



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

✓
**EFEECTO DEL NITRÓGENO SOBRE LA COMPETENCIA
ENTRE EL TRIGO (*Triticum aestivum* L.) Y AVENA (*Avena* spp.)**



DIRECCION ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCIÓN VEGETAL



PRESENTA:

GABINO NAVA MELQUIADES

881651

C.I.

CHAPINGO, MÉXICO. DICIEMBRE DE 1998.

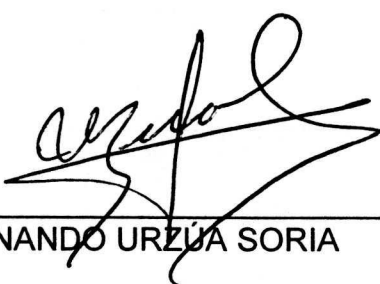


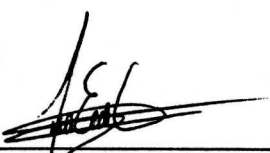
**EFFECTO DEL NITRÓGENO SOBRE LA COMPETENCIA ENTRE EL TRIGO
(*Triticum aestivum* L) Y AVENA (*Avena* spp.).**

Tesis realizada por **Gabino Nava Melquiades** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR: 
DR. GUILLERMO MONDRAGÓN PEDRERO

ASESOR: 
M.C. FERNANDO URZÚA SORIA

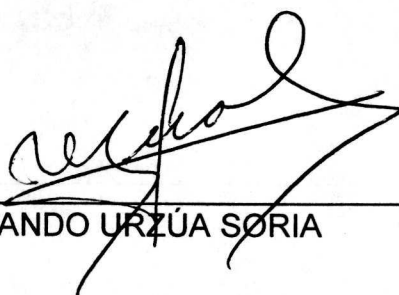
ASESOR: 
M.C. LUIS EMILIO CASTILLO MÁRQUEZ

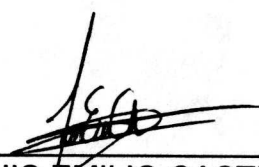
33663

**EFFECTO DEL NITRÓGENO SOBRE LA COMPETENCIA ENTRE EL TRIGO
(*Triticum aestivum* L) Y AVENA (*Avena* spp.).**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Gabino Nava Melquiades** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE: 
DR. GUILLERMO MONDRAGÓN PEDRERO

ASESOR: 
M.C. FERNANDO URZÚA SORIA

ASESOR: 
M.C. LUIS EMILIO CASTILLO MÁRQUEZ

AGRADECIMIENTOS

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Por su apoyo en el financiamiento lo cual hizo posible la realización de mi Posgrado.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Por todas las facilidades para concluir mis estudios, y gracias a ella tengo la oportunidad de realizarme en mi vida profesional, teniendo una herramienta más y con ella mayores aportaciones en la solución de problemas en la producción agrícola de México.

AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRICOLA

A la disponibilidad de instalaciones, a su personal académico y administrativo, así como de aquellas personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo para la culminación de esta tesis.

AL DR. GUILLERMO MONDRAGÓN PEDRERO

En la dirección acertada y dedicación incondicional en el transcurso de esta investigación. Así, como a todos los integrantes del comité asesor para la revisión del presente trabajo.

A todos, GRACIAS.

GAETANO NAVA M.

DEDICATORIA

Con cariño y respeto a mis padres:

*Elena Melquiades Balbuena y
Luis Nava Huizache*

Por su amor y sus sabios consejos que me dan la fuerza necesaria para seguir adelante en mi carrera profesional, así como en la más importante de nuestra existencia, La Vida; al enseñarme a caminar por el sendero de la buenaventura, respetando los principios del ser humano, ante todo. Muchas gracias, que Dios los bendiga.

A mis hermanas:

Cristina, Josefina, Elo, Ma. Elena, Silvia "Dany" y la alegría de la familia, por la inquieta niñez de Alma. Con las que comparto la felicidad y logros de mi vida, gracias a su apoyo que me llena de energía, inculcándome a seguir adelante. Con amor a mis seis luceros.

A la primer "Bebita"^{} de Josefina y Aquilino J. R., q.e.p.d.*

Gracias a mis familiares, con los que he compartido algún momento de mi vida, especialmente a Benito Nava y Josefina Gervacio por su apoyo, a Aquilino y Rodolfo.

A:

Mis amigas Ma. Esperanza Crisanto M., gracias por su amistad incondicional y consejos en los momentos difíciles de mi vida. A Verónica C. M., Reina G. A., Amalia M. M., Esther C. S., Yuriria P. C, Concepción A. E.

Mis amigos: Jorge Alberto Gil V. con quien he compartido grandes momentos, así como de una amistad inquebrantable, que estés bien. A Vladimir S. L., Gilberto G. C., Leonel M. C., Alberto D. M., Luciano M. B. y demás compañeros con los que conviví en mi estancia en esta Universidad.

Especialmente a:

María M. H., Gilberto G. C., Vladimir S. L., Leonel M. C., Juan L. S., con quien compartí mis estudios de Maestría.

Con mucho respeto a la familia Rodríguez Aguilar:

A la Sra. Alejandra, Sr. Amador, Verónica y Alejandro, quienes me brindaron su amistad, al convivir con ellos durante mi posgrado, gracias y que la alegría esté en su seno. Hasta pronto.

Al Sr. Telesforo Espinosa Viana por la confianza y amistad. Que su espíritu continúe al frente.

Muy Especialmente:

Para Ma. Leticia Vivas Enríquez, por su cariño, comprensión y apoyo en todo momento.

*Que la confianza que prevalece en ti
sea la fortaleza para tus metas
y que tus logros se involucren
en la felicidad que el corazón anhela.*

GABRIEL NAVA M.

BIOGRAFÍA

Gabino Nava Melquiades, nació en Las Naranjitas, Municipio de Quechultenango, Guerrero, el 25 de Octubre de 1972. Sus estudios profesionales los llevó a cabo de 1991-96, en el Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH.

Durante su trayectoria como estudiante se destacó por su constancia y persistencia hacia el conocimiento de la fitosanidad en plantas. Su tesis profesional estuvo dirigida hacia el campo de las malezas, con el trabajo: Susceptibilidad del haba (*Vicia faba* L.) al herbicida imazethapyr aplicado en tres dosis y dos épocas en Chapingo, México.

En enero de 1997, ingresó a la Maestría en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH.

CONTENIDO

	pag.
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .	3
2.1. Importancia del trigo	3
2.2. Importancia de las malezas	3
2.3. Relación de competencia entre el trigo y avena silvestre.....	4
2.4. Efecto del nitrógeno en competencia de trigo y avena silvestre ...	8
2.5. Efecto del nitrógeno en trigo.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. Localización del experimento	12
3.2. Clima	12
3.3. Suelos	12
3.4. Diseño experimental	12
3.4.1. Tratamientos	13
3.4.2. Aplicación de los tratamientos	13
3.5. Preparación del terreno	14
3.6. Material vegetal usado y fecha de siembra	14
3.7. Riego	14
3.8. Deshierbe	15
3.9. Cosecha	15
3.10. Variables evaluadas	15

3.10.1. Número de espigas	15
3.10.2. Número de granos por espiga	15
3.10.3. Peso de 1000 granos	15
3.10.4. Rendimiento de grano	16
3.11. Análisis de resultados	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
4.1. Número de espigas	17
4.2. Número de granos por espiga	20
4.3. Peso de 1000 granos	22
4.4. Rendimiento de grano	24
4.5. Análisis de correlación del rendimiento de trigo con las variables evaluadas	28
4.6. Discusión general	28
V. CONCLUSIONES	30
VI. LITERATURA CITADA	31
VII. APÉNDICE	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pag.
1. Tratamientos aplicados al cultivo de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en Chapingo, México. 1998.	13
2. Prueba de comparación de medias Tukey para el número de espigas, en el trigo .(<i>Triticum aestivum</i> L.) en Chapingo, México. 1998.	18
3. Prueba de comparación de medias Tukey para el número de granos por espiga, en el trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en Chapingo, México. 1998.	21
4. Prueba de comparación de medias Tukey para el peso de 1000 granos en el trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en Chapingo, México. 1998	23
5. Prueba de comparación de medias Tukey para el rendimiento de grano, obtenido en el cultivo de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) en Chapingo, México. 1998.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al número de espigas m^{-1} de trigo, en Chapingo, México. 1998.	20
2. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al número de granos por espiga de trigo, en Chapingo, México. 1998.	22
3. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al peso de 1000 granos de trigo, en Chapingo, México. 1998.	24
4. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al rendimiento de grano de trigo, en Chapingo, México. 1998.	27

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro	Pag.
6. Análisis de varianza de las variables evaluadas en trigo (<i>Triticum estivum</i> L.) en Chapingo, México	37
7. Valores r (coeficiente de correlación) para las variables evaluadas.....	37

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo invierno-primavera de 1998, en Chapingo, México. Se evaluó el efecto de cuatro niveles de nitrógeno aplicados en diferentes etapas de desarrollo del trigo para mejorar la habilidad competitiva hacia la avena, las dosis fueron de 60, 80, 100 y 120 kg de N ha⁻¹ aplicadas total a la siembra y al inicio del amacollamiento y en forma fraccionada (en siembra, inicio del amacollamiento y encañe, en partes iguales). Solo se evaluaron las variables para el trigo, las cuales fueron: número de espigas, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento de grano. Al realizar el análisis de varianza se tuvo que el nitrógeno aplicado a 120 kg de N ha⁻¹ al momento de la siembra, presentó mayor capacidad competitiva. Sin embargo, en términos generales la aplicación de nitrógeno en la variedad de trigo Temporalera mejoró la producción de acuerdo a los parámetros evaluados. El análisis de correlación, demuestra que existió una baja correlación ($r^2=0.039$) entre el rendimiento de grano y el número de espigas, mientras que con las variables granos por espiga y peso de 1000 granos fue de sólo $r^2=0.1$ y $r^2=0.46$ respectivamente.

PALABRAS-CLAVE: nitrógeno, habilidad competitiva, trigo, avena.

ABSTRACT

This work was carried out during the winter-spring cycle 1998, at Chapingo, México. Effect of four levels of nitrogen was evaluated under different stages of wheat development seeking to enhance competition against oat. Nitrogen dosages were 60, 80, 100 and 120 kg of N ha⁻¹ in totally application during sowing at the beginning of the bunching stage and splitting (at equal levels during sowing, bunching and caining stage). The following variables on wheat response were evaluated: number of ears, number of grains per ear, weight of 1000 grains and yield of grain. Results indicate that nitrogen (120 kg of N ha⁻¹) treatment applied totally once at sowing, gave the best wheat competition. Also, Temporalera wheat variety performed better (yield) under any of the nitrogen treatment assayed. A lower correlation ($r^2=0.039$) was obtained between yield grain and number ear but not so between grains per ear and weight of 1000 grains ($r^2=0.1$ and $r^2=0.46$ respectively).

KEY WORD: nitrogen, competitive hability, wheat, oat.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) en México constituye uno de los principales granos alimenticios, además del maíz, frijol y arroz (SAGAR, 1997), con una producción de aproximadamente 3.32 millones de toneladas (SAGAR, 1998). A nivel mundial se reportan 3.56 millones de toneladas (FAO, 1996) de grano de trigo con un rendimiento promedio de 4.5 toneladas por hectárea (SAGAR, 1998).

A nivel mundial, el trigo ocupa el 20% de la superficie cultivada, superando a la de cualquier otro cultivo, además de que se le considera como el principal alimento de casi el 35% de la población del mundo (Oerke *et al.*, 1994).

En México existen cinco zonas consideradas como las más importantes en cuanto a producción de trigo: la Noroeste que comprende los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California (Norte y Sur) (Robles, 1986; SAGAR, 1997); el Bajío que abarca a Querétaro, Guanajuato, Jalisco y Michoacán; La Laguna donde se incluyen Durango y Coahuila; la Centro considerando a Aguascalientes, Zacatecas y San Luís Potosí; y los Valles Altos donde se comprenden los estados de México, Puebla, Hidalgo y Tlaxcala (Robles, 1986).

El trigo al igual que los diferentes cultivos, es atacado por una diversidad de plagas y enfermedades las que ocasionan pérdidas en el rendimiento de aproximadamente 11.3 y 16.7% respectivamente, sin embargo, las mermas relacionadas con las malezas resultan trascendentales, ya que éstas alcanzan el 5% en países desarrollados, el 10% en subdesarrollados y hasta un 25% en países poco desarrollados (Parker y Fryer, 1975 citados por Auld *et al.*, 1987), lo que a nivel mundial es considerado como un 12.3%, lo cual representa un volumen de 102.5 millones de toneladas de grano de trigo (Oerke *et al.*, 1994).

Los estudios de la habilidad competitiva en cultivos es muy útil para conocer aquellos materiales que son más tolerantes a los daños por malezas. Sin embargo, estos proveen poca información específica en términos cuantitativos y en particular sobre qué recursos existe mayor competencia; por tal motivo, es necesario estudiar más sobre la características de ambas especies para lograr una mayor habilidad competitiva del cultivo hacia las malezas (Satorre y Snaydon, 1992).

Por lo antes mencionado, se plantearon los siguientes objetivos en el presente trabajo:

- Optimizar la aplicación del nitrógeno para mejorar la habilidad competitiva del trigo (*T. aestivum*) hacia la avena (*Avena* spp.).
- Determinar la mejor época de aplicación del nitrógeno, de acuerdo al grado de competencia entre el trigo y la avena.

Hipótesis

La aplicación del nitrógeno en etapas tempranas favorece el desarrollo del trigo y el incremento en el rendimiento de grano.

Altos niveles de nitrógeno aplicado al inicio del cultivo incrementan la habilidad competitiva del trigo hacia la avena.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del trigo

La importancia del trigo en México, se observa en tres aspectos fundamentales: a) por la variada obtención de alimentos a partir de la molienda del grano, que son parte de la dieta alimenticia de la población (SAGAR, 1997); b) a nivel mundial el trigo ocupa el 20% de la superficie cultivada, superando a la de cualquier otro cultivo; y c) se le considera el principal alimento de alrededor del 35% de la población mundial (Oerke *et al.*, 1994).

La mayor parte del grano de trigo se consume como harina, la cual se utiliza principalmente en la repostería, y en la elaboración de pan y galletas. Las características que determinan la calidad de panificación de la harina de trigo son la cantidad y la calidad de la proteína del grano. También se utiliza para el consumo animal procesándolo industrialmente para la fabricación de productos y alimentos balanceados, y en poca proporción se le usa como semilla (SAGAR, 1997).

2.2. Importancia de las malezas.

Las malezas reducen la producción en los diferentes cultivos por la competencia de diferentes recursos, efectos alelopáticos, entre otros, ocasionando reducción de la calidad y cantidad de los alimentos. Generalmente las malezas afectan la producción agrícola, forestal, zonas de recreo, producción de plantas medicinales, vías de comunicación, canales de riego, embalses de agua, principalmente (Bridges, 1994).

En el campo de la agricultura las malezas repercuten de manera directa sobre la economía del productor, debido a que causan una reducción en el rendimiento y mala calidad de sus cosechas (Gómez, 1993).

Existen reportes que mencionan que de 46 productos cosechados en 49 estados de la Unión Americana, se registran pérdidas que se valúan en 4 billones de dólares anuales (Bridges, 1994).

2.3. Relación de competencia entre el trigo y avena silvestre

Dentro de los cereales de grano pequeño, al trigo se le considera como el más susceptible a la competencia de la maleza (Zimdahl, 1980), por presentar las mayores pérdidas en el rendimiento, principalmente cuando la emergencia de las especies nocivas coinciden con el cultivo (Cook y Veseth, 1990).

El trigo y la avena silvestre han tenido una fuerte asociación durante la historia de la agricultura (Cudney *et al.*, 1989; Cudney *et al.*, 1991b). A la *A. fatua* se le ubica como el mejor competidor de este cultivo por la disminución en el rendimiento de grano que ocasiona (Carlson y Hill, 1985a; Martin *et al.*, 1987; Morishita y Thill, 1988).

En México se le encuentra distribuida en los principales estados productores de trigo como son Sonora, Baja California Norte y Sur, Sinaloa, Chihuahua y Guanajuato; de donde sobresalen por una mayor infestación las regiones de Delicias y El Bajío, con una frecuencia de ocurrencia de 68 y 66% respectivamente, seguidos por Caborca y Hermosillo, Son. con 59 y 51%; mientras que para el Valle del Fuerte, Sin. Sólo se reporta en un 5% de las áreas. Sin embargo, en términos generales, de las 188,627 ha muestreadas el 50% se encuentran infestadas por avena silvestre (Arevalo, 1977).

En EUA la avena loca ha infestado más de 28 millones de acres de cultivos de granos pequeños, siendo el trigo y la cebada los más afectados; sin embargo, el trigo de invierno resulta más competitivo que la cebada de verano (Nelson y Kephart, 1997).

En California la avena silvestre constituye un serio problema en los cultivos de trigo, avena y cebada; en donde el efecto de competencia trae como consecuencia la disminución de la producción y calidad de grano y forraje. Específicamente para trigo, donde el rendimiento puede disminuir hasta en un 66% (Cudney *et al.*, 1991a).

La avena loca es una gramínea anual que se presenta comúnmente en los cultivos de trigo a lo largo y ancho de Norte América (González, 1982; Carlson y Hill, 1985a), Europa y Australia, en donde causa fuertes daños económicos (O'donovan *et al.*, 1985), por la competencia de agua, nutrientes, espacio y luz, dando como resultado la disminución en el rendimiento de grano (González, 1982; Carlson y Hill, 1985a; Barreras *et al.*, 1993; SAGAR, 1995) de hasta un 50%; además de que dificultan la cosecha, reduciendo la calidad del grano, así como el valor del terreno (Cook y Veseth, 1990; Barreras *et al.*, 1993; SAGAR, 1995). Aunque estos daños se observan con mayor frecuencia en trigos de portes bajos (González, 1982).

Esta maleza se le encuentra en 20 cultivos de 55 países como el principal problema en cultivos de grano pequeño, debido a su alta habilidad competitiva y fácil adaptación a diferentes medios geográficos (Evans *et al.*, 1991; Barton *et al.*, 1992). Cudney *et al.* (1991b) mencionan que la *A. fatua* se puede localizar en por lo menos 45 países, donde la consideran como una de las especies más comunes. En praderas de Canadá es la maleza más abundante (Kirkland, 1993), por tales motivos se le ubica como una maleza de gran importancia económica (Carlson y Hill, 1985a; Martin *et al.*, 1987; Weaver

et al., 1994). La habilidad de *A. fatua* para reducir la producción en este tipo de cereales se le atribuye por su alta cantidad de área foliar que disminuye la penetración de luz (Weaver *et al.*, 1994), y su amplio desarrollo radical en las etapas tempranas, lo cual le facilita una mejor obtención de agua y nutrientes (Carlson y Hill, 1985a; Kirkland, 1993).

Las posibilidades de control químico de la avena loca en postemergencia de los cereales, generalmente resultan muy caras, incrementándose considerablemente el costo de producción; los herbicidas más económicos que controlan avena silvestre tienen la desventaja de tener un tiempo limitado de aplicación. Por ejemplo, solamente actúan eficientemente cuando la avena se encuentra con un desarrollo de 1 a 2 hojas, tal es el caso de diclofop metíl. Una alternativa para el control de esta especie, es el método cultural, el cual se basa en una serie de técnicas agronómicas que den al cultivo posibilidades de competir más favorablemente con la maleza. En el caso específico de la competencia de la avena silvestre y el trigo, se considera la posibilidad de utilizar variedades de trigo que presenten alta habilidad competitiva, además de aplicar el conocimiento de la dinámica de población de la avena silvestre, y de los umbrales biológico y económico de nocividad de esta especie sobre el trigo (Caussanel *et al.*, 1986).

Por otra parte, se observó disminución de la producción de biomasa en el trigo cuando la avena silvestre se sembró en trigo ya germinado, cosa que no sucedió cuando el cultivo se sembró dos semanas antes que la maleza (Darmency y Aujas, 1992).

Mientras que, en otras investigaciones se reporta que la producción de la biomasa, de granos para el trigo y panículas para *A. fatua* sucede de manera proporcional al incremento de la densidad de alguna de las dos especies (Cudney *et al.*, 1989).

En California se observó que el área foliar de la avena silvestre fue significativamente menor que la del trigo en la etapa de amacollamiento, sin embargo, cuando la maleza alcanzó una altura de 60 cm la proporción del área foliar se incrementó, reduciendo así la producción de grano del trigo (Cudney *et al.*, 1991b).

Kirkland (1993) reporta que infestaciones de 64 plantas de avena loca por m^{-2} antes de la formación de la sexta hoja en trigo no redujeron la producción de grano; pero el rendimiento declinó un 14% cuando la maleza permaneció hasta la formación de la séptima hoja, y se redujo en un 28% cuando esta permaneció durante todo el ciclo de crecimiento y desarrollo del cultivo. También consigna que infestaciones de 118 plantas de avena silvestre por m^{-2} no redujeron la producción de grano cuando la maleza permaneció hasta antes de la formación de la quinta hoja; sin embargo, cuando la maleza permaneció hasta formación de la sexta y séptima hoja se redujo el rendimiento de grano en un 17 y 25% respectivamente, y cuando se dejó la maleza durante todo el ciclo del trigo, la producción disminuyó hasta un 39%.

Experimentos realizados por Carlson y Hill (1985a); Martin *et al.* (1987). demuestran que el rendimiento de grano de trigo se reduce por la competencia de avena silvestre como consecuencia de una disminución en el número de tallos; además, mencionan que este efecto de la competencia puede decrecer al incrementar la densidad de las plantas de trigo.

Se menciona que los cultivares de trigo de ciclo más largo, son los más afectados por la competencia de la avena silvestre, debido a que presentan una mayor altura y, a que gran parte del tallo y de la espiga se desarrollan después de que las panículas de la avena silvestre se han expandido; aunque a esta maleza se le ha encontrado causando fuerte competencia por luz en trigos de porte bajo (González, 1988).

En un ensayo establecido en Chapingo, México, las variedades Culiacán, Verano y Temporalera fueron las que presentaron mayor habilidad competitiva hacia la *Avena sativa*, sobresaliendo la Verano al presentar menos afectos en rendimiento. Sin embargo, en el peso de mil granos reportan que la variedad Temporalera tuvo el mayor peso; y la Verano tuvo el mayor número de granos por espiga (Bocanegra y Carrillo, 1996).

El trigo de invierno presenta mayor desarrollo radical y presencia de raíces adventicias que la avena silvestre, ello le confiere una mayor habilidad competitiva (Exley y Snaydon, 1992; Satorre y Snaydon, 1992; Bingham, 1995), Por el contrario, se indica que el trigo de primavera es menos competitivo que la avena silvestre al crecer juntos durante su desarrollo (Martin y Field, 1987).

2.4. Efecto del nitrógeno en competencia de trigo y avena silvestre

Henson y Jordan (1982) mencionan que la aplicación de nitrógeno favoreció la competencia de la avena loca, causando una gran reducción en el peso seco y producción de grano del trigo, debido a que se disminuyó el nitrógeno efectivo utilizado por el cultivo.

Estudios realizados para detectar el efecto del nitrógeno en la competencia entre plantas de trigo y maleza, demostraron que las aplicaciones a la siembra al cultivo afectaron la producción del número de espigas; caso contrario ocurrió, cuando el nitrógeno estuvo disponible para el trigo durante la época de amacollamiento, ya que se incrementó la producción del número de espigas, y las aplicaciones en la etapa de elongación del tallo, también presentó un aumento en los granos por espiga y número de granos por m⁻² (Angonin *et al.*, 1996).

La variabilidad en la habilidad competitiva de la avena silvestre hacia el trigo, depende de la disponibilidad del nitrógeno, la humedad en el suelo, la altura del trigo y la variación en los biotipos de la maleza (Carlson y Hill, 1985a).

La habilidad para competir por los nutrientes, resulta mayor para avena silvestre que para el trigo (González, 1988; Martin y Field, 1988), debido a que presenta un gran desarrollo del área de la rizosfera (Martin y Field, 1987; Martin y Field, 1988), lo cual le favorece en la extracción de nitrógeno; en tanto que afecta el desarrollo y productividad de las plantas de trigo (González, 1988).

La aplicación de nitrógeno a una dosis de 75 kg de N ha⁻¹ reduce parcialmente la competencia en la zona radical en el trigo, durante todo el ciclo de desarrollo excepto durante el amacollamiento (Exley y Snaydon, 1992).

En un ensayo donde se evaluaron cuatro niveles de nitrógeno (80, 120, 160 y 200 kg ha⁻¹), los mejores resultados en cuanto a producción de paja y grano se obtuvieron a dosis de 200 kg ha⁻¹ (Patel *et al.*, 1994). Este incremento se le atribuyó a la mejora en las características que determinan el rendimiento, como son altura de planta, longitud de espigas, longitud total y efectiva de tallos m⁻¹, granos/espiga y peso de 1,000 granos. Estos parámetros también son influenciados por la aplicación del nitrógeno en competencia con *A. fatua* (Satorre y Snaydon, 1992; Patel *et al.*, 1994), no siendo así, para el tamaño de grano (Satorre y Snaydon, 1992).

La producción de grano de trigo declinó cuando se aplicó nitrógeno debido a un incremento en el número de panículas de avena silvestre, lo cual reflejó que ésta maleza presenta mayor habilidad competitiva para obtener el nitrógeno que el cultivo (Carlson y Hill, 1985a; Carlson y Hill, 1985b). Mientras que cuando existió un estrés de humedad y de nitrógeno, el trigo semienano tuvo mayor habilidad competitiva ante esta maleza. La cantidad de panículas

de avena silvestre se incrementó con la adición de nitrógeno ya sea total o fraccionada y sólo se vió disminuida cuando se aumentó la densidad del trigo (Carlson y Hill, 1985b).

2.5. Efecto del nitrógeno en el trigo

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para los cultivos y a la vez, uno de los nutrientes que se encuentran en menores cantidades en los campos agrícolas. Sin embargo, cuando éste es suministrado, se mejoran favorablemente todos los componentes del rendimiento como el número de tallos, longitud de la espiga, número de granos y peso de mil granos, entre otros (Abd El-Latif y El-Tuhamy, 1986).

Con la adición de nitrógeno de 50, 100 y 150 kg ha⁻¹, a medida que los niveles se incrementaron el rendimiento de grano tiendió a subir de 3,427, 4,603 y 4758, respectivamente, debido a que se mejoraron los componentes del rendimiento (Mascagni y Sabbe, 1990). Patel *et al.* (1982) al aplicar 120, 80 y 0 kg de N se obtuvieron 1,632, 1,564.88 y 1,347.16 kg de grano ha⁻¹, respectivamente.

Valenti y Wicks (1992) mencionan que cuando se aplican altos niveles de nitrógeno se desarrollan más las plántulas, debido a que no se entra en competencia por este recurso. Mientras que, cuando las dosis aplicadas de nitrógeno son las óptimas, se incrementa el rendimiento de grano; sin embargo, cuando este nivel se excede, puede manifestarse en un elevado desarrollo vegetativo y una baja producción del cultivo de trigo. Pero la aplicación de nitrógeno a dosis de 67 y 101 kg ha⁻¹ sobre trigo de invierno, reduce la producción de grano en comparación con 34 kg de N ha⁻¹.

Existen experimentos que demuestran que al aplicar altos niveles de nitrógeno; se reduce el contenido de fósforo así como el volumen y peso de granos de todos los cereales. Caso contrario, cuando se incrementan las densidades del cultivo, se disminuye el contenido de ambos nutrientes en el grano y peso de los granos, pero el volumen de estos se eleva (Read y Warder, 1982).

En un cultivo de trigo al cual se le aplicaron 40, 80 y 120 kg de N ha⁻¹, se tuvo que a 120 kg ha⁻¹ los componentes del rendimiento tales como tallos por planta, contenido de materia seca, longitud de la espiga, granos por espiga y peso de mil granos se incrementaron. Así, el rendimiento de grano aumentó de 18.23 a 21% en 1983/84 y de 20.74 a 24.10% para 1984/84 en comparación con 40 kg de N ha⁻¹ (Abd El-Latif y El-Tuhamy, 1986).

Mascagni y Sabbe (1990) indican que la adición de nitrógeno de manera fraccionada al cultivo de trigo, generalmente no presenta efectos significativos en relación al rendimiento de grano y peso seco en comparación con las aplicaciones totales.

El nitrógeno aplicado a 150 kg ha⁻¹ incrementó el rendimiento de grano de 1,391 a 4,838, de 1,216 a 3,965 y de 900 a 4,502 kg ha⁻¹ para 1987, 1988 y 1989, respectivamente, comparados con el testigo sin aplicación. Para el caso del peso seco, los incrementos fueron de 4,544 a 16,062, de 4,402 a 12,151 y de 3,351 a 15,065 kg ha⁻¹ en cada uno de los años antes mencionados (Mascagni y Sabbe, 1990).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en lote X-14 del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, bajo condiciones de riego durante el ciclo invierno-primavera de 1998, ubicado a una altitud de 2,249 msnm.

3.2. Clima

El clima predominante en la zona de Chapingo, Méx. corresponde al C (Wo) (W) b (y'), definido como subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación invernal menor al 5%, poca oscilación térmica y veranos frescos; régimen de precipitación media anual de 664.8 mm. La temperatura media anual se ubica entre 12 y 18°C, con una variación de éstas menor a 5°C (García, 1988).

3.3. Suelos

El suelo predominante en la zona corresponde a la asociación de suelos Chapingo Chicoloapan-Xaltepa y de la serie Xaltepa; los que se caracterizan por ser planos, de coloración negra, de textura franca, profundos, con pH de neutro a ligeramente alcalinos y medianamente ricos en materia orgánica (Cachón *et al.*, 1976).

3.4. Diseño experimental

El experimento se estableció utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde cada unidad experimental presentó las dimensiones

siguientes 1.2 m de ancho x 6 m de largo. Cada parcela estuvo constituida de siete hileras en total, de las cuales cuatro se sembraron de trigo y tres de avena silvestre en forma intercalada. La longitud de las hileras fue de 6 m, con 17.14 cm de separación entre estas; siendo la parcela útil los dos surcos centrales sembrados con trigo de cada unidad experimental, dejando 50 cm en cada extremo para evitar el efecto de borde.

3.4.1. Tratamientos

Se consideraron un total de trece tratamientos, los cuales se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados al cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) en Chapingo, México. 1998.

No. DE TRAT.	ÉPOCAS DE APLICACIÓN DE N	DOSIS DE N
1	Total en la siembra	60 - 40 - 00
2	"	80 - 40 - 00
3	"	100 - 40 - 00
4	"	120 - 40 - 00
5	Total al amacollamiento	60 - 40 - 00
6	"	80 - 40 - 00
7	"	100 - 40 - 00
8	"	120 - 40 - 00
9	Fraccionada (siembra, inicio del amacollamiento y encañe)	60 - 40 - 00
10	"	80 - 40 - 00
11	"	100 - 40 - 00
12	"	120 - 40 - 00
13	Testigo	00 - 40 - 00*

* = Testigo sin aplicación de N.

NOTA: La aplicación del fósforo se realizó en forma total al momento de la siembra para todos los tratamientos.

3.4.2. Aplicación de los tratamientos

El nitrógeno se aplicó en tres épocas de desarrollo del trigo, correspondientes a la siembra, amacollamiento e inicio de encañe; en forma

total para las dos primeras y fraccionada en partes iguales a la siembra, amacollamiento e inicio de encañe. La fuente de nitrógeno fue urea al 46% de N, y para el fósforo el fosfato de potásio al 46% de P. Las aplicaciones de fertilizante se hicieron al voleo dentro de las unidades experimentales.

3.5. Preparación del terreno

Las labores previas a la siembra consistieron de un barbecho, un paso de rastra y nivelación del terreno. Al momento de la siembra se realizó el surcado de forma manual utilizando un azadón.

3.6. Material vegetal usado y fecha de siembra

La variedad de trigo utilizada fue la Temporalera M87, que fue sembrada a una densidad de 250 plantas m^{-2} . La avena empleada en el experimento fue la variedad cultivada Opalo, la cual se sembró a una densidad de 150 plantas m^{-2} . Cabe mencionar que se utilizó este tipo de material para evitar infestaciones de avena silvestre en el campo agrícola experimental.

La siembra se realizó el 27 de enero de 1998. El método de siembra utilizado fue a "chorrillo" sobre las hileras con ambas especies de plantas.

3.7. Riego

Estos se llevaron a cabo cada ocho días utilizando el riego por aspersión, el cual se aplicó por un tiempo aproximado de tres horas en cada ocasión.

3.8. Deshierbe

Esta práctica se llevó a cabo de forma manual a medida que las malezas fueron apareciendo, sobre todo al inicio del cultivo, para evitar competencia con otras plantas que no fueran las correspondientes al experimento.

3.9. Cosecha

Esta se llevó cabo el día nueve de junio de 1998. Se cosecharon las dos hileras centrales del trigo, dejando 0.5 m en cada orilla por considerarlos como efecto de borde.

3.10. Variables evaluadas

3.10.1. Número de espigas

Esta variable se obtuvo a través del conteo de todas las espigas cosechadas y el total se dividió entre diez metros correspondientes a los surcos cosechados.

3.10.2. Número de granos por espiga

Se seleccionaron 20 espigas al azar de cada muestra, las cuales se les contó el número de granos obteniéndose el promedio.

3.10.3. Peso de 1000 granos

Para medir esta variable se contaron mil granos de la muestra y se pesaron utilizando una balanza analítica.

3.10.4. Rendimiento de grano

Este se obtuvo pesando el total de grano cosechado utilizando una balanza analítica.

3.11. Análisis de resultados

Se realizó un análisis de varianza utilizando el programa estadístico de Software conocido como SAS para determinar la significancia estadística de los tratamientos estudiados. La prueba de comparación de medias se realizó bajo la prueba de Tukey con una probabilidad del 95%. Además, se hizo la correlación entre las variables evaluadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se empleó avena cultivada en sustitución de la avena silvestre, para evitar la infestación del campo experimental con esta maleza. Este hecho justifica con los resultados de materia seca obtenidos por Bocanegra y Carrillo (1996), al comparar en invernadero poblaciones de avena cultivada y silvestre a favor de la primera, por lo que se cree que la sustitución es razonable.

Los resultados obtenidos en este experimento, se observa que en la variable número de granos por espiga no existe un efecto depresivo de la avena, lo cual coincide con lo reportado por Barba y Domínguez (1996) y por Bocanegra y Carrillo (1996) al mencionar que las variedades de trigo Verano y Temporalera no registran efectos depresivos sobre los componentes del rendimiento al crecer con la avena.

4.1. Número de espigas

En esta variable, el análisis de varianza (Cuadro 6 del apéndice) indicó que existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($\alpha=0.05$), lo cual representa que hubo un comportamiento diferente en al menos una de las dosis de nitrógeno aplicados en el cultivo de trigo sobre la producción de espigas, por tal motivo se procedió a realizar la prueba de comparación de medias Tukey correspondiente (Cuadro 2), obteniéndose los siguientes resultados:

El mejor tratamiento fue la aplicación de la dosis de 100 kg ha^{-1} de nitrógeno al inicio del amacollamiento del trigo, registrando la media de producción más alta correspondiente a $74.2 \text{ espigas m}^{-1}$, seguido por el tratamiento de $120 \text{ kg de N ha}^{-1}$ aplicado al inicio del amacollamiento, los resultados anteriores pueden deberse a que las plantas de trigo aprovechan mejor el nitrógeno en esta etapa de desarrollo, ya que incrementan la producción

de espigas m^{-2} tal como lo reportan Satorre y Snaydon (1992) al indicar que, aplicando 50 y 100 kg de N ha^{-1} se obtuvieron de 342 a 383 espigas m^{-2} , respectivamente.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias Tukey para el número de espigas en el trigo (*Triticum aestivum* L.) en Chapingo, México. 1998.

TRATAMIENTO (kg de N ha^{-1})	MEDIAS (espigas m^{-1})	AGRUPACIÓN TUKEY ($\alpha=0.05$)			
100 TA	74.20	a*			
120 TA	72.00	a	b		
120 TS	71.32	a	b		
100 TS	70.37	a	b		
80 TA	69.42	a	b		
80 TS	66.85	a	b	c	
60 TA	66.60	a	b	c	
80 FSAE	62.85	a	b	c	
100 FSAE	60.52		b	c	
120 FSAE	59.77		b	c	d
60 TS	56.30			c	d
TESTIGO	56.25			c	d
60 FSAE	48.02				d

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Por su parte, González (1982) menciona que la variedad Yecora aprovechó mejor el nitrógeno que la avena silvestre, sobre todo en la época de amacollamiento y encañe; escapando con ello a la competencia por este elemento, lo cual se manifestó en un incremento en la producción del número de espigas. Lo mismo que obtuvieron Angonin *et al.* (1996) al incrementar la dosis de nitrógeno de 60 a 80 kg de N ha^{-1} aplicados en la etapa de amacollamiento y elongación del tallo del trigo.

Cabe mencionar, que todos los tratamientos presentaron una media de producción superior al testigo sin aplicación de nitrógeno, excepto la aplicación de 60 kg ha^{-1} en forma fraccionada.

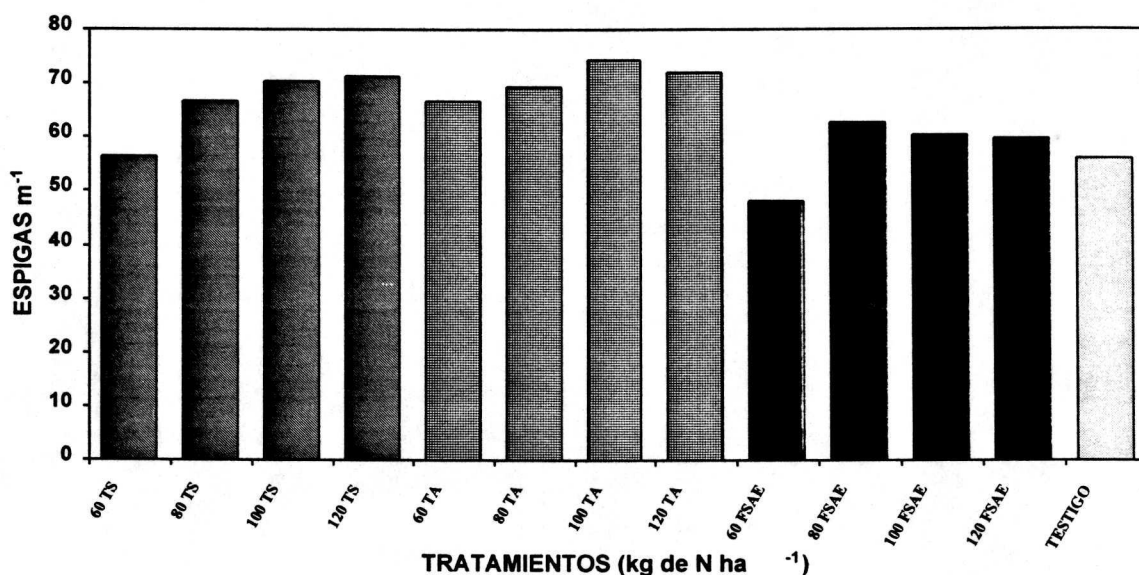
Los tratamientos con 60, 80, 100, 120 kg de N ha⁻¹ aplicados al inicio del amacollamiento; 80, 100 y 120 kg de N ha⁻¹ aplicados al momento de la siembra; y 80 kg de N ha⁻¹ aplicado de forma fraccionada, fueron estadísticamente iguales pero diferentes al resto de los tratamientos, así, como al testigo. Sin embargo, de estos, el más eficiente fue la aplicación de 120 kg de N ha⁻¹ al inicio del amacollamiento del trigo con 72 espigas m⁻¹ presentando una diferencia de 2.2 espigas m⁻¹ en relación al tratamiento de 100 kg de N ha⁻¹ adicionado al momento de la siembra.

En un grupo aparte se encuentran los tratamientos 100 y 120 kg de N ha⁻¹ aplicados de forma fraccionada donde sobresale el primero con 60.52 espigas m⁻¹, el mismo, que difiere del mejor tratamiento con 13.68 espigas m⁻¹.

De acuerdo a los resultados que se han presentado, podemos mencionar que los niveles de nitrógeno aplicados en las etapas iniciales del cultivo y en forma total tuvieron una mejor influencia sobre la habilidad competitiva del trigo hacia la avena, con excepción del tratamiento de 60 kg de N ha⁻¹ aplicado al momento de la siembra, en comparación con las aplicaciones fraccionadas. Esto puede ajustarse con los mencionado por Exley y Snaydon (1992); Satorre y Snaydon (1992); Bingham (1995) al mencionar que el nitrógeno aplicado en las etapas iniciales es mejor aprovechado por el trigo al presentar un mayor desarrollo radical principal al igual que las raíces adventicias en comparación con la avena silvestre. Mientras que en las aplicaciones fraccionadas, pudo asumir una disminución en la cantidad disponible de este recurso en etapas críticas del desarrollo, lo que se manifestó en una mayor competencia y posiblemente en una menor habilidad competitiva por parte del trigo.

En el tercer grupo se engloba a los tratamientos de 60 kg de N ha⁻¹ aplicado al momento de la siembra y al testigo, donde se observa una ligera diferencia entre ellos; en tanto que la diferencia con el mejor tratamiento (100 kg

de N ha^{-1} aplicado al inicio del amacollamiento) fue de $17.9 \text{ espigas m}^{-1}$. Finalmente, se ubicó el tratamiento de $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$ aplicado de manera fraccionada con una media de producción de 48.02 el cual tuvo una amplia diferencia de $26.18 \text{ espigas m}^{-1}$ de trigo (Figura 1), en comparación con el tratamiento que presentó los mayores valores. Este tratamiento fue estadísticamente semejante al testigo con respecto al número de espigas de trigo; sin embargo, esto nos demuestra que a bajas cantidades de nitrógeno disponible, la competencia por dicho recurso se incrementa, sacando mejor provecho la maleza al producir mayor cantidad de espigas.



TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encafe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Figura 1. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al número de espigas m^{-1} de trigo, en Chapingo, México. 1998.

4.2. Número de granos por espiga

El análisis de varianza para esta variable nos muestra que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con $\alpha=0.05$ (Cuadro 6 del apéndice), aún con la dosis mayor de nitrógeno. En el Cuadro 3, podemos observar que las medias de los tratamientos correspondientes a 120, 80, 60 y

120 kg de N ha⁻¹ con 25.52, 24.08, 21.45 y 20.55 granos por espiga respectivamente, no presentan mucha variación. No obstante la media del tratamiento de 60 kg de N ha⁻¹ aplicado en la época de amacollamiento con 16.88 granos por espiga que fue menor con un 34% en relación al tratamiento con 120 kg de N ha⁻¹ aplicado de forma fraccionada (25.52 granos por espiga), no fue significativa la diferencia (Figura 2).

Cuadro 3. Prueba de comparación de medias Tukey para el número de granos por espiga en el trigo (*Triticum aestivum* L.) en Chapingo, México. 1998.

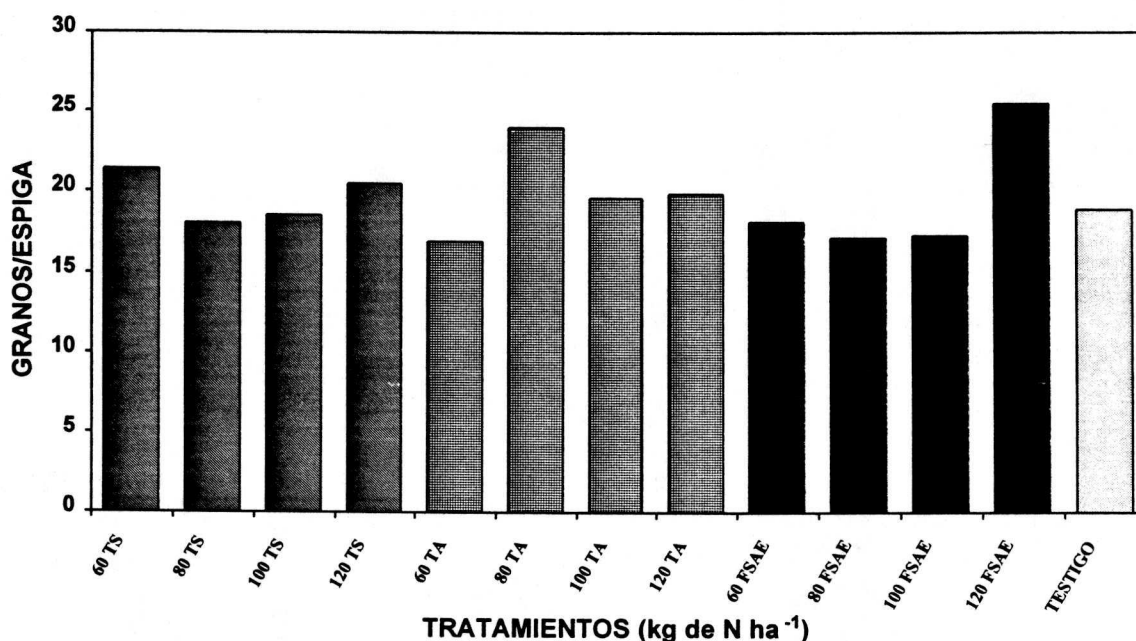
TRATAMIENTO (kg de N ha ⁻¹)	MEDIAS (granos/espiga)	AGRUPACIÓN TUKEY ($\alpha=0.05$)
120 FSAE	25.52	a*
80 TA	24.08	a
60 TS	21.45	a
120 TS	20.55	a
120 TA	19.97	a
100 TA	19.66	a
TESTIGO	18.98	a
100 TS	18.50	a
60 FSAE	18.13	a
80 TS	18.10	a
100 FSAE	17.32	a
80 FSAE	17.23	a
60 TA	16.88	a

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Por otra parte, podemos observar que la mayoría de los niveles de nitrógeno más elevados (100 y 120 kg de N ha⁻¹) se ubicaron dentro de los primeros seis con los valores más altos, lo cual indica que aumentado la disponibilidad de este recurso tiende a incrementarse el número de granos por espiga; coincidiendo con Angonin *et al.* (1996), quienes reportan que aumentando las cantidades de nitrógeno durante la elongación del tallo, se incrementó el número de granos por espiga y el número de granos por m⁻².

Mientras que Satorre y Snaydon (1992) obtuvieron incrementos de 29 a 35 granos por espiga al aplicar de 50 a 100 kg de N ha⁻¹ respectivamente.



TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Figura 2. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al número de granos por espiga de trigo, en Chapingo, México. 1998.

4.3. Peso de 1000 granos

A los datos obtenidos se les practicó el análisis de varianza (Cuadro 6 del apéndice) encontrándose que existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($\alpha=0.05$) para la variable peso de 1000 granos. Lo anterior nos indica que la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de trigo, influyeron significativamente sobre el peso de los granos.

Podemos observar en el Cuadro 4, que las medias de los tratamientos son semejantes, y sólo registran una pequeña diferencia de 5.8 g (31.1 a 36.9 g)

entre el tratamiento de 100 kg de N ha⁻¹ aplicado de forma fraccionada y el de 80 kg de N ha⁻¹ aplicado al inicio del amacollamiento, respectivamente, (Figura 3); siendo el tratamiento con 100 kg de N ha⁻¹ aplicado de manera fraccionada el que presentó diferencias estadísticas significativas con el tratamiento de 80 kg de N ha⁻¹ aplicado al inicio del amacollamiento y 60 kg de N ha⁻¹ aplicado en forma total a la siembra.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias Tukey para el peso de 1000 granos en el trigo (*Triticum aestivum* L.) en Chapingo, México. 1998.

TRATAMIENTO (kg de N ha ⁻¹)	MEDIAS (peso de 1000 granos)	AGRUPACIÓN TUKEY ($\alpha=0.05$)
80 TA	36.90	a*
60 TS	36.72	a
100 TS	36.17	a b
100 TA	35.80	a b
60 TA	35.67	a b
60 FSAE	35.65	a b
80 FSAE	35.27	a b
TESTIGO	35.05	a b
120 TA	34.67	a b
120 TS	34.42	a b
80 TS	33.32	a b
120 FSAE	33.25	a b
100 FSAE	31.10	b

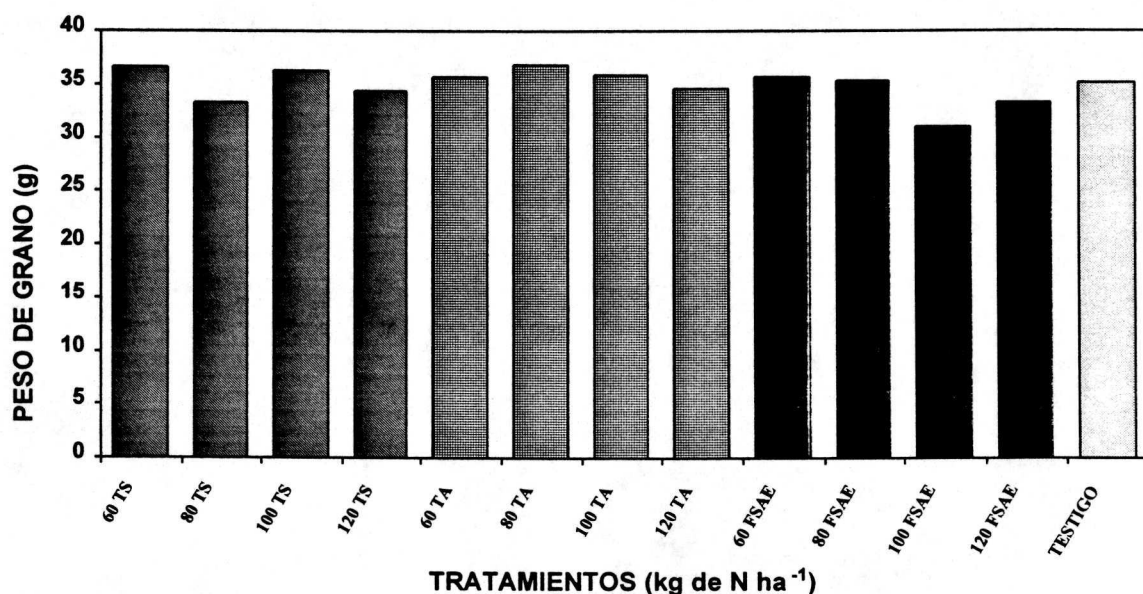
* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Las medias que fueron las más altas, correspondieron a los menores niveles de nitrógeno, sobre todo a 80 y 60 kg de N ha⁻¹; esto presenta similitud con lo mencionado por Carlson y Hill (1985b), quienes indican que las variedades de trigo de ciclo corto, al aplicarles dosis bajas de nitrógeno presentaron mayor habilidad competitiva que cuando éstas se incrementaron.

Por otra parte, aunque la variedad Temporalera se considera como una planta de ciclo largo, ésta mostró buen nivel de competitividad por el nitrógeno en

relación con la variable peso de 1000 granos, lo cual contradice lo mencionado por González (1982), al indicar que los trigos de ciclos largos son los más afectados por la competencia.



TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Figura 3. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al peso de 1000 granos de trigo, en Chapingo, México. 1998.

4.4. Rendimiento de grano

El análisis de varianza de los tratamientos con relación a la variable rendimiento de grano de trigo, muestra diferencias estadísticas significativas (Cuadro 6 del apéndice).

Al realizar la prueba de comparación de medias Tukey (Cuadro 5) se encontró que el mejor tratamiento para incrementar la habilidad competitiva del trigo hacia la avena fue la aplicación de 120 kg de N ha⁻¹ al momento de la siembra, con la media de producción más alta de 350.4 g de grano de trigo por unidad experimental, el cual no presentó diferencias estadísticas con los tratamientos de 60, 80 y 100 kg de N ha⁻¹ aplicados al momento de la siembra

(293.87, 309.3 y 285.2 g de grano respectivamente), lo cual indica que al aplicar el nitrógeno durante las etapas iniciales de desarrollo del cultivo en forma total, se incrementa el crecimiento de la raíz del cultivo, manifestándose en una mayor altura de la planta, tal como lo mencionan Piters y Wilson (1983); Carlson y Hill (1985b); Martin *et al.* (1987), y que, a medida que el nitrógeno está disponible, la habilidad del trigo hacia la avena para competir se incrementa, coincidiendo con Satorre y Snaydon (1992), al indicar que el incremento en el rendimiento de grano fue de 308 a 417 g m⁻² con aplicaciones de 50 y 100 kg de N ha⁻¹.

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias Tukey para el rendimiento de grano en el trigo (*Triticum aestivum* L.) en Chapingo, México. 1998.

TRATAMIENTO (kg de N ha ⁻¹)	MEDIAS (rendimiento en g)	AGRUPACIÓN TUKEY ($\alpha=0.05$)		
120 TS	350.40	a*		
80 TS	309.30	a	b	
60 TS	293.87	a	b	
100 TS	285.20	a	b	
120 FSAE	280.95	a	b	
80 TA	274.27	a	b	c
100 FSAE	269.05	a	b	c
120 TA	247.10	a	b	c
60 TA	237.30	a	b	c
100 TA	232.05	a	b	c
80 FSAE	210.57		b	c
60 FSAE	190.33		b	c
TESTIGO	176.50			c

* Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Por otra parte, los niveles de 100 y 120 kg de N ha⁻¹ aplicados de manera fraccionada, y todos los niveles de nitrógeno aplicados al inicio del amacollamiento, tampoco fueron diferentes estadísticamente en relación a los tratamientos antes mencionados; sin embargo, de entre todos estos, el tratamiento con 100 kg de N ha⁻¹ aplicado al inicio del amacollamiento fue el menos eficaz con 232.05 g de trigo por unidad experimental.

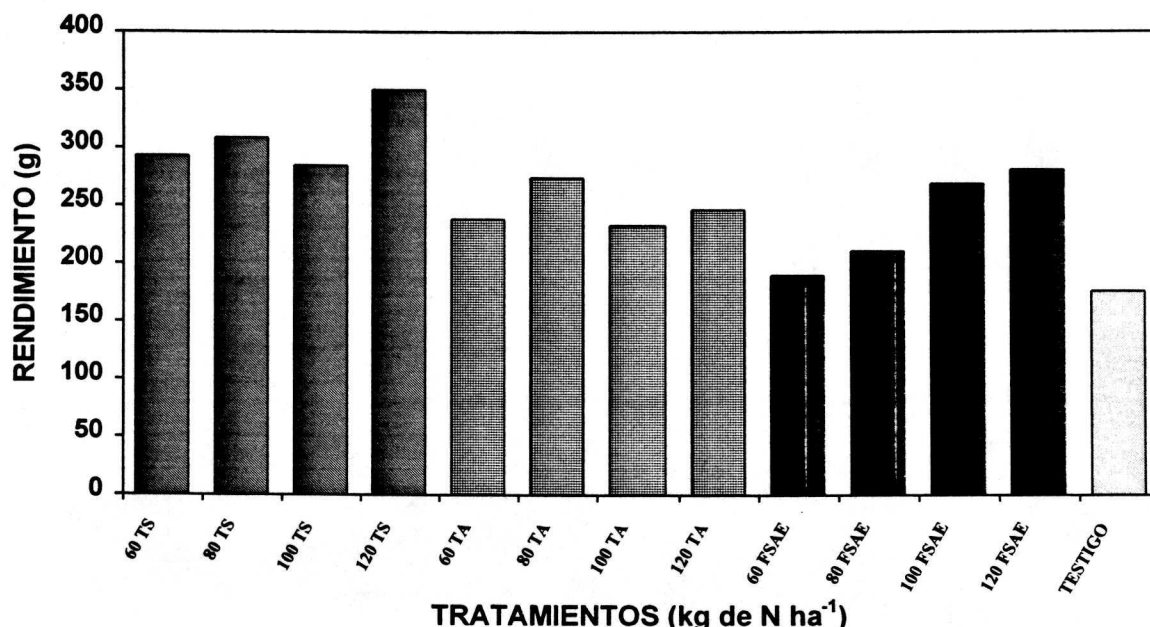
Sin embargo, se puede observar que todos los tratamientos aplicados al inicio del amacollamiento, se ubicaron en el primer grupo de acuerdo a las medias de Tukey, lo que refleja un incremento de la habilidad competitiva del trigo con avena en el rendimiento de grano, esto adquiere importancia al compararlo con lo mencionado por González (1982), quien encontró que la variedad Yecora compite mejor por el nitrógeno durante las épocas de amacollamiento y encañe, obteniendo una mayor producción de grano.

Cabe mencionar, que aunque las medias de producción difieren en 118.35 g entre el tratamiento más alto y el más bajo del primer grupo, que representa una disminución del 34%, éstas no presentan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a incremento de la habilidad competitiva entre el trigo y la avena con relación al rendimiento de grano.

Los tratamientos con 80 y 60 kg de N ha⁻¹ aplicados de forma fraccionada se ubicaron en otro grupo, mostrando diferencias estadísticas con relación a los tratamientos antes discutidos, ya que estos últimos presentaron medias de producción muy bajas (210.57 y 190.33 g de grano de trigo por unidad experimental), que equivale a una disminución del 40 y 46% respectivamente, respecto al mayor valor. Estos resultados, posiblemente se deban a que en las aplicaciones fraccionadas, el nitrógeno estuvo disponible en menores cantidades desde el inicio del cultivo, debido a la forma de aplicación, lo cual pudo haber propiciado una mayor competencia por el nitrógeno por parte de la avena en los períodos críticos de desarrollo de la planta, y con ello un menor rendimiento de grano al final del ciclo del cultivo.

Finalmente, el testigo sin aplicación de nitrógeno, fue estadísticamente diferente a los tratamientos de 60, 80, 100 y 120 kg de N ha⁻¹ aplicados al momento de la siembra y con el de 120 kg de N ha⁻¹ aplicado de forma fraccionada, lo que implica que cuando el nitrógeno no estuvo disponible, las

plantas de trigo tuvieron poca habilidad competitiva frente a la avena para lograr un mayor rendimiento, debido a que la media de producción fue la más baja con 176.5 g que equivale a una reducción de 50% en la producción de grano de trigo, respecto al tratamiento de 120 kg de N ha⁻¹ aplicado momento de la siembra que tuvo la media de producción más alta de 350.4 g (Figura 4). Esto comprueba que la disponibilidad de este recurso mejora la habilidad de competencia del trigo en comparación con la avena silvestre (Satorre y Snaydon, 1992).



TS = Aplicación total a la siembra; TA = Aplicación total al inicio del amacollamiento; FSAE = Aplicación fraccionada (Siembra, inicio de amacollamiento y encañe); TESTIGO = Sin aplicación de N.

Figura 4. Comparación de los niveles de nitrógeno en relación al rendimiento de grano de trigo, en Chapingo, México. 1998.

Se cree que a medida que los niveles de nitrógeno disminuyen, el desarrollo del sistema radicular se ve afectado, esto reafirma lo indicado por (Satorre y Snaydon, 1992), y la producción de los componentes del rendimiento, aunque para este experimento no todos los parámetros evaluados resultaron significativos, pero en su mayoría presentaron tendencia ascendente numéricamente.

4.5. Análisis de correlación del rendimiento de trigo con las variables evaluadas

Según el análisis de correlación (Cuadro 7 del apéndice), demuestra que existió una baja correlación entre el rendimiento de grano y el número de espigas m^{-1} ($r^2=0.039$); sin embargo, con las variables granos por espiga y peso de 1000 granos, la correlación fue de solo $r^2=0.1$ y $r^2=0.46$ respectivamente, lo cual indica que las aplicaciones de nitrógeno fueron capaces de afectar la habilidad competitiva sobre los componentes del rendimiento, sobre todo con el número de espigas, pero no tuvieron relación alguna con la producción de grano. Esto coincide con lo mencionado por Kelly *et al.* (1994), quienes reportaron una correlación moderada en la variable granos por espiga y rendimiento de grano, mientras que el peso de 1000 granos presentó una correlación negativa.

4.6. Discusión general

Dado que en este experimento sólo fue posible tomar datos del trigo y no para plantas de avena, la comparación acerca de la competencia por nitrógeno entre el trigo y la avena, se enfoca hacia la producción. Según los resultados se puede observar que no existieron efectos depresivos de la avena, ya que a mayores niveles de nitrógeno las variables evaluadas tendieron a incrementar, esto coincide con Barba y Domínguez (1996) y por Bocanegra y Carrillo (1996) al mencionar que las variedades de trigo Verano y Temporalera no registran efectos depresivos sobre los componentes del rendimiento al crecer con la avena.

Por otra parte, la aplicación del nitrógeno en la etapa de amacollamiento, presentó algunos efectos favorables, sobre todo en la producción de espigas, esto se debe a que estas son las etapas críticas, en las que el cultivo necesita de este recurso para un mejor desarrollo (González, 1982).

Mientras que al aplicar el nitrógeno total al momento de la siembra a la mayor dosis, éste dió el rendimiento de grano más alto, coincidiendo con Piters y Wilson (1983); Carlson y Hill (1985b) y Martin *et al.* (1987), los que indican que la aplicación del nitrógeno en etapas iniciales del cultivo en forma total, incrementa el desarrollo radical y con ello, la habilidad del trigo hacia la avena para competir se ve favorecida.

Cabe mencionar, que la presencia del nitrógeno a mayores dosis, generalmente tuvo mayor producción, según los parámetros evaluados en el trigo, lo cual indica que cuando éste elemento estuvo presente, existió un mejor aprovechamiento de la planta. Ésto es razonable ya que algunos autores como Angonin *et al.* (1996), mencionan que al incrementar el nitrógeno de 60 a 80 kg de N ha⁻¹, el número de espigas y grano por espiga aumentaron al estar el cultivo en competencia con la avena silvestre, lo cual indica que la habilidad del trigo para competir por este recurso se mejora.

De igual manera, Satorre y Snaydon (1992), indican que al incrementar la aplicación de 50 a 100 kg de N ha⁻¹ al cultivo de trigo en competencia con avena silvestre, mejoró su habilidad, observándose directamente en los componentes del rendimiento como número de espigas por m², número de granos por espiga y rendimiento de grano, los cuales también aumentaron, excepto para el peso de 1000 granos, que se mantuvo constante. Debido a que no se midió el efecto del trigo sobre la avena, en el presente estudio no se puede asegurar que al incrementar la fertilización nitrogenada se aumentó la habilidad competitiva del trigo; únicamente se puede hablar de una reducción en la competencia de ambas especies por la presencia de este recurso en el suelo, sobre todo en las etapas críticas.

V. CONCLUSIONES

- El nivel de fertilización al cual se obtuvo el mayor rendimiento del trigo en presencia de avena fue de 120 kg de N ha⁻¹.
- La mejor época de aplicación del nitrógeno correspondió al momento de la siembra, en donde los niveles de nitrógeno presentaron mayor rendimiento de grano de trigo.

VI. LITERATURA CITADA

- Abd El-Latif, L. and M. K. El-Tuhamay. 1986. Effect of nitrogen fertilization levels and seeding rates on growth and yield of wheat. *Annals Agric. Sci., Fac. Agric., Ain. Shams Univ. Cairo, Egypt.* 31(1):265-272.
- Angonin, J. C., J. P. Caussanel and J. M. Meynard. 1996. Competition between winter wheat and *Veronica hederifolia*: influence of weed density and the amount and timing of nitrogen application. *Weed Research.* 36:175 - 187.
- Arevalo V., A. 1977. Estudio de la biología y combate de la avena silvestre (*Avena fatua* L.) en el cultivo de trigo en Guanajuato. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México. pp:1-15.
- Auld, B. A., K. M. Mens and C. A. Tisdell. 1987. *Weed Control Economics* Academic Press Inc. London, Great Britain. 177 p.
- Barba E., L. y R. Domínguez G. 1996. Determinación del umbral biológico de nocividad de avena (*Avena sativa* L.) en dos variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.).
- Barreras S., M. A., J. R. Manjarrez S., J. L. Mendoza R., R. S. Rosas I. y B. López A. 1993. Guía para producir trigo en el norte de Sinaloa ciclo 1993-94. SARH. CIRN. Los Mochis, Sin., México. p. 10.
- Barton, D. L., D. C. Thill and B. Shafii. 1992. Integrated wild oat (*Avena fatua*) management affects spring barley (*Hordeum vulgare*) yield and economics. *Weed Technology.* 6:129-135.
- Bingham, I. J. 1995. A comparison of the dynamics of root growth and biomass partitioning in wild oat (*Avena fatua* L.) and spring wheat. *Weed Research.* 35:57-66.

- Bocanegra M., F. y J. Carrillo A. 1996. Habilidad competitiva de once variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) contra la avena (*Avena* spp.). Tesis Profesional. UACH. Depto. Fitotecnia. Chapingo, México. 74 p.
- Bridges, D. C. 1994. Impact of weeds on human endeavors. *Weed Technology*. 8:392-395.
- Cachón A., L. E., G. Neri y H. Cuanalo de la C. 1976. Los suelos del área de influencia de Chapingo. SAG-CP-ENA. México.
- Carlson, H. L. and J. E. Hill. 1985a. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: Plant density effects. *Weed Science*. 33:176-181.
- Carlson, H. L. and J. E. Hill. 1985b. Wild oat (*Avena fatua*) competition with spring wheat: effects of nitrogen fertilization. *Weed Science*. 33:29-33.
- Caussanel, J. P., G. Barralis, C. Vacher, E. Fabre, C. Morin et X. Branthome. 1986. la détermination des seuils de nuisibilité des mauvaises herbes: Methodes d'étude. *Perspectives Agricoles*. 108:58-65.
- Cook, R. J. and R. J. Veseth. 1990. Wheat belt management. APS PRESS, U.S.A. 152 p.
- Cudney, D. W., L. S. Jordan, J. S. Holt and J. S. Reints. 1989. Competitive interactions of wheat (*Triticum aestivum*) and wild oats (*Avena fatua*) grown at different densities. *Weed Science*. 37:538-543.
- Cudney, D. W., L. S. Jordan, W. E. Bendixen, J. Holt, A. E. Hall, C. J. Corbett and J. S. Reints. 1991a. Wild oat competition in short-statured wheat. *California Agriculture*. 45(1):22-23.
- Cudney, D. W., L. S. Jordan and A. E. Hall. 1991b. Effect of wild oat (*Avena fatua*) infestations on light interception and growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*. 39:175-179.
- Darmency, H. and C. Aujas. 1992. Genetic diversity for competitive and reproductive ability in wild oats (*Avena fatua*). *Weed Science*. 40:215-219.
- Evans, R. M., D. C. Thill, L. Tapia, B. Shafil and J. M. Lish. 1991. Wild oat (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) density affect spring barley grain yield. *Weed Technology*. 5:33-39.

- Exley, D. M. and R. W. Snaydon. 1992. Effects of nitrogen fertilizer and emergence date on root and shoot competition between wheat and blackgrass. *Weed Research*. 32:175-182.
- FAO. 1996. Anuario de producción. Roma, Italia. Vol. 50. p. 68.
- García E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Koopen. Instituto de Geografía de la UNAM. México, D.F.
- Gómez B., J. G. 1993. Control químico de la maleza. Ed. Trillas. México, D.F. p. 7.
- González P., R. 1982. Competencia de *Avena esterilis* L. contra diversas variedades de trigo. *Anales de Edafología y Agrobiología*. 41:1971-1981.
- González P., R. 1988. Competition between *Avena esterilis* ssp. *Macrocarpa* Mo. and cultivars of wheat. *Weed Research*. 28:303-307.
- Henson, J. F. and L. S. Jordan. 1982. Wild Oat (*C fatua*) competition wild wheat (*Triticum aestivum* and *T. turgidum durum*) for nitrate. *Weed Science*. 30:297-300.
- Kelly, J. T., R. K. Bacon and B. R. Wells. 1994. Relation of nitrogen utilization to yield components in soft red winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 17(12):2105-2118.
- Kirkland, K. J. 1993. Spring wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield as influenced by duration of wild oat (*Avena fatua*) competition. *Weed Technology*. 7:890-893.
- Martin, R. J., B. R. Cullis and D. W. McNamara. 1987. Prediction of wheat yield loss due to competition by wild oats (*Avena* spp.). *Aust. J. Agric. Res.* 38:487-499.
- Martin, M. P. L. D. and R. J. Field. 1987. Competition between vegetative plants of wild oat (*Avena fatua* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *Weed Research*. 27:119-124.
- Martin, M. P. L. D. and R. J. Field. 1988. Influence of time of emergence of wild oat on competition with wheat. *Weed Research*. 28:111-116.

- Mascagni, H. J. Jr. and W. E. Sabbe. 1990. Nitrogen Fertilization of wheat grown on raised, wide beds. Division of Agriculture, University of Arkansas. U.S.A. Report Series 317.
- Morishita, D. W. and D. C. Thill. 1988. Wild oat (*Avena fatua*) and spring barley (*Hordeum vulgare*) growth development in monoculture and mixed culture. Weed Science. 36:43-48.
- Nelson, J. E. and K. D. Kephart. 1997. Growth staging of wheat, barley and wild oat. Boletín 4387. University of Idaho Misc. Series 118.
- O'donovan, J. T., E. A. de St. Remy, P. A. O'sullivan, D. A. Dew and A. K. Sharma. 1985. Influence of the relative time of emergence of wild oat (*Avena fatua*) on yield loss of barley (*Hordeum vulgare*) and wheat (*Triticum aestivum*). Weed Science. 33:498-503.
- Oerke, E. C., H. W. Dehne, F. Shönbeck and A. Weber. 1994. Crop Production and crop protection. Estimated losses in major food and cash crops. Ed. ELSEVIER. Amsterdam. The Netherlands. 808 p.
- Patel, N. C., R. B. Patel and J. C. Patel. 1982. Response of dwarf wheat varieties to dates of sowing and levels of nitrogen. Indian J. Agron. 27(3):294-296.
- Patel, N. R., K. R. Thaker and T. N. Barevadia. 1994. Influence of different proportions of organic and inorganic nitrogen on irrigated wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal Agronomy. 39(4):641-643.
- Read, D. W. L. and F. G. Warder. 1982. Wheat and barley responses to rates of seeding and fertilizer in Southwestern Sas katchewan. Agronomy Journal. 74:33-36.
- Robles S., R. 1986. Producción de granos y forrajes. Ed. LIMUSA. Cta. Edición. México, D. F. 608 pág.
- SAGAR. 1995. Producción y comercialización del trigo 1987-93. Ed. Subsecretaría de Planeación. México, D.F. 91 p.
- SAGAR. 1997. Situación actual y perspectiva de la producción de trigo en México. México, D.F. 26 p.

- SAGAR. 1998. Sistema nacional de información agropecuaria. Datos Básicos. Avance al segundo trimestre de 1998. México, D. F. pp:5-11.
- Satorre, E. H. and R. W. Snaydon. 1992. A comparison of root and shoot competition between spring cereals and *Avena fatua* L. Weed Research. 32:45-55.
- Valenti, S. A. and G. A. Wicks. 1992. Influence of nitrogen rates and wheat (*Triticum aestivum*) cultivars on weed control. Weed Science. 40:115-121.
- Weaver, S. E., M. J. Kropff and R. Cousens. 1994. A simulation model of competition between winter wheat and for light. Ann. appl. Biol. 124:315-331.
- Zimdahl, R. L. 1980. Weed-crop competition, a review IPPC. Oregon, U.S.A. 195 p.

VI. APÉNDICE

Cuadro 6. Análisis de varianza de las variables evaluadas en trigo (*Triticum aestivum* L.), en Chapingo, México.

VARIABLE	Pr > F PARA TRATAMIENTOS	SIG
No. de espigas	0.0001	*
No. de granos por espiga	0.2510	NS
Peso de 1000 granos	0.0405	*
Rendimiento de grano	0.0007	*

Se rechaza Ho. si $(Pr > F) < \alpha$ ($\alpha = 0.05$).

Cuadro 7. Valores r (coeficiente de correlación) para las variables evaluadas.

VARIABLE	ESP	GRAESP	PEGRA
ESP	1.000		
GRAESP	0.19183	1.000	
PEGRA	0.07592	0.31673	1.000
REND	0.28723	0.23001	-0.10308

Existe correlación significativa cuando $r \geq 0.7$ ó $r \leq -0.7$

DONDE: ESP = Número de espigas.

GRAESP = Número de granos por espiga.

PEGRA = Peso de 1000 granos.

REND = Rendimiento de grano.

