

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



**Rendimiento de grano y componentes numéricos en líneas de trigo élite
con alto índice de flores fértiles en Torreón, Coahuila**

Por:

Isaías Alejandro Gutiérrez García

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México. Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Rendimiento de grano y componentes numéricos en líneas de trigo élite con
alto índice de flores fértiles en Torreón, Coahuila**

Por:

Isaías Alejandro Gutiérrez García

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



Dr. Jorge Quiroz Mercado

Presidente



Dra. Oralia Antuna Grijalva

Vocal



Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal



Dr. Héctor Javier Martínez Agüero

Vocal suplente



M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México . Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento de grano y componentes numéricos en líneas de trigo élite con alto índice de flores fértiles en Torreón, Coahuila

Por:

Isaías Alejandro Gutiérrez García

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Jorge Quiroz Mercado
Asesor Principal



Dra. Oralia Antuna Grijalva
Coasesor



Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor



Dr. Héctor Javier Martínez Agüero
Coasesor



M.E. Javier López Hernández
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México. Diciembre 2024

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por guiarme, llevarme de su mano en esta odisea de sentimientos y enseñanzas, así como nunca dejarme en los momentos más difíciles que se pudieron llegar a presentar.

A mi Alma Mater, que prestó sus instalaciones para poder tener una cátedra de enseñanzas y emociones adquiridas, donde pude llevar a cabo mis estudios y poder considerarla mi segunda casa en la cual me sentía como mi lugar seguro debido a los docentes y compañeros BUITRES.

como bien dicen una vez buitres nunca dejó de serlo, feliz y orgulloso de pertenecer a esta alma terra mater.

Al Dr. Jorge Quiroz Mercado, por tenerme paciencia para culminar este trabajo, por su esfuerzo, tiempo, comprensión y dedicación en mi trabajo y persona.

A todos mis profesores que al largo de esta travesía universitaria pudieron dejar algo de conocimiento y pudieron formarme o ser parte de la formación educativa, así como alguna parte de lo personal.

Al departamento de FITOMEJORAMIENTO, por ser indispensable en la obtención de conocimientos en toda la carrera.

DEDICATORIAS

A mi padre Isaías Gutiérrez Álvarez, sin él no estaría estudiando lo que deseo y lo que siento que es lo que quería, sin su apoyo y sobre todo su guía no podría lograr esta meta importante en vida y no solo con lo académico y profesional, si no, que también en lo personal siempre ha estado conmigo en todo lo que lo he necesitado, espero ser como él.

A mi madre Jessica Alejandra García Gutiérrez, que es el apoyo incondicional de mi padre y siempre están juntos para empujar la carreta como bien ellos dicen y siempre dándome de sus ricas gorditas.

A la familia Gutiérrez Álvarez, querida familia que están en las buenas y en las malas dándome un granito de apoyo por cada uno de ustedes y sin su apoyo incondicional hubiese desertado.

A mi abuelo Luis Gutiérrez Cuevas, esto es memoria de él y tributo con mucho cariño por lo que significó para mí.

A mi abuela María Guadalupe Álvarez Moreno, por tanto, amor y cariño, ya que siempre confió en mí y me apoyo.

A mi abuela Irma Gutiérrez, no alcanzo a verme en mi etapa de universitario, pero sé que estaría orgullosa.

A mi hermano, Gracias por ser mi hermano y por querer todo lo mejor para mí al igual que creer y estar siempre, señor hamada.

A mi hermana, este trabajo es una muestra de que puedo y al igual que yo tú puedes solo debes hacerlo.

A Diana Asunción Santana García, por todo el apoyo y cariño cuando los momentos parecían difíciles.

RESUMEN

El cultivo de trigo se encuentra entre los tres cereales más importantes a nivel mundial, debido a su relevancia en la alimentación humana. Se ha identificado que el REN del grano de trigo está influenciado por dos factores clave: el NG m-2 y el peso promedio de los granos. Estudiar nuevos materiales de trigo es fundamental para comprender las aptitudes y restricciones del REND en la región norte de México. El propósito de este estudio es evaluar el rendimiento del grano y sus componentes numéricos en líneas de trigo élite que poseen un alto índice de flores fértiles en Torreón, Coahuila. . Se midió el rendimiento de grano y sus componentes numéricos Se llevó a cabo un experimento utilizando un diseño de bloques al azar durante el ciclo otoño-invierno de 2019, con el objetivo de evaluar 29 líneas de trigo élite, registrando los días desde la siembra hasta la madurez fisiológica, la altura de la planta, el rendimiento y sus componentes numéricos. Los resultados de los análisis de varianza indicaron diferencias significativas al menos en el nivel de 0.05 para la altura de la planta, el peso de mil granos, el número de granos por metro cuadrado y los días desde la siembra hasta la madurez fisiológica. En cuanto al rendimiento de grano, no se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre las líneas; No obstante, las líneas L12 (6.0 t ha⁻¹), L3 (5.7 t ha⁻¹) y L26 (5.8 t ha⁻¹) mostraron los mayores rendimientos de grano. Las líneas más precoces fueron L7, L23 y L26 todas con 114 días y la más tardía fue L6 con 122 días. Los resultados de este trabajo demuestran que la evaluación de nuevos materiales de trigo élite en lugares característicos de Torreón permite describir los alcances y limitaciones del REN y sus factores numéricos, además de usarse como herramienta en nuevos programas en mejoramiento genético. Palabras clave: líneas de trigo, rendimiento, biomasa, radiación.

Palabras clave: Líneas de trigo, Rendimiento, Componentes numéricos

ABSTRACT

Wheat cultivation is among the three most important cereals worldwide, due to its relevance in human nutrition. Wheat grain yield has been identified to be influenced by two key factors: the number of grains per square meter and the average grain weight. Studying new wheat materials is essential to understand the yield capabilities and limitations in the northern region of Mexico. The purpose of this study is to evaluate grain yield and its numerical components in elite wheat lines that possess a high index of fertile flowers in Torreón, Coahuila. Grain yield and its numerical components were measured. An experiment was carried out using a randomized block design during the fall-winter cycle of 2019, with the aim of evaluating 29 elite wheat lines, recording the days from sowing to physiological maturity, plant height, yield and its numerical components. The results of the variance analyses indicated significant differences at least at the 0.05 level for plant height, thousand grain weight, number of grains per square meter, and days from sowing to physiological maturity. Regarding grain yield, no significant differences ($p>0.05$) were found between the lines; however, lines L12 (6.0 t ha⁻¹), L3 (5.7 t ha⁻¹), and L26 (5.8 t ha⁻¹) showed the highest grain yields. The earliest lines were L7, L23, and L26, all at 114 days, and the latest was L6 at 122 days. The results of this work demonstrate that the evaluation of new elite wheat materials in characteristic locations in Torreón allows us to describe the scope and limitations of the REN and its numerical factors, as well as being used as a tool in new genetic improvement programs. Keywords: wheat lines, yield, biomass, radiation.

Keywords: Wheat lines, Yield, Numerical components

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Producción de trigo a nivel mundial	4
2.2 Situación actual de la producción de trigo en el norte de México	5
2.3 Factores que limitan a la producción del trigo	7
2.4 Componentes numéricos del rendimiento	8
2.5 Mejoramiento del trigo a nivel nacional	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Ubicación del área de estudio	13
3.2 Material Genético	13
3.3 Diseño experimental	13
3.4 Manejo del trabajo experimental	14
3.5 Fertilización	14
3.6 Riego	15
3.7 Control de plagas	15

3.8 Variables de estudio	15
3.8.1. Días de siembra a madurez fisiológica (SIEMF)	15
3.8.2. Altura de planta (AP)	16
3.8.3. Número de tallos (NT) y número de espigas (NE)	16
3.8.4. Peso de grano (PG)	16
3.8.5. Número de granos (NG)	16
3.8.6. Rendimiento de grano (RG)	17
3.9. Análisis estadístico	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1 Análisis de varianza	18
4.2 Comparación de medias entre líneas de trigo elite	19
4.3 Rendimiento de grano, peso de grano y número de granos	21
IV. CONCLUSIONES	23
V. BIBLIOGRAFIA	24

ÍNDICE DE CUADROS

<u>Cuadro 1. Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza para altura de planta (AP), número de tallos (NT), número de espigas (NE), peso de grano (PG), número de grano (NG), rendimiento (REN) y días de siembra a madurez fisiológica (SIEMF) en el ciclo otoño-invierno de 2019, Torreón, Coahuila, México.</u>	18
<u>Cuadro 2. Comportamiento promedio de las 29 líneas de trigo élite para altura de planta (AP), número de plantas (NP), número de tallos (NT), número de espigas (NE), peso de grano (PG), número de grano (NG), rendimiento de grano (REN) en el ciclo otoño-invierno de 2019, Torreón, Coahuila, México.</u>	20

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1. Relación entre el rendimiento de granos y Numero de granos en 29 líneas de trigo elite.</u>	22
<u>Figura 2. Relación entre el rendimiento de granos y peso de 1000 grano en 29 líneas de trigo elite.</u>	22

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de trigo está entre los tres principales cereales a nivel mundial, ya que trasciende por su importancia que tiene en la dieta humana; su alta adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas ha permitido que pueda ser cultivada en todas partes del mundo. La productividad de este cereal puede ser afectado drásticamente por diversos factores ambientales como altas temperaturas y estrés hídrico, los cuales pueden atribuirse principalmente a las consecuencias del cambio climático (Ramírez *et al.*, 2016) afectando al rendimiento de grano final de trigo al finalizar la cosecha.

Por otro lado, se estableció que el rendimiento del grano de trigo está influenciado por dos factores principales: NG m^{-2} y el peso promedio de los granos (Slafer y Rawson, 1994). Entre estos, el NG m^{-2} ha mostrado una fuerte correlación en reacción a diversas circunstancias ambientales (como lo indica, Abbate *et al.*, 1995 con nitrógeno; Valle *et al.*, 2009 respecto al aluminio; Cossani *et al.*, 2009 en cuanto al uso de agua). En cambio, el PG suele ser un indicador menos relevante del rendimiento, aunque existen algunas excepciones en el caso del trigo (Calderini *et al.*, 1999b). Para establecer el primer componente mencionado, se considera que el intervalo crucial para determinar el NG abarca 20 días antes de la antesis y 10 días después de la antesis, en donde, cualquier estrés dentro de ese periodo crítico puede afectar en mayor medida el rendimiento final de este cereal (Fischer, 1985), y el potencial de peso del grano se establece justo antes de la antesis y en las primeras etapas posteriores a ella. (Calderini *et al.*, 1999b; Ugarte *et al.*, 2007). Asimismo, la falta de agua debido al estrés por sequía suele acortar el de llenado del grano en el trigo u otros cereales (García del Moral *et al.*, 2005). En este contexto, analizar la sensibilidad de nuevas líneas de trigo élite ante las condiciones imperantes de la región de la Comarca Lagunera, Sería fundamental para entender las capacidades y restricciones del cultivo en el REN, y de tal manera, generar

nueva tecnología que permita obtener variedades con mejores características adaptativas a diferentes regiones.

Con relación a lo anterior, el CIMMYT en el año 2009 estableció un consorcio dedicado al rendimiento del trigo, convocando a expertos a nivel mundial en diversos campos relacionados con el trigo (como fisiología, genética y agronomía). El propósito principal fue iniciar la investigación sobre nuevo germoplasma de trigo élite (Reynolds *et al.*, 2011), para conocer la variabilidad en rendimiento de los mejores germoplasmas y de esa manera impulsar a que los mejoradores cuenten con progenitores élite para incluir en nuevos programas de mejoramiento de plantas que ayuden a un incremento en los rendimientos potenciales del trigo en las distintas regiones del mundo.

Objetivo

Evaluar el rendimiento de grano y sus componentes numéricos en líneas de trigo elite con alto índice de flores fértiles en Torreón, Coahuila.

Hipótesis

- b) Existe variabilidad en el rendimiento de grano y sus principales factores numéricos en las líneas de trigo elite.
- a) El número de granos muestra una mejor asociación con el rendimiento final de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción de trigo a nivel mundial

El trigo es la principal fuente de proteína de origen vegetal y energía a nivel global, y se encuentra en numerosos productos alimenticios. Es el cultivo alimentario que ocupa la mayor superficie a nivel mundial y es el segundo grano más cultivado, después del maíz. El USDA informa que en los últimos cinco ciclos comerciales (2016/17 - 2020/21), la producción global de trigo aumentó a un ritmo promedio interanual del 0.6 por ciento. (FIRA, 2021).

En el año 2022, la FAO reportó más de 808 millones de toneladas de grano, con un área cosechada que superó los 219 millones de hectáreas a nivel global (FAOSTAT, 2024).

El trigo se cultiva en aproximadamente 124 países (FAO, 2023), convirtiéndose en el cereal con la mayor extensión de siembra anualmente, alcanzando aproximadamente 220 millones de hectáreas y un REN promedio de 3.3 t ha⁻¹ a nivel global. Los países más importantes en la producción se encuentran: la Unión Europea, China, India, Rusia, Estados Unidos, Canadá, Australia, Pakistán, Argentina y Turquía. La Unión Europea encabeza la lista con 140.50 millones de toneladas, seguida por China, India, Rusia y Estados Unidos, que en conjunto aportaron aproximadamente el 66 % de la producción global durante la temporada 2022-2023 (USDA y FAS, 2023).

Por otro lado, investigaciones de la OCDE y la FAO anticipan que la producción global de cereales aumentará en 375 millones de toneladas, alcanzando un total de 3,054 millones de toneladas para 2029, debido principalmente a un aumento en el REN. anticipa que la producción de maíz sea quien más crezca, después del trigo, arroz y otros cereales secundarios. Los avances en biotecnología, que permiten el

desarrollo de cultivos mejorados, así como un mayor uso de recursos y técnicas agrícolas, seguirán promoviendo aumentos en los rendimientos. No obstante, estas mejoras podrían verse afectadas por consecuencias del cambio climático y las limitaciones relacionadas con la producción, como la escasez de inversiones o problemas de propiedades de la tierra en los países de ingresos bajos. Se anticipa que la producción global de trigo alcanzará los 839 millones de toneladas para 2029, con un aumento más moderado en relación con la última década. Se espera que, entre las naciones industrializadas, la Unión Europea experimentará un aumento significativo en la producción de trigo, gracias a sus altos rendimientos, precios competitivos y la calidad del grano. Se estima que las naciones industrializadas incrementarán su producción en 50 millones de toneladas para 2029, mientras que los países en vías de desarrollo agregarán 36 millones de toneladas a la producción global, lo que representa un aumento leve en su participación en la producción global. Se anticipa que India, el tercer mayor productor de trigo a nivel mundial, incrementará su producción, principalmente gracias a su política de precios de apoyo mínimo, que asegura a los agricultores ingresos estables. el crecimiento en la producción en la Federación de Rusia y Ucrania se deben a sus semillas y fertilizantes híbridos de fabricación local, bajos costos energéticos, grandes fincas comerciales y la calidad de sus suelos. (OCDE y FAO).

2.2 Situación actual de la producción de trigo en el norte de México

Se cultiva trigo en más de 20 estados de México. No obstante, el 80% de la producción se concentra en la región norte, especialmente en el noroeste y en Guanajuato, durante la temporada otoño-invierno bajo sistemas de riego. La producción restante, en su mayoría, se lleva a cabo en zonas centro y el altiplano central durante el ciclo primavera-verano y bajo condiciones de temporal. La producción de temporal es significativa porque se encuentra muy cerca de la principal zona de procesamiento industrial (molienda y panificación), lo que facilita una disminución en los costos de transporte, que son altos cuando el trigo se envía desde lugares lejanos. (Villaseñor y Espitia, 2000a).

La zona más significativa para el cultivo de trigo en México está ubicada en el noroeste del país, siendo la nación de Sonora como mayor cultivador de este cereal a nivel nacional. En el ciclo 2023, el estado de Sonora aportó el 57.35% de la producción total, con 1,994,457 toneladas. El cultivo del trigo en México se realiza en temporadas de otoño-invierno en las partes norte y noroeste, como en los ciclos de primavera-verano en la región centro, la siembra de otoño-invierno más relevante, tanto en superficie (91.6%) como en producción (97.20%). Además, las entidades de Sonora, Guanajuato y Baja California se destacan como las principales en rendimiento durante la temporada de otoño-invierno, con valores de 7.44, 6.83 y 6.67 t ha⁻¹, respectivamente. En el país, destacan las zonas productoras de la entidad de Sonora, específicamente el Valle del Yaqui y de Baja California, en el Valle de Mexicali, particularmente áreas productoras de trigo en el Noroeste. Con relación con los tipos de trigo cultivados en Sonora, se puede mencionar que en la década de 1980 y en años anteriores, la mayor parte de la superficie sembrada correspondía a especies de trigos harineros. No obstante, en las últimas décadas, las variedades de trigos cristalinos han ido ocupando progresivamente más área, alcanzando en algunos ciclos más del 85% de la superficie total. Es importante señalar, según la información disponible y como sucede en muchos otros aspectos del país, que la mayor parte de la siembra de trigo se realiza en áreas riego y bajo sistemas de producción avanzada, con un régimen de tenencia propiedad predominantemente privado en la mayoría de los casos (FAO,2023).

En el país, durante la temporada 2022-2023, se cultivó una superficie total de 512,466 hectáreas, con una producción de 3,380,105 toneladas y un rendimiento de 6.6 t ha⁻¹ en la temporada de otoño-invierno y de 2.09 t ha⁻¹ de primavera-verano. Es importante destacar que, en este ciclo, la entidad de Sonora nuevamente supero un rendimiento promedio de 7 toneladas por hectárea, alcanzando un rendimiento demandante a 7.44 t ha⁻¹. (SIAP, 2023). En el periodo de los últimos 37 años, el rendimiento de la entidad de Sonora ha experimentado un aumento gradual de 51 kilogramos por año, mientras que, a nivel nacional, el incremento es de aproximadamente 46 kilogramos anuales (adaptado de SIAP,

2023). En el último periodo de 5 años, el REN promedio de grano en Sonora ha sido de 7.04 t ha⁻¹. (adaptado de SIAP, 202).

En la región norte y centro de Coahuila se cultivan las variedades de trigo harinero Ocoroni F-86 y Papagos M-86, que se utilizan para la producción de pan artesanal e industrial. Sin embargo, estas variedades presentan un bajo rendimiento y están volviéndose susceptibles a la roya de la hoja, lo que afecta la rentabilidad del cultivo. Por otro lado, en el estado de Coahuila de Zaragoza, en 2020, la superficie sembrada de trigo fue de 6,324 hectáreas, con un valor de producción de 79.2 millones de pesos. Los productores que se dedican a este cultivo tienen como objetivo principal el autoconsumo de sus propias familias en las regiones norte, centro y sureste del estado de Coahuila. (CESAVECO, 2022).

2.3 Factores que limitan a la producción del trigo

El rendimiento del trigo en condiciones productivas resulta de la combinación entre el genotipo, el clima, el suelo y estrategias de manejo del cultivo, lo que afecta su desarrollo y crecimiento. En este contexto, se identifican tres niveles de producción (Van et al., 1997). El primer escenario se refiere a la situación potencial de producción en la que no hay limitaciones de agua ni nutrientes, y no se presentan adversidades bióticas (como malezas, plagas o enfermedades) ni abióticas adicionales (como heladas). En estas condiciones, el REN del cultivo se ve condicionado únicamente por elementos ambientales incontrolables, como la radiación solar y la temperatura, así como por las características intrínsecas del genotipo (Evans et al., 1999). En la segunda situación productiva, el crecimiento del cultivo se ve limitado, al menos en ciertas etapas de su ciclo, por la disponibilidad de agua o nutrientes (como el nitrógeno), sin la presencia de otras limitaciones adicionales. la condición es común en los sistemas agrícolas, incluso en aquellos que reciben fertilización. Este nivel de producción establece el rendimiento que se puede alcanzar. En la tercera situación productiva, el crecimiento del cultivo se ve afectado negativamente por la presencia de factores bióticos desfavorables (como plagas, malezas y enfermedades) u limitaciones

abióticas extras (como el granizo). La influencia de factores limitantes establece el nivel de rendimiento que realmente logra. Por lo tanto, se puede diferenciar, según la situación, entre el REN potencial, el REN alcanzable y el REN real (Van et al., 1997).

El REN potencial se establece a partir de factores de crecimiento como la radiación y la temperatura, así como de las características del cultivar. El REN obtenible se refiere al que se obtiene en condiciones de crecimiento subóptimas, debido a restricciones hídricas o nutricionales, siendo esta la situación frecuente en los sistemas agrícolas. Finalmente, el REN real se refiere a la producción que los agricultores logran efectivamente, la cual puede verse afectada por factores bióticas como malezas, plagas y enfermedades (Van et al., 1997). La diferencia entre el REN potencial, el REN alcanzable y el REN real está influenciada por factores climáticos y por la aplicación de prácticas de manejo. No obstante, se estima que, bajo condiciones productivas, los cultivos podrían alcanzar hasta un 80% de su REN potencial. Esto se debe tanto a limitaciones bióticas y abióticas inherentes a los sistemas de producción como a la ineficacia de las prácticas de manejo (Van et al., 1997).

2.4 Componentes numéricos del rendimiento

El REN de un cultivo de grano se determina y puede medirse solo al final del ciclo de cultivo. No obstante, este REN se desarrolla a lo largo de toda la ontogenia gracias a la contribución de las diversas estructuras que lo componen. Por lo tanto, en este contexto, se puede entender el rendimiento como un conjunto de diferentes componentes que se generan durante el desarrollo del cultivo, cada uno de los cuales se establece en un momento específico.

La producción del rendimiento es un proceso complejo, y su análisis se simplifica al considerar sus componentes numéricos. Con este enfoque, el rendimiento se descompone en elementos de menor escala que, en conjunto, lo caracterizan.

Los dos componentes fundamentales del REN son el NG por unidad de superficie y el peso promedio de cada grano. Por lo tanto, el rendimiento de un cultivo se puede describir como el resultado de la multiplicación de estos dos factores.

$$\text{Rendimiento (g m}^{-2}\text{)} = \text{NG} \times \text{PG}$$

Donde NG= No. de granos m², PG= peso de unitario del grano (g)

La ecuación es de validez universal. El desglose del rendimiento en esos dos componentes primarios es independiente de la forma en que sus granos son producidos; es decir, se originan de distintos tipos de estructuras (e.g. Capítulo, espiga, vaina), si están distribuidos en toda la planta (e.g. Soja) o concentrados en un único sitio (e.g. Girasol).

Los diversos subcomponentes del NG por unidad de superficie se desarrollan de manera sucesiva a lo largo del ciclo del cultivo en un marco ontogénico bastante específico. En todos los cultivos de grano, hay una primera etapa vegetativa en la que se establece el NP por unidad de superficie, seguida una segunda etapa reproductiva en la que se establece el número de estructuras reproductivas y la cantidad de granos por cada estructura. Por último, se define el peso de los granos. La duración de estas etapas varía según el cultivo y su interacción con el entorno.

El intervalo crucial para la definición del REN se centra entorno en la floración, la ubicación de dicha tapa en la ontogenia el cultivo y el componente numérico afectado varía entre los distintos cultivos. Antes y después del periodo crítico no hay modificaciones sustanciales en los componentes considerados, ante variaciones en las condiciones ambientales. Claro está que variaciones ambientales con anterioridad al periodo crítico pueden directamente afectar al componente en

cuestión. Por ejemplo, un estrés hídrico durante la etapa vegetativa puede influir en la generación del área foliar del cultivo y, posteriormente, disminuir la velocidad de crecimiento durante el intervalo determinante debido a una menor intercepción de radiación. Así, aunque el estrés ocurrió antes del periodo crítico, afectará el componente establecido en esta fase (EGLI, 1998).

Un aspecto que vale la pena distinguir qué es la diferencia conceptual entre fecundación y cuaje. Mientras la fecundación implica la unión biológica de las células reproductoras cuyo cigoto tiene la capacidad potencial de desarrollarse como grano, y el cuaje hace referencia a una etapa posterior en la cual dicha estructura logra fijarse y posee la capacidad efectiva de desarrollar como grano, habiéndose entonces superado la probabilidad de pérdida del ovario fecundado.

En términos generales, los diferentes componentes del REN muestran relaciones negativas entre sí. Por ejemplo, a medida que aumenta el NG por unidad de superficie, el peso promedio de cada grano tiende a disminuir. A su vez, se encuentran relaciones negativas entre los distintos Subcomponentes que definen el NG por unidad de superficie, con lo que ante incrementos en cualquiera de ellos no serían esperables incrementos de igual magnitud en el NG. por ejemplo, en aquellos cultivares con más de una composición reproductiva por planta, aumenta en el NP m-2 trae aparejado reducción en la cantidad de estructuras reproductivas por planta. Tanto entre cultivos como para un mismo cultivo, la magnitud de dicha relación varía según los componentes considerados. El hecho de que la variación en esta relación frente a una modificación dada (e.g. Fertilización nitrogenada, fecha de siembra), no sea constante, imposibilita predecir la respuesta del rendimiento en grano en función del análisis de un único componente particular (Slafer, 1996).

2.5 Mejoramiento del trigo a nivel nacional

Dado que la investigación sobre trigo en México se inició formalmente en 1945, como resultado de 37 años de investigación en este cultivo, se puede señalar que el mayor rendimiento de las nuevas variedades, se atribuyen a su mayor capacidad para producir grano por unidad de tiempo y superficie (SARH,1983). El mejoramiento genético de los cultivos se esta basado fuertemente en los crecientes avances de la genética y de las estadísticas y, frecuentemente se hace poco reconocimiento a la relevancia de la fisiología de los cultivos para el impulso de criterios de selección (Satorre *et al.*, 2004).

Muchas veces los fitomejoradores seleccionan por rendimiento final y sugieren que no tienen en cuenta elementos fisiológicos, ya que carecen de un modelo fisiológico y/o morfológico de planta al que tiendan deliberadamente, es decir, no realizan mejoramiento por idiotipos. El no hacerlo, no implica que los avances en el conocimiento de las bases funcionales del rendimiento no hayan sido incorporados en los criterios de selección, sino que no se ha considerado deliberadamente su utilización. Mucho del “arte” que algunos fitomejoradores declaran aplicar al realizar sus elecciones está fuertemente teñido de avances significativos en el entendimiento de la fisiología de los cultivos han sido notables. El examen de cómo han ido cambiando los criterios de selección de los mejoradores a lo largo del tiempo, revela cómo de un modo más o menos consciente, fue necesario el entendimiento de la fisiología del rendimiento para aumentar la eficiencia del mejoramiento de especies. Esto es particularmente importante en los cultivos que han sido sometidos en el pasado a elevados niveles de presión de selección, ya que seguir incrementando su rendimiento se vuelve progresivamente más difícil (Satorre *et al.*, 2004). El entendimiento y uso de bases fisiológicas resultaría útil para lograr avances más certeros en el proceso de mejoramiento convencional para realizar mejoramiento por idiotipos, y para el uso de técnicas moleculares con la finalidad de identificar, mapear y transferir factores genéticos ligados al rendimiento (Satorre *et al.*, 2004).

En la actualidad, el 70% de la producción global de trigo se origina en investigaciones realizadas en México por medio del CIMMYT. Este centro ha desarrollado avances importantes en el mejoramiento genético de plantas utilizando herramientas fisiológicas que permitan identificar los alcances y limitaciones de los cultivos en diferentes tipos de ambientes en todo el mundo. Recientemente, el laboratorio de Calidad del Trigo del CIMMYT y INIFAP han estado colaborando de manera estrecha en la investigación para seleccionar y desarrollar nuevas variedades de trigo adaptadas a diferentes regiones del país. Su labor se centra en mejorar tanto la calidad para la elaboración de pan como el valor nutricional del grano, con el propósito de aumentar la producción agrícola y cubrir las demandas alimenticias de la población.

Con relación a lo anterior, el CIMMYT en el año 2009 estableció un consorcio dedicado al rendimiento del trigo, convocando a una destacada comunidad de expertos a nivel mundial en diversos campos relacionados con el trigo, como fisiología, genética y agronomía. El propósito principal fue iniciar la investigación sobre nuevo germoplasma de trigo élite (Reynolds *et al.*, 2011). Así surgen las líneas de trigo CIMCOG (CIMMYT México Core Germoplasm), la cual se conforma por 60 genotipos de trigo reconocidas por su excelente adaptabilidad agronómica en varias partes del mundo. Por tal motivo, es de suma importancia estudiar la variabilidad en rendimiento de los mejores germoplasmas, de manera que los fitomejoradores cuenten con progenitores élite que puedan incluir en nuevos programas de mejoramiento de plantas que permitan un incremento en los rendimientos potenciales de trigo en las muchas partes del mundo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El estudio experimental se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, situada en el Campus Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila. Esta ubicación se encuentra entre las coordenadas 25° 32' 40" de latitud norte y 103° 26' 33" de longitud oeste, a una altitud de 1120 metros sobre el nivel del mar. (SECTUR, 2018).

El clima en esta región es "desértico", con precipitaciones prácticamente inexistentes a lo largo del año. Según la clasificación de Köppen-Geiger, se clasifica como BWh. La temperatura media anual en Torreón es de 22.3 °C, y la precipitación anual en esta área es de aproximadamente 225 mm. La temporada de lluvias se presenta en los meses de junio, julio y agosto (Castro, A. E. 2012), con una precipitación anual de 220 mm (Santamaría et al., 2006).

3.2 Material Genético

El material genético utilizado en este experimento estuvo conformado por un set de 29 líneas de trigo élite con un alto índice de flores fértiles las cuales fueron proporcionado por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). El origen de las 29 líneas estudiadas en este trabajo se puede consultar en Ortiz (2024).

3.3 Diseño experimental

Para la evaluación de las 29 líneas de trigo élite se empleó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. El trazado del experimento estuvo constituido por 116 parcelas. Cada parcela estuvo constituida por siete surcos de 1.20 m de

largo y una separación de 15 cm entre surcos, utilizando una densidad de siembra de 350 semillas por metro cuadrado.

3.4 Manejo del trabajo experimental

La preparación de terreno incluyó un barbecho profundo con tres pases de rastra. De igual manera se realizó los surcados, por medio de cinceles mediante el uso de tractor. La siembra del experimento se realizó el día 13 de diciembre del 2019. Para la siembra se empleó un método especial con el fin de asegurar una uniformidad óptima. Las semillas fueron dispuestas sobre una cinta adhesiva y cubiertas con papel biodegradable para garantizar su estabilidad. Posteriormente, estas cintas fueron colocadas dentro de los surcos a una profundidad cercana a los 2 cm y luego tapadas con suelo manualmente. La cosecha del experimento se realizó el 19 de abril de 2020.

3.5 Fertilización

Para la fertilización se utilizaron 200 unidades de nitrógeno 180 unidades de fósforo y 0 unidades de potasio, donde las fuentes de fertilización fueron fosfato diamónico (DAP) y urea, respectivamente. El potasio no se le aplica debido a que los suelos en la zona de Lagunera cuentan con un alto porcentaje de este elemento (Carrillo *et al.*, 2022). El fósforo, se aplicó en su totalidad durante la siembra, bajo las cintas que tenían las semillas. Por otro lado, el nitrógeno se dividió, con el 50% aplicado durante la siembra y el resto de nitrógeno en bandas al inicio del macollaje. Las malezas fueron controladas de manera periódica mediante de forma manual.

3.6 Riego

Para el manejo del riego se realizó mediante cintillas, la aplicación de los riegos se realizó dos veces por semana cuando el cultivo demandaba agua.

3.7 Control de plagas

A lo largo del experimento, se observó la presencia del pulgón verde (*Schizaphis graminum*) al inicio de la etapa de macollaje, el cual fue controlado con un insecticida comercial denominado ENGEO® (ingrediente activo: thiametoxam: (EZ)-3-(2-cloro-1,3-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-1,3,5-oxadiazinan-4-iliden(nitro)amina, equivalente a 141 g de i.a./L a 20 °C; y lambda cialotrina: (R)-Alfa-Ciano-3-fenoxibencil (1S)-cis-3-[(Z)-2-cloro-3,3,3-trifluoropropenil]-2,2-dimetilciclopropano carboxilato y (S)-Alfa-ciano-3-fenoxibencil (1R)-cis-3-[(Z)-2-cloro-3,3,3-trifluoropropenil]-2,2-dimetilciclopropano carboxilato, equivalente a 106 g de i.a./L a 20 °C), producido por la empresa Syngenta, siguiendo la dosis recomendada por el fabricante para el cultivo de trigo. Las aplicaciones se realizaron durante las primeras horas de la mañana. utilizando una bomba de aspersion manual.

3.8 Variables de estudio

3.8.1. Días de siembra a madurez fisiológica (SIEMF)

Se anoto la fecha de siembra de los cultivos, y posteriormente se registró la fecha de madurez fisiológica cuando más del 50% de las plantas se mostraban en dicha etapa fenológica. Posteriormente se calculó en tiempo calendario la duración del ciclo de las líneas de trigo en cada una de las parcelas.

3.8.2. Altura de planta (AP)

Al concluir el ciclo de las 29 líneas de trigo élite, se llevó a la recolección de 1 metro lineal en la fila central de cada parcela. En cada toma de muestra, se recolectó el área designada para ser llevada al laboratorio. Se retiraron las raíces y se evaluó la AP desde el lugar donde se separa la raíz del tallo hasta la base de la espiga.

3.8.3. Número de tallos (NT) y número de espigas (NE)

En la misma área delimitada (un metro lineal) para el muestreo a la cosecha se contabilizó el número de tallos (vástago principal y macollos) y el NE m^{-2} .

3.8.4. Peso de grano (PG)

Las muestras cosechadas de cada parcela se secaron a 60 °C durante 48 horas en una estufa de secado para determinar el peso de las espigas. En cada muestra, los granos se separaron de la espiga mediante trilla manual y se secaron en la estufa a 60 °C durante 48 horas. Las muestras se pesaron en una balanza analítica (SCIENTECH, MODELO SG 800). Se registró el rendimiento de la muestra y se determinó el peso de 1000 granos al contar al azar 3 submuestras (de 100 granos cada una) de la muestra cosechada. Luego, se calculó el promedio del peso de las tres submuestras y se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 granos.

3.8.5. Número de granos (NG)

Se anotó el NG m^{-2} calculándolo a partir del peso de 100 granos multiplicado por el peso total de la muestra recolectada, dividido entre el peso de 100. También se registró el peso de los granos por metro cuadrado (PG).

3.8.6. Rendimiento de grano (RG)

Se pesaron los granos del área delimitada del surco central de cada parcela para calcular el REN final de grano en toneladas por hectárea.

3.9. Análisis estadístico

Se emplearon modelos de regresión lineal para examinar la relación entre las variables estudiadas. Con datos sobre el REN de grano y sus factores numéricos, se llevaron a cabo análisis de varianza siguiendo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, empleando el software estadístico SAS versión 9.0. Cuando los valores de F de los análisis de varianza fueron significativos, se llevó a cabo una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza presentados en el Cuadro 1 se aprecia que, para los bloques hubo diferencias significativas al menos al 0.05 en las variables: altura de planta, peso de grano, y días desde siembra a madurez fisiológica.

En el factor líneas, se pueden apreciar que no hubo diferencias significancia ($p > 0.05$), para las variables de NT, NG y REN de grano, mientras que, para las variables AP, NE, PG y SIEMF se presentaron diferencias significancia al menos al 0.05. Otros trabajos donde han evaluado los materiales de trigo élite han reportado diferencias significativas ($p < 0.05$) en la variable NG (oscilando entre 6937 a 13577 g m⁻²) y el REN de grano (oscilando 348.5 a 542.9 g m⁻²) bajo condiciones de campo (Valdés et al., 2017), lo que contrasta con resultados obtenidos en este ensayo. En general los porcentajes del coeficiente de variación se mostraron en un rango de 2.15 a 31.90 en la mayoría de las variables de estudio, sin embargo, para la variable NG se observó un coeficiente de variación de hasta 65.21%.

Cuadro 1. Valores de F y su significancia estadística de los análisis de varianza para altura de planta (AP), número de tallos (NT), número de espigas (NE), peso de grano (PG), número de grano (NG), rendimiento (REN) y días de siembra a madurez fisiológica (SIEMF) en el ciclo otoño-invierno de 2019, Torreón, Coahuila, México.

F. V.	GL	AP	NT	NE	PG	NG	REN	SIEMF
Bloque	3	294.17***	0.5268 ns	160.89 ns	97.40*	88197664 ns	3.82 ns	28.19**
Línea	28	101.58**	0.1311 ns	295.95*	53.35*	88915119 ns	3.27 ns	25.84***
Error	84	49.11	9054.61	175.98	27.36	80588215	2.04	6.38

Media	91.87	419.52	61.41	35.10	13766.32	4.48	117.49
C.V.	7.62	22.68	21.60	14.90	65.21	31.90	2.15

ns = no significativo.

*, **, *** = significativo al 0.05, 0.01, 0.001 respectivamente.

4.2 Comparación de medias entre líneas de trigo elite

En los análisis de comparación de medias mostrados en el Cuadro 2, se puede ver que para la variable altura de planta los materiales oscilaron en un rango de 81.50 a 109 centímetros, siendo la línea L21 el material más alto y la línea L15 el material más bajo. Como se muestra en el Cuadro 1, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en las variables NT y NE, No obstante, el mayor valor aritmético en estas variables la alcanzaron la L16, para ambas variables (Cuadro 2). Valdés et al. (2017), reporta diferencias significativas ($p < 0.05$) en el número de espigas al evaluar las líneas de trigo elite en la temporada 2013.

En el componente peso de grano las líneas con mayores valores lo obtuvieron L5 (43.90 g), y el menor peso de grano lo obtuvo la línea L18 (29.32 g) y L25 (27.67 g). Valdés *et al.* (2017) reporta valores en el peso individual de grano 33.5 a 57.5 mg grano⁻¹. Menores valores en el peso de grano comparados con los reportados por Valdés et al 2017 pueden deberse a que en la comarca lagunera se reportan temperaturas más elevadas en comparación con la localidad de Toluca, lo cual altas temperaturas provocan reducciones del tiempo de la fase de llenado de grano reduciendo el PG (Evans *et al.* 1999).

Para la variable número de granos se registró un rango 34122 y 7546 granos m⁻². Mientras que, en la variable del rendimiento de grano, la línea con mayor valor

aritméticos lo registró la línea L12 (6.0 t ha), seguida de las líneas L26 (5.75 t ha⁻¹) y L3 (5.70 t ha⁻¹), L17 (5.67 t ha⁻¹), L27 (5.57 t ha⁻¹), L6 (5.50 t ha⁻¹), L11 (5.10 t ha⁻¹), y L16 (5.20 t ha⁻¹). Solís *et al.*, 2014 evaluaron los materiales de CIMCOG (trigos élite) donde reportan diferencias significativas ($p < 0.05$) en el rendimiento de grano con valores entre 4.1 y 6.0 toneladas por hectárea. Estos resultados de REN de grano están en concordancia con los resultados reportados en este estudio. En la duración de los cultivos de siembra a emergencia la línea más tardía fue la L6 (123 días) y las líneas más precoces fueron L7, L23 y L26, las cuales reportaron en promedio de 114 días. Datos reportados en otro ensayo para evaluar la duración del ciclo en las líneas de trigo élite reportaron entre 113 y 124 días a madurez fisiológica (Solís, *et al.* 2014),

Cuadro 2. Comportamiento promedio de las 29 líneas de trigo élite para altura de planta (AP), número de plantas (NP), número de tallos (NT), número de espigas (NE), peso de grano (PG), número de grano (NG), rendimiento de grano (REN) en el ciclo otoño-invierno de 2019, Torreón, Coahuila, México.

LÍNEA	AP ---- cm ----	NT ----- m-2 -----	NE ----- m-2 -	PG ----- g -----	NG ----- m ² -----	REN -- t ha ⁻¹ --	SIEMF ----- d -----
1	89.75 b	376.75 a	54.50 a	38.67 ab	11278 ab	4.20 a	116.25 abcde
2	83.50 b	278.25 a	43.75 a	34.82 ab	7546 b	2.62 a	115.25 bcde
3	97.75 ab	455.00 a	71.00 a	37.32 ab	15509 ab	5.70 a	115.25 bcde
4	89.50 b	426.75 a	62.50 a	35.07 ab	13860 ab	4.85 a	115.50 abcde
5	95.75 ab	405.00 a	59.50 a	43.90 a	10332 ab	4.50 a	117.75 abcde
6	91.75 ab	466.75 a	70.25 a	33.00 ab	16646 ab	5.50 a	122.25 a
7	87.75 b	343.50 a	49.50 a	34.82 ab	10922 ab	3.85 a	114.00 e
8	91.75 ab	420.25 a	60.00 a	40.00 ab	14232 ab	4.85 a	115.75 abcde
9	85.00 b	365.00 a	52.75 a	35.90 ab	12117 ab	4.37 a	119.25 abcde
10	85.75 b	396.75 a	59.00 a	32.67 ab	12094 ab	3.95 a	117.25 abcde
11	91.75 ab	478.50 a	73.00 a	35.07 ab	14476 ab	5.10 a	118.25 abcde
12	93.50 ab	441.50 a	66.75 a	34.75 ab	17424 ab	6.00 a	117.00 abcde
13	92.00 ab	397.00 a	54.50 a	34.35 ab	34122 a	4.07 a	121.00 abcd
14	92.00 ab	409.75 a	63.25 a	30.17 ab	14486 ab	4.32 a	114.25 ed
15	81.50 b	411.50 a	54.50 a	38.20 ab	8505 b	3.32 a	114.50 dce
16	96.25 ab	535.00 a	79.00 a	39.57 ab	12332 ab	5.02 a	117.00 abcde
17	94.50 ab	444.75 a	67.00 a	39.50 ab	14412 ab	5.67 a	121.00 abcd
18	91.00 ab	431.75 a	62.00 a	29.32 b	12155 ab	2.62 a	118.00 abcde
19	95.00 ab	326.50 a	49.25 a	31.12 ab	9505 b	3.12 a	119.25 abcde

20	94.50 ab	403.25 a	56.00 a	36.90 ab	10691 ab	4.00 a	119.75 abcde
21	109.00 a	458.25 a	66.25 a	36.17 ab	11649 ab	4.22 a	118.25 abcde
22	88.25 b	338.25 a	49.00 a	33.67 ab	14311 ab	4.90 a	121.25 abc
23	90.75 ab	470.00 a	67.50 a	32.27 ab	14801 ab	4.77 a	113.50 e
24	94.00 ab	412.00 a	59.00 a	34.32 ab	13482 ab	4.62 a	117.00 abcde
25	90.50 ab	480.00 a	72.00 a	27.67 b	16790 ab	4.82 a	115.00 bcde
26	93.75 ab	520.25 a	75.75 a	30.50 ab	18806 ab	5.75 a	114.00 e
27	92.50 ab	410.00 a	61.50 a	40.22 ab	13779 ab	5.57 a	119.25 abcde
28	94.50 ab	441.75 a	62.75 a	33.92 ab	10961 ab	3.47 a	121.50 ab
29	91.00 ab	422.24 a	60.25 a	34 .00ab	12002 ab	4.10 a	119.00 abcde
DMSTukey	19.148	260	36.247	14.294	24528	3.9057	6.9063

§ = medias con la misma letra dentro de cada columna no difieren significativamente entre sí (DMS 0.05).

4.3 Rendimiento de grano, peso de grano y número de granos

En la variable rendimiento de grano hubo una relación más estrecha con NG m⁻² (Figura 1), y en menor grado con el peso de 1000 granos como se puede observar en la Figura 2. Es ampliamente reconocido que el REN de los cultivos de grano depende de dos factores clave: la cantidad de granos por metro cuadrado y el peso promedio de los granos (Slafer y Rawson, 1994). De estos dos, el número de granos ha estado estrechamente vinculado con los avances genéticos destinados a aumentar el rendimiento potencial (Slafer *et al.*, 1994).

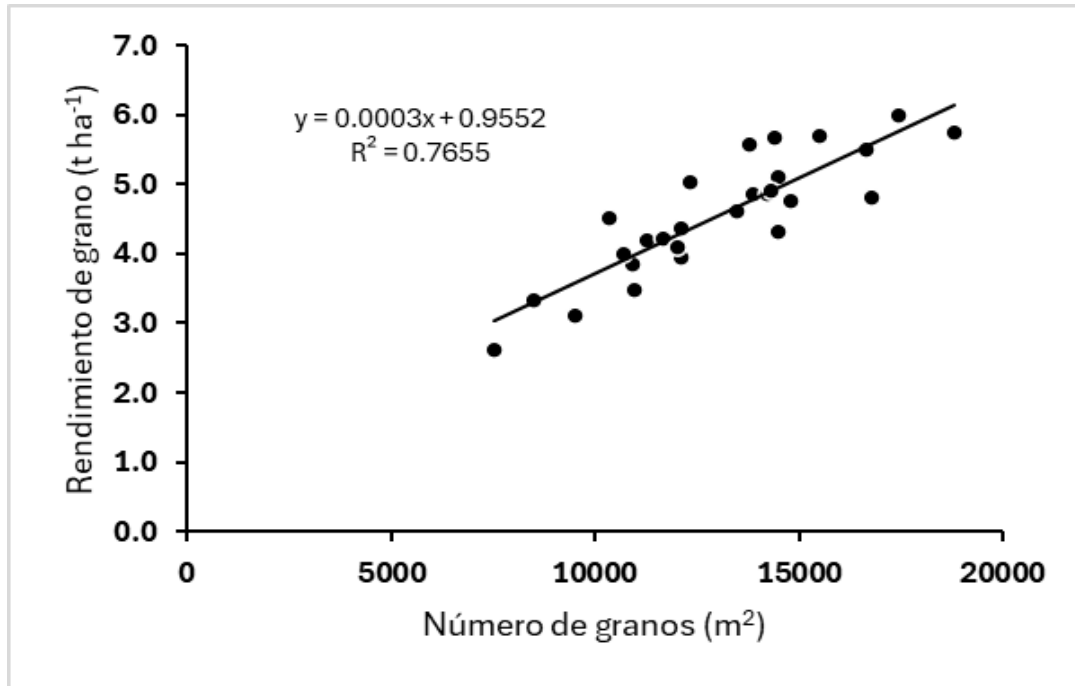


Figura 1. Relación entre el rendimiento de granos y Numeroero de granos en 29 líneas de trigo élite.

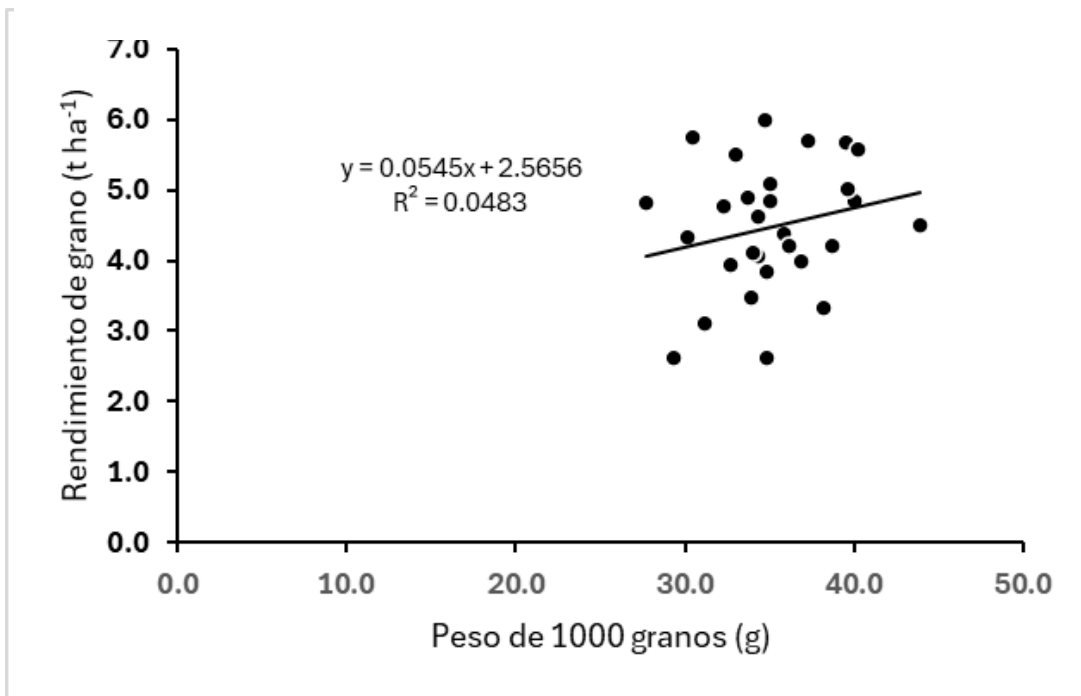


Figura 2. Relación entre el rendimiento de granos y peso de 1000 grano en 29 líneas de trigo elite.

IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, se pueden derivar las siguientes conclusiones:

- 1.- Las líneas de trigo élite presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en AP, NT, PG y SIEMF.
- 2.- Aunque no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de grano para todas las líneas de trigo élite. La línea con mayor rendimiento de grano fue la L12 con 6 toneladas por hectárea.
- 3.- De los principales factores numéricos del rendimiento, el número de granos por metro cuadrado presentó una asociación más estrecha con el rendimiento final del cultivo.
- 4.- En la duración de los cultivos de siembra a emergencia la línea más tardía fue la L6 (123 días) y las líneas más precoces fueron L7, L23 y L26, las cuales reportaron en promedio de 114 días.
- 5.- Este trabajo puede ser considerado como base para caracterizar nuevas líneas de trigo élite que puedan usarse en nuevos programas de mejoramiento genético para evaluar las potencialidades y restricciones del rendimiento de grano en el cultivo de trigo bajo ambientes característicos de la región de la comarca Lagunera.

V. BIBLIOGRAFIA

- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S., & Otegui, M. (1996). Ecofisiología del cultivo de maíz. La Barrosa. Balcarce, Buenos Aires, 147-192.
- Calderini, D. F., Dreccer, M. F., Slafer, G. A. (1997). Consequences of breeding on biomass, radiation interception and radiation-use efficiency in wheat. *Field Crops Research*, 271-281.
- Calderini, D., Valle, S., & Lizana, C. (2011). Sistemas de Producción de Trigo y Cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos ecofisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos. Doctoral dissertation, Universidad Austral de Chile, 66-80.
- Castañeda-Saucedo, María Claudia; López-Castañeda, Cándido; Colinas-De León, María Teresa B.; Molina-Moreno, Juan C.; Hernández-Livera, Adrián RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA SEMILLA DE CEBADA Y TRIGO EN CAMPO E INVERNADERO *Interciencia*, vol. 34, núm. 4, abril, 2009, pp. 286-292 Asociación Interciencia, Caracas, Venezuela.
- CESAVECO. (2022). programa de trabajo integral de subcomponente servicios fitosanitario en apoyo a la producción para el bienestar, prevención, control o erradicación de plagas fitosanitarias en el estado de Coahuila del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria... 3-4. Torreón, Coahuila. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/761936/Coahuila.pdf
- CHAP, Abbate, Pablo, Cardós, Miguel, Campaña, Leda, 2017/10/18. SP - 7, EP - 21 SN - 978-987-46277-3-5, T1 - El trigo, su difusión, importancia como alimento y consumo.
- Cossani, C. M.; Slafer, G. A. and Savin, R. 2009. Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. *Field Crops Res.* 112:205-213
- EGLI, D.B. 1988. Seed Biology and the yield of grain crops. Cab International. Pp. 70.
- Ernesto Solís¹, Pedro Figueroa López², Gemma Molero³ and Matthew P. Reynolds. (2014). Evaluación de líneas élite del CIMMYT y del INIFAP en diferentes zonas agroclimáticas representativas de la producción de trigo en México, IINIFAP,

- Guanajuato, México; INIFAP, Sonora, México; CIMMYT-México Actas del 4º Taller Internacional del Consorcio de Rendimiento de Trigo.
- Evans, L. T., Fischer, R. A. (1999). Yieldpotential: itsdefinition, measurement, and significance. *Cropscience*. *Cropscience*, 1544-1551.
- FAOSTAT base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación-. (13 de junio 2024). Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI>
- FIRA (2021). PARNORA AGROALIMENTARIO (TRIGO). Obtenido de <file:///C:/Users/diana/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Trigo%202021.pdf>
- Jesus.A, Rogelio.G, Mario. C, Celso. J, (2013), UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, Maíz, trigo y arroz. Los cereales que alimentan al mundo Primera edición, 2013, ISBN: 978-607-433-993-2.
- Jorge L. et al; 2018, COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO DE TRIGOS HARINEROS Y CRISTALINOS A TRAVÉS DE DIFERENTES AMBIENTES DE RIEGO, *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 41 (2): 159 - 166, 2018, obtenido de <file:///E:/Nueva%20revis%C3%B3n%20de%20literatura/trigo.pdf>
- López-Castañeda, C, Richards, R.A. 2001. ¿Contribuyen la tasa de crecimiento del grano y removilización de las reservas del tallo al rendimiento de grano durante la sequía? *Memorias del IV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas*. Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C., México. Octubre 25-26, 2001. Pp.61-66
- MC, Alberto.J, et al; UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (2014-9), EL CULTIVO DEL TRIGO SISTEMAS DE PRODUCCION EN EL NOROESTE DE MEXICO, obtenido de <file:///E:/Nueva%20revis%C3%B3n%20de%20literatura/EL%20CULTIVO%20DE%20L%20TRIGO.pdf>
- OECD/FAO (2023), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2023-2032, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2ad6c3ab-es>.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) Noviembre del 2023, Perspectivas Alimentarias- resúmenes del mercado obtenido de <file:///E:/Nueva%20revis%C3%B3n%20de%20literatura/cc9112es.pdf>
- Panorama Agrolimentario 2015. (16 de julio de 2024). Panorama Agrolimentario. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgju_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view
- Pena Bautista, R.J., Perez Herrera, P., Villasenor Mir E., Gomez Valdez, M.M., Mendoza Lozano, M.A. 2008. CaUdad de fa cosecha de (riga en Mexico. Cicio primavera-verano 2006. Publicacion Especial del CONASIST-CONATRIGO, Tajin No. 567, Col. Vertiz Narvarte, Delegacion Benito Juarez c.P. 03600 Mexico, D.F. 28p.
- Ramírez, V., Santa, R. R., & Villaseñor, M. H. (2016). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2-6.
- Reynolds, M. P., Bonnett, D., Chapman, S. C., Furbank, R. T., Mans, Y., Mather, D. E., & Parry, M. A. (2011). Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. *Journal of experimental botany*, 439-452.
- Reynolds, M. P., Pask, A., Torres, A., & Quiche, Y. N. (2015). Pre-Breeding for Yield Potential: Summary of International Data from 2nd WYCYT and Performance of Pipeline Material. *Proceedings of the International TRIGO (Wheat) Yield Potential WORKSHOP*, 16-18.
- Reynolds, M., Molero, G., & Quilligan, E. (2016). *Proceedings of the 2nd International WHEAT Yield Potential WORKSHOP*. 18-20.
- Rodrigo Grover Mamani Vargas, Medardo Wilfredo Blanco Villacorta . (2024). APTITUD PRODUCTIVA DE TRECE LÍNEAS ÉLITES DE TRIGO HARINERO (*Triticum aestivum* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA. DOI: 10.53287/vanj1681kg60p.
- Santamaría, C. J., Reta S, D. G., Chávez, G. J., Cueto, W. J., & Romero, P. R. (2006). Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP- CIRNOC-CELALA.

- Satorre, E. H., Benech, A, R, L., Slafer, G, A. (2004). Producción de granos bases funcionales para su manejo . Buenos Aires-Argentina: Facultad de Agronomía.
- SECTUR. (febrero de 2014). Agenda de competitividad de los destinos turísticos de México Torreón Coahuila. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2015/02/PDF-Torreon.pdf
- Servicio de información Agroalimentaria y pesquera (SIAP) 2023 abril 13, Escenario mensual de productos agroalimentarios, Dirección de Análisis estratégico, 1- 3 pag, obtenido de file:///E:/Nueva%20revis%C3%B3n%20de%20literatura/Trigo_panificable_Marzo.pdf
- Sistema de información simplificado agrícola (SISA) 2020-2021, TRIGO, pág. 1-21, obtenido de file:///E:/Nueva%20revis%C3%B3n%20de%20literatura/sisa_if_trigo2021.pdf
- Slafer and Rawson. (1994), Sensitivity of Wheat Phasic Development to Major Environmental Factors: a Re-Examination of Some Assumptions Made by Physiologists and Modellers. DOI:10.1071/PP9940393
- SLAFER, G.A. and; CALDERINI and D.J. MIRALLES. (1996). Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. En: M.P. Reynolds, S. Rajaram,y A. MCnab (eds.), Increasing Yield Potential in wheat: Breaking the barriers. CIMMYT. Mexico. Pp. 101-133.
- Slafer,G.A.,Satorre,E.H.,Andrade ,F.H.,1994. Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological change. IN: Slafer. G.A. (E,d.Genetic Improvement of Field Crops. Marcel Dekker, New York.pp. 1-68.
- VALDES VALDES, Cristobal; ESTRADA CAMPUZANO, Gaspar; MARTINEZ RUEDA, Carlos Gustavo y DOMINGUEZ LOPEZ, Aurelio. Rendimiento de grano en trigo modificado por cambios en la fuente durante el llenado de grano. Rev. Mex. Cienc. Agríc [online]. 2017, vol.8, n.1, pp.79-90. ISSN 2007-0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.73>.

- Van Ittersum, M, K., Rabbinge, R. (1997). Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field crops research*, 197-208.
- Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E.(2000 a). Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. In: *el trigo de temporal en México*. Villaseñor, M. E. H. y Espitia, R. E. (Eds.). SAGAR-INIFAP, Chapingo, Estado de México, México. 85-98 pp.