de las plantas, manifestando estructura y funciones acordes al medio

en el cual se establecen. El comportamiento del rendimiento de un cultivo se dá como respuesta a las diferentes prácticas agronómicas y a la constitución genética de las plantas, siendo las primeras la forma más inmediata de modificar los componentes del rendimiento y en donde la densidad de población, es una de las principales que influyen directamente en la magnitud de dichos componentes.

En una revisión sobre trabajos realizados en trigo bajo condiciones favorables en relación con la densidad de población, Aguilar (1972), concluyó lo siguiente:

1. La producción de materia seca en una población de trigo, depende de la intercepción de luz por el cultivo, la cual está influida por el índice foliar, que a su vez dependera de la distribución de plantas y del número de éstas. La máxima producción de materia seca, sin embargo, no necesariamente causa una máxima producción de grano.

2. Un paso importante en la producción de granos es la producción de espigas, la cantidad de luz interceptada en el estado de espigamiento y la sobrevivencia de tallos. Estos factores además tienen influencia en el rendimiento. La completa intercepción de luz en el estado de espigamiento varía de acuerdo con el espaciamiento y especialmente con la densidad empleada, pero los efectos de estos factores en sobrevivencia de tallos pueden ser opuestos a los efectos de intercepción de luz.

3. La producción de grano depende no solamente de la duración del área fotosintética de la espiga y hoja bandera, sino también del número de granos formados (granos por espiga y espigas por metro cuadrado). Una alta densidad a espaciamientos óptimos puede aumentar la producción de materia seca, pero los efectos en el número de granos, dependen especialmente de los factores de producción de espigas, la cantidad de luz interceptada en el estado de espigamiento y la sobrevivencia de tallos.

Algunos autores han encontrado que el amacollamiento que determina el número de espigas por unidad de superficie es altamente influenciado por el medio ambiente. La expresión de este fenómeno además esta influenciada por la variedad, la fertilización nitrogenada, las condiciones climáticas (temperatura especialmente) y en especial por la densidad de siembra, que es un factor que regula la producción de tallos (Clement y Prats, 1969; Tola, Trujillo y Martinez, 1975).

Por su parte Bunting y Drenan; citados por Valarezo (1978) al estudiar las causas que motivan el amacollamiento en trigo, encontraron que los nutrimentos, la densidad de población, el genotipo, la luz y la temperatura son de mucha importancia.

Existen numeroso reportes acerca del efecto de la densidad de siembra sobre el amacollamiento en trigo y cebada (Tola et al., 1975 y 1977; Darwinkel, 1981; Mazurek y Wilcnska-Krostrzewa, 1981; Nerson, 1981; Attarde y Khuspe, 1982; Baker y Briggs, 1982; Simmons, Rasmusson y Wiersma, 1982; Moreno, Tanori y Becerril,

1985). En general, estos reportes han coincidido en señalar que en bajas densidades existe una mayor formación de macollos por planta que en las altas densidades. Sin embargo, el periodo de formación de macollos se prolonga notablemente durante el ciclo del cultivo, repercutiendo esto en un atraso en la manifestación de las etapas fenológicas posteriores. Por el contrario, conforme la densidad de siembra aumenta, el periodo de amacollamiento se reduce y consecuentemente se acelera el ciclo biológico del cultivo (Aguilar, 1972; Tola et al., 1975 y 1977; Moreno et al., 1985).

Tola et al. (1975 y 1977) y Simmons et al. (1982), consignaron que a pesar que en bajas densidades se dió la mayor formación de macollos por unidad de superficie, la cantidad de macollos que lograron formar espiga fue menor. Aguilar y Fischer (1975) y Tola et al. (1977) atribuyeron esta respuesta de la planta a una intensificación de la competencia intraplanta, principalmente por luz. Así mismo, otros estudios han hecho notar que la mayor formación de espigas por unidad de superficie al final del ciclo, ocurre en las altas densidades (Moreno y Laird, 1970; Acosta, 1971; Aguilar, 1972; Tola et al., 1975 y 1977; Moreno et al., 1985).

Tratándose de cambios en densidad, generalmente las respuestas de crecimiento y de rendimiento son diferentes. Para el crecimiento se tiene que basar en la producción de materia seca y para rendimiento en la producción de grano. Al analizar los resultados de ensayos de maíz, trigo, trébol y pasto, se observa

que la curva de materia seca mantiene un máximo rendimiento aún en muy altas densidades, mientras que la curva de producción de grano muestra un valor máximo a una densidad óptima y disminuye de 10 a 40% con densidades altas. También el valor del rendimiento de materia seca empieza a ser constante, esto podría sugerir que la densidad mínima para rendimiento máximo de materia seca podría ser también la densidad que daría el rendimiento máximo en grano (Donald, 1963).

Puckridge y Donald (1967), estudiaron los efectos de competencia entre plantas de trigo sobre la producción de materia seca y grano. Establecieron densidades desde 1.4 a 1078 plantas por metro cuadrado, efectuaron medidas de intercepción de luz y desarrollo. El resultado obtenido fue que en altas densidades se redujo extremadamente el rendimiento de materia seca y de grano por planta. Esto estuvo asociado con la marcada reducción en el número de macollos por planta, el número de macollos fértiles y el peso de grano por espiga. La competencia por luz fue un factor importante en la determinación de la tasa de crecimiento del cultivo durante el macollamiento, pero no fue posible determinar con precisión los factores que influyeron en los estados más avanzados de desarrollo. Concluyeron los autores, que agua y nutrimentos fueron adecuados y que la tasa de crecimiento dependió del índice foliar, de la intercepción de luz y de la utilización de la misma.

Es numerosa la cantidad de estudios realizados para

determinar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de grano de trigo. La respuesta encontrada ha sido muy diversa. Parcival; citado por Cholick (1982), estableció que la densidad de siembra óptima para trigo varía considerablemente con las condiciones climáticas.

Woodward (1956), encontró que a densidades bajas en trigo, cebada y avena se obtuvo paja más dura, espigas y granos más largos y más alto rendimiento por Bushel, que a altas densidades de siembra.

Guitard, Newman y Hoyt (1961), estudiaron la respuesta de dos variedades de trigo, tres de avena y tres de cebada en seis densidades de siembra en tres localidades durante tres años. Encontraron que la densidad de 1.5 para trigo, 2.5 para avena y 2.0 bushels de semilla por acre para cebada resultaron ser las óptimas. Los autores concluyeron que existe una diferencia varietal bien definida para las localidades en rendimiento y para los componentes de rendimiento: número de plantas por acre, número de espigas fértiles por planta, número de semillas por espiga y peso de 1000 granos. Estos componentes explicaron ciertas interacciones de variedad por localidad, pero no proporcionaron un índice absoluto de la capacidad de rendimiento. Para todos los cultivos el aumento de densidad de siembra causó un aumento lineal en el número de plantas por acre y una disminución curvilínea en el número de semillas por espiga y en el peso de 1000 granos.

Puckridge (1968), estudió el efecto de la densidad de siembra

sobre el rendimiento de trigo. Comparó durante ocho años cuatro densidades de siembra que fueron: 22, 45, 67 y 101 kg/ha de semilla. Los datos obtenidos indicaron que cuando las malezas, los insectos y las enfermedades fueron químicamente controladas, las bajas densidades de siembra produjeron significativamente más granos que en las altas densidades. Los aumentos más grandes ocurrieron durante los años de más severa escasez de humedad. Las plantas sembradas a baja densidad produjeron espigas de mayor tamaño, semilla más pesada y en algunos casos plantas más altas. Las diferencias en la población de plantas resultante de la variación en densidad de siembra fueron completamente eliminadas por sobrevivencia y macollamiento. El número de espigas maduras por unidad de superficie no fue significativamente diferente para ninguno de los tratamientos.

Resultados de trabajos realizados en trigo, en los cuales el rango mínimo de densidades de siembra evaluadas fue entre 20 y 40 kg/ha de semilla y el máximo entre 50 y 300 kg/ha, mostraron que el rendimiento de grano no se afectó significativamente en respuesta a los cambios en la densidad de siembra (Moreno y Laird, 1970; Riojas, 1970; de la Vega, 1970; Aguilar, 1972; Barriga y Pihan, 1981; Eunos y Sobhan, 1981; Upadhyay y Kuberkar, 1981; Attarde y Khuspe, 1982).

En un estudio sobre el efecto de cuatro densidades de siembra (160, 180, 200 y 220 kg/ha) sobre genotipos de triticale, Sánchez (1982) concluyó que no hubo diferencias significativas para

densidades, pero sí para genotipos en cuanto a rendimiento de grano. Agrega el autor, que el rendimiento de grano resultó asociado en forma positiva con peso total de la planta, peso de materia seca y espiguillas por espiga.

Aguilar (1972) en trigo y Tola *et al.* (1975 y 1977) en cebada, concluyeron que el tamaño de la espiga se redujó conforme la densidad de siembra aumentó. En cambio, Attarde y Khuspe (1982), concluyeron que la densidad de siembra no tuvo ninguna influencia sobre el número de granos por espiga en trigo.

En el cultivo del trigo no se observaron cambios por el efecto de la densidad de siembra en el peso de grano por variedad, así como tampoco en el peso hectolítrico (Moreno y Laird, 1970; Aguilar, 1972; Barriga y Pihan, 1981; Moreno *et al.*, 1985).

Bishnoi (1980) y Moreno *et al.* (1985), encontraron que el peso de la paja de trigo se incrementó junto con la densidad de siembra.

Sahagún (1973) no detectó diferencias significativas entre 25 variedades de trigo para peso total de planta, rendimiento de grano y relación grano/paja; y concluyó que la relación grano/paja está determinada por el genotipo de cada una de las variedades.

Donald y Hamblin (1976), indican que el índice de cosecha de cereales es afectado por el ambiente, principalmente la densidad de población, disponibilidad de nutrientes y agua. Estos autores citan el estudio de Fischer, realizado con trigo para predicción

de rendimiento de plantas espaciadas sobre su rendimiento de grano, para predecir el rendimiento del mismo, con correlaciones de 0.54 y 0.51, respectivamente.

Dado que el índice de cosecha depende del rendimiento biológico y éste se determina estando madura de planta, parece que el índice de cosecha se afecta de acuerdo a la densidad empleada y a la fecha de determinación del rendimiento biológico. Puckridge y Donald (1967), encontraron en trigo a diferentes densidades y etapas de determinación del rendimiento biológico que éste tiene un máximo antes del estado maduro y a una densidad de siembra intermedia.

Se ha comprobado que el índice de cosecha se correlaciona negativamente con la densidad de población (Shibles y Weber, 1966; Buttery, 1970; Wilcox, 1974; De Loughery y Cookstom, 1979).

Holliday, Willey y Heath; citados por Aguilar y Fischer (1975), indican lo contrario, ya que estudiando poblaciones de plantas en cereales, encontraron que el índice de cosecha disminuye a poblaciones altas.

Fischer y Kertesz; citados por Osuna (1980), consideran que la selección y la discriminación de líneas de trigo en generaciones tempranas es dudosa debido a la falta de competencia entre plantas, por lo que puede ser más favorable la medición del índice de cosecha cuando la disponibilidad de semillas es limitante y no permite la siembra de parcelas suficientemente grandes, ya que

encontraron que el índice de cosecha es poco afectado por la densidad de siembra.

Luna (1984), en un estudio sobre sistemas de siembra en trigo bajo condiciones de temporal, encontró que los caracteres que resultaron correlacionados significativamente con el rendimiento de grano fueron: plantas por metro cuadrado, tallos por metro cuadrado en forma positiva, mientras que longitud de espiga, granos por espiga, días a floración, días a madurez fisiológica y altura de planta lo fueron en forma negativa.

Varios autores han encontrado que bajo condiciones de sequía, la densidad óptima para un máximo rendimiento de un cultivo anual es menor que en condiciones de humedad óptima, siendo el suministro de agua el factor determinante para la obtención del máximo rendimiento. Esto es que al existir un déficit de agua, habra que disminuir la densidad de plantas por unidad de superficie, de tal manera que se reduzca la evapotranspiración del cultivo y con eso la posibilidad de efectos de déficit de agua en los procesos de desarrollo vegetativo y especialmente reproductivo, que puedan afectar el rendimiento (Aguilar, 1972).

Mohiuddin y Croy (1980), al estudiar el comportamiento de cinco variedades de trigo bajo diferentes densidades de siembra observaron que a una densidad de 134 kg/ha se obtuvo un menor rendimiento que a las densidades bajas de 67 y 100 kg/ha. Esto fue correlacionado con un menor número de granos por espiga y a una menor duración del área de la hoja bandera.

Cueto (1983), estudio un rango de densidades de siembra de 40 a 160 kg/ha de semilla sembrada en surcos y al voleo, concluyó que la densidad de siembra puede reducirse sin bajar significativamente el rendimiento de grano; por lo que éste resultó ser independiente del método de siembra empleado. También señala que una baja densidad de siembra por hectárea, compensó con mayores cantidades de espigas por planta y mayor tamaño de espiga.

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 Características del Area de Estudio

##### 3.1.1 Ubicación geográfica.

El sitio donde se llevo a cabo el trabajo de campo se localiza en terrenos del Campo Experimental "Valle de México" (CEVAMEX) del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de México (CIFAP-MEXICO), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), ubicado geográficamente a los 19° 28' latitud Norte y 98° 53' longitud Oeste y a una altitud de 2240 m.s.n.m.

##### 3.1.2 Relieve.

La forma del sitio se caracteriza por ser plana, denominada llanura de agricultura intensiva, terrenos con pendientes de 1 a 2%, predominando los cultivos bajo riego, delimitada por llanuras al Este y Sur de la región (Ortiz y Cuanalo De la Cerda, 1977).

##### 3.1.3 Clima.

De acuerdo con García (1973), en su modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, se presenta el clima siguiente: se tiene un C (w<sub>0</sub>) (w) b (i') g; tales símbolos lo definen como un templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos con una precipitación media anual de 500 a 700 mm, con régimen de

lluvias en verano, temperatura media anual entre 12 y 18°C y con oscilación térmica de 5 a 7°C.

#### 3.1.4 Temperatura.

La temperatura a través de los años sigue un comportamiento similar durante todos los meses, coincidiendo que de marzo a junio se presentan las temperaturas máximas (25.4, 26.7, 26.7 y 24.2°C, respectivamente), y en los meses de mayo a septiembre se tienen temperaturas mínimas más altas durante el año (8.6, 10.1, 9.5, 9.4 y 8.9°C, respectivamente), con una temperatura media máxima anual de 23.8°C y media mínima de 6.1°C. La media fluctúa de 12 a 18°C correspondiendo el valor menor al mes de enero y el más alto al mes de agosto, con una temperatura media anual de 16°C.

#### 3.1.5 Precipitación pluvial.

La lluvia presenta diferencias año con año, en cuanto a época de ocurrencia en el área, variando la cantidad y distribución durante los años, anualmente precipitan cantidades extremas que fluctúan de 500 a 700 mm, con una media anual de 577 mm, el periodo normal de lluvia inicia a fines de mayo y principios de junio, la mayor precipitación se presenta en los meses de junio a septiembre, con 496 mm de lluvia durante el periodo en que se desarrolla la mayor parte del cultivo (mayo-octubre).

### 3.2 Material Genético

Se utilizaron seis variedades de trigo harinero (Triticum

aestivum L.) proporcionadas por el Programa de Mejoramiento de Trigo del CEVAMEX, las cuales se agruparon de acuerdo a su procedencia de liberación y recomendación de siembra en tres variedades de temporal: México M-82, Zacatecas VT-74 y Temporalera M-87 y tres variedades de riego: Oasis F-86, Cucurpe S-86 y Genaro T-81. Cada grupo involucro tres tipos de acuerdo a precocidad, esto es, que en cada grupo existió una variedad tardía, una intermedia y una precoz.

Las características generales de las variedades empleadas son las siguientes:

**México M-82.** Es una variedad que tiene un ciclo de cultivo precoz, su floración ocurre entre los 50 y los 60 días y alcanza su madurez fisiológica entre los 100 y 125 días, dependiendo de las condiciones ambientales predominantes en la localidad y el año. Tiene un porte semienano, entre 80 y 95 cm. Es una variedad con resistencia a la roya del tallo (Puccinia graminis tritici) y a la roya lineal (Puccinia striiformis); es moderadamente resistente a la roya de la hoja (Puccinia recondita). Se liberó para siembras en temporales deficientes y siembras tardías en temporales favorables.

**Zacatecas VT-74.** Tiene un ciclo de cultivo intermedio, su floración se presenta entre los 55 y los 65 días y alcanza su madurez fisiológica entre los 105 y 130 días, dependiendo de las condiciones ambientales prevaecientes. Tiene una altura entre 85 y 95 centímetros. Cuenta con tolerancia a la roya de la hoja y

resistencia a la roya lineal y a la roya del tallo. Su mejor respuesta la tiene en ambientes donde la precipitación no sea limitante en áreas de temporal.

Temporalera M-87. De acuerdo a su ciclo de cultivo es una variedad tardía, su antesis la alcanza entre los 60 y los 75 días y logra su madurez fisiológica entre los 110 y 135 días de acuerdo a las condiciones ambientales en que se desarrolla. Tiene una altura entre 90 y 110 centímetros. Es moderadamente resistente a la roya de la hoja y a la roya lineal, y cuenta con resistencia a la roya del tallo. Es una variedad de amplia adaptación a las condiciones temporaleras de México.

Oasis F-86. Es una variedad con un ciclo de cultivo precoz, su floración ocurre entre los 50 y los 60 días y alcanza su madurez fisiológica entre los 105 y 125 días, dependiendo de las condiciones ambientales predominantes en el área de cultivo. Su altura es entre 60 y 65 cm, por lo que se le considera de porte enano. Es resistente a la roya de la hoja, a la roya lineal y a la roya del tallo. Es propia para siembras tempranas a tardías en áreas de riego del noroeste de México.

Cucurpe B-86. Es una variedad con un ciclo de cultivo intermedio; su antesis ocurre entre los 55 y los 65 días y alcanza su madurez fisiológica entre los 105 y 130 días, de acuerdo a las condiciones ambientales. Tiene una altura entre 80 y 85 centímetros. Es resistente a la roya de la hoja, a la roya lineal y a la roya del tallo, y presenta alto potencial de rendimiento

bajo condiciones de riego, por su alta respuesta a la aplicación de insumos en áreas del noroeste de México.

**Genaro T-81.** Es una variedad tardía, de acuerdo a su ciclo de cultivo, presenta su floración entre los 65 y los 80 días y alcanza su madurez fisiológica entre los 115 y 145 días, según las condiciones ambientales en que se encuentre desarrollándose. Tiene una altura entre 80 y 90 centímetros. Es susceptible a la roya de la hoja y presenta resistencia a la roya lineal y a la roya del tallo. Es una variedad muy productiva bajo condiciones de riego en el noroeste de México.

### 3.3 Conducción Agronómica

#### 3.3.1 Preparación del terreno.

La preparación del terreno para el establecimiento del experimento, consistió en un barbecho, un rastreo y nivelación. El surcado se realizó al momento de la siembra a una profundidad de 30 centímetros.

#### 3.3.2 Siembra.

La siembra se realizó en forma manual el día 17 de junio de 1988, al ocurrir la primera lluvia del temporal, se hizo tirando la semilla a chorrillo en el fondo del surco a una profundidad aproximada de 4 cm y cubriéndola inmediatamente. Cabe aclarar que la semilla fue previamente pesada de acuerdo a las densidades de

siembra a utilizar las cuales fueron 60, 90, 120 y 150 kg/ha de semilla y empaquetada en sobres en gramos de semilla por parcela.

### **3.3.3 Fertilización.**

Esta práctica se hizo aplicando el tratamiento 80-40-00 completamente en forma manual al momento de la siembra y ocupando como fuentes de fertilizante urea y superfosfato de calcio triple.

### **3.3.4 Control de malezas.**

En cuanto al ataque de malas hierbas, se trató de mantener el cultivo libre de este problema mediante dishierbes en forma manual, sin embargo, hubo necesidad de aplicar durante la etapa de macollamiento a razón de 1.5 litros de Brominal diluido en 200 litros de agua por hectárea, utilizando para el efecto bomba de mochila.

### **3.3.5 Cosecha.**

La cosecha se realizó el día 26 de octubre de 1988 en forma manual cuando el cultivo presentó entre el 12 y 14% de humedad en el grano.

## **3.4 Diseño Experimental**

El experimento fue establecido en un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo factorial y cuatro repeticiones; donde el factor de estudio I fueron seis variedades de trigo: México M-82, Zacatecas VT-74, Temporalera M-87, Oasis F-86,

Cucurpe S-86 y Genaro T-81 y el factor II las densidades de siembra: 60, 90, 120 y 150 kg/ha de semilla.

Se utilizaron por lo tanto 24 tratamientos producto de la combinación factorial de seis variedades y cuatro densidades de siembra.

### **3.5 Tamaño de Parcela**

Cada parcela experimental consistió de cuatro surcos de 5 m. de longitud con un espaciamiento entre surcos de 0.3 m. y 1.0 m. de calle entre bloques. La parcela útil fueron los dos surcos centrales.

### **3.6 Variables de Estudio**

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

1. **Plantas por metro cuadrado (P)**. Una semana después de la nascencia se contaron las plantas de los dos surcos centrales y posteriormente se transformaron a plantas por metro cuadrado.
2. **Espigas por metro cuadrado (E)**. Antes de la cosecha se cuantificaron las espigas de los dos surcos centrales y se transformaron a espigas por metro cuadrado.
3. **Espigas por planta (E/P)**. Se calcularon en base a la siguiente relación:

$$E/P = E : P$$

Donde: E/P = Espigas por planta

E= Espigas por metro cuadrado

P= Plantas por metro cuadrado

4. Espiguillas por espiga (ESP/E). Para contarlas se cortaron en forma aleatoria 50 espigas de tallos principales antes de la cosecha. Después de contar las espiguillas de cada una de las espigas y sacar un promedio se trillaron y el grano se anexó al rendimiento de grano por parcela útil.
5. Granos por espiga (G/E). Las 50 espigas que sirvieron para contar las espiguillas por espiga, se trillaron para poder contar los granos totales y obtener un promedio por espiga.
6. Granos por espiguilla (G/ESP). Se calcularon en base a la relación:

$$G/ESP = G/E : ESP/E$$

Donde: G/ESP = Granos por espiguilla

G/E = Granos por espiga

ESP/E = Espiguillas por espiga

7. Longitud de espiga (LE). Las 50 espigas cortadas antes de la cosecha se midieron del cuello de la espiga hasta el ápice de la última espiguilla de la espiga. Con los datos obtenidos se sacó un promedio de la longitud de espiga.

8. Peso de 1000 granos (P1000). Se tomó una muestra de 1000 granos de los que sirvieron para obtener granos por espiga y se pesaron en una balanza granataria.
9. Días a floración (DF). Se tomó el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando la parcela se encontraba en floración, tomando como criterio para esta el 50% de espigas en antesis.
10. Días a madurez fisiológica (DM). Se anotaron los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que aproximadamente el 50% de los tallos presentaron una coloración amarilla en el raquis de la espiga.
11. Altura de planta (AP). Fue medida del ras del suelo hasta el ápice de la última espiguilla de la espiga. Se obtuvo de el promedio de 20 plantas tomadas al azar dentro de la parcela.
12. Rendimiento biológico (RB). Fue determinado al momento de la cosecha pesando el grano más la paja de las plantas de cada una de las parcelas útiles.
13. Rendimiento económico (RE). Después de la cosecha, se trillaron las espigas existentes por parcela y se determinó el peso de grano de cada uno de los tratamientos, anexando el grano de las 50 espigas cortadas antes de la cosecha.
14. Índice de cosecha (IC). Se calculó dividiendo el rendimiento

de grano entre el rendimiento biológico por parcela, sin contar las raíces.

15. Relación grano/paja (G/P). Calculada por parcela mediante la fórmula:

$$G/P = RE : PAJ$$

Donde: G/P = Relación grano/paja

RE = Rendimiento económico

PAJ = Peso de paja

16. Periodo de llenado de grano (PLLG). Calculado mediante la siguiente relación:

$$PLLG = DM - DF$$

Donde: PLLG = Periodo de llenado de grano

DM = Días a madurez fisiológica

DF = Días a floración

17. Tasa de llenado de grano. Se determinó por medio de la siguiente relación:

$$TLLG = RE : PLLG$$

Donde: TLLG = Tasa de llenado de grano

RE = Rendimiento económico

PLLG = Periodo de llenado de grano

18. Kilogramos por hectárea por días a floración (KG/HA/DF). Se determinó por medio de la siguiente relación:

$$KG/HA/DF = RE : DF$$

Donde: KG/HA/DF = Kilogramos por hectárea por  
días a floración

RE = Rendimiento económico

DF = Días a floración

19. Kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (KG/HA/DM).. Esta variable se calculó de la siguiente manera:

$$KG/HA/DM = RE : DM$$

Donde: KG/HA/DM = Kilogramos por hectárea por  
días a madurez fisiológica

RE = Rendimiento económico

DM = Días a madurez fisiológica

20. Area foliar de la hoja bandera (AF). Esta variable se cuantifico sólo en la hoja bandera de 30 plantas tomadas al azar dentro de cada parcela útil y se empleó para ello la siguiente fórmula:

$$AF = L \times A \times 0.73$$

Donde : AF = Area foliar de la hoja bandera

L = Largo de la hoja

A = Ancho de la hoja en su punto máximo

0.73 = Factor de ajuste (Fowler y Rasmusson,  
1969; Serrano, 1986).

21. Indice de área foliar de la hoja bandera (IAF). Calculado bajo la fórmula siguiente:

$$IAF = (AF \times NE \times 10)$$

Donde: IAF = Indice de área foliar de la  
hoja bandera

AF = Area foliar de la hoja bandera

NE = Número de espigas por metro lineal

10 = Factor de ajuste del número de  
espigas de 3 m<sup>2</sup> que fue el  
tamaño de la parcela útil  
cosechada (López, 1984).

22. Eficiencia del área foliar de la hoja bandera (EAF). Calculada mediante la fórmula siguiente:

$$EAF = RE : IAF$$

Donde : EAF = Eficiencia del área foliar  
de la hoja bandera

RE = Rendimiento económico

IAF = Indice de área foliar de la  
hoja bandera

23. Reacción a royas (RR). La estimación se hizo al momento de la antesis de manera visual. El porcentaje de infección en las

plantas se evaluó en base a porcentajes, de acuerdo con la escala de Cobb modificada (Fig. 1). El tipo de reacción a la enfermedad se ha clasificado de acuerdo con la siguiente escala:

- 0 = Sin infección visible
- R = Resistente; clorosis o necrosis visible; no hay uredias presentes y si las hay, son muy pequeñas
- MR = Moderadamente resistente; uredias pequeñas y rodeadas ya sea por áreas cloróticas o necróticas
- M = Intermedia; uredias de tamaño variable, algunas con clorosis, necrosis, o ambas
- MS = Moderadamente susceptible; uredias de tamaño mediano y posiblemente rodeadas por áreas cloróticas
- S = Susceptibles; uredias grandes y generalmente con poca o ausencia de clorosis; no hay necrosis (CIMMYT, 1980).

### 3.7 Análisis Estadístico

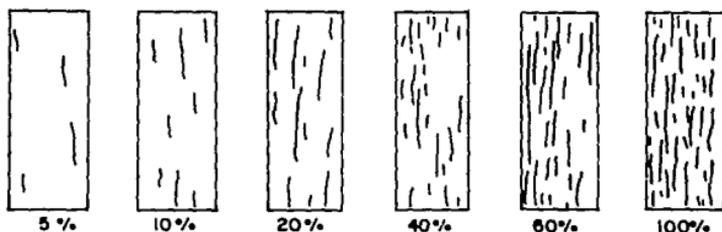
#### 3.7.1 Análisis de varianza.

Se realizó el análisis de varianza para todas las variables antes descritas, a excepción de la variable reacción a royas, de acuerdo al diseño de bloques al azar con arreglo factorial, cuyo modelo lineal estadístico es el siguiente (Reyes, 1978).

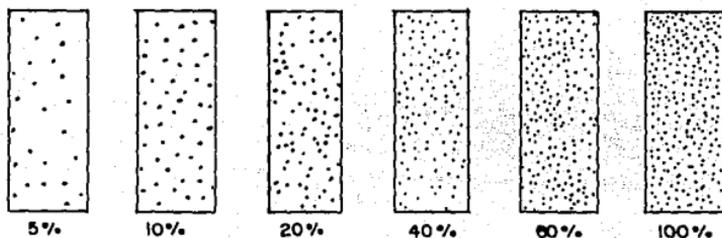
$$Y_{ijk} = M + R_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$$

FIGURA 1. Escala modificada de Cobb para estimar la incidencia de los royes.

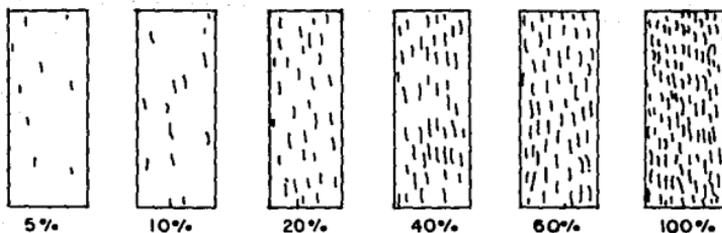
Roya lineal, estriada o amarilla ( Puccinia striiformis ).



Roya de la hoja ( Puccinia recondita ).



Roya del tallo ( Puccinia graminis ).



Los diagramas muestran los porcentajes de incidencia de los royes computados en base a la máxima superficie cubierta por estas .

$i = 1, 2, \dots, r$

$j = 1, 2, \dots, p$

$k = 1, 2, \dots, q$

Donde:  $Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$M$  = Efecto de la media general

$R_i$  = Efecto de las repeticiones

$A_j$  = Efecto del factor A

$B_k$  = Efecto del factor B

$(AB)_{jk}$  = Efecto de la interacción de  
los factores

$E_{ijk}$  = Error experimental

El análisis de varianza para este modelo se presenta en el Cuadro 1.

### 3.7.2 Comparación de promedios.

Para comparar los promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey (DMS-H) al 0.05 de probabilidad, cuya fórmula es la siguiente (Reyes, 1978).

$$D = q S_{\bar{x}} = w; w = q \alpha (P, n_2) S_{\bar{x}}$$

Donde:  $S_{\bar{x}}$  = Error estandar de la media =  $\sqrt{S^2/n}$

$S^2$  = Varianza del error experimental

$n$  = Número de bloques

$q$  = Valor tabular, que es un valor de  $t$ ,  
modificado por la expresión:

CUADRO I. Análisis de varianza del diseño bloques al azar con arreglo factorial.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios
Bloques (B)	$r - 1$	$\sum_{i=1}^r x_i^2 - \frac{G^2}{pq}$	
Tratamientos (Tr)	$gl_T - gl_E$	$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{jk}^2 - \frac{G^2}{pqr}$	$\frac{SC_{Tr}}{gl_{Tr}}$
Factor A (A)	$p - 1$	$\sum_{j=1}^p x_j^2 - \frac{G^2}{pqr}$	$\frac{SC_A}{gl_A}$
Factor B (B)	$q - 1$	$\sum_{k=1}^q x_k^2 - \frac{G^2}{pqr}$	$\frac{SC_B}{gl_B}$
Interacción AB (AB)	$(p-1)(q-1)$	$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{jk}^2 - \frac{G^2}{pqr} - (SC_A + SC_B)$	$\frac{SC_{AB}}{gl_{AB}}$
Error (E)	$(pq-1)(r-1)$	$SC_T - (SC_{Tr} + SC_{B1})$	$\frac{SC_E}{gl_E}$
Total (T)	$rpq - 1$	$\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^q x_{ijk}^2 - \frac{G^2}{pqr}$	

$$\frac{\bar{x} \text{ max} - \bar{x} \text{ min}}{s_x}$$

P = Número de tratamientos = a

$n_2$  = Grados de libertad del error  
experimental

$\alpha$  = Nivel de significancia

### 3.7.3 Contrastes.

Para comparar los promedios de los parámetros estudiados entre los grupos de variedades de trigo, es decir, entre las variedades de temporal y las de riego, se realizó una prueba de comparación por medio de contrastes a un nivel de significancia del 0.01, de acuerdo a la metodología empleada por Infante y Zarate, 1984.

Para definir un contraste consideramos a  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$  parámetros desconocidos y sea  $C_1, C_2, \dots, C_k$  constantes conocidas. Se dice que

$$Q = \sum_{i=1}^k C_i \theta_i$$

es un contraste de los parámetros  $\theta_i$  si  $\sum_{i=1}^k C_i = 0$

Sea  $Q = \sum_{i=1}^t C_i T_i$  un contraste y considérese la estadística

$\hat{Q} = \sum_{i=1}^t C_i \bar{Y}_i$  como un estimador de Q; y en donde un estimador de

$$V^2 \hat{Q} \text{ es } s^2_{\hat{Q}} = \frac{\text{C.M.E.}}{b} \sum C_i^2$$

De tal manera que la hipótesis  $H_0: Q = 0$  en oposición a la hipótesis  $H_a: Q \neq 0$ , que equivale a probar igualdad de tratamientos, puede hacerse mediante la distribución "t" con la estadística:

$$t_0 = \frac{\hat{Q} - 0}{s_{\hat{Q}}}$$

#### 3.7.4 Estimación de correlaciones.

Se llevó a cabo el cálculo de los coeficientes de correlación para medir el grado de asociación entre las variables estudiadas, de acuerdo a la siguiente fórmula algebraica presentada por Reyes (1978).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})(Y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{y})^2}}$$

## IV. RESULTADOS.

### 4.1 Análisis de Varianza

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios y el nivel de significancia entre genotipos, densidad de siembra y su interacción para las variables estudiadas de trigo bajo condiciones de temporal. En este cuadro se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas entre los genotipos estudiados en todas las variables analizadas a excepción de días a floración que no presentó significancia estadística. En tanto que para densidad de siembra se encontró diferencia significativa o altamente significativa solamente en las variables relacionadas con las componentes del rendimiento y el área foliar; en cuanto a interacción genotipo por densidad de siembra solamente las variables longitud de espiga y espigas por planta presentaron diferencia significativa y altamente significativa, respectivamente, en las demás variables no se presentó significancia estadística. En el Cuadro 1A del Apéndice se presentan los cuadrados medios para el resto de las fuentes de variación por variable en estudio.

### 4.2 Rendimiento Económico y Rendimiento Biológico

#### 4.2.1 Rendimiento económico.

En la Figura 2(a) se presenta el rendimiento económico para cada uno de los genotipos indicando su respuesta a la densidad de

CUADRO 2. Cuadrados medios y nivel de significancia entre genotipos, densidades de siembra y su interacción para las variables estudiadas en trigo, bajo condiciones de temporal.

Variable	Genotipo	Densidad de siembra		Interacción Gen. x Den.	
P	41803.58	++	203984.02	++	415.07 NS
E	15027.06	++	69936.20	++	1144.06 NS
E/P	0.69	++	5.01	++	0.05 ++
AP	2416.92	++	4.11	NS	18.50 NS
DF	386.66	NS	0.00	NS	0.00 NS
DM	249.20	++	0.22	NS	0.22 NS
LE	24.53	++	1.16	++	0.09 +
ESP/E	22.57	++	4.36	++	0.53 NS
G/E	204.26	++	37.62	++	5.95 NS
G/ESP	0.89	++	0.40	+	0.08 NS
P1000	474.63	++	5.53	NS	6.09 NS
RB	37554049.00	++	1878643.00	NS	782829.00 NS
RE	13207309.27	++	360570.48	NS	290221.41 NS
IC	0.78	++	0.005	NS	0.001 NS
G/P	0.21	++	0.01	NS	0.008 NS
PLLG	115.86	++	0.22	NS	0.22 NS
TLLG	10572.95	++	250.12	NS	205.43 NS
KG/HA/DF	3428.68	++	87.06	NS	69.75 NS
KG/HA/DM	1320.40	++	34.01	NS	27.37 NS
AF	585.94	++	11.36	NS	3.67 NS
IAF	8.92	++	3.77	++	0.14 NS
EAF	0.05	++	0.02	++	0.0009 NS

++ Altamente significativo (0.01)

+ Significativo (0.05)

NS No significativo

siembra de 60 a 150 kg/ha; dentro de este rango de densidades no se presentaron diferencias significativas de rendimiento económico en las variedades tanto de temporal como de riego. Sin embargo, la prueba de comparación de medias del rendimiento económico (Cuadro 3) indica diferencias significativas entre las variedades, de este modo, Temporalera M-87 fue la variedad que más rindió (3987 kg/ha) seguida en forma descendente por Cucurpe S-86 (3316 kg/ha) y México M-82 (3160 kg/ha). Con rendimientos económicos menores se

encontraron las variedades Oasis F-86, Zacatecas VT-74 y Genaro T-81.

CUADRO 3. Promedios de cuatro densidades de siembra para rendimiento económico y rendimiento biológico de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Rendimiento económico (Kg/ha)		Rendimiento biológico (Kg/ha)	
México M-82	3160.93	b	11237.5	b
Zacatecas VT-74	2513.18	c	10489.3	b
Temporalera M-87	3987.37	a	13490.0	a
Oasis F-86	2825.37	bc	9108.1	c
Cucurpe S-86	3316.18	b	12432.5	a
Genaro T-81	1299.00	d	10855.6	b
$\bar{x}$	2850.34	bc	11268.8	b
DMS-H	493.07		1085.7	

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.2.2 Rendimiento biológico.

La evaluación del rendimiento biológico efectuada al término del ciclo de cultivo (Figura 2 b) muestra que la densidad de siembra no afectó significativamente los rendimientos biológicos de las variedades de temporal y riego. Sin embargo, estadísticamente se encontraron diferencias significativas (Cuadro 3) del rendimiento biológico entre variedades en donde se aprecia que la variedad más rendidora en este aspecto fue Temporalera M-87 (13490 kg/ha) seguida por Cucurpe S-86 (12432 kg/ha), sin que existiera diferencia significativa entre ellas; en seguida en forma descendente se encontraron las variedades México M-82, Genaro T-81, Zacatecas VT-74 y Oasis F-86.

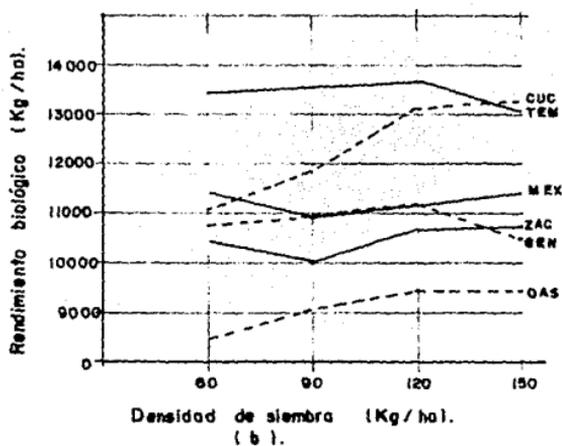
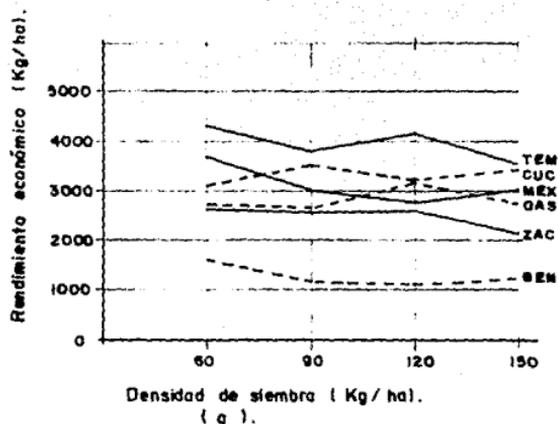


Figura 2. Rendimiento económico (a) y rendimiento biológico (b) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal

En general se observa que la densidad de siembra no provocó cambios que se consideraran estadísticamente significativos en los rendimientos económico y biológico en las variedades de temporal y riego evaluadas bajo condiciones de temporal; sin embargo, al realizar la comparación de medias entre genotipos, estos mostrarán diferencias significativas, observándose que la variedad Temporalera M-87 fue la que obtuvo los mayores promedios en los rendimientos mencionados y que Genaro T-81 fue la de menor rendimiento económico y Oasis F-86 la de menor rendimiento biológico.

#### **4.3 Plantas por metro cuadrado y Componentes del Rendimiento**

##### **4.3.1 Plantas por metro cuadrado.**

En la Figura 3 (a) se muestra que el número de plantas por metro cuadrado se incrementó al aumentar la densidad de siembra en los genotipos de temporal y riego. El Cuadro 4 indica diferencias significativas entre los promedios de los genotipos para esta variable en donde la variedad Genaro T-81 fue la que presentó el mayor número de plantas por metro cuadrado (290), seguida por Cucurpe S-86 y Zacatecas VT-74. Con promedios menores se encontraron Temporalera M-87, Oasis F-86 y México M-82, con un promedio de 226 plantas por metro cuadrado esta última. En el Cuadro 5 se localizan los promedios de seis genotipos para plantas por metro cuadrado en cuatro densidades de siembra, en donde se presentan diferencias significativas indicando que conforme la densidad aumentó de 60 a 150 kg/ha el número de plantas por metro

cuadrado también sufrió un aumento, por lo cual a 150 kg/ha se encontraron las mayores cantidades de plantas en los seis genotipos con un promedio de 370 y a la densidad de 60 kg/ha el menor promedio de 156 plantas por metro cuadrado.

#### **4.3.2 Espigas por metro cuadrado.**

En la Figura 3 (b) se presenta el número de espigas por metro cuadrado, el cual fue incrementándose significativamente por efecto de la densidad de siembra, observándose diferencias significativas entre los genotipos (Cuadro 4), en donde Temporalera M-87 (458), Oasis F-86 (459) y Cucurpe S-86 (479) se colocaron como las mejores productoras de espigas por metro cuadrado sin que existiera diferencia significativa entre éstas, seguidas en forma descendente por México M-82, Genaro T-81 y Zacatecas VT-74. Como lo indica el Cuadro 5 al igual que la variable plantas por metro cuadrado, la cantidad de espigas por metro cuadrado se incrementó conforme aumentó la densidad de siembra de 60 a 150 kg/ha, en donde a 60 kg/ha se obtuvieron 372 espigas y a la densidad de 150 kg/ha 496 espigas por metro cuadrado en promedio de los seis genotipos.

#### **4.3.3 Espigas por planta.**

En la Figura 3 (c) se puede apreciar el efecto de la densidad de siembra sobre el número de espigas por planta para cada uno de los genotipos de riego y temporal. El comportamiento observado fue totalmente opuesto al presentado en el número de plantas y espigas

CUADRO 4. Promedios de cuatro densidades de siembra para plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado y espigas por planta de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Plantas por m <sup>2</sup>		Espigas por m <sup>2</sup>		Espigas por planta
México M-82	226.87	e	426.37	b	2.01 a
Zacatecas VT-74	271.81	bc	398.56	c	1.59 c
Temporalera M-87	259.87	cd	458.25	a	1.90 ab
Oasis F-86	248.93	d	459.06	a	2.01 a
Cucurpe S-86	278.56	ab	479.12	a	1.81 b
Genaro T-81	290.93	a	416.18	bc	1.53 c
$\bar{x}$	262.83	bcd	439.59	ab	1.81 b
DMS-H	16.80		27.67		0.13

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

por metro cuadrado, es decir, la producción de espigas por planta tendió a decaer de una manera significativa conforme la densidad de siembra aumentó (Cuadro 5). En promedio las variedades que produjeron mayor número de espigas por planta, como se indica en el Cuadro 4, fueron México M-82 y Oasis F-86 con un promedio de 2.01 cada una, seguidas en forma descendente por Temporalera M-87 (1.90) y Cucurpe S-86 (1.81). Con promedios menores se presentaron las variedades Zacatecas VT-74 y Genaro T-81.

Como se observó en el Cuadro 2 la interacción entre factores indicó diferencia altamente significativa, por lo cual al realizar la comparación entre medias para cada uno de los genotipos a cada una de las densidades de siembra empleadas, se puede observar (Cuadro 6) que en general a 60 kg/ha todas las variedades mostrarán la mayor cantidad de espigas por planta y a 150 kg/ha la menor, es evidente que México M-82 no presentó diferencia

significativa entre las densidades de 90 y 120 kg/ha, Zacatecas VT-74 entre las de 120 y 150 kg/ha al igual que Cucurpe S-86 y Genaro T-81; además como se observa Temporalera M-87 y Oasis F-86 son genotipos a los cuales la densidad de siembra les provocó disminuciones significativas conforme esta fue en aumento de 60 a 150 kg/ha.

CUADRO 5. Promedios de seis genotipos de trigo para plantas por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado y espigas por planta de cuatro densidades de siembra bajo condiciones de temporal.

Densidad de siembra	Plantas por m <sup>2</sup>		Espigas por m <sup>2</sup>		Espigas por planta
60 kg/ha	156.00	d	372.17	d	2.41 a
90 kg/ha	227.33	c	423.71	c	1.87 b
120 kg/ha	297.29	b	465.87	b	1.59 c
150 kg/ha	370.71	a	496.62	a	1.35 d
DMS-H	12.33		20.31		0.10

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.3.4 Longitud de espiga.

El efecto de la densidad de siembra sobre la longitud de espiga mostrada por cada uno de los genotipos de temporal y riego se aprecia en la Figura 3 (d), en donde la variedad Temporalera M-87 fue la que presentó la mayor reducción en su longitud de espiga por efecto de la densidad y México M-82 la que lo hizo en menor proporción (Cuadro 6). En el Cuadro 7 se aprecia que la longitud de espiga mostrada por las variedades de temporal fue superior a las de riego y fue Temporalera M-87 la que obtuvo el

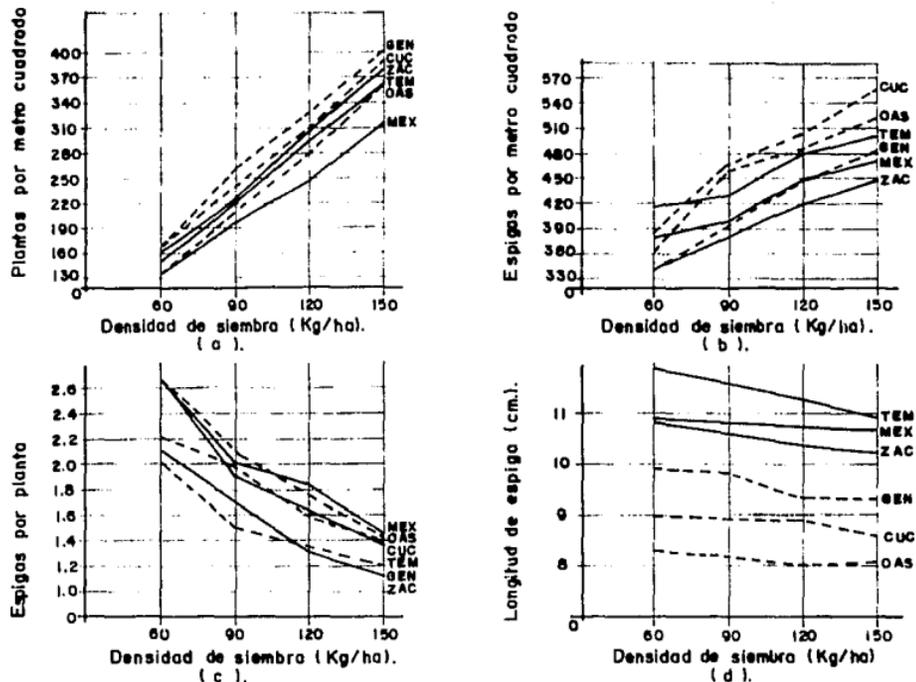


Figura 3. Plantas por metro cuadrado (a), espigas por metro cuadrado (b), espigas por planta (c) y longitud de espiga (d) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal.

CUADRO 6. Interacción genotipo x densidad de siembra de las variables espigas por planta y longitud de espiga de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipo	Densidad de siembra	Espigas por espiga	Longitud de espiga (cm)
México M-82	60 kg/ha	2.72 a	10.88 a
	90 kg/ha	2.02 b	10.84 a
	120 kg/ha	1.85 b	10.78 a
	150 kg/ha	1.45 c	10.67 a
Zacatecas VT-74	60 kg/ha	2.12 a	10.93 a
	90 kg/ha	1.70 b	10.61 ab
	120 kg/ha	1.37 c	10.36 b
	150 kg/ha	1.17 c	10.25 b
Temporalera M-87	60 kg/ha	2.70 a	11.92 a
	90 kg/ha	1.92 b	11.62 ab
	120 kg/ha	1.62 c	11.31 bc
	150 kg/ha	1.37 d	10.90 c
Oasis F-86	60 kg/ha	2.70 a	8.33 a
	90 kg/ha	2.15 b	8.23 a
	120 kg/ha	1.75 c	8.12 a
	150 kg/ha	1.45 d	8.07 a
Cucurpe S-86	60 kg/ha	2.22 a	8.99 a
	90 kg/ha	1.95 b	8.88 a
	120 kg/ha	1.62 c	8.93 a
	150 kg/ha	1.45 c	8.64 a
Genaro T-81	60 kg/ha	2.02 a	9.90 a
	90 kg/ha	1.52 b	9.80 ab
	120 kg/ha	1.35 bc	9.38 bc
	150 kg/ha	1.22 c	9.34 c
DMS-H		0.24	0.41

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

mayor promedio (11.4 cm) seguida por México M-82 y Zacatecas VT-74; por último encontramos a Genaro T-81, Cucurpe S-86 y Oasis F-86, esta última con una longitud promedio de 8.1 cm. En cuanto a la densidad de siembra se indican diferencias significativas

(Cuadro 8), entre 60 y 90 kg/ha, no se presentaron diferencias significativas entre ellas, mientras que sí lo fueron con respecto a las densidades de 120 y 150 kg/ha, que estadísticamente fueron similares. Al realizar la prueba de comparación para cada uno de los genotipos, debido a la significancia mostrada por la interacción de factores (Cuadro 2) se encontró que para México M-82, Oasis F-86 y Cucurpe S-86 la densidad de siembra no mostró efecto que se considerara significativo; por el contrario para Temporalera M-87 y Genaro T-81 se encontraron tres diferencias significativas y para Zacatecas VT-74 dos, con lo cual se puede indicar que estas tres variedades fueron más sensibles al incremento de la densidad de siembra de 60 a 150 kg/ha.

#### 4.3.5 Espiguillas por espiga.

El efecto de la densidad de siembra sobre la producción de espiguillas por espiga se muestra en la Figura 4 (a), en donde tal efecto causó una disminución en el número de espiguillas por espiga conforme se aumentó la densidad de siembra. En el Cuadro 7 se aprecia que Genaro T-81 fue la variedad con el mayor número de espiguillas por espiga (18) seguida por Zacatecas VT-74 y Temporalera M-87 con 16 espiguillas por espiga cada una; continuando en forma descendente se encontraron México M-82, Cucurpe S-86 y Oasis F-86. Por lo que respecta a la densidad de siembra, se encontró diferencia significativa entre las densidades bajas (60 y 90 kg/ha) con respecto a las densidades altas (120 y 150 kg/ha); en las densidades de 60 y 90 kg/ha fue donde se

presentó el mayor número de espiguillas por espiga, como se observa en el Cuadro 8.

#### 4.3.6 Granos por espiga.

La densidad de siembra redujó significativamente la producción de granos por espiga en las variedades de temporal y riego (Cuadro 7). Las variedades de temporal en general mostrarán un mayor número de granos por espiga en comparación con las de riego; las variedades Temporalera M-87 y Zacatecas VT-74 obtuvieron promedios de 38 y 37 granos por espiga, respectivamente, con lo cual se colocaron en primer lugar seguidas en forma descendente por México M-82, Cucurpe S-86, Oasis F-86 y Genaro T-81 con un promedio esta última de 28 granos por espiga.

CUADRO 7. Promedios de cuatro densidades de siembra para longitud de espiga, espiguillas por espiga y granos por espiga de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Longitud de espiga (cm)	Espiguillas por espiga	Granos por espiga
México M-82	10.79 b	15.75 c	36.43 ab
Zacatecas VT-74	10.53 c	16.87 b	37.18 a
Temporalera M-87	11.43 a	16.56 b	38.12 a
Oasis F-86	8.18 g	14.62 d	34.06 b
Cucurpe S-86	8.86 f	15.62 c	35.18 ab
Genaro T-81	9.60 e	18.06 a	28.18 c
$\bar{x}$	9.90 d	16.25 bc	34.86 b
DMS-H	0.23	0.66	2.97

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

En la Figura 4 (b) se presenta el comportamiento que mostraron cada uno de los genotipos al incrementar la densidad de

siembra de 60 a 150 kg/ha, dicho comportamiento como se observa en el Cuadro 8 fue significativo presentándose el promedio mayor a la densidad de 60 kg/ha y el menor a la de 150 kg/ha con valores de 36 y 33 granos por espiga, respectivamente.

CUADRO 8. Promedios de seis genotipos de trigo para longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga y granos por espiguilla de cuatro densidades de siembra bajo condiciones de temporal.

Densidad de siembra	Longitud de espiga (cm)	Espiguillas por espiga	Granos por espiga	Granos por espiguilla
60 kg/ha	10.15 a	16.58 a	36.46 a	2.20 a
90 kg/ha	9.99 a	16.62 a	35.25 ab	1.95 ab
120 kg/ha	9.80 b	16.04 b	34.04 b	1.91 b
150 kg/ha	9.65 b	15.75 b	33.70 b	2.00 ab
DMS-H	0.16	0.48	2.18	0.25

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.3.7 Granos por espiguilla.

En la Figura 4 (c) se presenta el número de granos por espiguilla que obtuvieron los genotipos de riego y temporal conforme se incrementó la densidad de siembra de 60 a 150 kg/ha. En el Cuadro 9 se puede observar que no existió diferencia significativa entre genotipos de temporal y riego a excepción de Genaro T-81 que fue la variedad con el mayor promedio (1.5); numericamente las variedades con mayores promedios fueron Oasis F-86 y Cucurpe S-86 con 2.1 granos por espiguilla, siendo estas dos de riego, seguidas por las variedades de temporal, Temporalera M-87, México M-82 y Zacatecas VT-74. Ahora bien, en lo que respecta

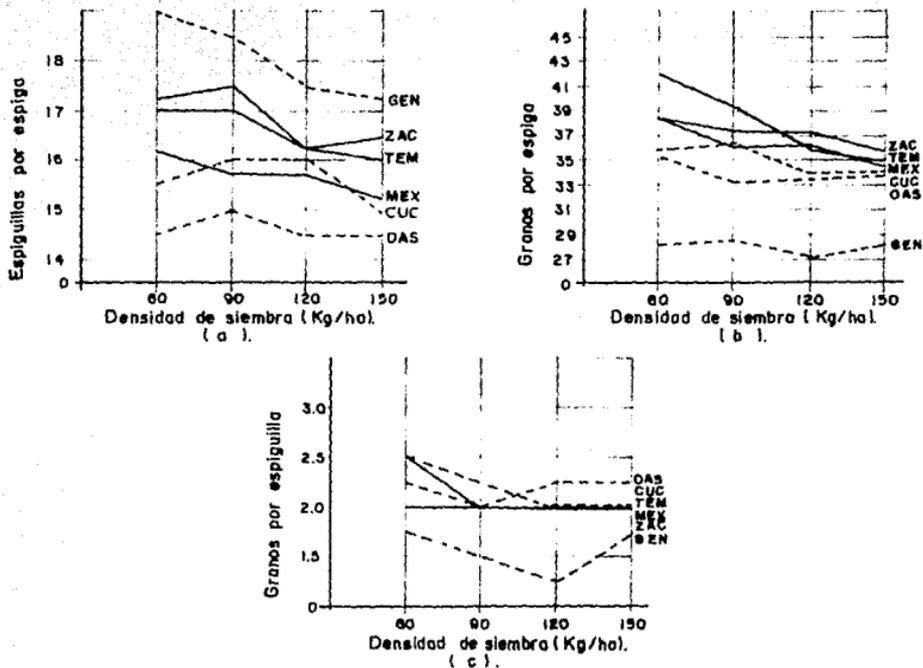


Figura 4. Espiguillas por espiga (a), granos por espiga (b) y granos por espiguilla (c) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal.

a la densidad de siembra, la de 60 kg/ha presentó la mejor respuesta al obtenerse un promedio de 2.2 granos por espiguilla (Cuadro 8) y la densidad de 120 kg/ha fue la menor productiva con un promedio de 1.9 granos por espiguilla.

#### **4.3.8 Peso de 1000 granos.**

En la Figura 5 (b) se ilustra el efecto causado por el incremento de la densidad de siembra en los genotipos de temporal y riego, el cual muestra una reducción que no fue significativa en el peso de 1000 granos; el comportamiento de los genotipos no presentó una tendencia definida por efecto de la densidad de siembra, observandose que Oasis F-86 fue el genotipo que varió menos su comportamiento y Genaro T-81 el que tuvo un efecto mayor; aunque la densidad no mostró significancia para el peso de 1000 granos numericamente se indica que la de 60 kg/ha fue la mejor para los genotipos estudiados a excepción de Genaro T-81 que a la de 120 kg/ha fue donde incrementó en mayor medida el peso de 1000 granos.

Las variedades Temporalera M-87 y México M-82 presentaron semejanza en sus significancias con promedios de 43.7 y 42.1 gramos, respectivamente, seguidas en forma descendente por las variedades Zacatecas VT-74, Cucurpe S-86, Oasis F-86 y Genaro T-81, esta última con un promedio de 28.6 gramos (Cuadro 9).

De manera general se pudo observar que en cuanto a los componentes del rendimiento morfológicos, la variedad

sobresaliente fue Temporalera M-87, la cual a pesar de no contar con un gran número de plantas por metro cuadrado obtuvo un buen amacollamiento y fue la que ocupó los mejores sitios con los promedios obtenidos en las variables hasta ahora descritas, junto con la variedad variedad Cucurpe S-86, una de las variedades liberadas para condiciones de riego. La variedad que presentó en la mayoría de las variables los promedios menores fue Genaro T-81. En cuanto a la densidad de siembra en la de 60 kg/ha se encontraron los mejores promedios en todos los componentes morfológicos del rendimiento, a pesar de esto, no se recomienda dicha densidad para siembras comerciales ya que se tendría posiblemente un problema mayor con las malas hierbas, así como si el temporal no es bueno se presentarían pérdidas de plantas por sequía, afectándose con esto el rendimiento de grano; por lo tanto, y tomando en cuenta las diferencias significativas existentes entre las densidades de siembra en los componentes del rendimiento, se puede recomendar una densidad de 120 kg/ha de semilla, para así asegurar una buena cosecha y evitar problemas en el manejo del cultivo.

#### **4.4 Altura de Planta**

En la Figura 5 (a) se observa que el efecto de la densidad de siembra sobre la altura de planta no presentó un comportamiento definido en ninguno de los genotipos de temporal y riego. Las variedades de temporal fueron las que mostraron una altura mayor, no encontrándose diferencias significativas entre ellas (Cuadro 9), indicando los promedios que las variedades Temporalera M-87 y

México M-82 fueron las más altas con 92 y 91 cm de altura, respectivamente, enseguida se localizaron Zacatecas VT-74, Cucurpe S-86, Genaro T-81 y Oasis F-86, esta última con una altura promedio de 60 centímetros. En cuanto a la densidad de siembra, esta no presentó significancia para esta variable.

CUADRO 9. Promedios de cuatro densidades de siembra para granos por espiguilla, peso de 1000 granos y altura de planta de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Granos por espiguilla	Peso de 1000 granos (g)	Altura de planta (cm)
México M-82	2.06 a	42.12 a	91.87 a
Zacatecas VT-74	2.00 a	38.18 b	89.12 a
Temporalera M-87	2.12 a	43.75 a	92.81 a
Oasis F-86	2.18 a	34.56 c	60.43 d
Cucurpe S-86	2.18 a	37.31 b	83.00 b
Genaro T-81	1.56 b	28.62 d	77.00 c
X	2.02 a	37.42 b	82.37 b
DMS-H	0.34	2.73	3.84

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.5 Floración y Madurez Fisiológica

##### 4.5.1 Floración.

En la Figura 5 (c) se observa que no se afectaron los días a floración en ninguno de los genotipos de temporal y riego por efecto de la densidad de siembra. Para esta variable no se presentaron significancias en los promedios de genotipos y de densidades debido a que la floración para los genotipos Temporalera M-87, Oasis F-86 y Cucurpe S-86 se presentó al mismo

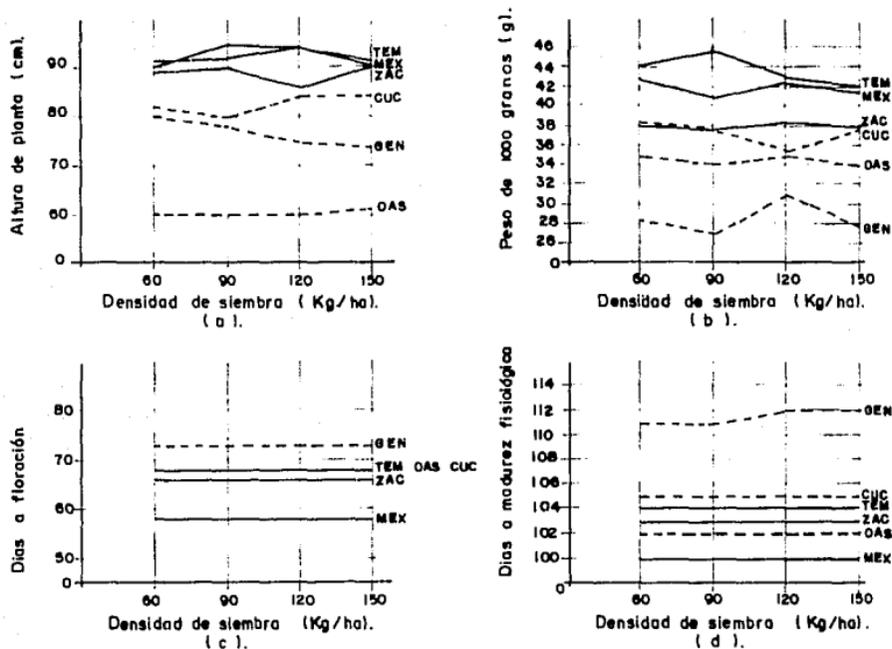


Figura 5. Altura de planta (a), peso de 1000 granos (b), días a floración (c) y días a madurez fisiológica (d) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra bajo condiciones de temporal.

tiempo y sin importar la densidad de siembra, obteniéndose así un valor de cero en el cuadrado medio del error (CME) como se indica en el Cuadro 1A del Apéndice. En el Cuadro 10 se presentan los promedios de floración obtenidos para cada uno de los genotipos, los cuales fluctuaron entre 58 y 73 días, siendo México M-82 la variedad más precoz y Genaro T-81 la más tardía.

#### 4.5.2 Madurez fisiológica.

En la Figura 5 (d) se muestra que el comportamiento de las variedades de temporal y de riego fue el mismo al ir incrementando la densidad de siembra de 60 a 150 kg/ha; a excepción de Genaro T-81 que presentó un ligero cambio al incrementar la densidad de 90 a 120 kg/ha, sin que este cambio fuera significativo; lo anterior quiere decir que no existió diferencia significativa en el número de días requeridos por los genotipos para alcanzar su madurez fisiológica en las diferentes densidades. Las variedades que requirieron el menor número de días para alcanzar su madurez fisiológica fueron México M-82 (100 días), Oasis F-86 (102 días) y Zacatecas VT-74 (103 días); seguidas por Temporalera M-87 (104 días), Cucurpe S-86 (105 días) y Genaro T-81 (111 días), existiendo diferencias significativas entre todas ellas (Cuadro 10).

En general se aprecia que las variedades de temporal presentaron un ciclo vegetativo menor que las de riego observándose a México M-82 como la más precoz y a Genaro T-81 como

la más tardía con ciclos promedios de 100 y 111 días a la madurez fisiológica, respectivamente.

CUADRO 10. Promedios de cuatro densidades de siembra para días a floración y días a madurez fisiológica de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Días a floración	Días a madurez fisiológica	
México M-82	58.0	100.00	f
Zacatecas VT-74	66.0	103.00	d
Temporalera M-87	68.0	104.00	c
Oasis F-86	68.0	102.00	e
Cucurpe S-86	68.0	105.00	b
Genaro T-81	73.0	111.50	a
$\bar{X}$	66.8	104.25	b
DMS-H	----	0.87	

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.6 Índices de Eficiencia Fisiológicos

##### 4.6.1 Índice de cosecha.

La Figura 6 (a) muestra que la densidad de siembra impuesta a los genotipos de temporal y riego no redujó significativamente el índice de cosecha de estos, los cuales no presentaron un comportamiento definido por efecto de la densidad. En el Cuadro 11 se puede apreciar que Oasis F-86 sobresalió con un promedio de 11% en su índice de cosecha seguida por Temporalera M-87, México M-82, Cucurpe S-86 y Zacatecas VT-74 con semejanza en sus significancias. Al igual que en anteriores variables, se situa Genaro T-81 en último sitio con únicamente 11% en su índice de cosecha.

#### 4.6.2 Relación grano/paja.

En la Figura 6 (b) se presenta el comportamiento de los genotipos de temporal y riego, el cual indica una disminución por el efecto de la densidad de siembra que no fue significativa. Entre genotipos, Oasis F-86 fue la que obtuvo la más alta relación grano/paja (45%) seguida en forma descendente por Temporalera M-87 (43%), México M-82 (39%) y Cucurpe S-86 (38%) existiendo semejanza entre sus significancias; a continuación se presentó Zacatecas VT-74 (32%) y por último Genaro T-81 con unicamentre 13% (Cuadro 11).

A pesar de que no se presentaron diferencias significativas en la densidad de siembra, es evidente que el valor de dicha relación fue disminuyendo conforme se incrementó la densidad de siembra de 60 a 150 kg/ha y que la densidad de 60 kg/ha fue la mejor para los genotipos de temporal, mientras que para los de riego no se encontró una respuesta definida.

#### 4.6.3 Periodo de llenado de grano.

La Figura 6 (c) indica el comportamiento en el periodo de llenado de grano de los genotipos de temporal y riego al incremento de la densidad de siembra, el cual no fue significativo. La comparación entre genotipos indica que existió diferencia significativa entre estos (Cuadro 12) y se observa que México M-82 fue la que presentó el mayor número de días en su periodo de llenado de grano con un promedio de 42 días, a

continuación se situó la variedad Genaro T-81 con 38 días, seguida por Zacatecas VT-74 y Cucurpe S-86 con 37 días cada una, Temporalera M-87 con 36 días y por último Oasis F-86 con un promedio de 34 días.

CUADRO 11. Promedios de cuatro densidades de siembra para índice de cosecha y relación grano/paja de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Índice de cosecha	Relación grano/paja
México M-82	0.28 ab	0.39 ab
Zacatecas VT-74	0.24 b	0.32 c
Temporalera M-87	0.29 ab	0.43 ab
Oasis F-86	0.31 a	0.45 a
Cucurpe S-86	0.27 ab	0.38 ab
Genaro T-81	0.11 c	0.13 d
$\bar{x}$	0.25 b	0.35 ab
DMS-H	0.05	0.10

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.6.4 Tasa de llenado de grano.

La Figura 6 (d) muestra que el efecto de la densidad de siembra sobre los genotipos de temporal y riego provocó una disminución en la tasa de llenado de grano que no fue significativa; esta diferencia si se presentó al comparar los promedios entre los genotipos (Cuadro 12), en donde es evidente que Temporalera M-87 fue la variedad sobresaliente con una tasa de 110.7 gramos/día, seguida por Cucurpe S-86 (89.6 g/día); Oasis F-86, México M-82 y Zacatecas VT-74 presentaron semejanza en sus significancias y por último se ubicó Genaro T-81 con únicamente 33.6 gramos por día en su tasa de llenado de grano.

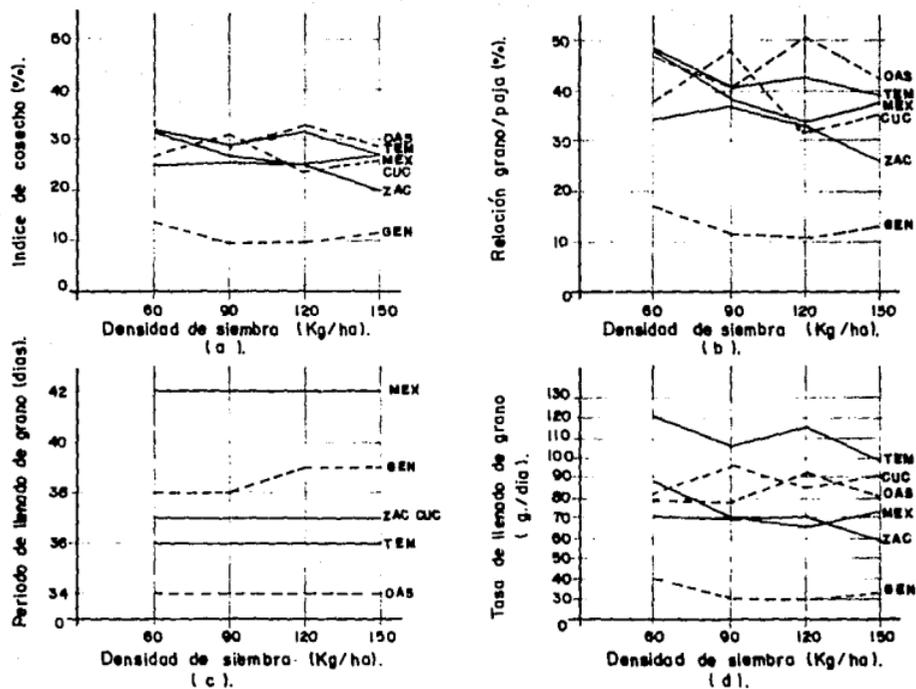


Figura 6. Índice de cosecha (a), relación grano/paja (b), período de llenado de grano (c) y tasa de llenado de grano (d) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal.

CUADRO 12. Promedios de cuatro densidades de siembra para el periodo de llenado de grano y la tasa de llenado de grano de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Periodo de llenado de grano (días)	Tasa de llenado de grano (g/día)
México M-82	42.00 a	75.25 cd
Zacatecas VT-74	37.00 c	67.92 d
Temporalera M-87	36.00 d	110.75 a
Oasis F-86	34.00 e	83.10 bc
Cucurpe S-86	37.00 c	89.62 b
Genaro T-81	38.50 b	33.60 e
$\bar{x}$	37.40 c	76.71 cd
DMS-H	0.87	13.51

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

#### 4.6.5 Kilogramos por hectárea por días a floración.

La Figura 7 (a) indica que el efecto de la densidad de siembra disminuyó los kilogramos por hectárea por días a floración en los genotipos de temporal y riego, pero esta disminución no fue significativa, en cambio la comparación si presentó significancia entre los genotipos (Cuadro 13). Temporalera M-87 obtuvo un promedio de 58 kg/ha presentando con esto el mayor rendimiento a días a floración, seguida por México M-82, Cucurpe S-86, Oasis F-86 y Zacatecas VT-74 que presentaron semejanza entre sus significancias; la comparación de medias indicó una vez más que Genaro T-81 fue la variedad con menor posibilidad para siembras en temporal ya que obtuvo un rendimiento promedio de 17.7 kg/ha/días a floración. Como ya se mencionó no existió diferencia significativa entre las densidades de siembra empleadas, pero numericamente se indica que la densidad de 60 kg/ha fue la mejor,

es decir, fue en donde se encontraron los mejores promedios para cada uno de los genotipos, a excepción de Cucurpe S-86 que presenta un incremento de 7 kg/ha al comparar los rendimientos obtenidos en las densidades de 60 y 90 kg/ha.

#### 4.6.6 Kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica.

La Figura 7 (b) muestra el comportamiento que presentaron los genotipos por el efecto de la densidad de siembra a que fueron sometidos; todos los genotipos tanto de temporal como de riego sufrieron una disminución en los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, aunque fue de una manera que no se consideró significativa. La comparación mostró significancia entre genotipos (Cuadro 13) y en donde una vez más Temporalera M-87 encabezó el grupo con un rendimiento promedio de 38.3 kg/ha/días a madurez fisiológica, seguida en forma descendente por México M-82 y Cucurpe S-86 con 31.6 y 31.5 kg/ha/días a madurez fisiológica, respectivamente, enseguida se situaron las variedades Oasis F-86, Zacatecas VT-74 y por último Genaro T-81 con un promedio de 11.6 kg/ha, esta última.

#### 4.6.7 Área foliar de la hoja bandera.

La Figura 8 (a) indica que por el efecto de la densidad de siembra se disminuyó el área foliar de la hoja bandera de los genotipos de temporal y riego de una manera que no fue significativa. Al no existir diferencia significativa entre densidades, numericamente se puede observar que a una densidad de

60 kg/ha se presentaron los valores más altos de área foliar, disminuyendo estos conforme se aumentó la densidad de siembra. La comparación entre variedades (Cuadro 14) indica que existió diferencia entre genotipos y que la variedad México M-82 fue la que obtuvo el promedio más alto (41.7 cm<sup>2</sup>), el cual fue estadísticamente superior a los demás. A continuación se situaron las variedades Temporalera M-87, Zacatecas VT-74 y Oasis F-86 con semejanza entre sus significancias, por último se ubicó Genaro T-81 y Cucurpe S-86 con promedios de 26.6 y 24.5 cm<sup>2</sup> por planta, respectivamente.

CUADRO 13. Promedios de cuatro densidades de siembra para kilogramos por hectárea por días a floración y kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Kg/ha/días a floración	Kg/ha/días a madurez fisiológica
México M-82	54.51 ab	31.60 b
Zacatecas VT-74	37.58 d	24.40 c
Temporalera M-87	58.61 a	38.33 a
Oasis F-86	41.56 cd	27.69 bc
Cucurpe S-86	48.76 bc	31.58 b
Genaro T-81	17.79 e	11.62 d
$\bar{x}$	43.22 cd	27.54 bc
DMS-H	7.34	4.74

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (p ≤ 0.05).

#### 4.6.8 Índice de área foliar de la hoja bandera.

El aumentó significativo que mostrarón los genotipos de riego y temporal por el efecto de la densidad de siembra se puede

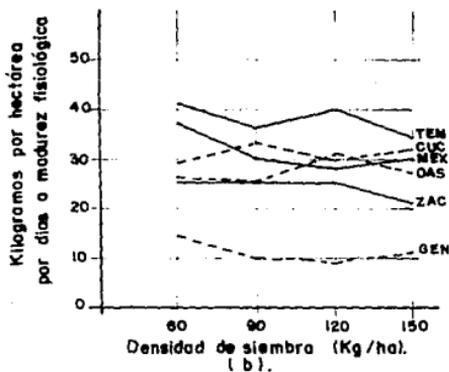
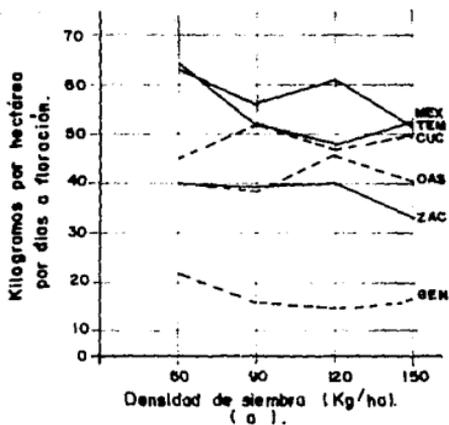


Figura 7. Kilogramos por hectárea por días a floración (a) y Kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (b) de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal.

apreciar en la Figura 8 (b), donde el índice de área foliar mostró una respuesta directamente proporcional con la densidad de siembra y estadísticamente superiores fueron las densidades de 150 y 120 kg/ha, enseguida se situaron las de 90 y 60 kg/ha (Cuadro 15). Los seis genotipos mostraron un incremento significativo al aumento de la densidad de siembra, en donde la densidad de 60 kg/ha resultó ser la menos indicada para que se presentaran valores altos en el índice de área foliar de la hoja bandera y la densidad de 150 kg/ha fue la más apropiada para ello en los seis genotipos. Estadísticamente el genotipo México M-82 fue superior a Temporalera M-87 con promedios de 5.32 y 4.37, respectivamente; enseguida se localizaron las variedades Oasis F-86, Zacatecas VT-74 y Cucurpe S-86 entre las que existió semejanza en sus significancias, por último se encontró Genaro T-81 con un promedio de 3.42 en su índice de área foliar de la hoja bandera.

CUADRO 14. Promedios de cuatro densidades de siembra para el área foliar, índice de área foliar y eficiencia del área foliar de la hoja bandera de seis genotipos de trigo, bajo condiciones de temporal.

Genotipos	Area foliar (cm <sup>2</sup> )	Indice de área foliar	Eficiencia del área foliar
México M-82	41.69 a	5.32 a	0.18 c
Zacatecas VT-74	29.78 bc	3.55 de	0.21 bc
Temporalera M-87	31.86 b	4.37 b	0.27 a
Oasis F-86	29.18 c	3.88 cd	0.22 b
Cucurpe S-86	24.54 d	3.53 de	0.28 a
Genaro T-81	26.65 d	3.42 e	0.12 d
$\bar{x}$	30.45 bc	3.99 c	0.21 bc
DMS-H	2.17	0.36	0.04

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey (p ≤ 0.05).

#### 4.6.9 Eficiencia del área foliar de la hoja bandera.

La Figura 8 (c) presenta la disminución sufrida en forma significativa por los genotipos de riego y temporal, incluidos en este estudio, al aumentar la densidad de siembra. En el Cuadro 14 se presentan los valores para cada uno de los genotipos, donde se observa que Cucurpe S-86 y Temporalera M-87 fueron las que estadísticamente mostrarón la mayor eficiencia foliar de la hoja bandera con promedios de 0.28 y 0.27, respectivamente, seguidas por Oasis F-86, Zacatecas VT-74 y México M-82, por último se encontró a Genaro T-81 con un promedio de 0.12 de eficiencia foliar de la hoja bandera. En cuanto a la densidad de siembra, es evidente que la de 60 kg/ha fue la más apropiada para la presencia de valores altos de eficiencia foliar, ya que a medida que aumentó dicha densidad la eficiencia fue menor (Cuadro 15).

CUADRO 15. Promedios de seis genotipos de trigo para el índice de área foliar y la eficiencia foliar de la hoja bandera de cuatro densidades de siembra, bajo condiciones de temporal.

Densidad de siembra	Índice de área foliar	Eficiencia del área foliar
60 kg/ha	3.50 c	0.25 a
90 kg/ha	3.95 b	0.21 b
120 kg/ha	4.16 ab	0.20 bc
150 kg/ha	4.42 a	0.18 c
DMS-H	0.26	0.03

Promedios con la misma letra son estadísticamente iguales. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

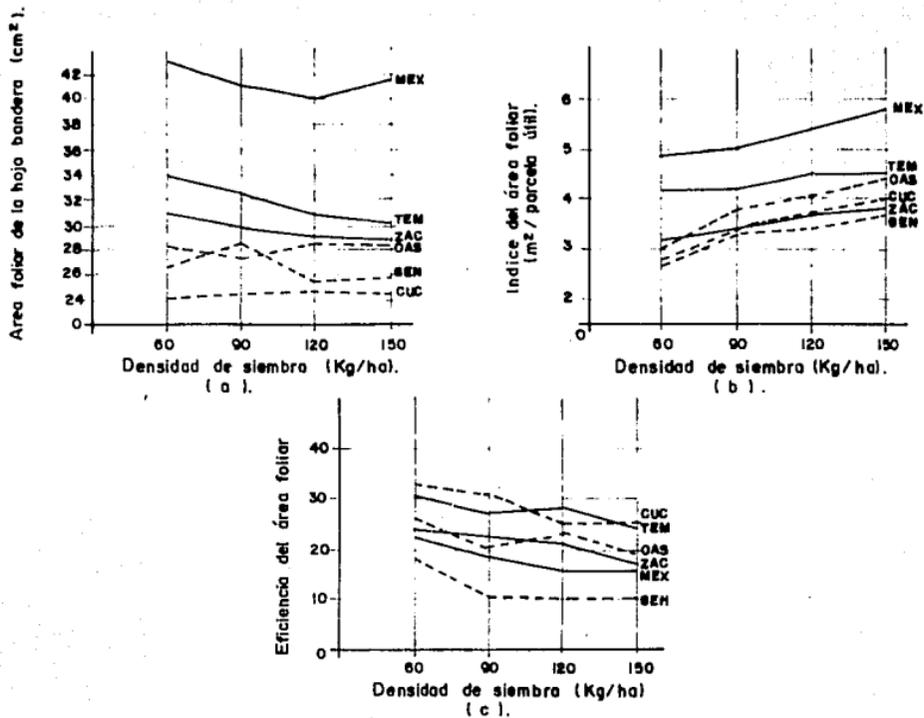


Figura 8. Area foliar de la hoja bandera (a), índice de área foliar (b) y eficiencia del área foliar (c), de variedades de trigo de temporal — y de riego ---- sometidas a cuatro densidades de siembra bajo condiciones de temporal.

En general, en cuanto a los índices de eficiencia fisiológicos las variedades de temporal Temporalera M-87 y México M-82 y la variedad de riego Cucurpe S-86 fueron superiores en aquellos índices relacionados directamente con el rendimiento económico, en aquellos relacionados con el área foliar las variedades de temporal superaron a las de riego con excepción de Cucurpe S-86 que presentó una eficiencia foliar estadísticamente igual a la de Temporalera M-87.

#### 4.7 Reacción a Royas

En el Cuadro 16 se puede apreciar la respuesta al ataque de la roya de la hoja (Puccinia recondita) en los genotipos de trigo de temporal y riego sometidos a cuatro densidades de siembra en el rango de 60 a 150 kg/ha de semilla. La variedad México M-82 mostró un rango de incidencia de la roya de la hoja del 50 al 70% y fue moderadamente susceptible; las variedades Zacatecas VT-74 y Temporalera M-87 fueron moderadamente resistentes a esta roya, encontrándose el menor grado de incidencia en las densidades bajas (60 y 90 kg/ha) y el mayor grado en la densidad de 120 kg/ha, fluctuando el grado de incidencia para Zacatecas VT-74 entre 10 y 20% y para Temporalera M-87 entre el 15 y 20%. Para las variedades de riego, Oasis F-86 presentó trazas en todas las densidades de siembra observándose resistencia a esta roya, este mismo comportamiento lo mostró Cucurpe S-86 observando únicamente 5% de incidencia de la roya de la hoja en la densidad de 60 kg/ha en donde presentó moderada resistencia; por el contrario, Genaro T-81

presentó alta susceptibilidad a esta roya con un rango de incidencia de 60 a 80% conforme la densidad se aumentó de 90 a 150 kg/ha.

#### **4.8 Comparación por medio de Contrastes entre los grupos de Variedades de Trigos de Temporal y de Riego**

En el Cuadro 17 se observan las significancias presentadas por medio de contrastes para cada una de las variables estudiadas en los genotipos de temporal y riego sometidos a condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra. Estos contrastes permiten corroborar las interpretaciones hechas a partir de los análisis de varianza anteriormente descritos, por medio de estos se observa que existieron diferencias altamente significativas a favor de los genotipos de riego en las variables plantas por metro cuadrado y días a madurez fisiológica y significancia estadística en espigas por metro cuadrado. Las diferencias altamente significativas a favor de los genotipos de temporal fueron en las variables altura de planta, longitud de espiga, granos por espiga, peso de 1000 granos, rendimiento económico, kilogramos por hectárea por días a floración, kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, periodo de llenado de grano, tasa de llenado de grano, área foliar e índice de área foliar de la hoja bandera. La diferencia fue significativa en los parámetros rendimiento biológico e índice de cosecha. No se presentaron diferencias significativas al ser comparados los genotipos de temporal y riego en los parámetros espigas por planta, espiguillas por espiga, granos por espiguilla,

CUADRO 16. Respuesta al ataque de la roya de la hoja (Puccinia recondita) de genotipos de trigo de temporal y riego sometidos a condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra.

Genotipo	Densidad de siembra	Reacción a la roya de la hoja ( <u>P. recondita</u> )
México M-82	60 kg/ha	50 MS
	90 kg/ha	60 MS
	120 kg/ha	50 MS
	150 kg/ha	70 MS
Zacatecas VT-74	60 kg/ha	10 MR
	90 kg/ha	10 MR
	120 kg/ha	20 MR
	150 kg/ha	10 MR
Temporalera M-87	60 kg/ha	15 MR
	90 kg/ha	15 MR
	120 kg/ha	20 MR
	150 kg/ha	15 MR
Oasis F-86	60 kg/ha	TR
	90 kg/ha	TR
	120 kg/ha	TR
	150 kg/ha	TR
Cucurpe S-86	60 kg/ha	5 MR
	90 kg/ha	TR
	120 kg/ha	TR
	150 kg/ha	TR
Genaro T-81	60 kg/ha	80 S
	90 kg/ha	60 S
	120 kg/ha	80 S
	150 kg/ha	80 S

TR = trazas; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible. De acuerdo a las clasificaciones adscritas por el "Vivero Internacional de las Royas del Trigo" (CIMMYT, 1980).

relación grano/paja y eficiencia del área foliar de la hoja bandera, lo cual indicó que en estos parámetros los dos grupos de genotipos presentaron diferencias que no fueron significativas a

pesar de que se desarrollaron los de riego en un ambiente de temporal.

En el mismo cuadro se encuentran los promedios por grupo de genotipos según su condición de cultivo para cada una de las variables en estudio. Es aquí donde se pueden apreciar con claridad las diferencias que numericamente existieron entre los promedios de los grupos de temporal y riego, y en donde inica que las variables de mayor importancia para los genotipos de temporal fueron altura de planta, longitud de espiga, peso de 1000 granos y el área foliar de la hoja bandera; así mismo para los genotipos de riego los días a madurez fisiológica y las plantas por metro cuadrado resultaron ser las de mayor relevancia.

#### 4.9 Análisis de Correlación

En el Cuadro 3A del Apéndice se encuentran las correlaciones posibles entre los componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos empleados en este estudio. En dicho cuadro se observa un 58.1% de correlaciones altamente significativas, 17.4% de valores significativos y un 24.5% de no significativos.

Las variables que estuvieron altamente correlacionadas con plantas por metro cuadrado fueron espigas por metro cuadrado, en forma positiva y espigas por planta, en forma negativa; lo cual indica que a un mayor número de plantas por metro cuadrado se obtuvieron un menor número de espigas por planta, observandose con esto un efecto compensatorio.

CUADRO 17. Contrastes y promedios de las diferentes variables estudiadas en genotipos de trigo de temporal y riego, desarrollados bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra.

Variable	$\hat{Q}$	$t_0$	Temporal	Riego
P	- 59.87	- 3.025 ++	253.00	273.00
E	- 71.18	- 2.184 +	428.00	451.00
E/P	0.15	1.224 NS	2.00	2.00
AP	53.37	11.786 ++	91.00	73.00
DF	- 17.00	----- NS	64.00	70.00
DM	- 11.50	-11.222 ++	102.00	106.00
LE	6.11	24.943 ++	11.00	9.00
ESP/E	0.88	1.136 NS	16.00	16.00
G/E	14.31	4.085 ++	37.00	32.00
G/ESP	0.26	0.640 NS	2.00	2.00
P1000	23.56	7.323 ++	41.00	33.00
RB	2820.62	2.206 +	11718.00	10778.00
RE	2220.93	3.824 ++	3220.00	2480.00
IC	0.12	2.190 +	0.27	0.23
G/P	0.18	1.549 NS	0.38	0.32
PLLG	42.59	4.922 ++	50.00	36.00
TLLG	23.44	4.199 ++	31.00	24.00
KG/HA/DF	5.50	5.367 ++	38.00	37.00
KG/HA/DM	47.60	2.991 ++	85.00	69.00
AF	22.96	8.957 ++	34.00	27.00
IAF	2.41	5.680 ++	4.40	3.60
EAF	0.04	1.032 NS	0.22	0.21

++ Altamente significativo (0.01)

+ Significativo (0.05)

NS No significativo

$\hat{Q}$  = valor del contraste de acuerdo a la hipótesis

$$H_0: T_1 + T_2 + T_3 = R_1 + R_2 + R_3$$

Donde: T = Genotipo de temporal

R = Genotipo de riego

$t_0$  = Estadístico de prueba

La longitud de espiga observó una correlación positiva de 0.8151 con altura de planta, lo cual precisa que a una mayor altura también se obtuvo una mayor longitud de espiga en los genotipos empleados en este estudio.

El peso de 1000 granos fue un caracter que se vio altamente correlacionado con el rendimiento económico (0.7123), con los kilogramos por hectárea por días a floración (0.7598) y con los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.7297), lo cual era de esperarse por estar todos ellos relacionados con el rendimiento de grano; las correlaciones entre el peso de 1000 granos y los días a floración y días a madurez fisiológica fueron de -0.6118 y -0.6589, respectivamente, lo cual indica que a un mayor número de días a floración y a madurez fisiológica el peso de 1000 granos se vio reducido.

Los días a floración estuvieron intimamente relacionados con los días a madurez fisiológica mostrando una correlación de 0.8181; así mismo, pero de una manera negativa se relacionaron con el área foliar de la hoja bandera con un valor de -0.8111, lo cual indicó un efecto compensatorio, es decir, que a un mayor número de días a floración el área foliar de la hoja bandera se redujo; lo mismo sucedio con el periodo de llenado de grano (-0.5696), los kilogramos por hectárea por días a floración (-0.5574) y el índice de área foliar de la hoja bandera (-0.6801).

El rendimiento económico se vio correlacionado positivamente con el índice de cosecha (0.8365), la relación grano/paja (0.8028), la tasa de llenado de grano (0.9807), los kilogramos por hectárea por días a floración (0.9802), los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.9978) y con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera (0.8056), lo cual

era evidente, ya que todas estas variables para ser obtenidas involucran al rendimiento económico.

El índice de cosecha obtuvo correlaciones altamente significativas y positivas con la relación grano/paja (0.9904), la tasa de llenado de grano (0.8396), los kilogramos por hectárea por días a floración (0.8343), los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.8496) y con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera (0.7356).

Las espiguillas por espiga mostraron efectos compensatorios con el índice de cosecha y la relación grano/paja con valores de -0.5325 y -0.4975, es decir, que a un mayor número de espiguillas por espiga el índice de cosecha y la relación grano/paja se vieron reducidos.

Los días a madurez fisiológica mostraron una gran cantidad de correlaciones negativas, sobresaliendo las mostradas con los granos/espiga (-0.5710), el rendimiento económico (-0.5469), el índice de cosecha (-0.6605), la relación grano/paja (-0.6062), los kilogramos por hectárea por días a floración (-0.6418), los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (-0.5960) y con el área foliar de la hoja bandera (-0.5829), lo anterior indica efectos compensatorios entre los días a madurez fisiológica y las variables indicadas, es decir, que a un mayor número de días a madurez fisiológica estas variables sufrieron reducciones en sus valores.

La relación grano/paja se vio correlacionada de una manera positiva con la tasa de llenado de grano (0.8107), los kilogramos por hectárea por días a floración (0.7967), los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.8147) y con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera (0.7131); por su parte la tasa de llenado de grano correlacionó de manera positiva con los kilogramos por hectárea por días a floración (0.9290), los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.9740) y con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera (0.8373); así mismo los kilogramos por hectárea por días a floración con los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica (0.9886) y con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera (0.7251). Los kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica mostraron una correlación de 0.7850 con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera. Por último el área foliar de la hoja bandera se correlaciono de una manera positiva y altamente significativa con el índice de área foliar de la hoja bandera (0.7818).

En general se observa que la mayoría de las variables estudiadas estuvieron altamente correlacionadas con los índices de eficiencia fisiológicos directamente relacionados con el rendimiento económico, así como también con la eficiencia del área foliar de la hoja bandera. Es también notable la gran asociación con el rendimiento económico, lo cual muestra que dicho rendimiento es un caracter poligénico, es decir, que no depende de un solo gen sino de un conjunto de estos.

## V. DISCUSION.

Las condiciones ambientales prevalecientes en el ciclo de cultivo primavera-verano de 1988 fueron favorables para el buen desarrollo de las variedades de trigo de temporal y riego empleadas en este estudio. Las condiciones de temperatura y humedad que se presentaron provocaron la aparición de enfermedades como la roya de la hoja (*P. recondita*) y la sequía intraestival prolongada mantuvo en constante estrés a los genotipos. Las condiciones anteriormente planteadas contribuirán en gran medida a siguiente discusión de los resultados obtenidos en este estudio.

### 5.1 Componentes del Rendimiento e Índices de Eficiencia Fisiológicos

Las diferencias altamente significativas entre los genotipos empleados, según el análisis de varianza (Cuadro 2), para todas las variables consideradas, se debió principalmente al diferente comportamiento de los genotipos a las condiciones de producción dadas; así mismo las características genéticas propias de cada uno de los materiales indicaron grandes diferencias entre ellos en cuanto a sus componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos. Es así como en el número de plantas por metro cuadrado, los genotipos de temporal obtuvieron un menor número, debido a que su grano es de mayor tamaño y peso que el de los genotipos de riego, y al ser obtenida la densidad de siembra en kilogramos por hectárea, es evidente que cuando el grano es de

mayor tamaño y peso, existirá un menor número de ellos en un kilogramo de semilla y por consecuencia también se obtendrá un menor número de plantas, claro está, los genotipos contarán con un mismo porcentaje de germinación en su semilla. En cuanto a las espigas por metro cuadrado, era de esperarse, que por la mayor capacidad de amacollamiento con que cuentan los genotipos de riego, estos obtuvieran un mayor número de espigas por metro cuadrado, pero debido a la falta de humedad esta capacidad de vicio reducida y fue así como no se presentaron grandes diferencias entre genotipos de riego y temporal, a excepción de Zacatecas VT-74 y Genaro T-81 que obtuvieron promedios por debajo de la media general 439 espigas por metro cuadrado (Cuadro 4).

Las espigas por planta sufrieron los mismos efectos que las espigas por metro cuadrado, y aunque los genotipos de riego presentaron mayor número de plantas por metro cuadrado, no fueron capaces, tanto como los de temporal, de sobresalir en las condiciones ambientales que se presentaron en este temporal, y una vez más Zacatecas VT-74 y Genaro T-81 fueron los únicos genotipos que presentaron promedios menores a la media general de 1.8 espigas por planta, que de hecho es un número bajo, considerando la capacidad amacolladora del trigo. Por su parte la longitud de espiga de los genotipos de temporal, debido a su constitución genética, es de mayor tamaño que la de los de riego, esto se observa en los resultados del Cuadro 7 en donde un promedio de los genotipos es de 11 centímetros, mientras que para los de riego es de 9 centímetros. En cuanto a las espiguillas por espiga no se

obtuvieron grandes diferencias entre genotipos de temporal y riego y no obstante que la longitud de espiga de los de temporal fue mayor estos no obtuvieron mayor número de espiguillas, sino mayor separación entre estas; en este caso solamente Oasis F-86 se mantuvo por debajo de la media general de 16 espiguillas por espiga (Cuadro 7).

Para los granos por espiga se presentaron diferencias significativas entre genotipos de temporal y riego, siendo en esta ocasión Genaro T-81 la menor productora de granos por espiga. Es importante mencionar el comportamiento presentado por este genotipo de ciclo tardío para condiciones de riego, ya que lo siguiente explicara el porqué de sus bajos promedios en los siguientes componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos. En primer término y muy probablemente la causa primordial fue su ciclo vegetativo tardío, el cual propició que la sequia lo afectara en mayor manera que a los otros genotipos de riego, que por tener un ciclo vegetativo menor alcanzaron a llegar a formar una cantidad de grano considerable por haber tenido unas condiciones ambientales todavía favorables para la formación de órganos florales; la segunda causa importante fue su poca resistencia a la roya de la hoja (*P. recondita*) que debido a las temperaturas y humedad que se presentaron en el ciclo, esta enfermedad atacó severamente a los genotipos susceptibles y medianamente susceptibles, como se puede observar en el Cuadro 16, en donde se presentan los porcentajes de susceptibilidad que presentó Genaro T-81 a las diferentes densidades de siembra

empleadas; por último la precencia de una helada temprana en el momento de la formación de grano de este genotipo fue la causa principal de que en ésta etapa se viera afectado el número de granos. Lo anterior servira de explicación al comportamiento que se seguira observando en parámetros posteriores por este genotipo que resultó ser el más tardío de los seis estudiados en el presente trabajo.

Continuando con los resultados obtenidos, en cuanto al número de granos por espiguilla no se presentó significancia entre genotipos, a excepción de la variedad Genaro T-81, que por razones ya explicadas no lleo a tener una buena formación de grano. En cuanto a la altura de planta, fueron los genotipos de temporal los de mayor altura, debido a que los de riego son diseñados genéticamente de menor tamaño para el mejor aprovechamiento del agua y fertilizante, una excepción fue Cucurpe S-86 que se puede considerar un genotipo alto dentro de los de riego, con un promedio de 83 centímetros.

Los días a floración que se observaron indicaron la presencia de variedades precoces, intermedias y tardías, para esta variable en los genotipos de riego y temporal; sin embargo las variedades de temporal tendieron a ser más precoces hasta en seis días a floración, que para condiciones de temporal en que se evaluaron es una diferencia de tiempo importante para la producción. La diferencia encontrada en esta variable es una característica propia que deben de reunir las variedades para temporal, ya que la

precocidad es muy importante para escapar de fenómenos como sequía o heladas. En cuanto a los días a madurez fisiológica, los genotipos de temporal mostraron un menor número de días que los de riego, esto de acuerdo al ciclo vegetativo propio de la variedad.

El menor número de días con que cuentan los genotipos de temporal es debido a que son creados pensando en temporales con bajas precipitaciones, en donde el ciclo corto tendrá una influencia directa para que los genotipos aprovechen la mayor cantidad de humedad y así puedan llegar a tener un desarrollo óptimo; otro de los beneficios de este ciclo corto es el evitar algunas condiciones ambientales que provocan en muchos casos las pérdidas parciales o totales de las cosechas, como lo fue en este caso la presencia de heladas tempranas.

Como era de esperarse, debido a su grano de mayor tamaño y peso, las variedades de temporal, junto con Cucurpe S-86, resultaron ser las sobresalientes en el peso de 1000 granos. Para el peso total de materia seca o rendimiento biológico, también las variedades de temporal resultaron ser las de promedios mayores, esto debido a la mayor altura de planta con que cuentan y al peso de grano que obtuvieron, no obstante esto, los genotipos Cucurpe S-86 y Genaro T-81, los dos de riego, por el número de plantas y espigas por metro cuadrado que presentaron llegaron a obtener rendimientos biológicos muy parecidos a los de los genotipos de temporal. En cuanto al rendimiento económico, la variedad sobresaliente lo fue Temporalera M-87, variedad de temporal y

dentro de este, de ciclo tardío, con aproximadamente 4 toneladas por hectárea, además esta variedad fue de las que obtuvo el mayor número de espigas por metro cuadrado, el mayor número de granos por espiga y el mayor peso de grano, y según McNeal et al. (1972), esto fue fundamental para que también obtuviera el mayor rendimiento económico. Entre los demás genotipos de temporal y riego no existieron grandes diferencias en sus rendimientos económicos, a excepción de Genaro T-81 que solamente obtuvo 1.3 toneladas por hectárea como promedio, debido a condiciones mencionadas con anterioridad.

Dentro de los índices de eficiencia fisiológicos que se tomaron en cuenta para este estudio, el periodo de llenado de grano que presentaron los genotipos de temporal y riego, no mostro diferencias relevantes, observandose que Temporalera M-87 (36 días) y Oasis F-86 (34 días) presentaron los menores periodos de llenado de grano. Por su parte en la tasa de llenado de grano, fue también Temporalera M-87 la que obtuvo una tasa diaria promedio de acumulación de materia seca en el grano de 111 gramos, posteriormente la siguieron las variedades Cucurpe S-86, Oasis F-86, México M-82, Zacatecas VT-74 y Genaro T-81, lo cual indica que para esta variable no hay una tendencia definida del grupo de genotipos hacia su mayor expresión. Otros de los índices de eficiencia que involucran directamente al rendimiento económico son los kilogramos por hectárea por días a floración y por días a madurez fisiológica, en donde, las variedades precoces tienden a sobresalir debido a que un rendimiento determinado se divide entre

menos días a floración y a madurez fisiológica. No obstante a este principio la variedad Temporalera M-87 también resultó ser la que presentó los mayores incrementos por día, debido a su alto potencial de rendimiento, mientras que México M-82 destacó por su rendimiento y su precocidad; el genotipo de riego, Cucurpe S-86, también sobresalió gracias a su rendimiento de grano, así como a su ciclo vegetativo.

Tanto para el índice de cosecha como para la relación grano/paja el genotipo que obtuvo los mayores promedios fue Oasis F-86 debido a que su porte genéticamente se ve limitado, por lo que sus relaciones son altas y no necesariamente involucran un alto rendimiento como es el caso de Temporalera M-87. La comparación entre grupos de genotipos indica que para el índice de cosecha las variedades temporaleras fueron ligeramente más eficientes y en la relación grano/paja fueron similares a las de riego. Entre los genotipos de temporal en estos parámetros no existieron diferencias considerables, lo cual indica que sus rendimientos económicos y biológicos, por el efecto de la sequía se vieron afectados en la misma proporción, concordando esto con los resultados obtenidos por Serrano (1986).

En cuanto a los índices que involucran el follaje, el área foliar de la hoja bandera de los genotipos de temporal fue mayor que la de los de riego, que genéticamente tienden a observar hojas más pequeñas y rectas, además que la poca humedad recibida durante su desarrollo en este temporal también afectó la producción de su

follaje; al ser relacionada esta área foliar con la superficie ocupada de terreno por medio del índice de área foliar, los genotipos de temporal, México M-82 (5.3) y Temporalera M-87 (4.4), indicaron superioridad con respecto a los de riego, que junto con Zacatecas VT-74 no presentaron diferencias considerables en este parámetro. Los resultados observados por Genaro T-81, indican que las hojas pudieron morir prematuramente por efecto de la sequía, comportamiento que es utilizado por las plantas como un mecanismo para resistir la sequía, lo que como consecuencia traería una reducción en la producción de materia seca y en el área foliar, lo anterior se infiere también para Zacatecas VT-74 que a pesar de ser un genotipo para temporal no mostró un buen comportamiento. Por su parte al ser observada la eficiencia foliar, las variedades Temporalera M-87 (0.27) y Cucurpe S-86 (0.28) fueron las sobresalientes, indicando con esto que en Cucurpe S-86 basto una reducida área foliar para producir un buen rendimiento económico, lo cual, de acuerdo a las características morfológicas de esta variedad, concuerda con lo citado por Tanner et al. (1966), que señalan que las hojas pequeñas y verticales, como las de Cucurpe S-86, reducen la competencia por luz entre las hojas y se producen rendimientos de grano altos. Las otras variedades de temporal y de riego no presentaron cambios importantes, y como era de esperarse Genaro T-81 ocupó el último lugar, debido a los problemas sufridos durante su desarrollo vegetativo.

Considerando a las variedades que mostraron las menores reducciones en el rendimiento de grano, así como las que mostrarón

la mayor producción de materia seca, índice de cosecha, relación grano/paja, así como la mayor eficiencia del área foliar en los tres grupos de precocidad, así como en los grupos de temporal y de riego que se vieron sometidos a las condiciones de temporal, se podrían utilizar como variedades con ciertos atributos valiosos para condiciones de temporal a Temporalera M-87, México M-82, Oasis F-86 y Cucurpe S-86, las cuales podrían ser utilizadas en un programa de mejoramiento complementario para temporal. Estos genotipos o variedades se podrían probar en varias localidades con diferentes condiciones de humedad, lo cual permitiría mantener y obtener posteriormente variedades que rindieran relativamente bien en diferentes condiciones de tensión hídrica, lo cual es señalado por Blum (1979) como un enfoque en el mejoramiento genético para la obtención de variedades resistentes a la sequía y apoyado por Rajaram et al. (1983), quienes indican que haciendo pruebas en un gran número de sitios con variaciones en disponibilidad de humedad permite identificar características que favorecen la selección de genotipos resistentes y/o tolerantes a la sequía.

## **5.2 Correlaciones entre el Rendimiento Económico y otras Variables en Genotipos de Temporal y Riego**

Las correlaciones positivas altamente significativas con el mayor grado de asociación que se obtuvieron con el rendimiento económico fueron el número de granos por espiga, granos por espiguilla, peso de 1000 granos, índice de cosecha, relación grano/paja, tasa de llenado de grano, kilogramos por hectárea por

días a floración, kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica y la eficiencia del área foliar; las espigas por planta, longitud de espiga, altura de planta, rendimiento biológico e índice de área foliar también mostrarán correlaciones positivas altamente significativas pero en menor grado de asociación. Solamente se obtuvieron dos correlaciones positivas significativas entre el rendimiento económico y el número de espigas por metro cuadrado y el área foliar de la hoja bandera. Las correlaciones negativas altamente significativas que se presentaron con respecto al rendimiento económico fueron los días a floración (-0.3915), lo cual coincide con Villagómez; citado por Narváez (1984) y Luna (1984) que también encontró correlación negativa entre el rendimiento económico y los días a madurez fisiológica al igual que en este trabajo en donde se presentó un valor de -0.5469; también se obtuvo correlación con el número de espiguillas por espiga, observándose un valor de -0.3374, los valores anteriores indican el poco grado de asociación existente de estas variables con el rendimiento económico. Las correlaciones negativas anteriormente expuestas no se esperaban ya que por lo regular a un mayor número de espiguillas por espiga se presentan mayores rendimientos económicos, sucediendo lo mismo a mayores días a floración y a madurez fisiológica; los datos obtenidos en este trabajo, al respecto, hacen pensar que por las diferencias existentes en la mayoría de las variables empleadas entre genotipos de temporal y riego, hicieron en el análisis de correlación conjunto, que algunos de los datos se salieran de lo

esperado, por lo cual hubiera sido conveniente hacer un análisis de correlación para genotipos de temporal y otro para genotipos de riego para así evitar en mayor medida el efecto causado por las características propias de los grupos de genotipos. Apesar de lo anteriormente mencionado, los datos de correlaciones positivas observan semejanzas con los obtenidos por Graham y Lessman (1966), Fonseca y Patterson (1968), Escobar (1970), Syme (1972), Barriga (1974), Calixto (1975), Hernández (1975), Foltyn (1977) y Velasco (1980) que a través de varios trabajos en diferentes localidades y con diversas variedades de trigo fueron obtenidos.

### **5.3 Efecto de la Densidad de Siembra sobre las Componentes del Rendimiento e Índices de Eficiencia Fisiológicos**

La densidad de siembra no mostró significancia estadística en los genotipos de trigo de temporal y riego que fueron sometidos a las densidades de 60, 90, 120 y 150 kg/ha de semilla en las variables altura de planta, días a madurez fisiológica, peso de 1000 granos, rendimiento biológico, rendimiento económico, índice de cosecha, relación grano/paja, kilogramos por hectárea por días a floración y por días a madurez fisiológica, periodo y tasa de llenado de grano y para el área foliar de la hoja bandera; para plantas y espigas por metro cuadrado, espigas por planta, longitud de espiga, espiguillas por espiga, granos por espiga e índice y eficiencia del área foliar se presentó diferencia altamente significativa y para granos por espiguilla únicamente se encontró significancia estadística. Las diferencias significativas

anteriores fueron debidas a que a una mayor densidad de siembra era lógico encontrar mayor número de plantas por metro cuadrado y por ende un mayor número de espigas por metro cuadrado y espigas por planta. La longitud de espiga se vio reducida a medida que la densidad de siembra aumentó y lo mismo sucedió con las espiguillas por espiga, granos por espiga, granos por espiguilla y la eficiencia del área foliar de la hoja bandera. El índice de área foliar de la hoja bandera aumentó a medida que la densidad de siembra lo hizo también, debido a que este parámetro involucra a la superficie que cubre cierta área foliar.

De manera general, la interacción de los genotipos con la densidad de siembra a que fueron sometidos, no redujo significativamente los valores que presentaron cada uno de los genotipos, a excepción de espigas por planta y longitud de espiga, que obtuvieron un valor altamente significativo y significativo, respectivamente, los valores que presentaron cada uno de los genotipos a pesar de los datos (Cuadro 6), si se observan y redondean las cifras, la longitud de espiga no presenta diferencias que sean de consideración, ya que a pesar de que la espiga es mayor conforme la densidad se reduce, esto no afecto de ninguna manera que el número de espiguillas o granos por espiga sufriera cambio alguno; en cuanto al número de espigas por planta, el único genotipo que se puede decir que verdaderamente se vio afectado por la densidad de siembra fue Temporalera M-87, ya que a una densidad de 60 kg/ha formo tres espigas por planta y conforme aumentó dicha densidad el número de espigas por planta tendió a

disminuir, observandose que a la densidad de 150 kg/ha solamente produjo una espiga por planta; en los demás genotipos tanto de riego como de temporal, no se presentaron diferencias considerables en el número de espigas por planta por el efecto de la densidad de siembra.

Los datos anteriormente expuestos coinciden con los de Riojas (1970), de la Vega (1970), Moreno y Laird (1970), Aguilar (1972), Upadhyay y Kuberkar (1981), Barriga y Pihan (1981), Eunos y Sobhan (1981) y Attarde y Khuspe (1982) quienes encontraron que el rendimiento económico, al igual que en este caso, no se vio afectado por cambios de la densidad de siembra, al igual que otras componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos. Por el contrario, al igual que en este trabajo, Aguilar (1972) encontró una reducción en el tamaño de la espiga por el aumento de la densidad de siembra.

#### **5.4 Definición del Genotipo para Siembras de Temporal**

De acuerdo a las características observadas en los genotipos y resultados obtenidos es posible diferenciar cuales son los principales atributos que debe reunir una variedad para temporal.

Para condiciones de temporal es importante contar con variedades de ciclo precoz a intermedio, como limite máximo un ciclo igual al de Temporalera M-87, con lo cual es posible afrontar posibles problemas como sequía o heladas al final del ciclo, además deben contener características agronómicas y

fisiológicas tales como una buena eficiencia en los índices kilogramos por hectárea por días a floración y por días a madurez fisiológica, tasa y periodo de llenado de grano y eficiencia del área foliar de la hoja bandera; además estas variedades deberán presentar una espiga larga y con un buen número de espiguillas, es decir, no debe ser laxa; su altura de planta variara entre los 80 110 cm y su grano debera ser grande y pesado, además contara con una hoja bandera ancha y de buena longitud; es importante también que estas variedades cuenten con resistencia duradera a las royas y eficiencia en el uso de agua y fertilizantes para que con todos estos elementos se puedan obtener rendimientos de materia seca y de grano adecuados para su cultivo en temporal.

De una manera específica la variedad para siembras de temporal en el área de influencia de Chapingo debera contar con 4000 kg/ha de rendimiento experimental, 450 espigas por metro cuadrado, de 2 a 3 espigas por planta, 15 cm de longitud de espiga, 20 espiguillas por espiga, 60 granos por espiga, 3 granos por espiguilla, 90 cm de altura de planta, 50 gramos en su peso de 1000 granos, 100 días a madurez fisiológica y 60 días a floración, 40% de índice de cosecha, 50% de relación grano/paja, 40 días de periodo de llenado de grano, 100 gramos por día en su tasa de llenado de grano, 65 kilogramos por hectárea por días a floración y 40 kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, 40 cm<sup>2</sup> en el área foliar de la hoja bandera, 6 en el índice de área foliar de la hoja bandera y 0.30 en la eficiencia del área foliar de la hoja bandera; además contara con resistencia duradera a las

royas y eficiencia en el uso de agua y fertilizante. Algunos de los datos anteriormente expuestos para conformar el ideotipo de trigo para la región temporalera de Chapingo de acuerdo a los datos obtenidos en este trabajo se ajustan a los propuestos, de manera general, para zonas de temporal por Moreno y Alvarez (1983) y Hernández (1988).

## VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el trabajo experimental y tomando en cuenta los datos obtenidos se concluye lo siguiente.

1. Las densidades de siembra de 60 y 150 kg/ha que se utilizaron en genotipos de trigo de temporal y riego, bajo condiciones de temporal, no manifestaron efecto alguno en el rendimiento de grano, así como en los componentes del rendimiento tanto morfológicos como fisiológicos, a excepción de espigas por planta y longitud de espiga.

2. Los genotipos de temporal superaron a los de riego en los componentes del rendimiento granos por espiga, peso de 1000 granos, longitud de espiga y rendimiento económico; así como en altura de planta y en los índices de eficiencia fisiológicos kilogramos por hectárea por días a floración y por días a madurez fisiológica, periodo de llenado de grano, tasa de llenado de grano, área foliar de la hoja bandera e índice de área foliar de la hoja bandera.

3. La variedad Temporalera M-87 que presenta un ciclo vegetativo tardío, y que se llega a ajustar a la estación de crecimiento, mostró el mayor potencial de rendimiento económico y biológico, así como también obtuvo resultados sobresalientes en

los componentes de rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos empleados en este estudio.

4. La variedad de riego de ciclo intermedio, Cucurpe S-86, presentó características en cuanto a sus componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos que la hacen parecer como una variedad apropiada para siembras de temporal.

5. Los componentes del rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos de mayor importancia para que se obtenga una buena producción de grano en condiciones de temporal fueron los granos por espiga, granos por espiguilla, peso de 1000 granos, días a floración, días a madurez fisiológica, índice de cosecha, relación grano/paja, kilogramos por hectárea por días a floración, kilogramos por hectárea por días a madurez fisiológica, tasa de llenado de grano, índice y eficiencia del área foliar de la hoja bandera.

6. Una variedad apropiada para siembras de temporal debera contar con un ciclo de precoz a intermedio, o como máximo igual al de Temporalera M-87, y se debe poner especial atención a características agronómicas y fisiológicas tales como la altura de planta, la longitud de espiga, el peso de 1000 granos, el área foliar de la hoja bandera y el índice de área foliar de la hoja bandera. Además estas variedades deberan ser eficientes en el uso de agua y fertilizantes, contar con amplio rango de adaptación así como resistencia duradera a las royas.

## VII. LITERATURA CITADA.

- Acosta N.,S. 1971. Estudio de caracteres de rendimiento controlando la capacidad de amacollo, en diferentes densidades de siembra en trigo (Triticum aestivum). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Aguilar M.,I. 1972. Influencia del espaciamento entre surcos y densidad de población sobre el rendimiento y aspectos fisiológicos en trigo. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Aguilar M.,I. y R.A. Fischer. 1975. Análisis de crecimiento y rendimiento de 30 genotipos de trigo bajo condiciones ambientales óptimas de cultivo. *Agrociencia* 21: 185-197. Chapingo, México.
- Anónimo. 1979. Informe Anual del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México. pp. 93-97.
- Anónimo. 1980. Guía para evaluar royas. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México.
- Arredondo V.,C. 1982. Aptitud combinatoria general y específica en líneas de trigo (Triticum aestivum L.) bajo el método de riego-sequia. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Attarde D.,R. and V.S. Khuspe. 1982. Response of wheat varieties to levels of seed rates and nitrogen. *Field Crop Abstr.* 35 (1): 2.
- Baker.R.,J. and K.G. Briggs. 1982. Effects of plant density on the performance of 10 barley cultivars. *Crop Sci.* 22 (6): 1164-1167.
- Barriga G.,P. 1974. Analysis of cause and effect for yield components in spring wheat. *Agron. Sur (Chile).* 2: 1-5.
- Barriga B.,P. and S.R. Pihan. 1981. Effects of sowing rates on agronomic and morphological characters of spring wheat. *Field Crop Abstr.* 34 (8): 684.
- Beratto M.,E. 1974. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con el rendimiento de grano en 10 cultivares de trigo

(Triticum aestivum L.) estudiados en Chapingo, Méx.  
Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de  
Postgraduados. Chapingo, México.

- Betanzos M., E. 1975. La competencia entre plantas y la genética de poblaciones. Agricultura Técnica en México. 3 (11): 401-406.
- Bingham J. 1969. The physiological determinant of grain yield in cereals. Agricultural Progress 44: 30-42.
- Biscoe P., V. and J.N. Gallagher. 1977. Weather, dry matter production and yield. In: Landsburg, J.J. and C.V. Cutting (Eds.). Environmental effects on crop physiology. Academic Press Inc. (London). Ltd. 388 p.
- Bishnoi V., R. 1980. Effects of seeding rates and row spacing on forage and grain production of triticale, wheat and rye. Crop Sci. 20 (1): 107-108.
- Blackman G., E. y J.N. Black. 1959. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XII. The role of the light factor in limiting growth. Ann. Bot. 23: 131-145.
- Blum A. 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants: A case for sorghum. p. 429-445. In: Stress Physiology in Crop Plants. Mussell, H. and R.C. Stiples (Eds.), Wiley-Interscience, New York.
- Bonnet O., T. and C.M. Woodworth. 1931. A yield analysis of three varieties of barley. J. Amer. Soc. of Agron. 23: 311-327.
- Boyer J., S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiol. 46: 233-235.
- Bravo Q., F. 1988. Evaluación de variedades mejoradas de cuatro especies de cereales de invierno, en Jilotepec, Méx. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan, México.
- Brinkman M., A. and K.J. Frey. 1977. Growth analysis of isoline recurrent parent grain yield differences in oats. Crop Sci. 17: 426-430.
- Bruisma J. 1966. Analysis of growth development and yield in a spacing experiment with rye (Secale cereale C.). Neth. Jour. Agric. Sci. 14 (3): 198-214.

- Buttery B.,R. 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. *Crop Sci.* 10: 9-13.
- Butting A.,H. and S.H. Drennan. 1966. Some aspects of the morphology of cereals in the vegetative phase. In: *The growth of cereals and grasses.* Butter Worths, London. pp. 24-32.
- Calixto C.,N. 1975. Detección de caracteres determinantes del rendimiento de grano de trigo mediante índices de selección, coeficientes de sendero y regresión lineal múltiple. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Castillo G.,F. 1980. El rendimiento de grano de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench), su relación con los periodos de desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Chang Jen-Hu. 1968. *Climate and agriculture. An ecology survey.* Aldine Publishing Company, Chicago. U.S.A.
- Cholick F.,A. 1982. Effects of seeding rates and row spacings on winter wheat cultivars. *Field Crop Abstr.* 35 (1): 1.
- Clarke G.,L. 1958. *Elementos de Ecología.* 2a. Edición. Ed. Omega S.A. Barcelona, España.
- Clement G.,M. y J. Prats. 1969. *Los cereales.* Trad. J.I. de la Vega. Mundiprensa. Madrid, España. 336 p.
- Clements F.,E.; J.E. Weaver and H.C. Hanson. 1929. *Plant competition. An Analysis of Community Functions.* Carnegie Institution of Washington.
- Cristian C.,S. and S.G. Gray. 1941. Interplant competition in mixed population and its relation to simple plant selection. *J. Council Sci. Ind. Res.* 8: 1-7.
- Crofts C.,F.; D.L. Kachson; P.M. Martin and J.C. Patrick. 1971. *Los vegetales y sus cosechas. Fundamentos de agricultura moderna.* 2a. Trad. R. Morán. Ed. AEDOS. Barcelona, España. 245 p.
- Croghan P.,C. 1961. Competition and mechanisms of osmotic adaptation. *Symp. Exp. Biol.* 15: 157-167.
- Cueto W.,J.A. 1983. Efecto del método y la densidad de siembra sobre el desarrollo y rendimiento del trigo (Triticum aestivum) en el Norte de Coahuila. Tesis de Maestro

en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Colegio de Postgraduados. Saltillo, Coahuila.

- Darwin C. 1859. El origen de las especies (por medio de la selección natural). Ed. Diana. 9a. reimpresión. México, 1971. pp. 73-121.
- Darwinkel A. 1981. Ear size in relation to tiller emergence and crop density. *Field Crop Abstr.* 34 (5): 352.
- Day A., D.; A. Aschalew and E.B. Jackson. 1976. Effect of cultivar practices on grain yield and yield components in irrigated wheat. *Agron. J.* 68 (1): 132-134.
- De Loughery R., L. and R.K. Crookston. 1979. Harvest index of corn affected by population density maturity rating and environment. *Agron. J.* 71 (4): 577-580.
- Demericakmak A.; M.L. Kaufmann and L.P.V. Johnson. 1963. The influence of seed size and seeding rate on yield components of barley. *Can. J. of Plant Sci.* 43 (3): 330-337.
- Donald C., M. 1951. Competition among pasture plants. I. Intra-specific competition among annuals pasture plants. *Austral J. Agric. Res.* 2: 355-376.
- \_\_\_\_\_ 1962. In search of yield. *J. Aus. Inst. Agr. Sci.* 28: 171-173.
- \_\_\_\_\_ 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15: 1-118.
- \_\_\_\_\_ 1968. The design of a wheat ideotype. Third international Wheat Genetic Symposium. Butterworths. pp. 377-387.
- \_\_\_\_\_ and J. Hamblin. 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* 28: 351-405.
- Duncan W., G. 1975. Maize. In: Evans L., T. (Ed.). *Crop physiology: some case histories.* Cambridge University Press. London and New York. pp. 23-50.
- Escobar P., R.E. 1970. Una extensión del diseño dialéctico incluyendo (n-1) veces cada progenitor y su aplicación en trigo. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- Eunus M. and A. Sobhan. 1981. Influence of planting method and seeding rate on yield of wheat. *Field Crop Abstr.* 34 (1): 36.
- Evans L.,T. 1975. In: *Crop physiology: some case histories*. L.T. Evans (Ed.). Cambridge University Press. London and New York. pp. 327-355.
- \_\_\_\_\_ and I.F. Wardlaw. 1976. Aspectos de la fisiología comparativa del rendimiento de grano en cereales. *Adv. Agron.* 28: 301-350. Trad. J.L. Arellano.
- Fakorede M.,A. and J.J. Mock. 1980. Growth analysis of maize variety hybrids obtained from two recurrent selection programs for grain yield. *New Phytol.* 85: 393-408.
- Ferguson W.,S. 1967. Growth and development of wheat. *Canadian Centennial Wheat Symposium*. The Alberta Wheat Pool. 19.
- Foltyn J. 1977. Determination of the quantitative characteristics for wheat and barley ideotype for central Europe. *Scientia Agricultura e Bohemoslavaca*. Prague-Rysym, Czechoslovakia. 9 (1): 13-29.
- Fonseca S. and F.L. Patterson. 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat. *Crop Sci.* 8: 614-617.
- Fowler C.,W. and D.C. Rasmusson. 1969. Leaf area relationships and inheritance in barley. *Crop Sci.* 9: 729-731.
- Garcia E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gacia F.,J. 1958. *Cereales de invierno*. Ed. BOSSAT. Madrid, España. pp. 39-67.
- Gaskel M.,L. and R.B. Pearce. 1981. Growth analysis of maize hybrids differing photosynthetic capability. *Agron. J.* 73: 817-821.
- Graderi A. and E.H. Everson. 1971. Genotype environment studies of test weight and its components in soft winter wheat. *Crop Sci.* 11 (5): 617-720.
- Graham D. and K.L. Lessman. 1966. Effect of height on yield and yield components of two isogenic lines of Sorghum vulgare Pers. *Crop Sci.* 6: 372-374.
- Guitard A.,A.; J.A. Newman and P.B. Hoyt. 1961. The influence of seeding rate on the yield and the yield components of

wheat, oat and barley. Can. J. of Plant Sci. 41 (4): 751-758.

Hanson H.; N.E. Borlaug and R.G. Anderson. 1985. El trigo en el tercer mundo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 166 p.

Harper J.,L. 1961. Approaches to the study of plant competition. In: Mechanisms in Biological Competition. Symp. Soc. Exp. Biol. XV. 1-39.

\_\_\_\_\_ and I.H. Mc. Naughton. 1962. The competitive biology of closely related species living in the same area. VII. Interference between individuals in pure and mixed population of Papaver species. The New Phytologist.

Hawkins C.,R. and P.J.M. Cooper. 1981. Growth, development and grain yield of maize. Expl. Agric. 17: 203-207.

Hayes H.,K. y F.R. Immer. 1942. Methods of plant breeding. New York. Mc. Graw Hill. 432 p.

Hernández S.,A. 1975. Correlaciones genéticas y caracteres determinantes del rendimiento del grano de trigo (Triticum aestivum). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

\_\_\_\_\_ 1988. El ideotipo de trigo para las regiones temporaleras de México. In: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. (Ed.). Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, México.

Hodgson G.,L. and G.E. Blackman. 1957. An analysis of the influence of plant density on the growth of Vicia faba. II. The significance of competition for light in relation to plant development at different densities. Jour. Exp. Bot. 8: 195-219.

Holliday R. 1963. The effect of row with on the yield of cereals. Department of Agriculture, Leeds University. Field Crop Abst. 16 (1): 71-81.

Hunt F. 1982. Plant growth curves, the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Publishers. 247 p.

Infante G.,S. y G.P.Z. de Lara. 1984. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Ed. Trillas. México. pp. 435-444.

- Jacob A. y H. Von. 1968. Nutrición y abonadura de los cultivos tropicales y subtropicales. 4a. ed. Auroamericanos. pp. 45-53 y 139-149.
- Jardine W.,M. 1916. Effect of rate and date of sowing on yield of winter wheat. Kansas Agricultural Experiment Station. Manhattan, Kansas. pp. 163-166.
- Jurgens S.,K.; R.R. Johnson and J.S. Boyer. 1978. Dry matter production and traslocation in maize subjected to drought during gram fill. Agron. J. 70: 678-682.
- Kohashi J.,G. 1979. Contribución al conocimiento del frijol (Phaseolus) en México. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- López A.,G. 1984. Comportamiento genético de variedades de trigo (Triticum aestivum L.) liberadas en México en diferentes épocas. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Luna R.,J.J. 1984. Sistemas de siembra en trigo bajo condiciones de temporal. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Zapopan, Jalisco.
- Marinato R. 1978. Respuesta del cultivo de trigo a variaciones de humedad del suelo en diferentes etapas de crecimiento. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Márquez S.,F. 1974. El problema de la interacción genético-ambiental en genotécnia vegetal. Ed. PATENA A.C. Chapingo, México. 113 p.
- Martin J.,H. 1926. Factors influencing results from rate and of seeding experiments with wheat in the Western United States. J. Amer Soc. Agron. 23: 193-223.
- Martinez S.,J.J. 1973. Densidad óptima para siete variedades de trigo en Río Bravo, Tamp. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara, México.
- Mather K. 1961. Competition and cooperation. In: Mechanisms in biological competition. Symp. Soc. Exp. Biol. XV. 264-284.
- Maya de León J.L. 1980. Trigo. In: Recursos genéticos disponibles en México. Cervantes S.,T. (ed.). SOMEFI. Chapingo, México.
- Mazurek J. and W. Wilcnska-Krostrzewa. 1981. The effect of number of plant per unit area on yield and certain

components of yield in cultivars of spring wheat. Field Crop Abstr. 34 (1): 36

- McNeal F., H.; M.A. Berg; V.R. Stewart and D.E. Baldrige. 1972. Agronomic response of three height classes of spring wheat, Triticum aestivum L., compared at different yield levels. Agron. Jour. 64 (3): 362-367.
- \_\_\_\_\_ ; E.P. Smith and M.A. Berg. 1974. Plant height grain yield and yield component relationships in spring wheat. Agron. Jour. 66 (4): 575-578.
- Milne A. 1961. Definition of competition among animals. In: Mechanisms in biological competition. Symp. Soc. Exp. Biol. XV. 40-61.
- Milthorpe F., L. y J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Ed. Hemisferio Sur, S.A. México. 259 p.
- Mohiuddin H., S. and L.I. Croy. 1980. Flag leaf and peduncle area variation in relation to winter wheat grain yield. Agron. Jour. 72: 299-301.
- Montgomery E., G. 1912. Competition in cereals. Nebraska Agr. Exp. Sta. Bull. 127: 3-22.
- Moreno G., R. y M. Alvarez. 1983. Obtención de variedades de trigo de temporal Zona Centro. SARH-INIA-CEVAMEX. Chapingo, México. Folleto miceláneo.
- \_\_\_\_\_ 1988. Obtención de variedades de trigo para siembras de temporal. In: Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. SARH-INIFAP. Cd. Obregón, Son. México.
- Moreno R., O.H. and R.J. Laird. 1970. Report of agronomy practices in wheat production carried out at CIANO in 1969-70. CIMMYT, México.
- \_\_\_\_\_ ; M.V. Tanori y H.R. Becerril. 1985. Respuesta del trigo a la densidad de población. In: Revisión para Agricultura Técnica en México. México.
- Narváez M., J.M.F. 1977. Estudio de la interacción genotipo-ambiente en el mejoramiento de trigo (Triticum aestivum). Tesis Profesional. ITESM. Monterrey, N.L. México.
- \_\_\_\_\_ 1984. Estudio de la interacción genotipo-ambiente en el mejoramiento de trigo (Triticum aestivum). Tesis de Maestro en Ciencias. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Universidad Agraria Antonio Narro. México.

- Nerson H. 1981. Effects of population density and numbers of ears an wheat yield ant its components. Field Crop Abstr. 34 (8): 684.
- Norero A. 1969. A formula to express evapotranspiration as a funcion of soil moisture and evaporative demand of the atmosphere. Ph. D. Disertation, Utah State University. U.S.A.
- Odum W.,P. 1965. Ecología. Ed. Continental, S.A. México.
- Ortiz S.,C.A. y H.E. Cuanalo de la Cerda. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de Chapingo, (para la cartografía de tierras erosionadas). Rama de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 25-27.
- Osuna O.,J. 1980. Estimación y uso de índices fisiotécnicos en la evaluación de genotipos de sorgo para grano (Sorghum bicolor L. Hoendi), tolerantes al frío bajo diferentes ambientes en Chapingo, Méx. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Pandey R.,K.; W.A.T. Herrera; A.N. Villegas and J.W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legume under irrigation gradient. III. Plant growth. Agron. J. 76: 557-561.
- Pendleton J.,W. and J.J. Hammond. 1969. Relative photosynthetic potential for grain yield of various leaf canopy levels of corn. Agron. J. 61: 911-913.
- Puckridge D.,W. 1962. The effect of competition among wheat plants sown at a wide range of densities, with particular reference to light and leaf area. B. Agric. Sci. Thesis University of Adelaide.
- \_\_\_\_\_ and C.M. Donald. 1967. Competition among wheat plants sown at a wide ranges of densities. Aust. J. Agric. Res. 18: 193-211.
- \_\_\_\_\_ 1968. Competition for light and its effect of leaf and spikelet development of wheat plants. Aust. J. Agric. Res. 19: 191-201.
- Quisenberry K.,S. and L.P. Reitz. 1967. Monografía No. 13. Editada por The American Society of Agronomy.
- Rajaram S.; C.E. Mann; R. Villarreal; W. Nelson and G. Ortiz-Ferrara. 1983. Bread wheat. In: CIMMYT report on wheat improvement. pp. 10-31.

- Ramírez D., J.L. 1985. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento de los híbridos de maíz H-30 y H-31 y de sus progenitores. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Rawson M., H. and L.T. Evans. 1970. The patter of grain growth with in the ear of wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23: 755-764.
- Reyes C., P. 1978. Diseño de experimentos aplicados. Ed. Trillas. México. 344 p.
- Riojas G., E. 1970. Cebada. Informe CIANO 1968-69. Pacheco M., F. (comp.). CIANO-INIA-SAG. p. 84-89.
- Robertson D., W.; J.F. Brandon; H. Fellows; O.H. Coleman and J.J. Curtis. 1942. Rate and date of seeding winter in Eastern, Colorado. Colorado Agricultural Experiment Station. Bull. No. 472: 5-9.
- Sahagun C., J. 1973. Determinación de la relación grano/paja en 25 variedades de trigo. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- Sakai, Kan-Ichin. 1955. Competition in plants and its relation to selection. Cold Spring Harbor. Symp. Quant Biol. 20: 137-157.
- \_\_\_\_\_ 1957. Studies on competition in plants. VII. Effect on competition of a varying number of competing and non-competing individuals. Jour. Genet. 55: 222-234.
- \_\_\_\_\_ 1961. Competitive ability in plants its inheritance and some related problems. In: Mechanisms in biological competition. Symp. Soc. Exp. Biol. XV. 245-263.
- \_\_\_\_\_ and Shin-ya Iyama. 1963. Density response and competitive ability in barley. National Institute of Genetics. Annual Report. 14: 73-74. Japón.
- Salazar G., M. 1988. La red nacional de investigación en cereales de grano pequeño. Organización actual y planes futuros. In: I Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. SARH-INIFAP. Cd. Obregón, Son. México.
- Sánchez J., E. 1982. Respuesta del triticale a las densidades de siembra en la Ciénega de Chapala. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara, México.
- Serrano C., L.M. 1986. Selección masal visual sin y con recombinación para resistencia a la sequía en trigo

(*Triticum aestivum* L.). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

- ; J.L. Rodriguez e I. Benitez. 1988. Cambios fisiológicos del trigo como respuesta a la selección de plantas en condiciones limitantes de humedad. In: I Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. SARH-INIFAP. Cd. Obregón, Son. México.
- Shibles R.,M. and C.R. Weber. 1966. Interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. *Crop Sci.* 6: 55-59.
- Simmons S.,R.; D.C. Rasmusson and J.V. Wiersma. 1982. Tillering in barley: genotype, row spacing and seeding rate effects. *Crop Sci.* 22 (4): 301-805.
- Sionit N.,I.D. and P.J. Kramer. 1980. Effect of repeated application of water stress on water status and growth of wheat. *Physiol. Plant* 50: 11-15.
- Sivakumar M., V.K.; N. Sectharama; S. Sardor and F.R. Bidinger. 1979. Water relations growth and dry matter accumulation of sorghum under post-rainy season conditions. *Agron. J.* 71: 843-847.
- Slavka B. and C. Tomislov. 1978. Phenotypic expression of different genotypes of common wheat under the some environment. 3th. Wheat Genetics Symposium. Canberra.
- Sobrado M.,A. and N.C. Turner. 1983. Influence of water deficits on the water relations characteristics and productivity of wild and cultivated son flowers. *Aust. J. Plant Physiol.* 10: 195-203.
- Suresh K.,S. and R. Kanna. 1975. Physiological, biochemical and genetic basic of heterosis. *Adv. Agron.* 27: 123-171.
- Syme J.,R. 1972. Single plant characters as a measure of yield plant performance of wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 26: 753-760.
- Tanaka A. y J. Yamaguchi. 1981. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento de grano de maíz. Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Tanner J.,W.; C.J. Garcener; N.C. Stocskopf and E. Reinbergs. 1966. Some observations on upright leaf typp in small grains. *Can. J. Plant Sci.* 46: 690-698.

- Thorne G.,N.; P.J. Wellbank and G.C. Blackwood. 1969. Growth and yield of six short varieties of spring wheat derived from Norin 10 and two European varieties. Ann. Appl. Biol. 63: 241-251.
- \_\_\_\_\_ and J.C. Blacklock. 1971. Effects of plant density and nitrogen fertilizer on growth and yield of short varieties of wheat derived from Norin 10. Ann. Appl. Biol. 78: 93-111.
- Tola C.,J.; F.R. Trujillo y G.A. Martínez. 1975. Naturaleza del amacollamiento en cebada (H. vulgare L.). Agrociencia 21: 169-180.
- \_\_\_\_\_ ; F. R. Trujillo y G.A. Martínez. 1977. Competencia inter e intraplanta bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada en cebada (H. vulgare l.). Agrociencia 23: 31-46.
- Upadhyay U.,C. and S.Y. Kuberkar. 1981. Influence of seeding rates spacings and varieties on yield of wheat under irrigated conditions. Field Crop Abstr. 34 (7): 570.
- Valarezo C.,A. 1978. Cambios ocurridos con la precocidad en cuatro especies cultivadas. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Vega M. de la. 1970. Densidad de siembra en trigo. Informe CIANO 1968-69. Pacheco M.,F. (comp.). CIANO-INIA-SAG. p. 462.
- Vela C.,M. 1971. Evaluación de cuatro genotipos de trigo en varios espaciamientos y densidades de siembra. XI. Sesión del ciclo de conferencias 1970-71 del CIANO. Cd. Obregón, Son. México.
- Velasco L.,P.J. 1980. Estimación de parámetros genéticos de caracteres agronómicos de trigo (Triticum aestivum L.) en diferentes condiciones ambientales. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Villaseñor M.,H.E. 1988. Mejoramiento genético de trigo para la obtención de variedades temporales para los Valles Altos de México. In: I Conferencia Nacional sobre la Producción de Trigo en México. SARH-INIFAP. Cd. Obregón, Son. México.
- \_\_\_\_\_ y R. Moreno. 1988. Evaluación de genotipos de trigo precoces, intermedios y tardíos bajo diferentes condiciones de temporal. In: Resúmenes del XII Congreso de Fitogenética. Chapingo, México.

- Wallace D.,H.; J.L. Ozbun and H.M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. Agron. 24: 97-146.
- Watson D.,J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of yield crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties and within and between years. Ann. Bot. 11: 41-76.
- \_\_\_\_\_ 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv. Agron. 4: 101-145.
- \_\_\_\_\_ ; G.N. Thorne and S.A. French. 1963. Analysis of growth and yield of winter and spring wheat. Ann. Bot. 27: 1-22.
- Wilcox J.,R. 1974. Response of three soybean strains to equidistant spacings. Agron. J. 66: 409-412.
- Woodward R.,W. 1956. The effect to rate and date of seeding of small grains on yields. Agron. J. 48: 160-162.
- Zavala G.,F. 1982. Interacción entre los caracteres fisiotécnicos del híbrido y sus progenitores sobre el rendimiento de grano y estimación de parámetros genéticos en sorgo para grano (Sorghum bicolor (L.) Moench). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

**VIII. APENDICE.**

CUADRO 1A. Cuadrados medios del análisis de varianza de las diferentes variables estudiadas en seis genotipos de trigo bajo condiciones de temporal y sometidos a cuatro densidades de siembra.

Variabes	g.l.	Rendimiento económico (kg/ha)	Rendimiento biológico (kg/ha)	Plantas por m <sup>2</sup>
Genotipos	5	13207309.27 ++	37554049 ++	8360.71 ++
Densidad	3	360570.48 NS	1878643 NS	203984.02 ++
Gen. x Den.	15	290221.41 NS	782829 NS	415.07 NS
Bloques	3	891376.57 +	22684987 ++	247.00 NS
Tratamientos	26	2851758.02 ++	10507829 ++	25412.41 ++
Error	69	224784.62	1089884	261.10
Total	95			
C.V. (%)		16.63	9.26	6.14

Variabes	g.l.	Espigas por m <sup>2</sup>	Espigas por planta	Longitud de espiga (cm)
Genotipos	5	15027.06 ++	0.69 ++	24.53 ++
Densidad	3	69936.20 ++	5.01 ++	1.16 ++
Gen. x Den.	15	1144.06 NS	0.05 ++	0.09 +
Bloques	3	3483.59 ++	0.04 NS	0.30 ++
Tratamientos	26	12021.37 ++	0.74 ++	4.90 ++
Error	69	708.07	0.01	0.04
Total	95			
C.V. (%)		6.05	7.32	2.23

Variabes	g.l.	Espiguillas por espiga	Granos por espiga	Granos por espiguilla
Genotipos	5	22.57 ++	204.26 ++	0.89 ++
Densidad	3	4.36 ++	37.62 ++	0.40 +
Gen. x Den.	15	0.53 NS	5.95 NS	0.08 NS
Bloques	3	1.91 ++	27.62 +	0.40 +
Tratamientos	26	5.37 ++	50.24 ++	0.26 ++
Error	69	0.40	8.18	0.11
Total	95			
C.V. (%)		3.93	8.20	8.31

++ Altamente significativo a un  $\alpha$  de 0.01

+ Significativo a un  $\alpha$  de 0.05

NS No significativo

C.V. Coeficiente de variación

Continuación Cuadro 1A.

Variables	g.l.	Altura de planta (cm)	Peso de 1000 granos (g)	Días a floración
Genotipos	5	2416.92 ++	474.63 ++	386.66
Densidad	3	4.11 NS	5.53 NS	0.00
Gen. x Den.	15	18.50 NS	6.09 NS	0.00
Bloques	3	293.47 ++	23.34 +	0.00
Tratamientos	26	509.80 ++	98.12 ++	74.35
Error	69	13.67	6.90	0.00
Total	95			
C.V. (%)		4.48	7.01	0.00

Variables	g.l.	Días a madurez fisiológica	Indice de cosecha	Relación grano/paja
Genotipos	5	249.20 ++	0.078 ++	0.021 ++
Densidad	3	0.22 NS	0.005 NS	0.018 NS
Gen. x Den.	15	0.22 NS	0.001 NS	0.008 NS
Bloques	3	2.44 +	0.005 NS	0.015 NS
Tratamientos	26	48.07 ++	0.017 ++	0.049 ++
Error	69	0.70	0.002	0.009
Total	95			
C.V. (%)		0.80	19.608	27.651

Variables	g.l.	Periodo de llenado de grano	Tasa de llenado de grano
Genotipos	5	115.86 ++	10572.95 ++
Densidad	3	0.22 NS	250.12 NS
Gen. x Den.	15	0.22 NS	205.43 NS
Bloques	3	2.44 +	618.17 +
Tratamientos	26	22.43 ++	2180.63 ++
Error	69	0.70	168.77
Total	95		
C.V. (%)		2.24	16.93

++ Altamente significativo a un  $\alpha$  de 0.01

+ Significativo a un  $\alpha$  de 0.05

NS No significativo

C.V. Coeficiente de variación

Continuación Cuadro 1A.

Variables	g.l.	Kg/ha/días a floración	Kg/ha/días a madurez fisiológica
Genotipos	5	3428.68 ++	1320.40 ++
Densidad	3	87.06 NS	34.01 NS
Gen. x Den.	15	69.75 NS	27.37 NS
Bloques	3	198.81 +	80.37 +
Tratamientos	26	732.59 ++	273.64 ++
Error	69	49.90	20.77
Total	95		
C.V. (%)		16.34	16.54

Variables	g.l.	Area foliar (cm <sup>2</sup> )	Indice de área foliar	Eficiencia del área foliar
Genotipos	5	585.94 ++	8.92 ++	0.059 ++
Densidad	3	11.36 NS	3.77 ++	0.022 ++
Gen. x Den.	15	3.67 NS	0.14 NS	0.000 NS
Bloques	3	26.30 ++	1.46 ++	0.009 ++
Tratamientos	26	119.14 ++	2.40 ++	0.014 ++
Error	69	4.38	0.12	0.001
Total	95			
C.V. (%)		6.87	8.67	18.733

++ Altamente significativo a un  $\alpha$  de 0.01

+ Significativo a un  $\alpha$  de 0.05

NS No significativo

C.V. Coeficiente de variación

CUADRO 2A. Valores de componentes de rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos para evaluar la eficiencia de genotipos de trigo de temporal y de riego, bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra.

Variable	Media	Desviación standar	Mínimo	Máximo	C.V. (%)
P	262.833	84.525	105.000	413.000	32.159
E	439.593	61.679	297.000	595.000	14.031
E/P	1.811	0.466	1.000	2.900	25.729
AP	82.375	12.225	55.000	100.000	14.841
DF	66.833	4.511	58.000	73.000	6.749
DM	104.250	3.707	100.000	114.000	3.556
LE	9.907	1.178	7.840	12.120	11.891
ESP/E	16.250	1.329	13.000	20.000	8.183
G/E	34.864	4.438	20.000	45.000	12.729
G/ESP	2.020	0.409	1.000	3.000	20.281
P1000	37.427	5.645	22.000	48.000	15.083
RB	11268.854	1915.052	7770.000	16620.000	16.994
RE	2850.343	971.465	610.000	4643.000	34.082
IC	0.254	0.081	0.050	0.440	31.875
G/P	0.356	0.143	0.053	0.783	40.361
PLLG	37.416	2.594	34.000	42.000	6.933
TLLG	76.713	27.182	16.490	128.970	35.434
KG/HA/DF	43.222	15.383	8.400	68.300	35.592
KG/HA/DM	27.543	9.618	5.550	44.640	34.922
AF	30.455	5.982	20.190	49.630	19.644
IAF	3.997	0.863	2.300	6.500	21.593
EAF	0.217	0.073	0.040	0.380	33.818

C.V. Coeficiente de variación

CUADRO 3A. Análisis de correlación entre los componentes de rendimiento e índices de eficiencia fisiológicos de genotipos de trigo de temporal y de riego, bajo condiciones de temporal y cuatro densidades de siembra.

VARIABLE	P	E	E/P	ESP/E	G/E	G/ESP	LE	PIODO	DF	DM	AP	RG	RE	IC	G/P	PLLQ	TLLQ	KG/HA/DF	KG/HA/DM	AF	IAF	EAF
P	1.0000																					
E	0.7490 **	1.0000																				
E/P	-0.9208 **	-0.4685 **	1.0000																			
ESP/E	-0.1108 NS	-0.3705 **	-0.0783 NS	1.0000																		
G/E	-0.3148 **	-0.0480 NS	0.3985 **	-0.1190 NS	1.0000																	
G/ESP	0.2115 **	0.0064 NS	0.3183 **	-0.1190 NS	0.4266 **	1.0000																
LE	-0.2036 NS	0.2807 **	0.1158 NS	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	1.0000															
PIODO	0.1826 NS	0.0340 NS	0.2574 +	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	1.0000														
DF	0.3129 +	0.0340 NS	-0.2365 +	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	1.0000													
DM	0.2337 +	-0.0462 NS	-0.3171 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	1.0000												
AP	-0.0440 NS	-0.0795 NS	-0.0106 NS	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	1.0000											
RG	0.1417 NS	0.2236 +	-0.0319 NS	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.0031 NS	1.0000										
RE	-0.1745 NS	0.2236 +	0.3476 +	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.3915 **	0.4349 **	1.0000									
IC	0.2738 **	0.0753 NS	0.3964 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	1.0000								
G/P	-0.2746 **	0.0665 NS	0.3964 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	1.0000							
PLLQ	-0.0390 NS	0.1684 NS	0.3964 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	1.0000						
TLLQ	-0.1542 NS	0.2552 **	0.3317 +	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	-0.2666 **	1.0000					
KG/HA/DF	-0.2104 +	0.1836 NS	0.3701 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	0.9290 **	0.9740 **	1.0000				
KG/HA/DM	-0.1828 **	0.2101 +	0.3581 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	0.9290 **	0.9740 **	0.9086 **	1.0000			
AF	0.2818 **	-0.1608 NS	0.3928 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	0.9290 **	0.9740 **	0.9086 **	0.9086 **	1.0000		
IAF	-0.2808 **	0.2818 **	0.3178 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	0.9290 **	0.9740 **	0.9086 **	0.9086 **	0.8104 **	1.0000	
EAF	-0.2640 **	0.2818 **	0.3178 **	0.4266 **	0.6450 **	0.4016 **	0.5000	0.1000	0.8181 **	0.4134 **	-0.4328 **	0.4349 **	0.4294 **	0.4782 **	0.0000	0.9290 **	0.9740 **	0.9086 **	0.9086 **	0.8104 **	0.7818 **	1.0000
																						0.2254 +
																						0.0000

\*\* Atributo significativo con un nivel de 0.01

+ Significativo con un nivel de 0.05

NS No significativo

CUADRO 4A. Medias mensuales de temperatura, precipitación pluvial, evaporación y humedad relativa. Chapingo, México. 1988.

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación pluvial (mm)	Evaporación (mm)	H.R. (%)
Enero	14.1	0.0	4.25	47
Febrero	17.2	9.0	4.54	48
Marzo	18.0	43.8	5.02	48
Abril	20.8	16.1	6.13	42
Mayo	21.4	34.9	5.78	47
Junio	19.7	101.1	4.19	65
Julio	18.4	108.3	3.34	71
Agosto	18.9	58.6	3.66	67
Septiembre	18.1	100.9	3.95	64
Octubre	17.3	15.2	3.91	56
Noviembre	17.1	14.6	3.91	43
Diciembre	15.0	0.0	3.29	46

H.R. = Humedad relativa