

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



SELECCIÓN RECURRENTE DE FAMILIAS DE MEDIOS  
HERMANOS Y HERMANOS COMPLETOS EN EL CULTIVO DE  
TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

**TESIS**

QUE PRESENTA

**BEATRIZ ADRIANA GUTIÉRREZ DÍAZ**

COMO REQUISITO PACIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO AGRÓNOMO**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE 2001

002052

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS


TESIS QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

BEATRIZ ADRIANA GUTIERREZ DIAZ

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:

  
DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO

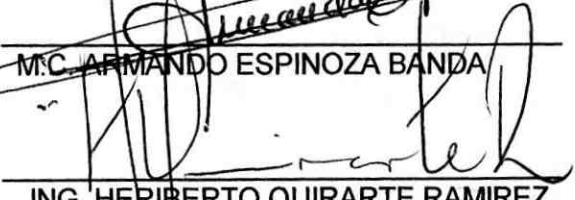
ASESOR:

  
PhD. ARTURO PALOMO GIL

ASESOR:

  
M.C. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:

  
ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMIREZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONOMICAS

  
ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS QUE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO CALIFICADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO


BEATRIZ ADRIANA GUTIERREZ DIAZ

APROBADA POR:

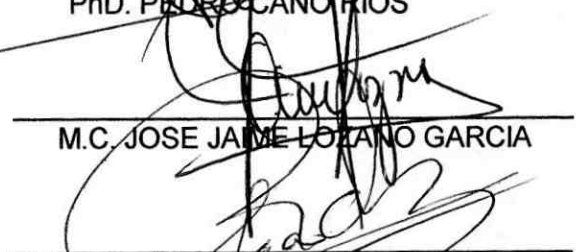
PRESIDENTE:

  
DR. EMILIANO GUTIÉRREZ DEL RÍO

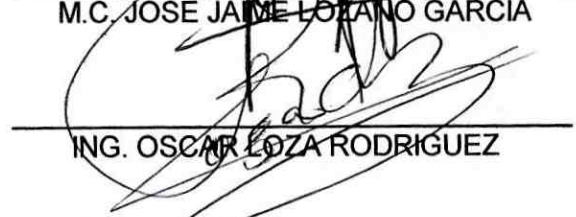
VOCAL:

  
PhD. PEDRO CANO RIOS

VOCAL:

  
M.C. JOSE JAIME LOZANO GARCIA

VOCAL SUPLENTE:

  
ING. OSCAR LOZA RODRIGUEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONOMICAS

  
ING. ROLANDO LOZA RODRIGUEZ

## AGRADECIMIENTOS

A mi padre celestial.

A mi "Alma Terra Mater".

Al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río, mi más profundo agradecimiento por su valiosa contribución en mi formación profesional y por haber depositado su confianza en mi y brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

A mi Madre por apoyar mis decisiones, por sus consejos, confianza y amor.

A mis queridos hermanos Juan Carlos, María y Mónica por su apoyo y amor.

Para mi familia, las mas sinceras gracias por todo su apoyo, al haber creído y confiado en mi. Gracias por su amor.

## DEDICATORIAS

A mi Padre Celestial:

Por dame la oportunidad de vivir y amar.

A mi Madre:

La Señora Nicolasa Díaz Trujillo, dedico este trabajo, por el infinito amor que me da día a día.

A mi hija Andrea:

Que amo con toda mi alma, por ser la luz de mi vida y mi razón de ser.

A mis hermanos:

Juan Carlos, María y Mónica con todo mi cariño.

A mi familia:

Por la gran familia que formamos, por su apoyo y amor. En especial a mi bisabuela Maria Arteaga, que siempre estará en mi corazón.

A Luz Areli.:

Por su amistad que incondicionalmente me ha ofrecido.

A Hiram:

Con mucho cariño.

## I. INTRODUCCION.

El trigo *Triticum aestivum* L., es el cereal cultivado socioeconómicamente más importante del mundo. Más de mil millones de seres humanos lo consumen en diversas formas y contribuye en mayor proporción que ningún otro alimento a suministrar energía y proteínas al hombre. Desde épocas remotas se ha utilizado para la elaboración de pan, pasteles, galletas y otras preparaciones. El pan se horneó por primera vez en Egipto hace casi 6000 años y viajó hasta el occidente variando sus ingredientes, sabor, textura y forma. Desde entonces los productores agrícolas han mejorado las semillas con la selección e hibridación de plantas, propiciando un aumento de los volúmenes de producción y la creación de nuevas y mejores variedades para satisfacer los cada vez más exigentes requerimientos de la industria panadera. Su importancia se deriva de las propiedades físicas y químicas del gluten. Por su amplio rango de adaptación y su gran consumo en muchos países, el cultivo del trigo en la actualidad ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales (trigo, maíz, arroz y cebada) de mayor producción en el ámbito mundial. (Trejo, 1993).

De acuerdo a la información proporcionada por Langer y Hill (1987) aproximadamente el 37% de la población clasifica al cultivo del trigo como su principal cereal, aportando alrededor del 20% de las calorías consumidas por el hombre.

Debido a la gran diversidad de condiciones climatológicas que presenta el planeta, es posible asegurar que en todo el año se produce trigo, concentrándose su

mayor producción en las regiones templadas y frías. En países como Rusia, según Borodanenko (1991) el trigo es el principal cereal cultivado, en donde el rendimiento unitario varía de cinco a seis toneladas por hectárea. En México, de acuerdo con Robles (1982) antes de comenzar el programa de mejoramiento genético en 1940, el promedio nacional era de 750 kg/ha y hubo casos extremos de 180kg/ha en la Región de El Bajío. Y fue hasta diez años después cuando empieza a notarse un incremento en el rendimiento por unidad de superficie; y al final de los años 60's la producción oscilaba en tres toneladas por hectárea.

En el ámbito mundial de 1953 a 1963, la producción de trigo aumentó el 55%, la de cebada el 66% y la de arroz el 50%, contrastando con los no cereales que sólo crecieron el 19%, siendo los principales países productores de trigo: Rusia, Estados Unidos, Canadá, Francia e India, entre otros. (Mela, 1966).

Desde entonces los programas de mejoramiento genético de trigo han permitido tener un avance en el incremento del rendimiento por unidad de superficie de este cereal. Sin embargo aún existe un marcado desequilibrio en sus curvas de producción y de consumo. Las de producción tienen variaciones bruscas en función de los factores ecológicos y las curvas de consumo tienden a conservar una dirección ascendente y proporcional al incremento de la población, de aquí, la importancia de buscar alternativas viables para el incremento de la producción de granos y cereales con mayores rendimientos capaces de satisfacer las demandas alimenticias de la humanidad.

Con la finalidad de encontrar variedades de trigo con un alto potencial de rendimiento y calidad de grano, en buenos y malos ambientes, y eficientes en el

aprovechamiento de los recursos disponibles, es necesario tener un conocimiento amplio de la respuesta genética del material con el medio ambiente, de los materiales experimentales en proceso de formación y con ello definir con mayor confiabilidad la solución de la problemática de los factores que afectan la producción de este cultivo, tales como la falta de variedades mejoradas de alto rendimiento, resistentes a enfermedades, eficientes en el uso de agua y fertilizantes, así como una material que presente calidad de grano y ventaja en la molienda.

Conocedores de la gran importancia que tiene el mejoramiento genético poblacional en cultivos alógamos, utilizando metodologías de selección recurrente de medios hermanos (MH) y hermanos completos (HC), donde se han obtenido incrementos de la varianza genética que asegura el avance en mejoramiento de algún carácter, al transferir dicho conocimiento y experiencias científicas a cultivos autógamos como el trigo, es posible tener los mismos resultados en la recombinación de material genético para generar varianza y aprovecharla en la formación de genotipos con alto potencial de rendimiento y con respuestas favorables en diferentes ambientes. (Emping, *et al.*, 1972; Singh, 1991; Benítez, 1996).

En el trigo los apareamientos mesofraternales y fraternales son realizados rutinariamente para la recombinación genética de cada ciclo de selección recurrente, sin embargo las progenies de MH y HC que se forman en cada caso, no son utilizadas como unidades de selección (US) debido a la escasa semilla que se obtiene por apareamiento; ésto se soluciona haciendo un ciclo de autofecundación en las progenies de estas denominaciones (MH y HC), para generar suficiente semilla que será utilizada en la evaluación, teniéndose de esta manera tres alternativas de su



origen para su recombinación como son F1, F2 y líneas endocriadas originales (Singh, 1991).

De los métodos convencionales disponibles para el mejoramiento genético de trigo para los caracteres cuantitativos, con ninguno se puede predecir de cual combinación híbrida es posible derivar la mejor proporción de segregantes de mayor producción; como consecuencia el fitomejorador evalúa tantas progenies como sus recursos se lo permiten. Como alternativa está la selección recurrente (SR) para la aptitud combinatoria general (ACG) de genotipos. Sin embargo, la limitante de mayor importancia en el proceso es el alto número de cruzas manuales que se hacen en la fase de recombinación y en la formación de mestizos en cada ciclo de selección, las cuales podrían ser reducidas al usar F2 tanto en la derivación de las unidades de selección como en las de evaluación.

Los fitomejoradores utilizan la selección individual en varias de sus modificaciones en el cultivo del trigo, sin embargo para realizar la selección se requiere de la disposición de poblaciones con bastante variabilidad genética que en ocasiones es difícil contar con ellas. Algunos prefieren tener un gran volumen de cruzamientos de una sola combinación, otros dan mayor valor al número de combinaciones, pero tanto en uno como en otro caso evalúan una enorme cantidad de cruzas para determinar cuales combinan y hereden sus cualidades. Es importante considerar que el éxito de un programa de mejoramiento para liderar variaciones depende de la constitución genética de sus poblaciones de origen, o bien teniendo un programa de incorporación de genes favorables en un pool genético. (Borodanenko, 1991)

Los objetivos de esta investigación son: derivar familias a partir de poblaciones de trigo de amplia base genética aplicando los métodos de selección recurrente de medios hermanos y hermanos completos, y seleccionar las mejores familias con base a características agronómicas y bromatológicas.

#### 1.1. Hipótesis.

$H_1$  = Es posible derivar familias de trigo de una población de amplia base genética con selección recurrente.

$H_2$  = Es posible seleccionar familias evaluadas presentan variabilidad, con respecto a las características fenológicas, bromatológicas y de rendimiento

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. Origen del Trigo.

Según Langer y Hill (1987) el trigo es una de las primeras plantas domesticadas por el hombre. Su cultivo comenzó con certeza al menos en el 7500 a. de C., en el área ahora ocupada por el Norte de Siria, Sudeste de Turquía y parte de Irán, junto a lo que se ha llamado la cuna de la civilización e íntimamente coincidente con la distribución geográfica de los parenteles silvestres del trigo. Aunque se cree también que desde hace 9000 años se cultiva en esa misma región. (SEP, 1991).

### 2.2. Clasificación Taxonómica.

Según Sears (1965) sistemáticamente el trigo pertenece a:

Reino:	Vegetal
División:	Phanerogamae
Subdivisión:	Angiospermas
Clase:	Monocotiledoneae
Orden:	Glumiflorae
Familia:	Gramineae
Tribu:	Triticeae
Subtribu:	Triticineae
Género:	<i>Triticum</i>
Especie:	<i>aestivum</i>

Las especies del género *Triticum* se clasifican según el número de cromosomas:

1. Especies que poseen  $2n=14$  cromosomas (diploides).
2. Especies que poseen  $2n=28$  cromosomas (tetraploides).
3. Especies que poseen  $2n=42$  cromosomas (hexaploides).

*Triticum aestivum* o trigo blando.

Actualmente predominan los trigos duros u cristalinos botánicamente conocidos como *Triticum turgidum*, sub-especie , *durum*, y los harineros como *Triticum aestivum*, sub-especie *vulgaris* . (Guerrero, 1992).

### 2.3. Descripción Botánica.

Según Guerrero (1992), Robles (1982) y Mela (1966) la planta de trigo se caracteriza por tener un sistema radicular fasciculado en donde el 50 por ciento del mismo se encuentran entre los cero y 25 cm de profundidad y el resto hasta uno o 1.5m. En el nudo de ahijamiento se presentan brotes axilares de los que se originan los tallos hijos; posteriormente éstos se alargan durante el encañado; en un principio son macizos para luego hacerse huecos, salvo en los nudos. Las hojas de la planta de trigo son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta, cada una se compone de una vaina y limbo de donde salen las aurículas. El número de hojas varía de siete a ocho y está de acuerdo a los nudos existentes. En el brote terminal del nudo de ahijamiento se forma la espiga envuelta en la última hoja, constituida a su vez de ocho a veinticinco espiguillas dispuestas en un raquis de forma alternada, éstas contienen de dos a cinco flores autógamias, no todas fértiles, en realidad solo de dos a cuatro granos puede tener una espiguilla. Las flores se componen de un estigma y alrededor se disponen

las anteras; una vez fecundada la flor dá lugar a un fruto cariósido único, llamado grano de forma ovoide, que lleva el embrión o germen junto a la sustancia de reserva.

El trigo es una planta autógena, la fecundación tiene lugar antes de la apertura de la flor. Cuando las anteras aparecen al exterior, ya la flor está fecundada. Por ser planta autógena, cada variedad de trigo conserva sus características agronómicas de forma notablemente constante. (Guerrero, 1992; Mela, 1966).

#### 2.4.Fenología.

El ciclo vegetativo del trigo comprende tres períodos:

1. Vegetativo: Desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
2. Reproductivo: A partir del encañado hasta la terminación del espigado.
3. Maduración: Del final del encañado al momento de la recolección.

Dentro de la fenología del cultivo de trigo la germinación es la primer etapa, que puede iniciar cuando el grano ha absorbido menos del 25 por ciento de su peso en agua. La temperatura óptima de germinación es de 20 a 25°C. Cuando la semilla germina emite la plúmula y produce las raíces temporales, posteriormente a la emergencia nacen en los nudos las raíces permanentes que proveen a la planta de agua y nutrientes. La facultad germinativa del trigo se mantiene de cuatro a diez años con una humedad del 11 por ciento. En siembras demasiado profundas, la falta de oxígeno contribuye a retrasar la germinación, el suelo debe estar entre 60 y 80 por ciento de su capacidad de campo; la duración de la germinación varía de ocho a diez días y veinte en zonas frías. El ahijamiento ocurre en la axila de cada hoja, donde

surge una yema axilar que origina el crecimiento de un tallo secundario, esta fase del desarrollo de la planta de trigo está en función de la temperatura, las fechas de siembra y el abonado nitrogenado. Se considera como el primer periodo crítico. Posteriormente tiene lugar el encañado, aquí un determinado número de tallos herbáceos se transforma en tallos rematados por espigas mientras otros detienen su crecimiento, esta etapa también se ve influenciada directamente por las temperaturas ya que éstas favorecen la formación de tallos que llevan espigas, cuanto más calor haga menos espigas habrá. En esta etapa el cultivo requiere de nitrógeno para la formación de nucleoproteínas, este es el segundo período crítico. Durante el espigado el crecimiento de las plantas es máximo y el número de flores fértiles está en función de la evapotranspiración. La última fase corresponde a la maduración que se refiere a la acumulación de almidón en el grano; el cual procede de la fotosíntesis que prosigue aún en las últimas hojas y en la espiga; se produce un movimiento de los glúcidos y de las proteínas hacia la espiga. (Guerrero, 1992; Mela, 1966).

## 2.5.Requerimientos del Cultivo, Manejo, Plagas y Enfermedades.

El trigo se produce en regiones templadas y frías situadas desde 15 a 60° de latitud norte hasta 27 a 40° de latitud sur. Las temperaturas óptimas para una buena producción oscilan entre 10 y 25°C. La influencia del fotoperiodo en el trigo, se manifiesta en que a mayor duración del día se acelera la floración. (Robles, 1982).

De acuerdo a Chagpman y Carter (1976) el trigo necesita la vernalización durante un período prolongado (exposición al frío en estado de plántula) para producir la floración. Las temperaturas frías, con días cortos favorecen la iniciación del ahijamiento. Durante el crecimiento el trigo resulta afectado si la temperatura baja de

cero grados centígrados, originando la malformación del estambre y del pistilo, y esterilidad del polen. El clima frío durante la floración, aunque raro, también dá lugar a alteraciones del polen o esterilidad.

Guerrero (1992) menciona que son perniciosas las temperaturas elevadas en primavera y al final de la maduración, cuando se puede producir el asurado quedando los granos arrugados por no poder acumular el máximo de reservas.

El suelo resulta ser un factor limitante cuando su fertilidad es baja, afectando el potencial de rendimiento de la planta (Robles, 1982). Por lo que el cultivo de trigo requiere de tierras profundas para un amplio desarrollo de su sistema radicular, el suelo deberá tener un pH entre cinco punto cuatro y siete, si bien el cultivo tolera un pH mucho más alto. (Guerrero, 1992).

La preparación del suelo consiste en un barbecho, una nivelación (dos pasos). La siembra se hace a una profundidad de tres a seis centímetros dependiendo del tipo de suelo y humedad, se realiza al voleo dando posteriormente un paso de rastra (Robles, 1982). Al calcular la proporción de semillas necesarias, debe pensarse en una población de 250 plantas por metro cuadrado para disponer de un margen de seguridad y así obtener un mínimo de 500 espigas por metro cuadrado. Se recomiendan siembras de 180 a 200 kilogramos por hectárea, si la siembra se hace en noviembre-diciembre en una cama áspera y fría; cuando la operación se realiza durante las dos primeras semanas de octubre con una cama de buena calidad se recomiendan 140 kilogramos de semilla por hectárea. En este caso las proporciones altas de semilla reducen el rendimiento al favorecer las enfermedades. (Halley, 1990).

En la Comarca Lagunera se utiliza en las tierras de riego una densidad de 150-160 kilogramos por hectárea, en el Valle de Toluca 125 y en el Bajío 60. (SAGAR, 1995).

En términos de fertilización, en el cultivo de trigo, el nitrógeno estimula la producción de tallos secundarios y el crecimiento vegetativo subsecuente, a la vez que incrementa la supervivencia de tales vástagos y una mayor supervivencia de el follaje verde después de la floración. Se necesita una cantidad elevada de nitrógeno para cada una de las fases de desarrollo del cultivo. Primeramente se requiere una aplicación temprana, durante la producción de tallos secundarios administrando un máximo de 40kg/ha. en esta fase. Una vez que termina la formación de tallos, el crecimiento y el consumo de nitrógeno aumentan con rapidez y cualquier deficiencia tiene efectos adversos en la producción de materia-seca. También la translocación de nitrógeno hacia la espiga es más eficaz ahora, con respecto a la primera aplicación. Aplicaciones muy tardías durante la aparición de la hoja bandera pueden aumentar el contenido de este elemento en el grano; pero en general no se obtiene una respuesta económica representada por el rendimiento. (Halley, 1990).

Por cada tonelada métrica de trigo producida, la cantidad media de nutrientes que absorben tanto las raíces como los tallos, hojas, espigas y granos son 28-14-26 kilogramos de nitrógeno, óxido de fósforo y óxido de potasio respectivamente. (Guerrero, 1992).

Según Robles (1982) la dosis de fertilización varía de acuerdo a la región por lo que se recomienda aplicar de 40 a 140 kilogramos de nitrógeno (la mitad en el



momento de la siembra y la otra antes del primer riego de auxilio) y 80 kilogramos de fósforo.

En ensayos realizados en Argentina para comparar el rendimiento de variedades de trigo se aplicaron dosis de 150 kilogramos por hectárea de fosfato diamónico (18-46-00) a la siembra y 200 kilogramos de urea al macollaje (100 N), obteniendo rendimientos superiores a cinco toneladas por hectárea (Bariffi y Rodríguez, 1992).

El control de malezas es a los 25 o 35 días después de la siembra, principalmente se controla avena silvestre. Cuando el cultivo está invadido de maleza, después de la cosecha, durante el almacenamiento, puede elevarse el contenido de humedad del grano y la temperatura hasta niveles peligrosos, con riesgo del deterioro de granos, ataque de insectos y microorganismos lo cual disminuye su valor nutritivo. (Robles, 1982).

El cultivo de trigo requiere de una lámina de riego de 68 centímetros, repartidos en un riego de siembra de 20 centímetros y cuatro de auxilio de 12, con la siguiente calendarización: 0-32-62-87-107. El último riego se aplica cuando el trigo esté en estado lechoso del grano, no más tarde porque ya no es aprovechable. (Robles, 1982). El coeficiente de transpiración del trigo es de 450 a 550, es decir, que se necesitan de 450 a 550 litros de agua para elaborar un kilogramo de materia seca. (Guerrero, 1992).

La cosecha se realiza en cuanto el trigo esté maduro y seco, si se utiliza máquina combinada se efectúa cuando la humedad del ambiente es baja para que no

se queme el grano y si es con hoz o segadora se hace antes de que las plantas estén completamente maduras. El porcentaje de humedad del trigo en el momento de la cosecha puede fluctuar del 13 al 17 por ciento. (Robles, 1982; Cuniberti, 2000).

El grano húmedo debe secarse inmediatamente. Las temperaturas no deban rebasar el límite de 43°C en el caso de los granos destinados a semilla y 65°C si el trigo es para molienda, ya que las temperaturas más altas desnaturalizan el gluten y las hogazas no levantan. El grano se debe secar hasta que su contenido de humedad sea de 16 por ciento cuando se va a guardar en sacos y hasta 14 cuando se va a almacenar en silos. (Halley, 1990).

El pulgón de la espiga del trigo *Macrosiphum avenae* es la plaga más generalizada en las regiones trigueras del país. Dentro de las enfermedades, las más importantes son las causadas por el género *Puccinia*, y su control es por medio de variedades resistentes principalmente. (SAGAR, 1995; Halley, 1990 y Robles 1982).

## 2.6. Situación Económica del Cultivo de Trigo.

Para 1987 se tuvo una producción mundial por encima de los 400 millones de toneladas, más de un tercio del volumen total de cereales producido. (Langer y Hill, 1987).

En 1988 el 22 por ciento del área cultivable del planeta se sembraba de trigo, proporcionándose al 43 por ciento de la población. En este mismo año se hacía una proyección para el año 2000 en la estructura de la demanda de trigo en México, de 6,600,000 toneladas aproximadamente. (SARH, 1988).

Canadá es el productor de trigo de mejor calidad del mundo, con Estados Unidos y Australia con rendimientos promedio de 2.8, 2.3 y 1.8 toneladas por hectárea respectivamente, en el trienio 1997-1999, valores semejantes a Argentina que tuvo en el mismo periodo un rendimiento de 2.4 toneladas por hectárea. (Cuniberti, 2000).

De 1925 a 1944, en México se sembraba una superficie de 500 mil hectáreas aproximadamente con un rendimiento promedio de 700 kilos por unidad de superficie. En la década de los 60' ya se sembraban 812 mil con rendimientos cercanos a dos toneladas. Para 1980 en una superficie de 897 mil hectáreas se obtenían rendimientos promedio de cuatro toneladas y aunque los rendimientos no siguieron en aumento, la superficie sembrada para 1986 ya era de 1,213,000 hectáreas. (SARH, 1988).

Según la SAGAR y el INEGI (varios años), la producción aparente de trigo en 1994 en nuestro país fue de 5476 miles de toneladas, para 1999 habiendo una baja en la producción se obtuvieron 5375, en comparación con el cultivo del maíz cuya producción fue de 20,949 y 23,846 miles de toneladas respectivamente.

A nivel regional, la superficie cosechada de trigo durante el ciclo agrícola 1993-1994 en la Comarca Lagunera fue de 6550 hectáreas, con un rendimiento promedio regional de tres mil cuatrocientos setenta kilos por hectárea, encontrándose productores que apegándose a las recomendaciones de los paquetes tecnológicos obtuvieron hasta ocho toneladas grano por hectárea. (SAGAR, 1995).

## 2.7. Mejoramiento Genético del Trigo.

A partir de 1945 cuando se inicia la investigación sobre trigo en México se ha observado un aumento en el rendimiento del dos por ciento por año, atribuido principalmente a una mayor resistencia al encamado y a las enfermedades y a una capacidad mayor para producir grano por unidad de tiempo y superficie. (S.A.R.H., 1988).

Por su parte Evans (citado por Trejo, 1993) señala que en el programa de mejoramiento de trigo en México se ha logrado una ganancia total de cinco punto dos por ciento por año, de lo cual solamente el cero punto nueve por ciento es atribuible al mejoramiento genético. El objetivo de los trabajos de mejora vegetal es examinar bajo condiciones controladas de plagas, royas, acamado, etc., el avance genético logrado en el rendimiento y la relación que este carácter guarda con otros caracteres de la planta.

Borlaug (1969) menciona que antes de iniciar el mejoramiento genético de trigo en México, las variedades que los agricultores sembraban eran mezclas de diferentes tipos muy susceptibles a las royas del tallo. El progreso logrado en el mejoramiento genético del trigo durante la década de 1950-1960, fue un factor muy importante en la producción, debido a que las variedades mejoradas resultaron más eficientes para producir grano. Sin embargo una limitación al aumento del rendimiento fue el acamado lo que fue decisivo para obtener variedades semi-enanas.

Quizá el logro más ampliamente discutido en los últimos tiempos ha sido la introducción de variedades enanas o semienanas; el primer paso se dió en 1930, cuando los mejoradores japoneses aislaron un trigo de "paja-corta" que se conocía como Norin 10. Este trigo junto con otros que tenían características similares se

convirtió en parte importante del stock genético para un gran programa de mejora llevado a cabo en México en el CIMMYT. Muchas variedades con uno, dos o tres genes para enanismo fueron obtenidos por el CIMMYT y otros organismos de otras partes del mundo, habiéndose logrado con frecuencia rendimientos de ocho a diez toneladas por hectárea. Sin embargo, una productividad de este nivel requiere fuertes aplicaciones de fertilizantes y técnicas agronómicas sofisticadas, sin las que las nuevas variedades no son necesariamente ventajosas. (Langery Hill, 1987).

Según Robles (1982) el mejoramiento genético varietal ha dado importancia especial al desarrollo de variedades con alto potencial de rendimiento, resistentes a las royas y acame, al desarrollo de variedades con amplia adaptación que disminuyan los problemas de multiplicación de semilla y extensión.

En países como la URSS para la generación de variedades de trigo con gluten fuerte, los fitomejoradores utilizan cruzamientos de variedades locales altamente productivas con buena calidad de grano y variedades de alta calidad de otros países, de donde se han obtenido una serie de variedades de alta calidad por medio de cruzamientos interespecíficos e intergenéricos. (Borodanenko, 1991).

Actualmente en programas de mejoramiento genético de especies alógamas y autógamias, la selección recurrente ha demostrado ser un procedimiento efectivo para incrementar en forma progresiva la frecuencia de genes favorables en la expresión de caracteres de naturaleza cuantitativa. Dada la naturaleza autogámica del trigo el método común de selección es el que evalúa progenies autofecundadas, individuos autofecundados, líneas o familias autofecundadas, o individuos dentro de líneas autofecundadas; al presentar una ventaja considerable en su ganancia genética tanto

por ciclo de selección como por ciclo de cultivo, sobre progenies no autofecundadas: familias de MH, HC e individuos. (Benítez, 1998).

De acuerdo a Falconer (1970) se ha demostrado que el avance obtenido por mejoramiento genético es más rápido cuando la selección se aplica simultáneamente sobre varios caracteres, dando a cada uno su respectiva ponderación de acuerdo a la importancia económica relativa, heredabilidad y correlaciones genóticas y fenotípicas entre ellas.

Reyes y López (1989) proponen una estrategia que permite capitalizar simultáneamente la expresión de varios caracteres en el proceso de selección, que es el construir índices de selección, es decir, una función lineal de los valores fenotípicos de las variables estudiadas que permite manejar una sola variable cuyo valor considera de manera conjunta los valores genéticos de esos caracteres en cada una de las unidades de selección de la población. Así la selección de los mejores genotipos se realiza de acuerdo a los valores del índice. Además como menciona Searle (1965) una mejor forma de capitalizar las correlaciones genéticas entre caracteres, es la construcción de un índice que combine la información de varios de ellos.

Por lo tanto, el tipo de planta desempeña un papel importante en el rendimiento potencial del grano y la adaptación de una variedad de trigo. Factores como el macollamiento, altura y fortaleza de la paja, número de espiguillas por espiga, número de semillas por espiga, tamaño, peso, densidad de grano y hábito de crecimiento y la sensibilidad al fotoperiodo influyen en el rendimiento; lo que implica que cada año se busquen, prueben y adapten materiales para seguir obteniendo variedades nuevas que

sustituyan a las que van resultando insuficientes para abastecer la demanda mundial. (Robles, 1982).

## 2.8. Método de Selección Recurrente de Familias de MH y HC.

La selección recurrente se utiliza en las especies de polinización cruzada con el fin de concentrar el mayor número de genes deseables para una característica cuantitativa en una gran población, sin una marcada pérdida de variabilidad genética. (Poehlman, 1983).

Sin embargo el uso de la selección recurrente en especies autóгамas es cada vez más frecuente en programas de mejoramiento genético, debido a la reducción entre ciclos de recombinación, avances genéticos altos, mantenimiento de la variabilidad genética en las poblaciones recombinantes y la posible ruptura de bloques de ligamiento. (Benítez, 1998).

Según Brauer (1981) y Chávez (1995) en el sistema de selección recurrente, es posible retener una gran cantidad o proporción de los genes favorables presentes en las líneas seleccionadas, es decir, este método tiende a incrementar la frecuencia de genes deseables en las poblaciones variables al seleccionar y recombinar generaciones de plantas que llevan estos genes.

La efectividad de la selección recurrente dice Chávez (1995) depende de la variabilidad genética, las frecuencias génicas de la población y la heredabilidad de las características bajo selección y su éxito está en función de la existencia de genes

deseables en la población original, la efectividad del procedimiento de selección, el grado de recombinación y el número de ciclo de selección.

En el método de selección recurrente o selección cíclica de manera sistemática se escogen las plantas deseables de una población, seguida por la recombinación de las mismas para formar una nueva población, es decir, se derivan las unidades de selección (US) para la evaluación, se hace la evaluación y selección de las US en una o varias generaciones de autofecundación, y se recombinan por intercruzamiento las US seleccionadas en los ensayos de rendimiento para iniciar el siguiente ciclo de selección. (Chávez, 1995; Benítez 1998).

Chávez (1995) menciona que la selección recurrente se divide en fenotípica y genotípica, cuando la selección se basa en el fenotipo de la planta (selección masal) y cuando las plantas se seleccionan con base en el comportamiento de su progenie (selección de familias de MH, HC, progenies autofecundadas, etc.) respectivamente.

De los métodos de selección recurrente los más usados en autógamias son la selección masal y la selección de familias S<sub>1</sub> que producen una mayor respuesta que los métodos que emplean familias de MH y HC. Así en estas especies donde es relativamente fácil el intercruzamiento a mano entre las unidades seleccionadas, como en avena y trigo, el éxito de la selección recurrente ha sido alto. En trigo, en un programa a largo plazo, iniciando en 1975 en el Colegio de Posgraduados se obtuvo el 13.8 por ciento de ganancia en rendimiento de grano por ciclo de selección en los primeros ciclos; después de tres ciclos la ganancia por ciclo fue cinco punto seis por ciento y de dos punto ochenta y seis por ciento por ciclo al décimo ciclo. (Benítez, 1998).



La selección recurrente de familias de MH y HC no es de uso común en el mejoramiento genético del rendimiento de grano de trigo y en otras especies autógamas por la escasa semilla que se obtiene de cada polinización manual durante la recombinación y/o formación de cada familia. Aún en cultivos autógamos donde se cuenta con la androesterilidad genética como herramienta para la recombinación, la semilla es escasa (Knapp y Cox, 1988); por lo que se requiere incrementar la semilla de cruce mediante una generación de autofecundación y así se obtiene una medición más precisa del potencial genético de las progenies. Un segundo año de evaluación con suficiente semilla de cada progenie en parcelas convencionales incrementa considerablemente la ganancia genética por ciclo de selección. (Benítez, 1996).

De acuerdo a Chávez (1995) los términos de medios hermanos (MH) y hermanos completos (HC), se refieren al número de progenitores que los individuos tienen en común. Así, los MH tienen sólo uno en común, sea el padre o la madre y los HC tienen ambos.

Las familias de HC son la progenie del apareamiento entre dos individuos o cruce planta a planta (P a P), la familia puede derivar de la semilla proveniente de un cruzamiento (el directo) o bien del cruzamiento recíproco. (Márquez, 1985).

Al utilizar semilla de MH y HC autofecundadas (MHS y HCS) para evaluación, podrían generarse dos métodos en la toma de las unidades de selección para recombinación: el uso de semilla F<sub>1</sub> o remanente de la familia de MH o HC, o bien, el uso de semilla F<sub>3</sub> de cosecha producto de la evaluación de las familias de MHS y HCS. Al utilizar semilla F<sub>3</sub> se esperaría un incremento en el aprovechamiento de la varianza genética aditiva en la respuesta a la selección, como resultado del aumento en la

frecuencia de homocigotos respecto a heterocigotos por efecto de la autofecundación, combinado esto, con la disminución esperada de la desviación estándar fenotípica de la media de las familias, producto del aumento del número de ambientes de evaluación, repeticiones y plantas por repetición; lo que permitirá el mejoramiento de la respuesta a la selección por ser ambas componentes de la misma. De usarse F<sub>1</sub> el resultado producto de la insuficiente información del potencial genético de cada progenie, repercute substancialmente en las ganancias genéticas para rendimiento de grano por ciclo de selección que no llegan a ser superiores ni a la obtenida con la selección masal.

Un alto margen de ganancia genética producto de la evaluación repetida de las progenies evita el sacrificar una estación de cultivo para incremento de semilla, además, con evaluaciones repetidas se reduce la desviación estándar fenotípica de una media; aspectos importantes en el mejoramiento para rendimiento de grano.

La respuesta esperada de la selección de familias de MHS y HCS esta determinada por la relación entre la unidad de recombinación y la unidad de evaluación. Relación medida por la covarianza entre las frecuencias génicas efectivas de la unidad recombinante y las medias genotípicas de las familias que se evalúan. (Benítez, 1996).

Hallauer y Miranda (1991) hacen referencia que en la selección familiar de MH y HC, cuando las familias que se recombinan no están emparentadas, el avance genético por ciclo de selección de familias de HC es el doble respecto al de las de MH, considerando igual varianza fenotípica para ambos tipos de familias. Como lo mencionaba años atrás Empig, *et al.*, (1972), de evaluarse y recombinarse familias no

autofecundadas, los coeficientes de aprovechamiento de la varianza genética aditiva cuando se usa semilla remanente de familias para recombinación, son un cuarto y un medio para la selección de familias de MH y HC, respectivamente.

La recombinación con semilla F<sub>3</sub> de cosecha de familias seleccionadas, ya sea de familias de MH o HC, es 75 y 50 por ciento más eficiente en ganancia genética esperada por ciclo de selección y por año que la recombinación con semilla F<sub>1</sub> Y F<sub>2</sub>, respectivamente. (Benítez, 1996).

## 2.9. Componentes genéticos.

### 2.9.1. Varianza genética.

La varianza genotípica es igual a la suma de la varianza aditiva, la varianza de dominancia y la varianza de interacción. (Falconer, 1970).

$$V_G^2 = V_A + V_D + V_{AD}$$

### 2.9.2. Varianza aditiva.

La varianza aditiva es la varianza de los valores reproductivos obtenida de:

$$V_A = 2pq (a + d (q-p))^2$$

Y es la causa principal del parecido entre parientes y, por lo tanto, la principal determinante de las propiedades genéticas observables de la población y de la respuesta de ésta a la selección. (Falconer, 1970).

### 2.9.3. Heredabilidad y correlación.

La heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación, o sea, que ésta se puede considerar como el grado del parecido entre los individuos de una generación y la siguiente. Depende de muchos factores ( $V_G$ ,  $V_P$ ,  $V_E$ ), por lo que un cambio en cualquiera de éstos la afectará, ya que las frecuencias génicas difieren de una población a otra. (Chávez, 1990; Falconer, 1970)

La heredabilidad en sentido estricto se expresa como el cociente de la varianza genética aditiva sobre la varianza genética total (varianza fenotípica): (Falconer, 1970).

$$h^2 = \frac{V_A}{V_p}$$

La heredabilidad es más efectiva cuando estima los efectos de genes de acción génica aditiva, por lo cual, cuanto mayor sea la  $h^2$  mayor será el parecido entre los padres y los hijos, así como, cuanto mayor sea el componente ambiental de la varianza genotípica ( $V_p$ ) menor será la correlación entre los caracteres de los padres y de los hijos. (Chávez, 1990).

Los genes no pueden hacer que se desarrolle un carácter si no tienen el medio ambiente adecuado, y al contrario, ninguna manipulación del medio hará que se desarrolle una cierta característica si no están presentes los genes necesarios. (Allard, 1975).

El conocimiento de la  $h^2$  es de gran importancia dentro del mejoramiento de las plantas, debido a que si no existe  $h^2$  no tiene ningún caso hacer mejoramiento, además

es necesario saber que cantidad de  $h^2$  existe en los materiales (de acuerdo al carácter a mejorar) para determinar que método de mejoramiento debe utilizarse. (Chávez, 1990).

La heredabilidad o proporción entre la varianza genética y la varianza fenotípica total, es el parámetro que nos permite estudiar el grado de dependencia de un carácter de los factores determinantes (Vega, 1992).

El estudio de la posible relación entre dos series de valores, que no es fácil ligar por una ecuación definida, ha dado origen a la teoría de la correlación, cuyos fundamentos, como los de tantos otros procesos estadísticos, se deben al genio de Karl Pearson. La teoría de la correlación tiene por objeto determinar la interdependencia entre las variaciones de dos variables. Estas pueden ser las manifestaciones de dos caracteres distintos de los individuos de una misma población, o los valores de dos series independientes, tales que a cada valor de una de ellas pueda oponerse un valor determinado de la otra. Se dice que existe correlación entre dos caracteres cualesquiera de los individuos de una población, o entre los valores de dos series de datos, cuando uno de ellos varía a medida que lo hace el otro, en el mismo o en diferente sentido. La correlación de los términos de dos series dadas se puede determinar estableciendo un diagrama de correlación o una tabla de correlación. (De la Loma, 1980).

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. Antecedentes.

En el ciclo de invierno 96-97 se realizaron los cruzamientos entre 10 líneas F<sub>12</sub> para la formación de 120 familias de MH y HC, las cuales se evaluaron en diversos ambientes para obtener información suficiente para seleccionar las mejores 25 familias que constituyeron las poblaciones de amplia base genética, así también, se evaluó germoplasma de trigo procedente de la sección de cereales de la UAAAN-Salttillo.

En el ciclo de 1997-98 se sembró la progenie de las familias de MH y HC con el propósito de incrementar la semilla y cosechar semilla suficiente F<sub>2</sub>, en este ciclo fueron seleccionadas 240 familias, eliminando algunas familias indeseables (5%).

En el ciclo de invierno 98-99 se evaluaron las 240 familias F<sub>2</sub> de los dos tipos de formación y las poblaciones introducidas y se hizo una evaluación por similitud de espiga en un diseño de comparación de parcelas cuya información se usó para seleccionar 45 familias (9.5%) con características favorables; que se seguirán avanzando endogámicamente para seguir seleccionando por producción. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Genotipos o familias experimentales de trigo evaluadas, UAAAN-UL,  
Ciclo 1999-2000.

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	ORIGEN
1	PFHC-26-6-24-3	UAAAN-UL
2	PFHC-28-21-80-2	UAAAN-UL
3	PFHC-24-8-70-1	UAAAN-UL
4	PFHC-24-10-71-3	UAAAN-UL
5	PFHC-33-9-30-2	UAAAN-UL
6	PFHC-34-9-5-3	UAAAN-UL
7	PFHC-16-8-24-1	UAAAN-UL
8	PFHC-18-16-24-2	UAAAN-UL
9	PFHC-24-9-24-3	UAAAN-UL
10	PFHC-33-16-9-2	UAAAN-UL
11	PFHC-26-16-56-1	UAAAN-UL
12	PFHC-10-21-78-3	UAAAN-UL
13	PFHC-32-17-27-1	UAAAN-UL
14	PFHC-16-26-48-1	UAAAN-UL
15	PFHC-34-8-49-2	UAAAN-UL
16	PFHC-26-16-42-2	UAAAN-UL
17	PFHC-26-9-17-2	UAAAN-UL
18	PFHC-29-6-18-1	UAAAN-UL
19	PFHC-26-3-48-2	UAAAN-UL
20	PFHC-24-11-38-3	UAAAN-UL
21	PFHC-33-18-85-1	UAAAN-UL
22	PFHC-20-4-76-1	UAAAN-UL
23	PFHC-26-10-81-2	UAAAN-UL
24	PFHC-24-12-76-1	UAAAN-UL
25	PFHC-27-22-38-3	UAAAN-UL
26	PFHC-27-26-35-1	UAAAN-UL
27	PFHC-16-8-56-1	UAAAN-UL
28	PFHC-24-16-56-3	UAAAN-UL
29	PFHC-18-24-28-2	UAAAN-UL
30	PFHC-16-24-80-1	UAAAN-UL
31	PFHC-12-8-33-1	UAAAN-UL
32	PFHC-24-16-36-1	UAAAN-UL
33	PFHC-36-12-58-3	UAAAN-UL
34	PFHC-20-40-17-1	UAAAN-UL
35	PFHC-26-16-57-1	UAAAN-UL
36	PFHC-26-8-81-3	UAAAN-UL
37	PFHC-24-16-42-3	UAAAN-UL
38	PFHC-17-32-52-1	UAAAN-UL
39	PFHC-10-32-26-2	UAAAN-UL
40	PFHC-26-17-58-1	UAAAN-UL
41	PFHC-15-17-52-1	UAAAN-UL
42	PFHC-24-18-17-2	UAAAN-UL
43	PFHC-26-16-11-2	UAAAN-UL
44	PFHC-17-9-68-1	UAAAN-UL
45	PFHC-13-11-62-3	UAAAN-UL

### 3.2. Localización del Proyecto.

El Estado de Coahuila se ubica en la parte norte de la República Mexicana, colinda al norte con los Estados Unidos Mexicanos, al oeste con el Estado de Chihuahua, al este con el Estado de Durango, Zacatecas y San Luis Potosí. El Estado de Coahuila se localiza entre los paralelos 23 32' y 29 51' de latitud norte y entre los meridianos 99 57' y 103 57' de longitud oeste. La Cd. De Torreón, se localiza en este estado entre los paralelos 25 30' de latitud norte y meridianos 103 32' de longitud oeste, a una altura de 1120 m.s.n.m. En esta entidad, es donde se encuentra ubicado en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna, el presente experimento, en una superficie aproximada de 270 m<sup>2</sup>.

### 3.3. Diseño de Siembra y manejo del cultivo.

Se sembraron los 45 tratamientos con dos repeticiones bajo un diseño experimental de bloques al azar, en parcelas de cuatro surcos a doble hilera de tres metros de longitud y una distancia entre surcos de 0.7 m, lo que arroja una parcela experimental de 2.1m<sup>2</sup>. La separación entre parcelas es de un surco; en bandas de cinco tratamientos. La parcela útil fue de 1.4 m centrales por 1.4 m (dos surcos centrales), con 1.96m<sup>2</sup> de superficie.

La siembra se hizo a chorrillo el 15 de diciembre de 1999 a una densidad aproximada de 65kg/ha y en seco. La dosis de fertilización fue de 200-80-00, aplicándose el 50% de nitrógeno al momento de la siembra y todo el fósforo, y el resto del nitrógeno al primer riego de auxilio. Los riegos se aplicaron el día de la siembra, el 28 de enero, el 28 de febrero y el 2 de abril del 2000 (0-44-75-108 d.d.s.). Se realizó el



aporque a los 35 días después de la siembra. El día 16 de marzo se hizo una aplicación de Hierbamina (2-4D) a razón de 1 litro por hectárea, herbicida sistémico para el control de malas hierbas de hoja ancha. Una vez concluido el ciclo del cultivo, las labores de cosecha y trilla se realizaron del 21 al 29 de mayo del mismo año.

### 3.4. Modelo del Diseño Estadístico de Bloques al Azar.

#### Análisis de Varianza.

CAUSAS DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD (G.L.)	SUMA DE CUADRADOS (S.C.)	CUADRADO MEDIO (C.M.)	PARAMETROS ESTIMADOS (F.)
Tratamientos	(a-1)	$n\Sigma(\varnothing_i - \varnothing)^2 = B$	$\frac{B}{a-1}$	$\sigma^2 E + n\sigma^2$ tratamiento
Bloques	(n-1)	$a\Sigma(\varnothing_j - \varnothing)^2 = A$	$\frac{A}{n-1}$	$\sigma^2 E + a\sigma^2$ bloque
Error	(a-1)(n-1)	Por diferencia=C	$\frac{C}{(a-1)(n-1)}$	$\sigma^2 E$
Total	an-1	$\Sigma(X_{ij} - \varnothing)^2$		

Modelo:  $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + E_{ij}$

En donde:

$Y_{ij}$  = Respuesta

$\mu$  = Media

$T_i$  = Efecto de tratamiento

$\beta_j$  = Efecto de bloques

$E_{ij}$  = Error

Modalidad usual para calcular la suma de cuadrados de las desviaciones (S.C.).

$$F.C. = \frac{\Sigma X_{..}^2}{an}$$

$$S.C._{Total} = \Sigma X_{ij}^2 - F.C.$$

$$S.C. \text{ Tratamientos} = \frac{\sum X_j^2}{n} - F.C.$$

$$S.C. \text{ Bloques} = \frac{\sum X_j^2}{a} - F.C.$$

$$S.C. \text{ Error} = S.C. \text{ Total} - (S.C. \text{ Tratamientos} + S.C. \text{ Bloques})$$

Los niveles de significancia se determinan con los siguientes símbolos:

\*\* = Altamente significativo.

\* = Significativo.

N.S. = No significativo. (Reyes, 1978)

### 3.5. Medición de las variables.

Para cada una de las variables se tomaron cinco muestras al azar por parcela y se obtuvo la media, para posteriores análisis estadísticos.

#### 3.5.1. Días a espigamiento.

Se tomaron los datos al observarse el 50 por ciento de las plantas con la espiga descubierta totalmente.

#### 3.5.2. Días a floración.

Las lecturas se tomaron cuando en cada parcela se apreciaba el 50 por ciento de las plantas con flores.

#### 3.5.3. Índice de área foliar.

Durante el mes de abril se hicieron tres tomas de datos a intervalos de 15 días, con el fin de obtener la curva de descenso del índice de área foliar; a excepción de las otras variables en ésta se tomaron 6 lecturas por toma de datos de acuerdo a la calibración del aparato LAI 2000, LI-COR, el cual solo arroja la media de las mismas, que es la que se utiliza para los análisis estadísticos.

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

Se midió la longitud y el ancho de la hoja bandera, multiplicándose por 0.82, para obtener un área más real de la misma.

#### 3.5.5. Tamaño de espiga.

Se midió la longitud de las espigas tomadas al azar de cada parcela.

#### 3.5.6. Altura de planta.

Se midió la longitud de las plantas correspondientes por parcela, desde la base del suelo hasta la punta de la espiga.

#### 3.5.7. Exersión.

De cada planta tomada al azar se midió el espacio que va desde la hoja bandera hasta la base de la espiga.

#### 3.5.8. Peso hectolítrico.

Una vez cosechado y trillado el grano de trigo se pesa en un vaso de precipitado la cantidad que ocupara un volumen de 200 ml y este valor se multiplica por cinco para obtener el peso neto que corresponde a un litro.

### 3.5.9. Rendimiento.

Se hace la conversión de la cantidad de grano obtenido en la parcela útil a toneladas por hectárea.

### 3.5.10. Calidad de Grano.

#### 3.5.10.1. Ceniza.

Se eliminan todos los materiales por combustión a una temperatura de 550-600°C, durante dos horas. La materia restante corresponde al porcentaje de cenizas con respecto al peso total de la muestra.

#### 3.5.10.2. Materia Orgánica.

Una vez calculado el porcentaje de cenizas, éste es restado de 100 para conocer el porcentaje de materia orgánica.

#### 3.5.10.3. Proteína.

Las muestras se digieren en ácido sulfúrico más un agente catalítico (selenito de sodio), y se convierten así en sulfato de amonio. El amonio se libera al agregar un álcali y se destila la mezcla en ácido bórico. La adición del agente catalítico selenio reduce considerablemente el tiempo de digestión. Se neutraliza la muestra con

hidróxido de sodio y titula. Se aplican las fórmulas siguientes para determinar el porcentaje de nitrógeno y de proteína cruda.

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{\text{ml. de H}_2\text{SO}_4 \times \text{Normalidad del ácido} \times 0.014 \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\% \text{P.C.} = \% \text{N} \times \text{Factor } 5.83$$

#### 3.5.10.4. Extracto Etéreo.

El éter anhidro al calentarse se volatiliza y al hacer contacto con una superficie fría se condensa a través de una muestra y arrastra o acarrea consigo las sustancias solubles en éter (grasa natural, fosfolípidos, carotenoides, etc.). este proceso se repite en forma continua hasta que no queden residuos del material extraíble de la muestra. El éter se destila y se colecta en otro recipiente y el material soluble en éter permanece en el vaso colector, éste se lleva a la estufa a una temperatura de 101°C durante 30 minutos, después se mantienen en un desecador de 20-30 minutos hasta que enfríen a temperatura ambiente, enseguida se pesan y se calcula el peso del extracto etéreo obteniéndose éste por diferencias y expresándose como porcentaje de la muestra seca.

$$\% \text{G.C.} = \frac{\text{Peso final del vaso} - \text{Peso original del vaso}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

#### 3.5.10.5. Fibra Cruda.

Después de haber obtenido el extracto etéreo, se digieren las muestras en ácido sulfúrico y se filtran para posteriormente digerirlas en hidróxido de sodio (digestión ácida y alcalina respectivamente); después se extrae la humedad de la muestra, se deseca y se pesa.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

##### 4.1. Días a Espigamiento. (DE)

El análisis estadístico para este parámetro fisiológico no señaló diferencia significativa, para los materiales genéticos experimentales, razón explicable a los niveles de consanguinidad existente entre los mismos por el número de progenitores comunes y el método de recombinación empleado en la formación. (Cuadro 9).

Al respecto, la media general para este carácter resultó ser de 82.1 días después de la siembra y en donde el genotipo más precoz fue el PFHC-12-8-33-1 (31) con un valor de 80.5 días y el más tardío resultó el PFHC-26-10-81-2 (23) con 88.5 días (Cuadro 8); según ensayos realizados en Argentina los días a espigamiento están íntimamente relacionados con la fecha de siembra. Siembras tempranas presentan retraso para presentar este carácter y el efecto inverso se da con las siembras tardías. (Barifi y Rodriguez, 1992). Considerando esta región, las siembras tempranas son las que se establecen del 15 de noviembre al 15 de diciembre, en tanto que las tardías comprenden del 15 de diciembre al 30 de enero.

##### 4.2. Días a floración. (DF)

Su respectivo análisis de varianza señala la existencia de diferencia significativa para el factor tratamiento. (Cuadro 9).

La media general fue de 91.7 días después de la siembra que con respecto a un trabajo realizado en los ciclos otoño-invierno de 1994-1995 sobre productividad de trigo, el promedio de días a floración en el mismo campo experimental de la UAAAN-UL, fue de 86 días después de la siembra. (Gutiérrez y Favela, 1995). Lo que indica un ligero atraso de los materiales ahora evaluados para presentar dicha etapa fisiológica, por la razón de presentar antecedentes genéticos diferentes entre las poblaciones que se comparan y las del año de prueba.

La medición de este índice fisiológico manifiesta un rango que va desde 89.5 días para la familia más precoz PFHC-26-16-11-2 (43) hasta 95.5 días para la familia PFHC-26-10-81-2 (23), (Cuadro 2); sin desconocer su importancia agronómica resultará de mayor beneficio que la misma se correlacione posteriormente con la capacidad productiva de manera tal que el beneficio a seguir resultara ideal para los fines que se plantean.

Cuadro 2. Días a floración de 45 familias experimentales de trigo. UAAAN-UL. 1999-2000.

Tratamiento	Media (días)	0.05
23	95.5	a
24	95.0	ab
35	95.0	ab
22	93.0	abc
33	93.0	abc
36	93.0	abc
5	92.5	bcd
8	92.5	bcd
11	92.5	bcd
13	92.5	bcd
25	92.5	bcd
6	92.0	cde
10	92.0	cde
14	92.0	cde
26	92.0	cde
27	92.0	cde

28	92.0	cde
38	92.0	cde
3	91.5	cde
4	91.5	cde
7	91.5	cde
16	91.5	cde
18	91.5	cde
21	91.5	cde
34	91.5	cde
37	91.5	cde
39	91.5	cde
44	91.5	cde
1	91.0	cde
12	91.0	cde
17	91.0	cde
19	91.0	cde
9	91.0	cde
15	91.0	cde
31	91.0	cde
41	91.0	cde
32	91.0	cde
45	91.0	cde
40	90.5	cde
2	90.5	cde
20	90.5	cde
30	90.5	cde
29	90.0	de
42	89.5	e
43	89.5	e

C.V. =1.43%

Media= 91.7 días

#### 4.3. Índice de Area Foliar. (IAF)

El IAF relaciona el área foliar con el área del terreno donde se encuentran establecidas las plantas, es decir, expresa la relación entre el área fotosintética total del cultivo y el área del suelo ocupada por las plantas. (Burboa, 1996).

Para esta variable, existió diferencia significativa y altamente significativa para la primera y segunda lecturas respectivamente (a los 106 y 121 d.d.s.), ya en la tercera



(136 d.d.s.) se reflejó una similitud entre los tratamientos, (Cuadro 9). Observándose una curva de descenso en los valores del índice de área foliar, muy posiblemente a pérdidas de hojas o parte de ellas. De acuerdo a Burboa (1996) quien menciona que en el cultivo de la alfalfa, el IAF, aumenta de los cero a los 48 días de edad en forma continua y al final del ciclo ya no hay diferencia, siendo para este cultivo un valor aproximado de 4.

La media general para cada una de las lecturas fue de 3.66, 3.09 y 2.87 (Cuadros 3, 4 y 8), y los coeficientes de variación 14.09, 13.99 y 28.74% respectivamente y podría considerarse este último como poco aceptable por su alto valor.

Cuadro 3. Índice de Area Foliar de 45 familias experimentales de trigo evaluadas, UAAAN-UL, Ciclo 1999-2000. (Lect. 1)

Tratamiento	Media	0.05
19	4.300	a
11	4.265	ab
26	4.110	abc
14	4.055	abcd
32	4.020	abcd
40	3.970	abcd
34	3.900	abcde
17	3.860	abcdef
10	3.815	abcdefg
1	3.770	abcdefgh
39	3.730	abcdefghi
36	3.730	abcdefghi
45	3.650	abcdefghi
31	3.615	abcdefghi
42	3.610	abcdefghi
20	3.590	abcdefghi
27	3.520	abcdefghi
13	3.500	abcdefghi
2	3.480	abcdefghi
35	3.465	abcdefghi
28	3.410	abcdefghi
12	3.400	abcdefghi

22	3.395	abcdefghi
18	3.375	abcdefghi
21	3.315	bcdefghi
3	3.315	bcdefghi
16	3.255	cdefghij
25	3.200	cdefghij
41	3.175	cdefghijk
44	3.165	cdefghijk
29	3.120	defghijk
43	3.105	defghijk
24	3.005	efghijk
23	3.005	efghijk
38	2.960	efghijk
9	2.955	efghijk
8	2.935	fghijk
30	2.870	ghijk
5	2.870	ghijk
4	2.850	hijk
33	2.820	hijk
37	2.800	ijk
7	2.780	ijk
15	2.330	jk
6	2.220	k

C.V.= 14.0%

Media = 3.66

Cuadro 4. Índice de Área Foliar de 45 familias experimentales de trigo evaluadas, UAAAN-UL, Ciclo 1999-2000. (Lect. 2)

Tratamiento	Media	0.01
19	3.890	a
11	3.880	a
26	3.855	ab
32	3.735	abc
40	3.695	abcd
14	3.635	abcde
10	3.585	abcde
17	3.580	abcde
34	3.575	abcde
36	3.565	abcde
39	3.500	abcde
31	3.385	abcde
20	3.350	abcde
42	3.330	abcde
2	3.310	abcde
35	3.300	abcde

45	3.260	abcdef
13	3.230	abcdef
27	3.210	abcdefg
12	3.205	abcdefg
1	3.200	abcdefg
3	3.105	abcdefg
21	3.105	abcdefg
22	3.100	abcdefg
18	3.085	abcdefg
28	3.080	abcdefg
16	3.055	abcdefg
44	2.975	abcdefg
41	2.875	abcdefg
29	2.850	abcdefg
43	2.835	abcdefg
23	2.800	abcdefg
24	2.795	abcdefg
9	2.780	abcdefg
8	2.780	abcdefg
5	2.750	abcdefg
38	2.690	bcdefg
30	2.620	cdefg
4	2.580	cdefg
25	2.555	defg
7	2.550	defg
33	2.530	defg
37	2.515	efg
15	2.110	fg
6	2.060	g

C.V. = 13.9%

Media = 3.09

#### 4.4. Area Foliar. (AF)

El análisis estadístico para este índice de crecimiento aplicado exclusivamente sobre la hoja bandea, en razón de ser esta la fuente principal y más cercana de la demanda (espiga), detecto diferencia altamente significativa para las familias evaluadas. (Cuadro 9).

El coeficiente de variación fue de 15.13%, con una media general de 28.54 m<sup>2</sup>.

(Cuadro 5).

Cuadro 5. Area foliar de la hoja bandera en 45 familias experimentales de trigo, UAAAN-UL, Ciclo 1999-2000

Tratamiento	Media (m <sup>2</sup> )	0.01
13	52.170	a
10	51.820	ab
44	47.790	abc
42	44.800	abcd
28	44.200	abcde
31	43.800	abcdef
17	42.940	abcdef
29	41.040	abcdefg
21	40.655	abcdefgh
8	39.700	abcdefgh
3	39.515	abcdefgh
38	39.235	abcdefgh
43	38.425	abcdefghi
2	38.200	abcdefghi
23	37.760	bcdefghij
19	37.140	cdefghij
25	36.940	cdefghij
7	36.425	cdefghijk
1	34.420	cdefghijk
15	34.260	cdefghijk
6	33.820	cdefghijk
4	33.810	cdefghijk
12	33.390	defghijk
32	33.350	defghijk
27	33.310	defghijk
40	33.005	defghijk
41	32.860	defghijk
22	32.000	defghijk
14	31.970	defghijk
30	31.950	defghijk
26	31.400	defghijk
34	30.890	defghijk
5	30.880	defghijk
39	30.550	efghijk
33	30.190	efghijk
37	30.020	efghijk
35	29.770	fghijk
24	27.865	ghijk
16	27.595	ghijk
20	26.830	ghijk
36	26.680	hijk
9	24.725	ijk

18	23.820	jk
11	22.485	k
45	22.345	k

C.V. = 15.1%

Media = 34.81m<sup>2</sup>

#### 4.5. Tamaño de Espiga. (E)

No se presentaron diferencias estadísticas para este componente del rendimiento en las familias comparadas (Cuadro 9), razón debida probablemente al parentesco genético. El valor promedio fue de 12.79 cms., que supera los resultados de otro experimento realizado en el mismo campo experimental cinco años antes en donde la longitud media se ubicó entre 9.1 - 10.74cm. (Gutiérrez Y Favela, 1995), y muy parecidos a los reportados por Gill y Vear (1965), quienes reportan un valor promedio de 10cm. (Cuadro 8).

Para este carácter, sobresalieron los genotipos PFHC (24-10-71-3 (4) y PFHC-13-11-62-3 (45) que promediaron una longitud 16.5 cms.

De acuerdo a Ortiz, *et al* (1992) al aumentarse la densidad de población se alarga el ciclo de la planta de trigo y por consecuencia decrece el tamaño de espiga.

#### 4.6. Exersión. (EX)

El análisis estadístico para esta característica señalo diferencia significativa para los materiales genéticos que se compararon. (Cuadro 9).Cabe señalarse que lo deseable para este carácter deberá ser que la distancia a medir desde la hoja bandera

hasta la base de la espiga sea lo más corto posible para evitar el quiebre de la misma y la desviación de fotosintatos hacia la formación de la misma, lo que muy posiblemente reflejara en mayor tamaño de espiga y sus componentes y por ende en rendimiento. Los valores promedio se ubicaron en 9.26 cms. Con un coeficiente de variación de 32.95%, (Cuadro 6), demasiado alto y que señala la amplia dispersión de valores para el carácter en los materiales probados y que señala un posible origen cuantitativo para el mismo.

Cuadro 6. Tamaño de exersión en 45 familias experimentales de trigo, UAAAN-UL. Ciclo 1999-2000.

Tratamiento	Media (cms)	0.05
45	17.75	a
43	14.00	ab
42	14.00	ab
3	13.50	abc
44	13.00	abcd
38	13.00	abcd
29	12.50	abcde
20	12.25	abcde
26	12.00	abcdef
15	11.50	bcdefg
40	11.50	bcdefg
39	11.25	bcdefgh
6	11.25	bcdefgh
27	11.25	bcdefgh
37	11.00	bcdefghi
21	10.00	bcdefghij
19	10.00	bcdefghij
31	10.00	bcdefghij
32	10.00	bcdefghij
2	9.75	bcdefghij
34	9.75	bcdefghij
8	9.50	bcdefghij
9	9.00	bcdefghij
41	9.00	bcdefghij
18	8.50	bcdefghijk
30	8.50	bcdefghijk
17	8.25	bcdefghijk
14	8.00	bcdefghijk
25	8.00	bcdefghijk

7	8.00	bcdefghijk
1	7.75	cdefghijk
11	7.50	cdefghijk
12	7.25	defghijk
33	7.25	defghijk
24	7.25	defghijk
16	7.00	defghijk
36	6.75	efghijk
4	6.50	efghijk
35	6.00	fghijk
10	5.75	ghijk
22	5.25	hijk
28	5.00	ijk
13	5.00	ijk
5	4.00	jk
23	2.75	k

C.V. = 32.9%

Media = 9.26 cms.

#### 4.7. Altura de Planta. (AP)

Para este carácter no se señalaron diferencias significativas entre los tratamientos probados, el coeficiente de variación fue de 10.57% y con una media general de 63.75 cms. (Cuadros 9 y 8 respectivamente), valor que se puede considerar como deseable para fines de cosecha, este resultado coinciden con reportes de investigaciones al respecto en tanto que difieren con otros como se señala a continuación.

Gutiérrez y Favela (1995), en su experimento de evaluación de productividad, en la variable altura de planta, obtuvieron una altura promedio de 110.5cm.

De acuerdo a Robles (1982), Gill y Vear (1965) el tallo de trigo crece de acuerdo con las variedades, normalmente de 60 a 120cm para facilitar la recolección

mecánica, en la actualidad existen trigos enanos de 25 a 30cm de altura, con una relación paja-grano muy baja y viceversa para los trigos altos de 120 a 180cm.

Los trigos enanos y semienanos no producen necesariamente más materia seca, pero debido a que tienen la caña más corta, un alto porcentaje del total se da en forma de grano, la ventaja es que no se encaman incluso en presencia de altos aportes de nitrógeno y agua. (Langer y Hill, 1987).

Se ha demostrado que las razones principales de alta productividad de las variedades de tallo corto son la mejor repartición del potencial clorofílico-fotosintético en la ontogénesis, un mayor período de desarrollo, la alta productividad neta de la fotosíntesis al final del llenado de grano, y el suministro intensivo de asimilados al grano en desarrollo provenientes tanto de las dos hojas superiores como de los órganos fotosintéticos de la espiga. (Boradenko, 1991).

La efectividad de la selección para reducir la altura de planta puede deberse a que este es un carácter con alta heredabilidad. (Hallauer y Miranda, 1988).

Poehlman (1965) señala que la mayor parte de los trigos precoces tienen paja más corta, de lo que se deduce que existe una correlación positiva entre el ciclo de la planta y la altura.

#### 4.8. Peso Hectolítrico. (PH)

El peso hectolítrico es una medida de calidad de los trigos; cuanto mayor sea su peso específico o peso por hectolítrico mejor es su calidad. El peso hectolítrico



depende de la densidad de las materias que componen el grano, de la humedad, contenido de impurezas, uniformidad de granos, condiciones en que se haya realizado la maduración, peso específico de los granos o que estén atacados o no por gorgojo o paulilla, etc. Su valor oscila entre 73 y 84, aunque generalmente se encuentra entre 78 y 80. (Guerrero, 1992).

Para esta característica del grano de trigo no se detectaron diferencias significativas, el coeficiente de variación resultó de 4.06%. La media fue de 95.32, muy por encima de los parámetros oficiales. (Cuadros 9 y 8 respectivamente). Esto pudo deberse a la humedad del grano, que no haya sido la correcta; al contenido de las impurezas en la muestra, etc., o bien, que los granos estuvieron desarrollándose bajo condiciones óptimas y en baja densidad.

Los trigos argentinos presentan un promedio de 77.25 a 82.60 kg/hl de acuerdo a la variedad y época de siembra, es decir, para siembras tempranas el valor del peso hectolítrico es menor. (Vega, 1992)

En España se aplica el peso hectolítrico de forma oficial para el comercio de cereales, donde el trigo deberá pesar como mínimo entre 75 y 80 kg el hectolitro, según tipo y subtipos. (Diehl y Mateo, 1982).

## 6.9. Rendimiento. (R)

El rendimiento es, en la práctica, el objetivo más importante en todo el programa de selección y, representa la cantidad de biomasa fotosintetizada que va a formar parte del órgano u órganos de la planta que el agricultor cosecha, el cual se

expresa generalmente, en términos de kilogramos por unidad de superficie. Hoy día es deseable que todo cultivar sea seleccionado en y para condiciones de cultivo que permitan la máxima expresión de su potencial genético.

No se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos, y el coeficiente de variación es de 31.14%. La media general fue muy baja, apenas alcanzó los 2250 kilogramos por hectárea, (Cuadros 9 y 8 respectivamente), sin embargo hay que considerar el tipo de siembra y en baja densidad, ya que para este experimento el espacio que se dejó entre los surcos ha sido determinante para no poder estimar correctamente el rendimiento, pero sí nos proporciona una idea de la calidad de los materiales evaluados para producir, con relación a los demás caracteres que influyeron para la obtención del mismo. Las cinco familias más rendidoras de este experimento fueron la 2 (28-21-80-2), 16 (26-16-42-2), 26 (27-26-35-1), 29 (18-24-28-2) y la 42 (24-18-17-2).

En Canadá el rendimiento promedio es de 2.8, en Estados Unidos de 2.3 y en Australia 1.8 ton/ha. (Cuniberti, 2000).

En Argentina en ensayos comparativos de rendimiento de trigo en el ciclo 1999-2000 realizados por EEA Balcarce, se obtuvieron rendimientos desde 5.7 a 6.5 ton/ha. (Vega, 1992).

Gutiérrez y Favela (1995) en los ciclos 1994-1995 en la UAAAN-UL, obtuvieron un rendimiento promedio de 5.75 ton/ha.

El éxito de la selección de genotipos que respondan el mejoramiento de las condiciones de cultivo y que posean consistentemente altos rendimientos en las diferentes condiciones ambientales, depende del grado en que estas características sean determinadas por los genes. Indiscutiblemente ambas características son heredables como ha sido demostrado en numerosas investigaciones con diversas especies. (Vega, 1992).

En el rendimiento influyen todas las condiciones ambientales que afectan el crecimiento de la planta así como la herencia misma. La capacidad intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta, como el amacollamiento, la longitud y densidad de la espiga, el número de granos por espiguilla o el tamaño del grano. (Poehlman, 1965).

La reducción del rendimiento de grano obedece a que el carácter esta positivamente correlacionado con la altura de planta y con los días a floración, por lo tanto, la reducción de estos dos caracteres debido a la selección disminuye el rendimiento (Hallauer y Miranda, 1988).

#### 4.10. Calidad de grano.

Si bien la aptitud genética de la variedad es una condición para tener en cuenta, tenemos que saber también que la calidad depende de las condiciones climáticas, la clase de suelo, los recursos tecnológicos, aplicados durante el cultivo, el manejo postcosecha y el proceso de transformación del trigo en harina (Muñoz, 2000).

En este trabajo de investigación, de acuerdo a los análisis bromatológicos realizados a los granos de trigo de las cinco principales familias de MH y HC: PFHC-28-21-80-2 (2), PFHC-26-16-42-2 (16), PFHC-27-26-35-1 (26), PFHC-18-24-28-2 (29) y PFHC-24-18-17-2 (42). Se obtuvieron valores aceptables y aproximados a los parámetros de calidad que debe reunir este cultivo. (Cuadro 10).

Referente al contenido de ceniza se obtuvieron valores de 1.74 a 2.04; cuando el grano de trigo contiene un promedio de 1.5 a 2.6 por ciento de cenizas, según se refieren Diehl y Mateo (1982). De materia orgánica las muestras analizadas presentaron de 97.96 a 98.26%, lo cual corresponde a la diferencia del total de la muestra y el porcentaje de ceniza, citado anteriormente.

Con respecto al valor proteico, la media fue de 12.4%, que entra perfectamente en el rango de valores que algunos autores mencionan. Según Guerrero (1992) la riqueza en proteínas del grano de trigo varía entre nueve y 12 por ciento. Para Duffus y Slaughter (1985) debe oscilar entre 12 y 13 por ciento. Y según Diehl y Mateo (1982) el trigo debe contener desde un nueve a 14 por ciento, dependiendo de las localidades de siembra y fertilización.

Los trigos argentinos tienen un promedio de proteínas de 11.8 por ciento (base 13.5 por ciento de humedad), en comparación con los franceses que presentan nueve punto seis por ciento (base 13.5 por ciento de humedad). Los trigos de muy alta productividad suelen tener tendencia a baja calidad por la relación inversa rendimiento vs. Proteína. El contenido de proteína o gluten es un parámetro necesario para clasificar el trigo en tipos. (Cuniberti, 2000).

Actualmente se proyecta la introducción al mercado de trigos con proteínas antifúngicas (proteínas que previenen fungosis). (Aacrea, 2000)

También se extrajo de las muestras el contenido de extracto etéreo, que oscilo de 1.42 a 1.91%, que como hacen referencia Duffus y Slaughter (1985) el promedio es de 1.9. Y de acuerdo a Diehl y Mateo (1982) va de 1.5 a 2%.

Otro parámetro de calidad del grano de trigo es el porcentaje de fibra cruda, el cual después de haber analizado las muestras en el laboratorio, arrojó una media de 4.06, superior al valor referido por Duffus y Slaughter (1985) de 2.6%, lo que indica que las familias evaluadas poseen una calidad superior para la elaboración de salvado y productos de tipo integral.

#### 4.11. Correlación de las características fenotípicas evaluadas.

Uno de los objetivos del presente estudio fue el de detectar aquellas correlaciones que permitan en lo subsecuente identificar y relacionar aquellos caracteres que permitan de manera indirecta seleccionar hacia rendimiento.

La correlación del rendimiento con los restantes en sus valores de correlación desde 0.0246 (peso hectolítrico) hasta 0.99216\*\* (índice de área foliar 1) en el sentido positivo, en tanto que para el caso opuesto que de -0.18686 (índice de área foliar 3) hasta -0.97190\*\* (altura de planta). (Cuadro 7).

Cuadro 7. Correlaciones posibles para caracteres agronómicos de 45 familias experimentales de trigo. UAAAN-UL. Ciclo 1999-2000.

	DE	DF	IAF1	IAF2	IAF3	AF	E	EX	AP	PH	R
R	0.68906**	0.45873	0.99216**	0.98730**	-0.18686	-0.55838	-0.30522	0.93282**	-0.97190**	0.02460	1.0000
PH	-0.12218	0.50763	0.96482**	-0.22177	-0.39698	0.77997*	-0.52076	-0.86230*	-0.05704	1.0000	
AP	0.99991**	0.96068**	0.99938**	0.99170**	0.90436**	0.93224**	0.96264**	0.99956**	1.0000		
EX	0.95851**	0.95062**	0.99558**	0.84501*	0.96118**	0.98563**	0.96868**	1.0000			
E	0.94813**	0.98217**	0.86274*	0.92551**	0.96326**	0.98104**	1.0000				
AF	0.98083**	0.95515**	0.93646**	0.92319**	0.96991**	1.0000					
IAF3	0.95882**	0.99136**	0.93574**	0.93220**	1.0000						
IAF2	0.99051**	0.98689**	0.94410**	1.0000							
IAF1	0.98874**	0.99100**	1.0000								
DF	0.99248**	1.0000									
DE	1.0000										

\* Significativo al 5% de probabilidad

\*\* significativo al 1% de probabilidad

Para la correlación de longitud de espiga con rendimiento que en otros estudios se señala como positiva y significativa (Sierra, 1980), en este estudio su resultado obtenido resulto opuesto, en razón probable al manejo del cultivo y el sistema de siembra.

Referente al peso hectolítrico y sus componentes correlacionadas se manifestó su relación marcada respecto al área foliar (0.77997\*) en función de la influencia de la fuente (hoja bandera) sobre la demanda (espiga).

Respecto a la marcada dependencia de la cobertura vegetal y el área foliar aquí se manifiesta estadísticamente la misma con valores de 0.93646\*\*, 0.92319\*\* y 0.96991\*\*.

En el cuadro 15 se muestran los valores de las correlaciones entre las principales características agronómicas, donde se detecta que hay precocidad en las familias; el peso hectolítrico y el tamaño de espigano influyen en el rendimiento, mientras que los factores foliares tuvieron una tendencia en modificar el rendimiento,

ya que mientras los índices foliares al ser mayores incrementan el rendimiento, el área foliar de la hoja bandera no influye en su modificación.

El peso hectolítrico es otro de los factores que presento variación en sus respuestas con respecto a la correlación con las características evaluadas, donde los días a espigamiento, días a floración, los últimos valores de índices foliares, tamaño de espiga y altura de planta no resultaron significativos con el peso hectolítrico, sin embargo, el tamaño de exersión si altera el comportamiento de dicho carácter y por consecuencia resulto que mientras se reduce la exersión mayor es el valor del peso hectolítrico. El resto de los valores de las características estudiadas resultaron altamente significativos y positivos, lo que indica en este trabajo: que al aumentarse una característica se aumenta la otra que esta correlacionada.

## V. CONCLUSION.

De acuerdo a los objetivos se tienen las siguientes conclusiones:

- El método de mejoramiento de selección de familias de MH y HC fue efectivo para seleccionar genotipos que conjuntaron genes favorables para tratar de incrementar la producción.
- El mejor tratamiento en rendimiento fue PFHC-27-26-35-1, el cual presenta un buen comportamiento en todas las características, ya que resultaron en su mayoría por encima de la media general.
- De acuerdo a los análisis bromatológicos realizados en las cinco principales familias previamente seleccionadas por sus características fenotípicas y de rendimiento, la PFHC-28-21-80-2 presenta mejor calidad de grano.
- En general las características fenotípicas evaluadas en este ciclo de producción muestran correlación entre ellas, sobresaliendo una no significancia entre los días a floración con rendimiento y la significancia positiva entre exersión y peso hectolítrico.
- Las mejores familias que involucran las mejores características agronómicas y bromatológicas por PFHC-28-21-80-2 (2), PFHC-26-16-42-2 (16), PFHC-27-26-35-1 (26), PFHC-18-24-28-2 (29) y la PFHC-24-18-17-2 (42).



## VI. RECOMENDACIONES

De manera preliminar y dadas las condiciones específicas en que se llevo a cabo el presente estudio, se señala lo siguiente:

Incluir en subsecuentes trabajos con estos materiales experimentales los progenitores generadores de las líneas, así como un testigo que sirva como referencia para constatar tanto el grado de avance genético producto de la recombinación generada como el rendimiento relativo respecto a un cultivar comercial bajo condiciones lo más cercanas a la obtenida a nivel comercial

## VII. LITERATURA CITADA.

- Aacrea, 2000. [www.a-campo.com/trigo/trigo3.htm](http://www.a-campo.com/trigo/trigo3.htm).
- Allard R.W., 1975. Principios de la mejora genética de las plantas, 2ª. Edición, Ed. Omega S.A., Barcelona, España, pp 63-73. Traducción: José L. Montoya.
- Bariffi J.H. y Rodríguez R.H., 1992. Ensayos comparativos de rendimiento de variedades de trigo pan de la RET, ciclo agrícola 1999-2000 EEA, Balcarce. [www.inta.gov.ar/crbsass/balcarce/trabinve/trigopan2000.htm](http://www.inta.gov.ar/crbsass/balcarce/trabinve/trigopan2000.htm).
- Benítez R.I., 1996. Teoría de la selección familia de MH y HC autofecundados en trigo, Revista Fitotecnia Mexicana, 19:175-183, México.
- \_\_\_\_\_ 1998. Comparación de métodos de selección recurrente en trigo. I. Descripción de métodos y respuesta esperada, Agrociencia, 32:29-38, México.
- Borodanenko A.J., 1991. Mejoramiento del trigo en la Unión Soviética, Revista Fitotecnia Mexicana, 14:3-10, México.
- Borlaug N., 1969. Mejoramiento de trigo: Su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Serie de traducciones y sobretiros No. 2. CIMMYT, México.
- Brauer H.O., 1981. Fitogenética aplicada, Los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad, Ed. Limusa S.A., México, pp 375-383.
- Burboa C.F., Ibarra D.G., Zapata M.M., Cabanillas C.R., Lizarraga del C.G., 1996. Clave F96004, Memoria técnica Patrocipes, No. 10. [www. Patrocipes. Uson.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F96004.html](http://www.Patrocipes.Uson.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F96004.html).

- Carmona B.S., 1964. Prueba de rendimiento con seis diferentes densidades de siembra utilizando variedades de trigo, efectuada en la región de Muzquiz, Coahuila, Tesis profesional, pp 53-58.
- Chagpman S.R. Y Carter L.P., 1976. Producción agrícola, principios y prácticas, Ed. ACRIBIA, Zaragoza, España, pp 295-314. Traducción: Manuel Medina Blanco y Eduardo Gustavo Gómez Castro.
- Chávez A.J., 1990. Apuntes de mejoramiento de plantas I, UAAAN, Buenavista, Saltillo, México
- \_\_\_\_\_ 1995. Apuntes de mejoramiento de plantas II, UAAAN, Buenavista, Saltillo, México, pp 22,41,61.
- Cuniberti M.B., 2000. INTA, Marcos Juárez, Laboratorio de calidad de cereales y oleaginosas, Argentina. [www.mjuarez.inta.gov.ar/trigo/calidad/parametrigo.htm](http://www.mjuarez.inta.gov.ar/trigo/calidad/parametrigo.htm).
- De la Loma J.L., 1980. Experimentación agrícola, 2ª. Edición, Ed. Hispano-americana S.A. de C.V., México, pp 126-127.
- Duffus C. y Slaughter C., 1985. Las semillas y sus usos, AGT Editor S.A., México, pp106-111. Traducción: Ph.D. Fidel Marqués Sánchez.
- Diehl R., Mateo B.J. y Urbano T.P., 1982. Fitogenética General, 2°. Edición, Ed. Mundiprensa.
- Empig L.T., Gardner C.O. y Compton W.A., 1972. Theoretical gains for different population improvement procedures University of Nebraska. Agric. Exp. Stan. Bull. Misc. Pub 26, 22p.
- Falconer D.S., 1970. Introducción a la genética cuantitativa, Ed. Continental, México, pp 167-168, 201-202, 430.
- Gill B.T. y Vear M.C., 1965. Botánica Agrícola, Ed. Acribia, Zaragoza España. Traducción: Prof. Dr. Horacio Marco Moll.

- Guerrero G.A., 1992. Cultivos herbáceos extensivos, 5ª. Edición, Ed. Mundiprensa, Madrid, España, pp 20-28.
- Gutiérrez del R.E. y Favela S.R., 1995. Productividad de trigo en sistemas de alto riesgo aplicando un modelo de estabilidad agronómica, UAAAN-UL, México.
- Halley R.J., 1990. Manual de agricultura y ganancia, Ed. Limusa, México, p. 187.
- Hallauer A.R. y Miranda J.B., 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding, 2<sup>nd</sup> ed. Iowa State Univ. Press Ames. Io. 468p.
- INEGI. Anuario Estadístico del ext. de los Estados Unidos Mexicanos, México, varios años.
- Knapp S.J. y Cox T.S., 1998. S<sub>1</sub> family recurrent selection in autogamous crops based on dominant genetic male-sterility, Crop Sci. 28:227-231.
- Larger R.H. y Hill G.D., 1987. Plantas de interés agrícola, Ed. Acribia, España, pp.49-57. Traducción: José Antonio Nuñez Butragueño y Margarita Medina Fernandez Regatillo.
- Márquez S.F., 1985. Genotecnia vegetal, Tomo I, AGT Editor S.A., México, pp 226-339.
- Mela M.P., 1966. El suelo y los cultivos del secano, 2ª. Edición, Ediciones Agrociencia, Zaragoza, España, pp 221-290, 391-395.
- Muñoz R.. Consorcio Regional de Explotación Agrícola CREA, Panorama Agrario Mundial. [Agritotal.com/imprimir.asp?cid=2970](http://Agritotal.com/imprimir.asp?cid=2970).
- Ortiz M., I.Zaire, K. y O. Moreno, 1992. Respuesta de dos variedades de trigo a la densidad de población, Programa de sistemas de producción. Informe de labores, Ciclos de Otoño-Invierno de 1992-1993, Cd. Obregón, Sonora, México, pp 71-81.
- Poehlman J.M., 1983. Mejoramiento genético de las cosechas, Ed. Limusa S.A., México, pp 20-28,85-87.

- Moreno G.R., 1968. Aspectos del mejoramiento de los cereales en México, Memoria del tercer Congreso Nacional de Fitogenética (1er. Simposio), Sociedad Mexicana de Fitogenética, México, pp 125-150.
- Reyes C.P., 1978. Diseño de experimentos aplicados, Ed. Trillas, México, pp 136-137.
- Reyes V. y López P., 1989. Importancia relativa de un carácter en la selección, Revista Fitotecnia Mexicana, 12:79-86, México.
- Robles S.R., 1982. Producción de granos y forrajes, 3ª. Edición, Ed. Limusa S.A., México, pp 20-29, 193
- SAGAR, Centro de Estadística Agropecuaria, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos, México (varios años).
- \_\_\_\_\_ 1995. Guía para cultivar trigo en la Región Lagunera y Ceballos.
- S.A.R.H., INIFAP, CIFAP, 1988. Primera Conferencia Nacional de Trigo. Memorias (Tomo I y II) Cd. Obregón, Son., México, pp 35,393
- Searle S.R., 1965. The value of indirect selection: I. Mass selection, Biometrics, 21:685-707.
- Sears E., 1965. Ciclo de Conferencias sobre el origen, evolución y citogenética del trigo. Memoria, México.
- SEP, 1991. Trigo, cebada y avena, Manuales para la Educación, Ed. Trillas, México. Pp 11-12
- Sierra H.A. y Molina G.J.D., 1980, Selección de progenitores de trigo según su aptitud combinatoria general para rendimiento y longitud de espiga, Agrociencia No. 42, Colegio de Postgraduados de Chapingo, México
- Trejo H., 1993, Caracterización fenológica de líneas experimentales de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en la Comarca Lagunera, Tesis de Licenciatura, UAAAN-UL, Torreón, Coahuila., p 35.

Vega O.U., 1992, Asociación entre el rendimiento promedio, respuesta de producción y estabilidad de la producción de maíz y trigo, Instituto de Genética, Revista Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela, 18:387-396.

## VIII. APENDICES.

Cuadro 8. Concentración de medias de las características en evaluación que no presentaron diferencia significativa de las 45 familias de trigo experimentales. UAAAN-UL. Ciclo 1999-2000.

TRATAMIENTO	GENEALOGIA	DE	IAF3	E (cms.)	AP (cms.)	PH (gr/200 ml)	R (ton/ha)
1	PFHC-26-6-24-3	84.5	2.945	13.15	61.5	196.90	2.441
2	PFHC-28-21-80-2	82.0	3.185	13.00	65.0	196.00	2.976
3	PFHC-24-8-70-1	84.5	2.770	12.40	61.5	195.85	1.876
4	PFHC-24-10-71-3	84.0	2.330	<b>16.50</b>	65.5	185.60	1.905
5	PFHC-33-9-30-2	85.0	2.575	11.75	61.0	193.60	1.746
6	PFHC-34-9-5-3	85.0	<b>1.910</b>	13.25	68.0	200.35	2.168
7	PFHC-16-8-24-1	83.0	2.375	14.80	60.5	197.05	2.430
8	PFHC-18-16-24-2	84.5	2.675	10.05	59.0	193.25	2.059
9	PFHC-24-9-24-3	83.5	2.465	14.85	67.0	184.45	2.388
10	PFHC-33-16-9-2	83.5	3.400	14.00	63.5	<b>200.85</b>	2.158
11	PFHC-26-16-56-1	85.0	<b>3.665</b>	13.25	59.5	192.85	2.820
12	PFHC-10-21-78-3	82.0	3.070	15.25	61.0	<b>179.55</b>	2.842
13	PFHC-32-17-27-1	84.0	3.000	13.75	51.5	194.10	2.237
14	PFHC-16-26-48-1	84.5	3.325	13.65	63.0	197.85	2.579
15	PFHC-34-8-49-2	81.5	1.925	13.30	67.5	191.00	2.302
16	PFHC-26-16-42-2	84.0	2.870	14.85	60.5	196.65	2.976
17	PFHC-26-9-17-2	83.0	3.335	12.75	63.5	188.70	1.976
18	PFHC-29-6-18-1	83.5	2.895	12.25	67.5	186.00	2.540
19	PFHC-26-3-48-2	83.5	3.610	14.55	69.5	184.40	2.176
20	PFHC-24-11-38-3	82.0	3.125	12.75	69.5	191.10	2.277
21	PFHC-33-18-85-1	83.0	3.335	15.20	67.0	185.30	2.017
22	PFHC-20-4-76-1	84.5	2.970	13.55	71.5	183.50	2.789
23	PFHC-26-10-81-2	<b>88.5</b>	2.620	11.60	<b>45.0</b>	181.50	1.988
24	PFHC-24-12-76-1	87.5	2.640	12.55	59.0	192.05	2.203
25	PFHC-27-22-38-3	85.0	2.385	12.25	63.0	190.75	1.347
26	PFHC-27-26-35-1	82.0	3.515	14.50	67.5	192.50	<b>3.248</b>
27	PFHC-16-8-56-1	82.5	2.915	14.45	59.0	192.30	2.639
28	PFHC-24-16-56-3	85.5	2.865	11.95	63.5	185.60	2.261
29	PFHC-18-24-28-2	81.0	2.675	15.10	69.0	192.10	2.847
30	PFHC-16-24-80-1	82.5	2.410	13.15	58.5	194.15	2.414
31	PFHC-12-8-33-1	<b>80.5</b>	3.050	11.85	65.0	192.40	1.982
32	PFHC-24-16-36-1	83.0	3.350	12.20	66.5	192.65	2.361
33	PFHC-36-12-58-3	87.0	2.260	12.00	66.0	190.35	2.233
34	PFHC-20-40-17-1	85.0	2.820	13.90	55.5	180.85	2.682

35	PFHC-26-16-57-1	87.5	3.075	15.70	59.5	181.85	1.748
36	PFHC-26-8-81-3	85.0	3.360	12.20	57.0	195.20	2.276
37	PFHC-24-16-42-3	82.5	2.220	13.15	65.5	187.05	2.294
38	PFHC-17-32-52-1	81.5	2.475	14.15	62.0	191.65	2.108
39	PFHC-10-32-26-2	84.0	3.290	14.15	68.0	188.15	2.497
40	PFHC-26-17-58-1	83.0	3.425	12.15	68.0	194.00	2.725
41	PFHC-15-17-52-1	83.5	2.740	12.90	59.0	195.25	<b>0.992</b>
42	PFHC-24-18-17-2	81.0	3.125	12.70	77.0	184.50	2.953
43	PFHC-26-16-11-2	82.0	2.645	<b>9.50</b>	70.5	187.45	1.978
44	PFHC-17-9-68-1	85.0	2.830	12.20	68.5	190.55	2.419
45	PFHC-13-11-62-3	84.0	2.995	<b>16.50</b>	<b>72.5</b>	184.05	2.125
	Media General	82.1	2.870	12.79	63.75	190.64	2.250

Cuadro 9. Concentración de los cuadrados medios de los análisis de varianza de las características evaluadas de 45 familias experimentales de trigo, UAAAN-UL, Ciclo 1999-2000

F.V.	G.L	DE	DF	IAF1	IAF2	IAF3	AF	E	EX	AP	PH	R
Trat.	44	6.241	3.125*	0.459*	0.408**	1.087	100.3**	4.424	18.47*	65.15	57.34	0.376
Bloq.	1	1.625	1.125	0.025	0.028	0.973	0.218	4.534	170.8*	30.06	19.50	0.760
Error	44	3.872	1.724	0.225	0.187	0.710	27.75	3.283	9.32	45.40	59.76	0.517
C.V.		2.35%	1.43%	14.0%	13.9%	28.7%	15.1%	13.5%	32.9%	10.5%	4.0%	31.1%
Media		82.1	91.7	3.66	3.09	2.87	28.54	12.79	9.26	63.75	190.6	2.25

F.V. = Factor de variación.

GL= Grados de libertad

\* = Significativo

\*\*= Altamente Significativo

C.V.= Coeficiente de variación

Cuadro 10. Concentración de promedios de características de las cinco mejores familias experimentales de trigo, UAAAN-UL, Ciclo 1999-2000 evaluadas

T	DE	DF	IA	IA	IA	AF	E	EX	AP	PH	R	C	M	PC	EE	FC
			F1	F2	F3								O			
28-21-80-2	82	90.5	3.48	3.31	3.18	38.2	13.0	9.75	65.0	88.2	2.97	1.84	98.1	12.3	1.81	3.9
26-16-42-2	84	91.5	3.25	3.05	2.87	27.5	14.8	7.00	60.5	88.2	2.97	2.04	97.9	12.1	1.42	4.1
27-26-35-1	82	92	4.11	3.85	3.51	31.4	14.5	12.0	67.5	87.4	3.24	1.94	98.0	13.5	1.91	4.0
18-24-28-2	81	90	3.12	2.85	2.67	41.0	15.1	12.5	69.0	87.4	2.84	1.74	98.2	12.0	1.57	4.1
24-18-17-2	81	89.5	3.61	3.33	3.12	44.8	12.7	14.0	77.0	83.0	2.95	1.84	98.1	12.1	1.82	4.2
X	82.1	91.7	3.66	3.09	2.87	34.8	12.7	9.26	63.7	85.5	2.25	1.88	98.1	12.4	1.70	4.0



## RESUMEN.

El presente trabajo de investigación revela los resultados de la evaluación y selección de 45 familias de medios hermanos y hermanos completos en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) en el ciclo otoño-invierno de 1999-2000, establecidas en el campo experimental de la UAAAN-UL, mediante el uso de metodologías de selección recurrente de medios hermanos y hermanos completos aplicadas en cultivos alógamos y que sugieren ser una alternativa para obtener incrementos en la varianza genética y consecuentemente prometen un avance en el mejoramiento poblacional en cultivos de autógamos como el trigo.

El experimento fue constituido bajo un diseño de bloques al azar con dos repeticiones en parcelas de cuatro surcos, evaluándose las siguientes características: días a espigamiento, días a floración, índice de área foliar, área foliar, tamaño de espiga, exersión, altura de planta, peso hectolítrico, rendimiento y contenido de ceniza, materia orgánica, proteína cruda, extracto etéreo y fibra cruda

Las cinco mejores familias mostraron un comportamiento con tendencia similar en la mayoría de las características evaluadas, sobresaliendo en estas la familia 27-26-35-1, con valores por encima de la media general en la mayoría de los caracteres evaluados.

**AGRADECIMIENTOS**  
**DEDICATORIAS**

<b>I. INTRODUCCION.</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA.</b>	<b>6</b>
2.1. Origen del Trigo.	6
2.2. Clasificación Taxonómica.	6
2.3. Descripción Botánica.	7
2.4. Fenología.	8
2.5. Requerimientos del Cultivo, Manejo, Plagas y Enfermedades.	9
2.6. Situación Económica del Cultivo de Trigo.	13
2.7. Mejoramiento Genético del Trigo.	14
2.9. Componentes genéticos.	22
2.9.1. Varianza genética.	22
2.9.2. Varianza aditiva.	22
2.9.3. Heredabilidad y correlación.	23
<b>III. MATERIALES Y METODOS.</b>	<b>25</b>
3.1. Antecedentes.	25
3.2. Localización del Proyecto.	27
3.3. Diseño de Siembra y manejo del cultivo.	27
3.4. Modelo del Diseño Estadístico de Bloques al Azar.	28
3.5. Medición de las variables.	29
3.5.1. Días a espigamiento.	29
3.5.2. Días a floración.	29
3.5.3. Índice de área foliar.	29
3.5.4. Área foliar de la hoja bandera.	30
3.5.5. Tamaño de espiga.	30
3.5.6. Altura de planta.	30
3.5.7. Exersión.	30
3.5.8. Peso hectolítrico.	30
3.5.9. Rendimiento.	31
3.5.10. Calidad de Grano.	31
3.5.10.1. Ceniza.	31
3.5.10.2. Materia Orgánica.	31
3.5.10.3. Proteína.	31
3.5.10.4. Extracto Etéreo.	32
3.5.10.5. Fibra Cruda.	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	<b>33</b>
4.1. Días a Espigamiento. (DE)	33
4.2. Días a floración. (DF)	33
4.3. Índice de Area Foliar. (IAF)	35
4.4. Area Foliar. (AF)	38

<b>4.5. Tamaño de Espiga. (E)</b>	<b>40</b>
<b>4.6. Exersión. (EX)</b>	<b>40</b>
<b>4.7. Altura de Planta. (AP)</b>	<b>42</b>
<b>4.8. Peso Hectolítrico. (PH)</b>	<b>43</b>
<b>6.9. Rendimiento. (R)</b>	<b>44</b>
<b>4.10. Calidad de grano.</b>	<b>46</b>
<b>4.11. Correlación de las características fenotípicas evaluadas.</b>	<b>48</b>
<b>V. CONCLUSION.</b>	<b>51</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>52</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.</b>	<b>53</b>
<b>VIII. APENDICES.</b>	<b>58</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>60</b>