

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS**



**“SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO
CON ALTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO EN EL
VALLE DE MEXICALI”**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTA

KARINA DAYANNE RENTERÍA MORALES

DIRECTOR

ROBERTO SOTO ORTIZ

CO-DIRECTOR

JORGE IVAN ALVARADO PADILLA

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

NOVIEMBRE DE 2022

La presente tesis “SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO CON ALTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO EN EL VALLE DE MEXICALI” fue realizada por Karina Dayanne Rentería Morales y dirigida por el Dr. Roberto Soto, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

Consejo Particular

Director

Dr. Roberto Soto Ortiz

Co-director

Mc. Jorge Iván Alvarado Padilla

Secretario

Dr. Onecimo Grimaldo Juárez

Sinodal

Dr. Silvia Mónica Avilés Marín

Agradecimientos

Al Instituto de Ciencias Agrícolas por recibirme y acogerme estos 4 años de estudio, donde me brindaron los conocimientos y herramientas necesarios para ejercer mi profesión. Gracias por crear un ambiente donde se siente la unión e inclusión entre alumnos y profesores.

A todo el personal docente y administrativo que siempre estuvieron en toda la disposición de ayudarme durante mis estudios.

A mi director de tesis el Dr. Roberto Soto Ortiz por creer en mí desde un inicio, por acompañarme a lo largo de mis estudios impulsándome a sacar lo mejor de mí. Gracias por su paciencia y su tiempo dedicados para mi formación profesional, por resolver siempre mis dudas a cualquier hora del día. Porque sus clases y manera de dar los temas fueron los que me motivaron a realizar este proyecto de tesis.

Un gran agradecimiento al M.C. Jorge Iván Alvarado del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por haberme dado la oportunidad de realizar mi proyecto con él. Gracias a su apoyo durante todo el experimento y por compartir sus conocimientos tanto académicos como de vida, por dar un verdadero ejemplo de lo que es ser un investigador dedicado con pasión por su trabajo.

Dedicatoria

Primero que nada, a Dios quien me ha acompañado y guiado por el mejor camino dándome fortaleza y perseverancia para lograr mis sueños.

A mi madre que con su amor me enseñó que soy capaz de cumplir lo que me proponga; gracias por tus palabras de aliento en el momento indicado y por tus sabios consejos que fueron guiando mi camino para convertirme en la mujer que soy ahora.

A mi padre por haberme enseñado las cosas buenas que tiene la vida y a disfrutar las cosas pequeñas, por todos tus consejos y lecciones que me han hecho más fuerte, sin ellos no hubiera podido salir de varias dificultades a las que me enfrente.

A mi familia y amigos por su apoyo y comprensión en los momentos que no podía asistir a una reunión, por siempre darme ánimos, motivarme y sacarme risas cuando sentía que no podía más.

Por ultimo a mis perritos Mouse y Oso, por todas las noches de desvelo que se quedaron junto a mí, por ser mis acompañantes fieles a lo largo de todos mis estudios y por brindarme momentos de infinita felicidad.

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.2 Justificación	5
1.3 Hipótesis.....	6
1.4 Objetivo general.....	6
CAPÍTULO 2.....	7
REVISIÓN LITERARIA	7
2.1 La siembra de trigo en el Valle de Mexicali	7
2.2 La importancia del mejoramiento genético del trigo.	9
2.3 Componentes fisiológicos del cultivo de trigo.....	11
2.3.1 La cobertura inicial del cultivo de trigo.....	11
2.3.2 Madurez Fisiológica	12
2.4 Componentes de rendimiento de grano en el cultivo de trigo.....	12
2.4.1 Número de espigas por metro cuadrado, granos por metro cuadrado, peso de mil granos.....	12
2.4.2 Índice de cosecha.	13
2.4.3 Producción de biomasa en trigo	13

2.5 Peso Especifico	14
CAPÍTULO 3.....	15
METODOLOGÍA	15
3.1 Ubicación del experimento	15
3.2 Material genético	15
3.3 Manejo agronómico	16
3.3.1 Riegos y fertilizaciones	16
3.4 Diseño experimental	19
3.5 Variables evaluadas	19
3.5.1 Cobertura inicial	19
3.5.2 Características Fisiológicas.....	20
3.5.3 Componentes de rendimiento.....	21
CAPÍTULO 4.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	24
4.1 Cobertura inicial.....	24
4.3 Altura de planta.....	27
4.4 Componentes de rendimiento	28
4.4.1 Índice de cosecha.....	28
4.4.2 Biomasa.....	30
4.4.3 Número de espigas por metro cuadrado	32
4.4.4 Granos por metro cuadrado	33
4.4.5 Peso de mil granos	35
4.4.6 Rendimiento de grano.....	36
4.4.7 Peso específico	38
4.5 Matriz de correlaciones.....	41
CAPÍTULO 5.....	41

CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Principales países productores de trigo (Millones de toneladas)	1
Cuadro 2. Principales Estados productores de trigo en México.	3
Cuadro 3. Superficie de trigo sembrada en el valle de Mexicali en el ciclo agrícola 2019/2020.....	4
Cuadro 4. Clasificación de harina según su fuerza (W).....	8
Cuadro 5. Genotipos que se evaluaron en el ensayo durante el ciclo 2020-2021. ..	15
Cuadro 6. Calendario de riegos y aplicación de fertilizantes en la selección de genotipos de trigo harinero	17
Cuadro 7. Lecturas tomadas.....	20
Cuadro 8. Promedio de cobertura inicial de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.	24
Cuadro 9 Promedio días a madurez fisiológica.....	26
Cuadro 10 Comparación de medias de altura de planta (AP) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.	27
Cuadro 11 Comparación de mediana de índice de cosecha.....	28
Cuadro 12 Comparación de mediana de producción de biomasa (BIO) (t ha ⁻¹) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.....	30
Cuadro 13. Comparación de mediana de número de espigas por m ² (EPM2) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.....	33

Cuadro 14.Comparación de medias de granos por metro cuadrado (GPM2).....	34
Cuadro 15. Comparación de medias de peso de mil granos (PMG) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.	35
Cuadro 16. Comparación de mediad de rendimiento de grano (RG).....	37
Cuadro 17. Comparación de mediad de peso específico (PE)	39
Cuadro 18. Matriz de correlaciones	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Establecimiento del experimento.....	16
Figura 2. Siembra en surcos	16
Figura 3. Inicio de la cosecha	18
Figura 4. Trilladora Winter Classic ST.....	18
Figura 5. Vista del surco	19
Figura 6. Toma de fotografías para estimar cobertura inicial	20
Figura 7. Aplicación canopy cover	20
Figura 8. Cosecha de las muestras por unidad experimental.....	22
Figura 9. Peso de espigas y tallo	22
Figura 10. Espigas cortadas para obtener su peso	22
Figura 11. Conteo de granos	22
Figura 12 Cobertura inicial acumulada de genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.....	25
Figura 13 Índice de cosecha de genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.	29

Figura 14 Producción de biomasa	31
Figura 15 Rendimiento de grano (t ha ⁻¹) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.	37

Resumen

El trigo harinero es usado para la elaboración de pan, galletas o pasteles, actualmente la producción de trigo harinero no alcanza para abastecer la demanda nacional. El objetivo del presente estudio fue evaluar los componentes de rendimiento de 25 líneas experimentales de trigo harinero y 5 testigos sembrados bajo las condiciones del Valle de Mexicali. El estudio se realizó en el ciclo de producción 2020/2021 bajo un diseño de látices con 3 repeticiones y 30 tratamientos, las variables analizadas fueron: cobertura inicial, altura de planta, madurez fisiológica, índice de cosecha, biomasa, granos por metro cuadrado, espigas por metro cuadrado, peso de mil granos, rendimiento de grano y peso específico. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre los genotipos, identificándose materiales que superan en rendimiento a los testigos. En conclusión, el genotipo 28 fue seleccionado para futuras investigaciones por el potencial de rendimiento registrado.

Palabras clave: mejoramiento genético, rendimiento, trigo.

ABSTRACT

Bread wheat flour is used to make a wide range of foods: cookies, cakes and bread. Nowadays the production of bread wheat isn't enough to supply the national demand. The aim of this study was to analyze yield components from 25 experimental lines of bread wheat and 5 witness in the agroecological conditions of the Mexicali Valley. The study was carried out in the 2020/2021 production cycle using a lattice design with 3 repetitions and 30 treatments, the evaluated variables were: initial plant canopy coverage, plant height, days to physiological maturity, harvest index, biomass yield, number of grains per square meter, number of spikes per square meter, thousand grain weight, grain yield and test weight. Statistical analyzes showed significant differences between wheat genotypes, also, some of the genotypes overcame grain yield of controls. In conclusion, genotype 28 was selected for further research due to its yield potential.

Key words: *genetic improvement, wheat, yield*

Capítulo 1

Introducción

La población mundial ha ido creciendo a un ritmo acelerado, demandando cada vez más alimento. Durante muchos años las Naciones Unidas se han encontrado con dos grandes desafíos que son: el suministro de alimentos y el agua necesaria para la producción de estos. Lamentablemente en el informe trimestral de la FAO (FAO, 2021) se indica que 45 países necesitan ayuda externa para poder alimentar a su población, se estima que casi 690 millones de personas pasaban hambre en 2019 (Sataloff et al., n.d.). El cambio climático, la falta de agua y las plagas son factores que influyen en los altos niveles de inseguridad alimentaria.

El trigo es uno de los tres granos básicos a nivel mundial junto con el arroz y el maíz que forman parte de la dieta en la población. En el mundo se siembran aproximadamente 220 millones de hectáreas de trigo por lo que es el cultivo más ampliamente sembrado proporcionando aproximadamente un quinto de la entrada calórica total de la población del mundo (Reynolds et al., 2013). Según el reporte de FAO (FAO, 2021), los cinco principales países productores de trigo son: Unión Europea, China, India, Rusia y Estados Unidos (Cuadro1). México se encuentra en el puesto número 29 en la producción a nivel mundial con 3,862,914 millones de toneladas (*Los Principales Países Productores de Trigo Del Mundo*, 2021).

Cuadro 1. Principales Países Productores de Trigo
(Millones de toneladas)

País	Promedio de 5 años	2017	2018	2019
Unión Europea	150.3	152.0	137.5	149.0
China	129.2	133.0	128.0	129.0
India	94.6	98.5	99.7	99.0
Fed. Rusia	70.5	85.9	72.1	79.0

Estados Unidos de América	54.6	47.4	51.3	52.0
Canadá	30.2	30.0	31.8	33.0
Total	529.4	546.8	520.4	541

Los países están clasificados según su producción promedio de 5 años.

Fuente de consulta: (FAO, 2021)

En México el trigo es considerado como uno de los granos imprescindibles de la dieta de los mexicanos, debido a su gran aporte nutricional y su bajo costo, estando disponible tanto para personas de escasos recursos de zonas rurales como de zonas urbanas. (Morales et al., 2014). Datos publicados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), revelan que la demanda de trigo durante el 2018 fue de alrededor de 7,704 mil toneladas, mientras que la producción fue de apenas 2,943 mil toneladas, obligando a importar el 70.8% del consumo nacional. (Sataloff et al., n.d.) La demanda de trigo seguirá aumentando a medida que crece la población mexicana; de acuerdo con datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), en el 2050 la población será alrededor de casi 150 millones de personas por lo que se tendría que aumentar un 30% la producción. Sin embargo, lograr un incremento sustancial en la producción nacional que garantice el abasto nacional representa un reto debido a que cada vez es mayor la escasez de agua y el impacto del cambio climático; estos son factores que generan un panorama poco alentador para el incremento en la producción de trigo.

La producción de trigo a nivel nacional se realiza bajo condiciones de riego y temporal, casi el 80% de la producción se concentra en los estados norte que son: Sonora, Sinaloa, Guanajuato y Baja California (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales Estados Productores de Trigo en México.

Estado	Superficie Sembrada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Sonora	260,536	1,795,238	6.896
Guanajuato	52,712	358,779	6.806
Baja California	52,254	278,214	6.008
Sinaloa	35,715	203,647	5.702
Michoacán	47,180	179,109	3.796
Jalisco	24,792	135,308	5.458
Total	473,189	2,950,295	34.666

Los estados están clasificados según su situación al 31 de diciembre 2019.

Fuente de consulta: (SIAP, 2019)

A nivel nacional la producción se divide según el tipo de trigo. En los estados de Sonora y Baja California son más reconocidos por la producción de trigo cristalino, mientras que en Guanajuato y Jalisco se produce más el trigo harinero con gluten medio fuerte (FIRA, 2014).

El valle de Mexicali en Baja California, es considerada una región productora de trigo, donde se siembran alrededor de 25 variedades, de las cuales 14 corresponden a variedades de trigo harinero, y 11 a variedades de trigo duro. En relación al trigo harinero, en el ciclo agrícola 2019/2020 se sembraron 7,345 hectáreas, (cuadro 3), de la cuales sobresalen Borlaug 100 con un porcentaje de 32%, Cachanilla F2000 con el 21% y Baviácora M92 con un 18% de la superficie total sembrada de trigos harineros, estas últimas son variedades que no obstante su alto potencial de rendimiento y aceptables parámetros de calidad harinera, presentan problemas fitosanitarios como roya de la hoja y roya amarilla, por lo que es importante buscar nuevas variedades que sustituyan a las ya existentes en el mercado (Chavez et al., 2021).

Cuadro 3. Superficie de trigo sembrada en el Valle de Mexicali en el ciclo agrícola 2019/2020.

Variedad	Grupo de calidad	Empresa Productora	Superficie Sembrada (ha)
Galia f2011	Fuerte	Trigo SA, S.A. D	427
Bacali f2011	Fuerte	INIFAP	12
Cachanilla f2000	Fuerte	INIFAP	1588
Rsm-norman f2008	Fuerte	RESOURCE	20
Oasis f86	Fuerte	INIFAP	137
Primavera 8233	Fuerte	AGRICOLA INTERNACION AL DE MÉXICO, S. A. DE C.V.	225
Paz f2013	Fuerte	TRIGO, SA, S. A. D	115
Rayon f86	Fuerte	INIFAP	123
Yecora f70	Fuerte	INIFAP	309
Yecora rojo	Fuerte	TRIGO, SA, S. A. D	625
Borlaug 100	Medio	INIFAP	2367
Baviacora m9	Medio	INIFAP	1343
Pai pai	Suave	RESOURCE	34
Faisan s2016	Suave	INIFAP	20
TOTAL			7345

Fuente: Elaboración propia.

La clasificación se realizó con la sumatoria de las superficies sembradas de los CADER del Valle de Mexicali, los datos se obtuvieron del Consejo Distrital.

1.2 Justificación

Diversos modelos matemáticos contruidos para el año 2050 coinciden en que la temperatura promedio anual en México aumentará entre 1.6 y 2.0 °C en la Península de Yucatán y de 3.1 a 3.5° C en el Norte del país. En cuanto a la precipitación, se espera que disminuya en promedio entre un 5 y 10% (entre 22 y 4.5 mm/mes aproximadamente). Se estima que estos cambios climáticos afecten de diferente manera en cada región, ocasionando climas más secos al noroeste e inundaciones al sureste del país rompiendo los límites históricos de temperatura, lo que causará problemas como: hectáreas pérdidas para la siembra de cultivos, disminución del rendimiento, incremento en la demanda de riego, modificación en la distribución de plagas, desabasto de productos e insumos y deterioro de la situación económica del país (Solorzano, 2016).

Con el inicio de la revolución verde se comenzó a explorar el fitomejoramiento para hacer frente al cambio climático global; implementando las nuevas tecnologías y modificaciones genéticas para obtener cultivares con mayor rendimiento, tolerancia a calor y sequía, plantas enanas y semi enanas para reducir el riesgo de acame (FAO, n.d.).

El Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) desarrolla germoplasma de trigo mejorado, combinando alto potencial de rendimiento en condiciones favorables con tolerancia a ambientes menos favorables, para usarse en diferentes países ya sean emergentes o en vías de desarrollo con situaciones de estrés bióticos y abióticos buscando obtener cultivares ampliamente adaptados e integrados a un manejo de cultivo más sostenible (Reynolds et al., 2013). El CIMMYT cuenta con un convenio con el gobierno mexicano de más de 50 años de antigüedad en los cuales se han apoyado mutuamente para la realización de investigaciones sobre mejoramiento de semilla en trigo y maíz. Cuenta con su sede en El Batán, Estado de México y la mayoría de sus investigaciones relacionadas con trigo

se han desarrollado en conjunto con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el Valle del Yaqui, Sonora y el valle de Mexicali, Baja California. Gracias a esta colaboración se han logrado liberar más de 50 variedades mejoradas con mayor rendimiento, resistencia a plagas, enfermedades, sequía y calor. Actualmente el 95% de las variedades sembradas a nivel nacional provienen de los programas de mejoramiento genético del CIMMYT (Solorzano, 2016).

1.3 Hipótesis

Es posible obtener a través de las técnicas del fitomejoramiento clásico, líneas avanzadas de trigo para el valle de Mexicali, con mayor rendimiento de grano que las variedades actuales.

1.4 Objetivo general

Evaluar los componentes de rendimiento de 25 líneas experimentales de trigo harinero y 5 testigos sembrados bajo las condiciones del Valle de Mexicali en un suelo de textura media.

Capítulo 2

Revisión Literaria

2.1 La siembra de trigo en el Valle de Mexicali

El crecimiento del Valle de Mexicali se vio impulsado por las compañías estadounidenses que invirtieron en el cultivo de algodón a inicios del siglo XX que fue la famosa era del “oro blanco”. Los años 50 representan un período de mucho crecimiento en la actividad agrícola del Valle de Mexicali. En 1964, la economía general del estado dependía en un 70% de la producción agrícola (Salinas et al., 2006), sin embargo, después de la segunda Guerra Mundial la demanda de algodón disminuyo significativamente lo que exigió una mayor diversificación agrícola para así no depender de un solo cultivo. En los años 60 se establecieron el cultivo de trigo, alfalfa y cártamo. Desde esta fecha hasta la actualidad el trigo representa uno de los cultivos más importante en la económica de estado.

En México el trigo se clasifica según las propiedades físicas del grano, de acuerdo a su tipo de gluten se dividen en 5 grupos que se especifican en la NOM-FF-36-1984.

- i. **Gluten fuerte (muy elástico y extensible):** Es utilizado en la industria mecanizada de la panificación. También se puede utilizar en mezclas con trigos débiles.
- ii. **Gluten medio fuerte (elástico y extensible):** Se emplea para la industria de pan hecho a mano o semi mecanizado; se puede utilizar en mezclas con trigos de gluten muy fuerte o trigos débiles.
- iii. **Gluten suave (ligeramente elástico y extensible):** Es manejado para la industria galletera, elaboración de tortillas, buñuelos, etc. También se puede utilizar con mezclas de gluten muy fuerte.
- iv. **Gluten tenaz (no extensible):** Es más utilizado en la industria pastelera para la elaboración de donas y galletas suaves.

- v. Grano cristalino (tenaz, corto, no extensible):** Se aprovecha más para la industria de pastas, macarrones, sopas secas, entre otros.

Generalmente los trigos de mayor demanda son los del grupo i, ii, iii, sin embargo la producción de grano cristalino ha aumentado (Diario Oficial de la federacion, 1984).

La calidad industrial del trigo se determina mediante los análisis de propiedades físicas como el peso hectolítrico (70-80 kg/hL valores estándar en trigo), textura de grano y dureza (valores obtenidos menores al 47% son clasificados como granos de endospermo suave) (Espitia & Lopez, 2012); los análisis químicos incluyen el contenido de proteínas y actividad enzimática, por último los análisis de procesamiento evalúan el volumen de pan (los valores aceptados por la industria son de entre 700-750 cm³), la fuerza y extensibilidad de la masa, entre otros (Rangel & Limon-ortega, 2004). En trigos harineros se busca que el contenido de proteína sea entre 11% y 13% para considerarse apto para panificarse, cuando se logra obtener estos contenidos nos indica que si se le dio una correcta fertilización de nitrógeno durante el desarrollo del cultivo lo cual permite formar proteína en grano (De la Vega, 2009). La fuerza de gluten (W), la extensibilidad (L) y la tenacidad (P) se miden con un alveógrafo, con los parámetros de extensibilidad y tenacidad se puede determinar el índice de equilibrio P/L lo cual nos indica la proporción de las proteínas gliadinas y gluteninas. Con estos datos que se obtienen de los alveogramas se pueden clasificar a las harinas en tres grupos, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación de harina según su fuerza (W)

Fuerte	Medio	Débil
>300 W	200-300 W	<200 W

Fuente: (De la Vega, 2009)

El trigo harinero que se produce en el Valle de Mexicali posee contenidos de proteína entre 11% a 12.5% en grano, con una fuerza de gluten clasificado como fuerte balanceado, el volumen de pan supera los 750 cc y poseen buena sanidad (ausencia de carbón parcial, pocos granos con panza blanca o punta negra) (Valenzuela & Martínez, n.d.); debido a estos parámetros de calidad el trigo harinero producido es candidato a ser exportado a otros países.

El valle de Mexicali, está reconocido oficialmente a nivel internacional como una zona libre de carbón parcial, que es una enfermedad transmitida por semilla que limita las zonas productoras de semilla. Debido a esto se volvió una de las zonas de investigación en donde el CIMMYT incrementa semilla que distribuye a todo el mundo para generar variedades; por lo que se convirtió en una de las regiones productoras de trigo más importantes de México. Actualmente las variedades que se siembran en el Valle de Mexicali son: CACHANILLA F2000, BORLAUG 100 F2014, KRONSTAD F2004, ROELF F2007, NOHELY F2018 entre otras (SADER Baja California, 2020). Cada año se van lanzando nuevas líneas mejoradas para ser puestas a disposición de los productores.

2.2 La importancia del mejoramiento genético del trigo.

La Revolución Verde fue un periodo en donde hubo un incremento significativo en la producción agrícola. Se usaron variedades mejoradas de trigo, las cuales sembraron en una misma superficie durante todo el año creando un sistema de monocultivo logrando producir más en menor espacio. Esto ayudó a que México alcance la autosuficiencia en la producción de trigo en los años cincuenta (Salinas et al., 2006). Los rendimientos por hectárea antes eran de 1.2 ton/ha y se obtuvieron rendimientos de 4.5 ton/ha en los inicios de la revolución, sin embargo, se empezaron a presentar pérdidas de rendimiento debido al acame. Por lo que comenzaron estudios para crear variedades que tuvieran enanismo que con una serie de cruces y retro cruces

se lograron obtener en el año 1954 las variedades enanas mexicanas, las cuales tuvieron un gran impacto en la producción de trigo. Se consiguió que estas variedades produjeran hasta 9 ton/ha siempre y cuando contaran con las condiciones adecuadas de riego y fertilización (Borlaug, 1970).

Estos avances ocasionaron un cambio en la manera tradicional de ver la agricultura, la motivación de esta revolución fue erradicar el hambre y la desnutrición en el mundo, por un momento se creyó que se podía lograr, pero conforme paso el tiempo se hicieron más hallazgos tecnológicos, se fueron implementando técnicas de manejo, se descubrió que las consecuencias generadas por esta revolución no eran todas positivas. Cada vez se empleaban más y más los fertilizantes, plaguicidas, herbicidas y otras sustancias químicas con el fin de proteger los cultivos y lograr una mayor nutrición, pero lo que no sabían es que estos productos estaban afectando el medio ambiente. El uso desmedido de los agroquímicos y la falta de rotación de cultivos han logrado generar muchos daños al suelo haciendo que pierda sus nutrientes y la calidad. Sumando a esto, el cambio climático tan drástico, la escasez mundial de agua que se está viviendo, se han ido generado ambientes más áridos y difíciles para lograr producir ocasionando una inseguridad alimentaria a nivel mundial. Debido a esta situación se fueron buscando nuevas medidas y soluciones para evitar seguir dañando el ambiente (Garcia, 2011).

Los Programas de Mejoramiento de Trigo en México, desde sus inicios a mediados de los 40's a la fecha, han trabajado en ambientes contrastados para incorporar genes favorables dando como resultado la obtención de variedades con amplia adaptación en diversas partes del mundo, la roya del tallo se controló genéticamente, se logró tener una mayor estabilidad, rendimiento y resistencia a enfermedades, mejoró en la cantidad y calidad de proteínas en los trigos mexicanos (Reynolds et al., 2013). Se utilizó todo el potencial combinado de las tecnologías convencionales, fisiológicas y de

modificación genética, haciendo un uso eficiente de agua, nutrientes para tener una mayor capacidad de hacer frente a las crecientes temperaturas y precipitaciones que cada año están incrementando (Reynolds et al., 2013).

2.3 Componentes fisiológicos del cultivo de trigo.

2.3.1 La cobertura inicial del cultivo de trigo.

La cobertura vegetal es una capa formada por el área foliar del cultivo que cubre al suelo desde el inicio de su desarrollo. Se puede monitorear mediante el índice de cobertura donde se logra analizar los cambios que experimenta la parte aérea del cultivo (Rodríguez, 2018).

El índice de cobertura inicial tiene un gran impacto en la actividad fotosintética de la planta. Cuando una planta tiene una mayor cobertura temprana puede captar mejor la radiación incidente logrando obtener un aumento en el sombreado del suelo lo que favorece a un uso más eficiente del agua debido a que se disminuye la evaporación (Pask et al., 2013). También nos permite darnos una idea sobre la capacidad que tiene la planta para aprovechar la energía luminosa y transformarla en energía química. Para obtener una alta producción es necesario una intercepción adecuada que aproveche al máximo la radiación solar incidente es por esto que la cobertura vegetal y el rendimiento final están correlacionados (Rodríguez, 2018).

Existen diferentes métodos para medir la cobertura inicial de un cultivo: clasificándose en métodos destructivos y no destructivos. Para los programas de mejoramiento genético, los métodos destructivos son muy tardados por lo que es más convencional el método no destructivo a través del análisis de fotografías permitiendo una medición más objetiva (Rodríguez, 2018).

Para la interpretación del análisis a través de fotografías es considerado tener presente en la muestra la biomasa de la planta que es analizada a través de su índice de vegetación el cual se ve traducido en porcentaje de cobertura en el suelo.

2.3.2 Madurez Fisiológica

La madurez fisiológica es la última etapa fenológica del cultivo. Es cuando ya completo su llenado de grano, su proteína se encuentra formada y alcanzó su máxima acumulación de peso seco por lo que ya no es necesario nutrirse de la planta y comenzará a perder humedad hasta llegar a la humedad requerida para cosechar (CUNIBERTI, 2011). Se puede identificar cuando el 50% de las espigas presenten un cambio de coloración de verde a amarillo en el pedúnculo y si se toma un grano ya no se podrá dividir con las uñas (CIMMYT, n.d.).

2.4 Componentes de rendimiento de grano en el cultivo de trigo

El rendimiento de grano es la expresión final de varios procesos fisiológicos particulares, los cuales han interactuado con el clima y el ambiente a lo largo del periodo de desarrollo del cultivo. Sus componentes son: número de espigas por metro cuadrado, número de granos por metro cuadrado y peso de mil granos, la medición de estos componentes es esencial para mostrar una relación significativa entre las propiedades fisiológicas y la producción (Pask et al., 2013).

2.4.1 Número de espigas por metro cuadrado, granos por metro cuadrado, peso de mil granos

Las evaluaciones de estos componentes de rendimiento se llevan a cabo secuencialmente durante el desarrollo del cultivo. Primero es el conteo de número de espigas por metro cuadrado que se realiza una vez alcanzada la madurez fisiológica que sería cuando el color de la planta cambia de verde a amarillo y cuando el grano ya no se puede cortar con la uña de forma transversal (Rousseau, 1984); se debe medir con precisión el área a cosechar y no es necesario que la muestra se colecte en alguna hora en específico, pero se recomienda que sea durante la mañana debido a que en ese momento la espiga cuenta con mayor humedad y se reduce el riesgo de pérdida de granos.

Una vez tomadas las espigas, se someten a un proceso de secado en un horno a 75 C° durante 48 horas. Se trillan las espigas colectadas para posteriormente realizar el conteo de granos y se toma una muestra de 250 granos los cuales son pesados en una balanza y se hace el cálculo para obtener el peso de mil granos (Pask et al., 2013).

2.4.2 Índice de cosecha.

El índice de cosecha es la relación entre el rendimiento de grano y la producción de biomasa superficial. Este parámetro indica la cantidad de materia seca acumulada en los órganos de interés, en este caso en el grano de trigo, en relación a la biomasa total (Bernardo Cárdenas Velázquez, 2019).

Desde el punto de vista fisiológico cuando, el índice de cosecha es alto (0.55 o más) nos indica que hay una buena producción de grano, es por esto que los programas de mejoramiento buscan que los órganos de interés productivo sean de mayor peso en relación con la cantidad de materia seca producida (Donald, 1967).

En un estudio realizado para medir la estabilidad de rendimiento en el trigo del Valle de Mexicali se encontró que la variedad Cachanilla F2000 una de las variedades con más superficie sembrada contó con un índice de cosecha promedio de 0.45 y Yécora F70 otra variedad sembrada en el Valle de Mexicali alcanzó un índice de 0.47; esto nos indica que su producción de materia seca es mayor que la de grano por lo que se creería que no obtendría un buen rendimiento sin embargo, en este mismo estudio presentaron un rendimiento de grano de 7721.9 y 7600 kg/ha respectivamente el cual es un valor alto considerando su bajo índice de cosecha (Rodríguez et al., 2014).

2.4.3 Producción de biomasa en trigo

Calcular la producción de biomasa de un cultivo ayuda a conocer la distribución de materia seca en los diferentes órganos de la planta. Cuando disminuye la intercepción de la luz solar (más específicamente la fotosíntesis)

se disminuye la producción de biomasa lo que ocasiona que se produzcan menos fotosintatos los cuales se utilizan al momento de llenado de grano; cuando es menor la biomasa el grano no se llena completamente lo que disminuye el rendimiento (Pask et al., 2013).

El método para calcular la biomasa es destructivo; según el tipo de experimento se pueden tomar muestras de tallo, raíz o de toda la planta ya sea durante el desarrollo en las diferentes etapas fenológicas o solo en una etapa en específico. No es necesario tomar las muestras en alguna hora fija solo hay que ser cuidadosos de cortar únicamente el órgano que se va a estudiar sin partes de suelo. Si las muestras son recolectadas cuando la planta aún se encuentra verde se recomienda mantener en un ambiente frío en lo que son procesadas para evitar pérdidas por la respiración. Posteriormente en el laboratorio se someten a un proceso de secado en un horno a una temperatura de 75 C° por 48 horas logrando así obtener el peso seco de los tallos y granos. Una alternativa a este proceso sería coleccionar los tallos al momento en el que la planta ya se encuentra lista para cosechar evitando así el tiempo de secado (Pask et al., 2013).

2.5 Peso Especifico

El peso específico es una variable importante a considerar debido a que está relacionado con la condición física del grano (forma, tamaño de grano). Cuando existe presencia de granos dañados, picados, inmaduros, el peso específico disminuye y por ende el rendimiento harinero también (Micaela de la O Olán, 2012).

Se define como el peso en kilogramos de un volumen de 100 litros de trigo, expresado en kg/hl. Se determina mediante el uso de un vaso hectolítrico y una balanza completa con un embudo y soporte (Informe de la calidad del trigo (Ciclo otoño-invierno 2005/2006), 2006)

Capítulo 3

Metodología

3.1 Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la Estación de Experimental Chapultepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicada en el Ejido Guadalupe Victoria en el Valle de Mexicali Baja California a 32°19'52" Norte y 115°04'26" Oeste, con una altitud de 5 msnm, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2020-2021

3.2 Material genético

Se establecieron 30 líneas experimentales incluyendo cinco testigos. Nohely F2018 y CIANO M2018 son considerados los testigos de reciente liberación, Borlaug 100 es el testigo con mayor superficie sembrada de manera comercial, BAV92/SERI es un testigo con tolerancia a calor y SOKOLL es el testigo con tolerancia a sequía.

Cuadro 5. Genotipos que se evaluaron en el ensayo durante el ciclo 2020-2021.

No.	Genotipo
1	NOHELY F2018
2	BAV92/SERI
3	BCN/WBLL1//PUB94.15.1.12/WBLL1
4	CETA/AE.SQUARROSA (435)//2*BECARD
5	CETA/AE.SQUARROSA (435)/7/2*CHWL86/6/FILIN/IRENA/5/CNDO/R143//ENTE/MEXI_2/3/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)/4/WEAVER
6	CROC_1/AE.SQUARROSA (205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/5/68.111/RGB- U//WARD/3/AE.SQUARROSA (501)
7	CROC_1/AE.SQUARROSA (224)//OPATA/3/PUB94.15.1.12/WBLL1
8	HE1/2*CNO79//BAV92/3/ROLF07
9	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN
10	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1
11	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1
12	MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1
13	PASTOR//HXL7573/2*BAU/3/WBLL1
14	PAVLOVKA/V15.89C//NAVJ07/3/ROLF07
15	PUB94.15.1.12/WBLL1
16	QUAIU/5/UP2338*2/SHAMA/3/MILAN/KAUZ//CHIL/CHUM18/4/UP2338*2/SHAMA
17	SOKOLL

- 18 SOKOLL//PUB94.15.1.12/WBLL1
- 19 SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/ATTILA/PASTOR
- 20 SOKOLL/3/PASTOR//HXL7573/2*BAU/4/PARUS/PASTOR
- 21 SOKOLL/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA
(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
- 22 WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA
(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
- 23 WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA
(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2
- 24 MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY
- 25 **CIANO M2018**
- 26 **BORLAUG100 F2014**
- 27 RL6043/4*NAC//2*PASTOR/3/BCN/WBLL1/4/KUTZ
- 28 WBLL1//YANGLING SHAANXI/ESDA/3/ROLF07/4/QUAIU*2/KINDE
- 29 WBLL1//YANGLING SHAANXI/ESDA/3/ROLF07/4/QUAIU*2/KINDE
- 30 MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY

Los genotipos en negrita son los 5 testigos utilizados

3.3 Manejo agronómico

La siembra se realizó el 19 de diciembre del 2020, con una sembradora Wintersteiger en surcos a 75 cm de separación con dos hileras sobre el lomo del surco usando una densidad de 70 kg ha⁻¹ de semilla (Figura 1 y 2).

Figura 1. Establecimiento del experimento.



Figura 2. Siembra en surcos



3.3.1 Riegos y fertilizaciones

La dosis de fertilización se calculó para un rendimiento esperado de 8 t ha⁻¹ (280 kg nitrógeno y 80 kg de fósforo) (Alvarado, 2014). Antes de la siembra se aplicó el 100% del fósforo usando como fuente fosforada el fosfato

monoamónico (11-52-00), mezclado con el 25% de la fertilización nitrogenada total usando como fuente de nitrógeno urea (46-00-00); el riego de germinación se realizó con una lámina de 25 cm. La segunda fertilización se realizó con el 30% de la fertilización total usando como fuente nitrogenada urea (46-00-00), esta fertilización se realizó cuando el cultivo se encontraba en la etapa fenológica 23-24 (brote principal y 3 a 4 hijuelos) de la escala de Zadocks, esta fertilización coincide con el primer riego de auxilio en el cual se aplicó una lámina de riego de 15 cm. En la tercera fertilización nitrogenada se aplicó el otro 30% de la fertilización total usando como fuente nitrogenada amoniaco (82-00-00), la etapa fenológica en la que se encontraba el cultivo para esta fertilización fue entre la etapa 33-34 (entre el tercer y cuarto nudo detectable) de la escala de Zadocks, en esta fertilización se realizó junto con el segundo riego de auxilio con una lámina de 15 cm. En la última fertilización se aplicó el 15% restante de la fertilización total, usando como fuente de nitrógeno amoniaco (82-00-00) esta aplicación se realizó en la etapa fenológica 69 (antesis completa) con esta fertilización se aplicó el tercer riego de auxilio con una lámina de 15 cm. El cuarto riego de auxilio se realizó con una lámina de 10 cm cuando el cultivo se encontraba en la etapa fenológica 73 (comienzo del estado lechoso) según la escala de Zadocks como se puede observar en el cuadro 5 (Alvarado, 2014).

Cuadro 6. Calendario de riegos y aplicación de fertilizantes en la selección de genotipos de trigo harinero

Riego	Momento de aplicación	Cantidad de Fertilizante kg/ha
Riego de germinación (Lamina de riego de 25 cm)	Pre siembra	80 kg de fosfato monoamónico (11-52-00) 70 kg de urea (46-00-00)
Primer riego de auxilio (Lamina de riego de 15 cm)	Brote principal y 3 a 4 hijuelos	84 kg de urea (46-00-00)
Segundo riego de auxilio (Lamina de riego 15 cm)	Entre el tercer y cuarto nudo detectable	84 kg de amoniaco (82-00-00)
Tercer riego de auxilio (Lamina de riego 15 cm)	Antesis completa	42 kg de amoniaco (82-00-00)

Cuarto riego de auxilio (Lamina de riego 10 cm)	Comienzo del estado lechoso	---
Elaboración propia		

3.3.2 Malezas

Las principales malezas presentes en el experimento fueron: alpiste (*Phalaris minor* y *Phalaris paradoxa*), chuales (*Chenopodium álbum*), correhuela perene (*Convolvulus arvensis*). El control de malezas se realizó con dos métodos; mecánico, realizando una escarda y control químico, aplicando Pinoxaden - Axial (hoja angosta) a 500 ml por hectárea mezclado con Fluroxypyr - Starane ultra (hoja ancha) a una dosis de 500 ml por hectárea.

3.3.3 Cosecha

El grano fue cosechado cuando tenía el 10% de humedad usando un determinador de humedad de granos (Moisture Check Plus). La cosecha se realizó con una trilladora experimental marca Winter Classic ST, la cual nos permite coleccionar el grano de manera independiente en cada unidad experimental (Figura 3 y 4). Con el grano cosechado se realizaron los análisis de rendimiento, se seleccionaron los genotipos de interés para futuras investigaciones y se guardó su grano, el resto fue desechado.



Figura 3. Inicio de la cosecha



Figura 4. Trilladora Winter Classic ST

3.4 Diseño experimental

Se usó un diseño experimental de latices con tres repeticiones y 30 tratamientos considerando a los genotipos como tratamientos, de los cuales 5 son testigos (Nohely F2018, Borlaug 100, CIANO M2018, VAS92/Seri y Sokoll) y 25 son líneas avanzadas de trigos harineros. Cada unidad experimental estuvo conformada por dos surcos de 0.75 m de separación entre surcos (Figura 5) y 5.0 m de largo. En total cada parcela tenía una superficie de 7.5 m².



Figura 5. Vista del surco

3.5 Variables evaluadas

Se evaluaron diferentes aspectos fisiológicos de las plantas, sus componentes de rendimiento y el componente de calidad peso específico. Los cuales se describen a continuación:

3.5.1 Cobertura inicial

La primera variable evaluada fue la cobertura inicial a partir de la etapa fenológica 19 en escala de Zadoks (9 o más hojas desplegadas) (Zadoks et al., 1974), se empleó un método no destructivo que consistió en tomar con un celular una fotografía por repetición y usando la aplicación Canopy Cover (Figura 6 y 7) se estimó la cobertura inicial en periodos de 10 días hasta que

el cultivo alcanzó la etapa fenológica 35 de la escala de Zadoks (quinto nudo detectable) como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 7. Lecturas tomadas

Fecha	Etapas de la escala de Zadoks
15 enero 2021	19 (9 o más hojas desplegadas)
25 enero 2021	23 (amacollo con tres hijuelos)
04 febrero 2021	30 (Erección de pseudotallos)
16 febrero 2021	33 (3 ^{er} nudo detectable del tallo principal)
26 febrero	35 (5 ^{to} nudo detectable del tallo principal)

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6. Toma de fotografías para estimar cobertura inicial

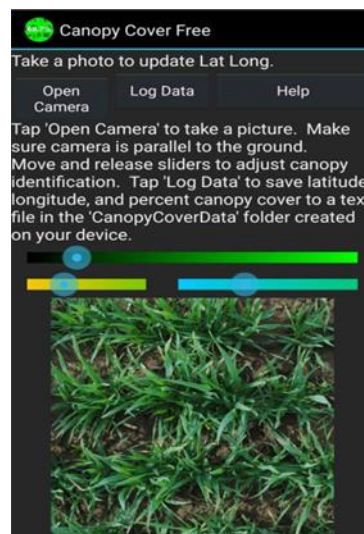


Figura 7. Aplicación Canopy Cover

3.5.2 Características Fisiológicas

Madurez Fisiológica, se consideró cuando el 50% de las plantas presentaban en el pedúnculo de la espiga un cambio de color de verde a amarillo.

Altura de planta, la cual se midió con una cinta desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiga expresando los resultados en cm.

3.5.3 Componentes de rendimiento

Los componentes de rendimiento a evaluar fueron: el índice de cosecha, producción de biomasa seca, el número de espigas por m², número de granos por m², el peso de mil granos y rendimiento de grano. Los datos se obtuvieron mediante un método destructivo siguiendo el procedimiento indicado en el Manual de determinación de rendimiento del CIMMYT (CIMMYT, 2012). El cual consistió en cosechar 25 plantas por unidad experimental (Figura 8) al momento en que el cultivo llegó a madurez fisiológica. Posteriormente en el laboratorio con una balanza de precisión se pesaron el tallo y la espiga juntos (Figura 9), después con unas tijeras se cortó la espiga del tallo cuidando que no se desprendiera ningún grano y se pesaron separadamente (Figura 10). A continuación, se trillaron manualmente las 25 espigas de cada unidad experimental y los granos obtenidos fueron pesados; con los datos obtenidos se estimaron el índice de cosecha y biomasa. Por último, se tomó una muestra de 250 granos para calcular el peso de mil granos (Figura 11).

Fórmulas utilizadas para la estimación de los componentes de rendimiento:

$$\text{Índice de cosecha} = (\text{peso granos} / \text{peso total}) * 100$$

$$\text{Peso de mil granos (g)} = (\text{peso de 250 granos} * 4)$$

$$\text{Numero de granos por m}^2 = ((\text{rendimiento seco} / \text{peso mil granos}) / 1000) * 0.10$$

$$\text{Numero de espigas por m}^2 = ((\text{biomasa} / \text{peso seco 25 tallos}) / 50) * 0.10$$



Figura 8. Cosecha de las muestras por unidad experimental



Figura 9. Peso de espigas y tallo



Figura 10. Espigas cortadas para obtener su peso

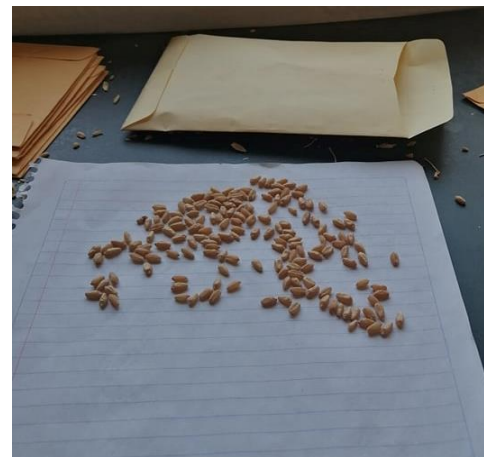


Figura 11. Conteo de granos

5.4 Componente de calidad peso específico

Se evaluó un solo componente de calidad que fue el peso específico. Los datos se obtuvieron utilizando un vaso hectolítrico, una balanza con embudo y soporte (Imagen 12); primero se taró el vaso en una báscula de precisión, después se colocó el vaso en la charola para recoger el sobrante y se ajustó el cono para que quedara al centro del vaso. Se llenó el cono con el grano y se abrió la compuerta del cono para que se llene el vaso, para finalizar se pasó una tabla rasadora para quitar el exceso y poder pesar el vaso con grano (CIMMYT, 2012).

3.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de las variables y genotipos evaluados se sometieron a un análisis de varianza y las variables que mostraron diferencias estadísticas significativas, se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan (0.05) con el paquete estadístico SAS versión 9.0.

Capítulo 4

Resultados y Discusiones

4.1 Cobertura inicial

Los resultados indican diferencias en la cobertura inicial entre genotipos (Cuadro 8), se realizó un gráfico con aquellos genotipos que fueron sobresalientes al promedio en cada etapa fenológica y aquellos que no sobresalieron al promedio en ninguna fecha para comparar las curvas de acumulación en cada etapa. Se observó que a partir del 16 de febrero (etapa 33 de Zadoks 3^{er} nudo detectable) la curva de acumulación para los testigos ya no incrementa, siendo Nohely F2018 la que tiene la menor acumulación (45.3%) de los testigos. Sin embargo, los genotipos ITES 27, ITES 22, ITES 29, ITES 24, ITES 9, ITES 13 e ITES11 fueron aumentando la cobertura inicial con respecto a los testigos hasta la escala 35 de Zadoks (5^{to} nudo detectable) (Figura 12). Los genotipos ITES 27 e ITES 13 fueron los que más cobertura generaron a lo largo de cada etapa, superando el promedio y a los testigos.

Cuadro 8. Promedio de cobertura inicial de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Genotipos	15 de enero de 2021	25 de enero de 2021	04 de febrero de 2021	16 de febrero de 2021	26 de febrero de 2021
Nohely F2018	4.5	12.8	28.3	43.6	45.3
Bav92/Seri	4.2	12.3	26.9	43.0	54.8
3	4.3	14.6	35.3	45.7	56.0
4	3.5	11.6	28.7	49.8	58.0
5	3.5	9.2	23.4	38.5	52.0
6	3.7	14.4	34.6	49.7	55.5
7	5.3	15.6	36.4	46.3	65.2
8	4.8	15.8	34.9	41.3	54.4
9	4.5	15.5	36.7	50.6	58.9
10	4.5	14.4	35.5	50.8	53.1
11	4.7	14.8	36.0	49.3	58.1
12	4.5	13.4	32.8	51.1	54.0
13	6.0	20.3	36.3	52.4	58.9
14	3.5	13.9	25.7	39.7	53.7
15	6.5	20.9	38.3	51.2	55.6

16	4.5	15.4	29.3	49.7	53.8
Sokol	4.2	13.7	28.6	50.9	57.3
18	4.4	12.1	27.5	45.4	63.4
19	3.0	10.8	18.8	40.7	51.8
20	4.5	14.4	29.1	39.2	55.3
21	4.3	13.9	33.2	47.8	57.2
22	4.5	15.2	32.1	48.7	61.8
23	4.1	12.1	31.7	43.0	58.2
24	5.4	17.5	35.3	49.3	60.0
CIANO M2018	4.4	13.1	35.7	48.1	51.0
Borlaug 100 F2014	4.8	13.6	29.8	51.7	55.7
27	4.3	15.9	32.7	50.4	62.0
28	6.1	17.9	28.8	48.9	57.1
29	3.7	14.4	33.5	53.8	60.6
30	4.4	13.2	28.7	49.3	59.7
Promedio	4.5	14.4	31.5	47.3	56.6

Las lecturas se tomaron en periodos de 10 días.

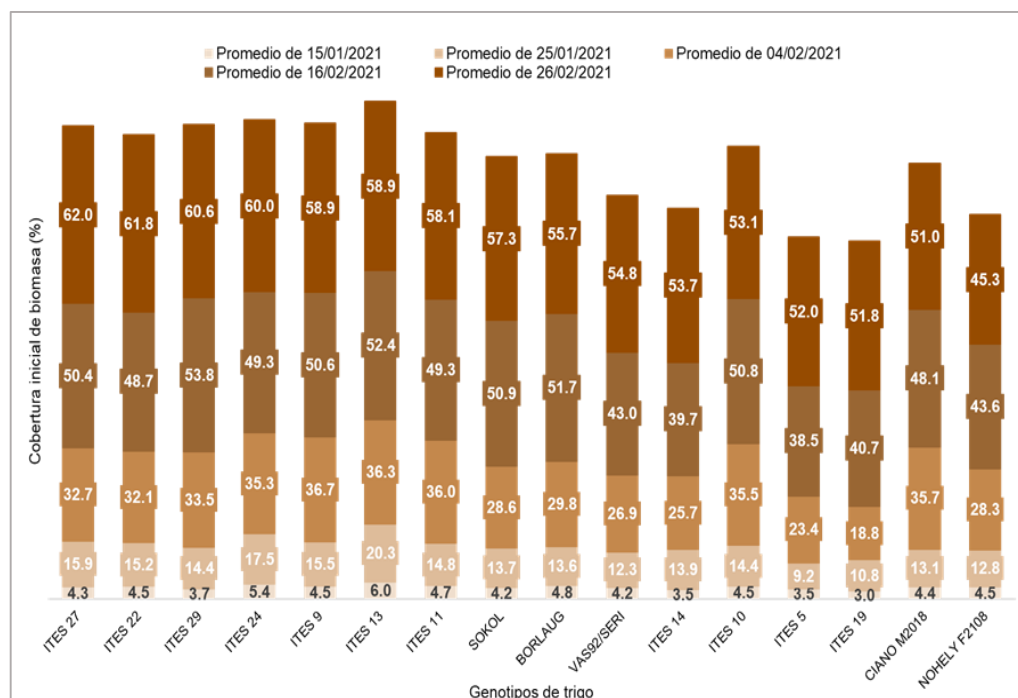


Figura 1 Cobertura inicial acumulada de genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Solo se graficaron aquellos genotipos que presentaron una cobertura inicial mayor al promedio y los que obtuvieron una cobertura menor al promedio durante el ciclo

4.2 Madurez fisiológica

Los resultados presentaron diferencias significativas, pero la mayoría de los genotipos se encuentra en un rango de 130-134 días a madurez. El genotipo 5 y el testigo Nohely F2018 fueron los que llegaron a su madurez en menor tiempo; el testigo CIANO M2018 junto con el genotipo 3 fueron los que más tardaron en completar su ciclo (Cuadro 9.). En una investigación realizada por el departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma de Chapingo se obtuvieron resultados de 137-139 días a madurez (Castañeda et al., 2004), basándonos en estos rangos podemos notar que los genotipos evaluados son más precoces y alcanzaron su madurez en un promedio de 130 días (Cuadro 9).

Cuadro 9 Promedio días a madurez fisiológica

Genotipos	Días a madurez
NOHELY F2018	126
BAV92/SERI	132
3	134
4	130
5	124
6	132
7	131
8	131
9	131
10	132
11	132
12	132
13	132
14	130
15	132
16	131
SOKOL	130
18	130
19	131
20	132
21	132
22	130
23	131
24	130
CIANO M2018	134
BORLAUG 100	131
27	130
28	130
29	130

30
Promedio

131
131

Se subrayaron aquellos genotipos que presentaron los días a madurez mayores al promedio.

4.3 Altura de planta

En esta variable se observan diferencias significativas entre genotipos. Los genotipos 22, 23, 28 y el testigo Nohely F2018 fueron los de menor porte con una altura no mayor a 90 cm (Cuadro 9), lo cual es un indicador importante a considerar para el Valle de Mexicali. Debido a que el sistema de siembra se realiza en plano es muy común que el trigo se acame y se disminuya el rendimiento por lo que es conveniente identificar genotipos de portes bajos para evitar esta situación (Reynolds et al., 2013).

Cuadro 10 *Altura de planta (AP) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.*

Genotipo	AP (cm)	Significancia estadística		
Nohely F2018	88.33		E	F
Bav92/Seri	96.6	D		
3	93.3	D	E	F
4	93.3	D	E	F
5	93.3	D	E	F
6	98.3	C	D	
7	95	D	E	
8	95	D	E	
9	93.3	D	E	F
10	96.6	D		
11	98.3	C	D	
12	96.6	D		
13	96.6	D		
14	91.6	D	E	F
15	103.3	B	C	
16	106.6	A	B	
Sokoll	93.3	D	E	F
18	93.3	D	E	F
19	91.6	D	E	F
20	93.3	D	E	F
21	96.6	D		
22	86.6			F
23	88.3		E	F
24	103.3	B	C	

CIANO M2018	91.6		D	E	F
Borlaug100	93.3		D	E	F
F2014					
27	93.3		D	E	F
28	86.6				F
29	103.3	B	C		
30	111.6	A			
CV		3.53			

* AP= altura de planta, CV = coeficiente de variación
 Los valores de AP con letras distintas son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$)

4.4 Componentes de rendimiento

4.4.1 Índice de cosecha

En esta variable se encontraron diferencias estadísticas entre los genotipos ($p \leq 0.05$); se puede observar que existen líneas con mayor índice de cosecha que las variedades testigo (Cuadro 10). Se seleccionaron aquellas que tuvieron un índice de cosecha mayor o igual a 0.55 y los testigos para realizar la Figura 13. El genotipo que más destacó fue el ITES 24 con un valor de 0.63, esto nos indica que su producción de grano fue mayor que la producción de materia seca en otras áreas de la planta. Desde el punto de vista fisiológico entre mayor sea el índice de cosecha es mejor, debido a que nos muestra que existe una mayor producción de grano.

Cuadro 11 Índice de cosecha

Genotipo	IC	Significancia estadística							
Nohely	0.49						I	J	K
F2018									
Bav92/Seri	0.48							J	K
3	0.50					H	I	J	K
4	0.50			F	G	H	I	J	K
5	0.51		E	F	G	H	I	J	K
6	0.42								L
7	0.56	B	C	D					
8	0.51				E	F	G	H	I
9	0.48								J
10	0.54		C	D	E	F	G	H	
11	0.48								J
12	0.51				E	F	G	H	I
13	0.56	B	C	D					

14	0.58	B	C								
15	0.47										K
16	0.52			D	E	F	G	H	I	J	K
Sokoll	0.52			D	E	F	G	H	I	J	
18	0.52			D	E	F	G	H	I	J	
19	0.58	B	C								
20	0.50					F	G	H	I	J	K
21	0.52			D	E	F	G	H	I	J	K
22	0.55	B	C	D	E	F	G				
23	0.53			D	E	F	G	H	I		
24	0.63	A									
CIANO	0.58	B	C								
M2018											
Borlaug	0.59	B									
100 F2014											
27	0.55	B	C	D	E	F					
28	0.55	B	C	D	E						
29	0.50							H	I	J	K
30	0.55	B	C	D	E	F	G				
CV											4.51

* IC= índice de cosecha, CV = coeficiente de variación

Los datos con letras distintas son significativamente diferentes
(Duncan, $P \leq 0.05$)

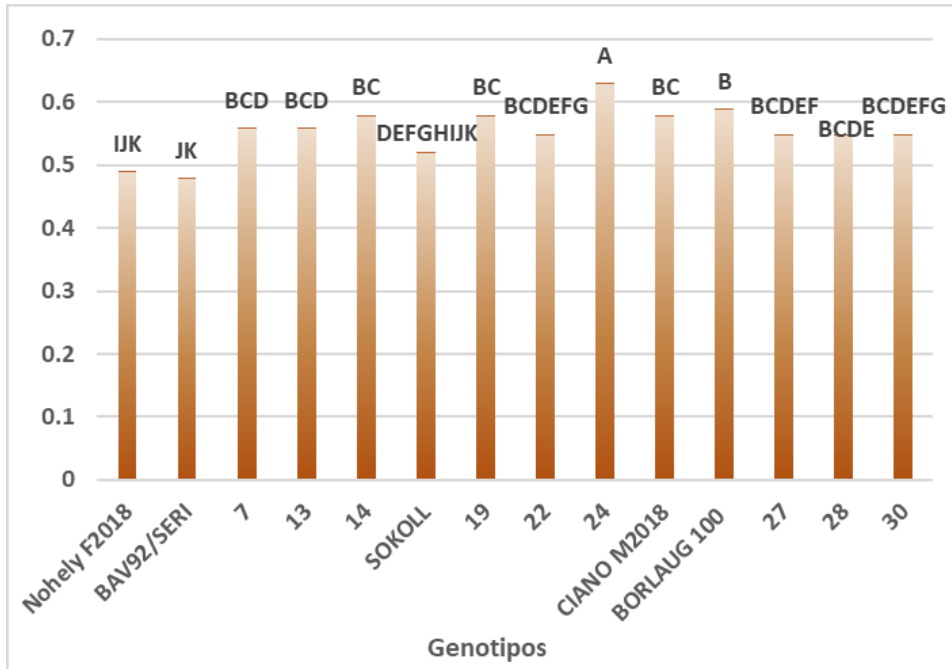


Figura 2 Índice de cosecha de genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Solo se graficaron aquellos genotipos que presentaron un IC mayor o igual a 0.55

4.4.2 Biomasa

La biomasa es un parámetro fisiológico que nos indica la capacidad de generar energía para llenado de grano; entre mayor sea la biomasa generada se puede esperar mayor rendimiento. En este sentido la acumulación de biomasa fue la variable a evaluar entre los genotipos. Los genotipos más sobresalientes en esta investigación fueron 12 con una acumulación de biomasa mayor a 11 toneladas, los genotipos ITES 6 e ITES 11 fueron los que obtuvieron el valor más alto en producción de biomasa con 12.31 t ha^{-1} (Cuadro 11). Los testigos Nohely F2018, SOKOLL, Borlaug 100 y CIANO M2018 no llegaron a las 11 toneladas (Figura 14), sin embargo, no todos los genotipos que tuvieron mayor producción biomasa obtuvieron mayor rendimiento.

Cuadro 12 Comparación de medias producción de biomasa (BIO) (t ha^{-1}) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Genotipo	Biomasa (t ha-1)		Significancia estadística															
Nohely F2018	10.70			D	E	F	G	H	I									
Bav92/Seri	11.04		C	D	E	F	G	H										
3	10.23								H	I	J	K						
4	9.70											K	L	M		N		
5	9.20															N	O	P
6	12.31	A																
7	9.80										J	K	L	M		N		
8	9.93								I	J	K	L	M					
9	12.03	A	B															
10	9.33												L	M		N	O	
11	12.31	A																
12	11.30		B	C	D	E												
13	10.30							G	H	I	J	K						
14	8.99											K	L	M		N		
15	11.50	A	B	C	D													
16	11.36		B	C	D													
Sokoll	8.83																O	P
18	10.10									I	J	K	L					
19	8.70																O	P
20	11.40		B	C	D													
21	11.36		B	C	D													
22	10.46					E	F	G	H	I	J	K						
23	10.66				D	E	F	G	H	I	J							
24	8.30																	P
CIANO M2018	10.43					F	G	H	I	J	K							
Borlaug 100 F2014	10.20								H	I	J	K						
27	10.33							G	H	I	J	K						
28	11.20		B	C	D	E	F											
29	11.86	A	B	C														
30	11.10			C	D	E	F	G										
CV																		4.31

* CV = coeficiente de variación

Los datos con letras distintas son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$)

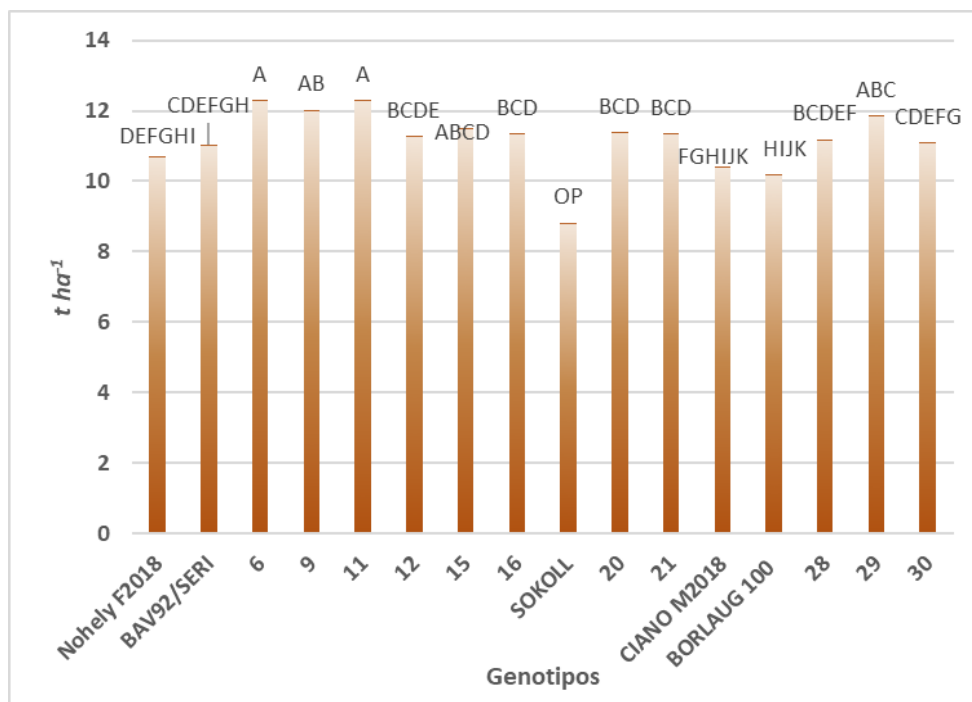


Figura 3 Producción de Biomasa

Solo se graficaron aquellos genotipos que presentaron una producción de biomasa mayor o igual a 11 t ha⁻¹

4.4.3 Número de espigas por metro cuadrado

Los resultados del número de espigas por metro cuadrado fueron diferentes estadísticamente entre los genotipos ($p \leq 0.05$). Esta variable evaluada ayuda a estimar el rendimiento de grano; todos los genotipos fueron desarrollados bajo las mismas condiciones de riego y fertilización, sin embargo, el número de espigas varió desde 310 espigas por metro cuadrado (epm²) con el genotipo 24 a 582 epm² con el genotipo 6. El testigo BAV92/SERI también fue sobresaliente con 515 epm². Pero a pesar de que se tengan más de 500 espigas no significa que el rendimiento de grano vaya a ser mayor, esto se puede deber al tamaño de espiga, al número de grano por espiga y al aspecto físico del grano (Pask et al., 2013).

Cuadro 13. Comparación de medias de número de Espigas por m² (EPM²) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Genotipo	EPM ²	Significancia estadística												
Nohely F2018	483.7	B	C	D										
Bav92/Seri	515.3	B												
3	483	B	C	D										
4	412.3				E	F	G	H	I	J	K			
5	359.3										K	L	M	
6	582.0	A												
7	331.7											L	M	
8	393.0							H	I	J	K			
9	465.0	B	C	D	E	F								
10	404.0				F	G	H	I	J	K				
11	426.7			D	E	F	G	H	I					
12	428.0			D	E	F	G	H	I					
13	435.3		C	D	E	F	G	H						
14	405.3				E	F	G	H	I	J	K			
15	491.0	B	C	D										
16	427.7			D	E	F	G	H	I					
Sokoll	414.7			D	E	F	G	H	I	J	K			
18	400.3						G	H	I	J	K			
19	365.7									J	K	L	M	
20	461.7	B	C	D	E	F	G							
21	473.7	B	C	D	E									
22	437.7		C	D	E	F	G	H						
23	446.0		C	D	E	F	G	H						
24	310.3													M
CIANO M2018	365.0									J	K	L	M	
Borlaug100	373.3								I	J	K	L		
F2014														
27	391.7							H	I	J	K			
28	446.0		C	D	E	F	G	H						
29	459.7	B	C	D	E	F	G							
30	422.0			D	E	F	G	H	I	J				
CV														

* EPM²= número de espigas por metro cuadrado, CV = coeficiente de variación
 Los datos con letras distintas son significativamente diferentes
 (Duncan, P ≤ 0.05)

4.4.4 Granos por metro cuadrado

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos. Los genotipos sobresalientes fueron 14 (Cuadro 13) que obtuvieron

una cantidad mayor a 10,000 granos, superando a los testigos Nohely F2018, BAV92/SERI y SOKOLL; pero un gran número de granos por superficie no significa que vaya a tener mayor rendimiento debido a que pueden ser granos más pequeños o deshidratados por falta de humedad en la formación del grano o la exposición a temperaturas mayores a los 30°C durante la etapa de llenado de grano (Pask et al., 2013).

Cuadro 14. Comparación de medias de granos por metro cuadrado (GPM2)

Genotipo	GPM2	Significancia estadística										
Nohely F2018	8971								I	J	K	L
Bav92/Seri	9723				F	G	H	I	J			
3	9627				F	G	H	I	J			
4	9455					G	H	I	J	K		
5	7554											M
6	8491									K	L	
7	10091		C	D	E	F	G					
8	8518									K	L	
9	10071		C	D	E	F	G	H				
10	8848								J	K	L	
11	11340	A										
12	10219		C	D	E	F	G					
13	10074		C	D	E	F	G	H				
14	9833			D	E	F	G	H	I	J		
15	9530					F	G	H	I	J		
16	10787	A	B	C	D	E						
Sokoll	8224										L	M
18	9312						G	H	I	J	K	
19	8518										K	L
20	10213			C	D	E	F	G				
21	10907	A	B	C								
22	9980			C	D	E	F	G	H	I		
23	10128			C	D	E	F	G				
24	9060								H	I	J	K
CIANO M2018	10912	A	B	C								
Borlaug100 F2014	10304		B	C	D	E	F	G				
27	9794					E	F	G	H	I	J	
28	10533	A	B	C	D	E	F					

29	10841	A	B	C	D
30	11286	A	B		
CV				5.39	

* GPM2= grano por metro cuadrado, CV = coeficiente de variación
Los datos con letras distintas son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$)

4.3.5 Peso de mil granos

En el análisis de la variable evaluada se observaron diferencias significativas entre los genotipos ($p \leq 0.05$). Los resultados pueden variar según el tipo de trigo utilizado, para el caso de los trigos harineros los granos con pesos mayores a 60 g son considerados como granos grandes, los que se encuentran entre 55-59 g son granos medianos y los que pesan entre 50-54 g son granos pequeños (Alvarado, 2014). Los materiales evaluados solo dos obtuvieron más de 60 g que son de grano grande y superaron a los 5 testigos. Solo 18 genotipos obtuvieron granos medianos entre ellos los testigos (cuadro 14). Esta variable está relacionada con la disponibilidad de humedad en el suelo o la tolerancia a sequía y calor que los genotipos puedan tener durante su llenado de grano.

Cuadro 15. Comparación de medias de peso de mil granos (PMG) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

Genotipo	PMG (g)	Significancia estadística									
1	58.40	A	B	C	D	E					
2	55.53				D	E	F	G	H	I	J
3	53.16									I	J
4	51.90										K
5	61.76	A									
6	61.73	A									
7	54.20							G	H	I	J
8	59.77	A	B								
9	57.03		B	C	D	E	F	G	H		
10	57.26		B	C	D	E	F	G	H		
11	52.23										J
12	56.83		B	C	D	E	F	G	H	I	
13	57.40		B	C	D	E	F	G			
14	53.43								H	I	J
15	57.03		B	C	D	E	F	G	H	I	

16	54.73					E	F	G	H	I	J	K
17	55.83			C	D	E	F	G	H	I	J	
18	57.00		B	C	D	E	F	G	H			
19	59.60	A	B	C								
20	56.23		B	C	D	E	F	G	H	I		
21	54.17							G	H	I	J	K
22	57.86		B	C	D	E	F	G				
23	56.63		B	C	D	E	G	G	H	I		
24	58.46	A	B	C	D	E						
25	55.73				D	E	F	G	H	I	J	
26	58.46	A	B	C	D							
27	58.16	A	B	C	D	E	F					
28	59.16	A	B	C	D							
29	54.76					E	F	G	H	I	J	K
30	54.33						F	G	H	I	J	K
CV												3.42

* PMG= peso de mil granos, CV = coeficiente de variación

Los datos con letras distintas son significativamente diferentes (Duncan, $P \leq 0.05$)

4.4.6 Rendimiento de grano

Los resultados indican diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$). Se puede observar el genotipo 28 que presentó el mayor rendimiento de grano seguido del genotipo 30 ambos superando a los 5 testigos (cuadro 14), el genotipo 29 fue inferior a CIANO M2018 Y BORLAUG 100 pero superó a NOHELY F2018 y BAV92/SERI (Figura 15).

El genotipo ITES 28 estadísticamente no fue el más sobresaliente en las otras variables evaluadas (cobertura inicial, número de espigas por m^2), pero con respecto a altura de planta fue una de las líneas que midió menos de 90 cm (Cuadro 9) por lo que es una línea de porte bajo, lo cual es muy conveniente para las condiciones del Valle de Mexicali. Su biomasa fue de 11.2 toneladas (Cuadro 11) que es una cantidad aceptable porque si genera la suficiente energía para formación de grano, su índice de cosecha también es adecuado y pasa los 0.55 gramos (Cuadro 10) esto nos puede indicar que sus granos son medianos-grandes que es algo ideal para los trigos harineros. Cuenta con 446 espigas por metro cuadro (Cuadro 12) y 10,533 granos por metro cuadro,

lo que nos indica que generó espigas de buen tamaño y granos físicamente sanos.

El genotipo 30 tiene valores similares a los del genotipo 28 y también sobrepasa a los testigos en rendimiento sin embargo su peso de mil granos está por debajo de los testigos lo que nos indica que sus granos son pequeños y su altura supera los 90 cm.

Cuadro 16. Comparación de medias de rendimiento de grano (RG)

Genotipo	RG	Significancia estadística		
Nohely F2018	6982.3	E	F	G
Bav92/Seri	7186.7	D	E	F
3	6811.7	F	G	
4	6540.0	G	H	
5	6219.7	H		
6	6984.3	F	G	
7	7291.0	D	E	F
8	6789.0	F	G	
9	7655.7	B	C	D
10	6751.3	F	G	
11	7886.7	A	B	C
12	7739.0	A	B	C
13	7710.7	B	C	D
14	7006.7	F	G	
15	7240.0	D	E	F
16	7873.3	A	B	C
Sokoll	6119.7	H		
18	7071.0	E	F	G
19	6771.0	F	G	
20	7640.3	B	C	D
21	7862.3	A	B	C
22	7693.0	B	C	D
23	7640.0	B	C	D
24	7044.3	E	F	G
CIANO M2018	8100.0	A	B	C
Borlaug100				
F2014	8028.7	A	B	C
27	7591.3	C	D	E
28	8295.3	A		
29	7895.7	A	B	C

30	8178.0	A	B
CV	4.02		

* RG= rendimiento de grano, CV = coeficiente de variación
 Los datos con letras distintas son significativamente diferentes
 (Duncan, $P \leq 0.05$)

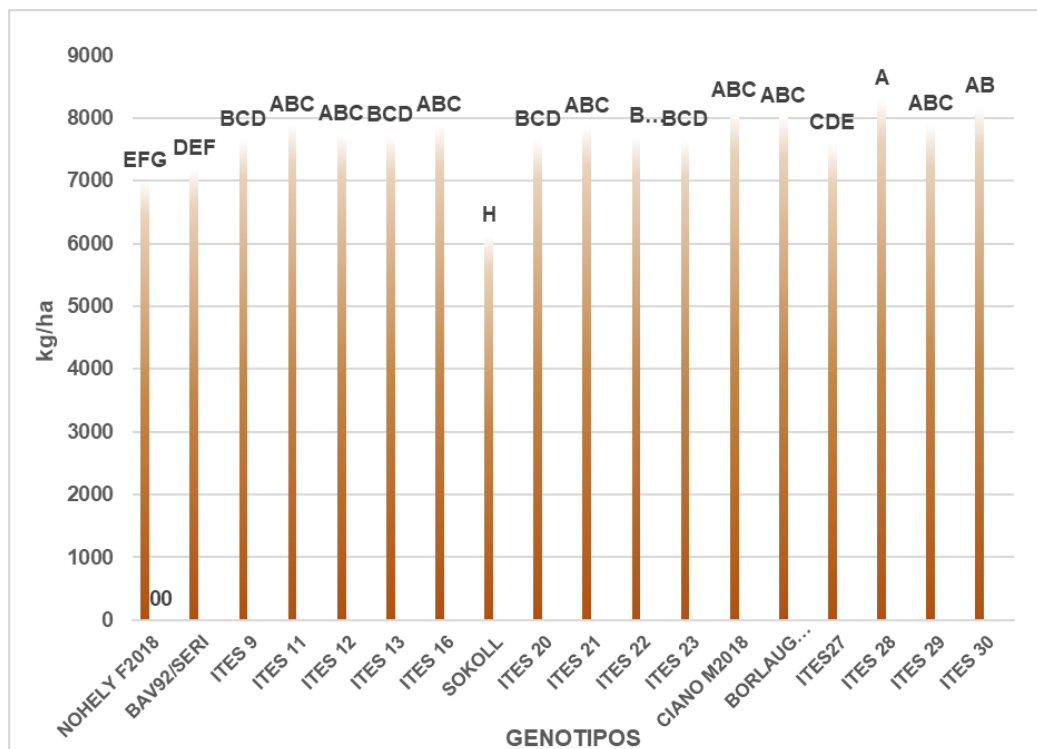


Figura 4 Rendimiento de grano (t ha⁻¹) de 30 genotipos de trigo evaluados en el valle de Mexicali.

4.4.7 Peso Específico

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos. El rango ideal para esta variable es de 700-800 g/hL (Espitia & Lopez, 2012) por lo que todos los genotipos evaluados se encuentran dentro de este valor sin embargo, los que más sobresalieron fueron 13 obteniendo un peso mayor a 760 g/hL, (Cuadro 16) superando a los testigos Nohely F2018, BAV92/SERI y SOKOLL. El peso específico se relaciona con la condición física del grano, como los resultados fueron altos nos indica que estos granos no están dañados e inmaduros lo que genera un mayor rendimiento.

Cuadro 17. Comparación de medias de peso específico (PE)

Genotipo	Peso específico PE (g/hL)	Significancia estadística				
NOHELY F2018	757.4	B	C	D	E	F
BAV92/SERI	751.4		C	D	E	F
ITES 3	756.5	B	C	D	E	F
ITES 4	754.4	B	C	D	E	F
ITES 5	748.5			D	E	F
ITES6	755.8	B	C	D	E	F
ITES 7	744.9				E	F
ITES 8	769.3	A	B	C		
ITES 9	752.0		B	C	D	E
ITES 10	758.5		B	C	D	E
ITES 11	764.1	A	B	C	D	
ITES 12	762.7	A	B	C	D	
ITES 13	759.4	A	B	C	D	E
ITES 14	778.4	A				
ITES 15	759.0		B	C	D	E
ITES 16	766.1	A	B	C	D	
SOKOLL	740.0					F
ITES 18	758.4		B	C	D	E
ITES 19	766.5	A	B	C	D	
ITES 20	765.0	A	B	C	D	
ITES 21	758.9		B	C	D	E
ITES 22	756.5		B	C	D	E
ITES 23	760.0	A	B	C	D	E
ITES 24	763.1	A	B	C	D	E
CIANO M2018	771.1	A	B			

BORLAUG 100 F2014	770.4	A	B	C			
ITES27	757.8		B	C	D	E	F
ITES 28	747.4				D	E	F
ITES 29	770.8	A	B	C			
ITES 30	764.2	A	B	C	D	E	

* PE= peso específico, CV = coeficiente de variación
 Los datos con letras distintas son significativamente diferentes
 (Duncan, $P \leq 0.05$)

4.5 Matriz de correlaciones

La matriz de correlaciones nos permite identificar el grado de asociación entre las diferentes variables evaluadas a través de la estimación del coeficiente de correlación y su posterior estimación de significancia estadística.

En particular es de especial interés el evaluar la correlación de las variables evaluadas con el rendimiento del grano. Como puede observarse en el cuadro 18; la estimación de biomasa y el número de granos por metro cuadrado; tuvieron una correlación estadísticamente significativa con el rendimiento ($P < 0.001$), esto permite identificar a estas dos variables como indicadores potenciales de selección de variedades para rendimiento de grano para las condiciones de este estudio.

Asimismo, la producción de biomasa correlacionó de manera significativa ($P < 0.001$) con el número de granos y de espigas por metro cuadrado.

Cuadro 18. Matriz de correlaciones

	AP	IC	BIO	EPM2	GPM2	PMG	RG	PE
AP	1.00	-0.09 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.27 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.24 ^{ns}
IC		1.00	-0.66 ^{ns}	-0.80 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.29 ^{ns}
BIO			1.00	0.71 ^{**}	0.58 ^{**}	-0.14 ^{ns}	0.62 ^{**}	0.04 ^{ns}
EPM2				1.00	0.09 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.10 ^{ns}	-0.14 ^{ns}
GPM2					1.00	-0.60 ^{ns}	0.90 ^{**}	0.35 ^{ns}
PMG						1.00	-0.19 ^{ns}	-0.14 ^{ns}
RG							1.00	0.34 ^{ns}
PE								1.00

AP = altura de planta, IC = índice de cosecha, BIO = biomasa, EPM2 = espigas por metro cuadrado, GPM2 = granos por metro cuadrado, PMG = peso de mil granos, RG = rendimiento de grano, PE = peso específico

Capítulo 5

Conclusiones

Con base a los resultados se concluye que existen dos líneas avanzadas con mayor rendimiento que los testigos que serían el genotipo ITES 28 (WBLL1//YANGLING SHAANXI/ESDA/3/ROLF07/4/QUAIU*2/KINDE) y el ITES30 (MEX94.27.1.20/3/SOKOLL//ATTILA/3*BCN/4/PUB94.15.1.12/WBLL1/5/MUCUY), sin embargo, este último no fue seleccionado debido a que su peso de mil granos no superó a los testigos y su altura de planta supera los 90 cm. Se consideran estas variables al momento de seleccionar un genotipo para futuras investigaciones debido a que se relacionan con su tolerancia a sequía, calor y el riesgo de acame, que son problemas presentes en el valle de Mexicali.

El genotipo 28 si es candidato a selección para futuras investigaciones.

Bibliografía

- Alvarado. (2014). Produccion de trigo en los valles de Mexicali, B.C y San Luis Rio Colorado, Son. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Para Productores*.
- Bernardo Cárdenas Velázquez, J. A. (2019). Biomasa, índice de cosecha, rendimiento y radiación interceptada en ajo en función del nitrógeno, en clima templado. *TERRA Latinoamericana*.
- Borlaug, N. (1970). La revolucion verde, paz y humanidad. *Conferencia En Ocasión de La Entrega Del Premio Nobel de La Paz*.
http://www.profmex.org/mexicoandtheworld/volume13/1winter08/borlaug_np.html
- Castañeda, C., López, C., Molina, J., Colinas, T., & Livera, A. (2004). Crecimiento Y Desarrollo De Cebada Y Trigo Growth and Development of Barley and Wheat. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 27(2), 167–175.
- Chavez, Camacho, Alvarado, Huerta, Villaseñor, Ortiz, & Figueroa. (2021). Borlaug 100, A Bread Wheat Variety For Irrigated Conditions Of Northwestern Mexico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(1), 123–125.
- CIMMYT. (n.d.). *Protocolos Para Mediciones De Plantas En Las Plataformas De Investigación*.
- CIMMYT. (2012). *Manual de determinacion de rendimiento* (Coronel Ag).
- CUNIBERTI, M. (2011). *Trigo: muestreo en pre-cosecha y clasificacion calidad industrial de variedades argentinas*.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-trigo_muestreo_en_pre-cosecha_y_clasificacin-nov_2011.pdf
- De la Vega, G. (2009). Proteínas de la harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 13(38), 27–32. http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS_38-1.pdf
- Diario Oficial de la federacion. (1984). *Norma Oficial Mexicana NOM-FF-36-1984 Productos alimenticios no industrializados para uso humano cereales- trigo. (Triticum aestivum y T. durum)*.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4660099&fecha=23/03/1984
- Donald. (1967). The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17, 385–403.
- Espitia, E., & Lopez, H. (2012). Calidad física de grano de trigos harineros

- (*Triticum aestivum* L.)mexicanos de temporal*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000200005
- FAO. (n.d.). *De la Revolución Verde a la Revolución Genética*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura.
<https://www.fao.org/3/y5160s/y5160s08.htm>
- FAO. (2021). Perspectivas de cosechas y situación alimentaria #4, diciembre 2020. *Perspectivas de Cosechas y Situación Alimentaria #4, Diciembre 2020*. <https://doi.org/10.4060/cb2334es>
- FIRA. (2014). Panorama Agroalimentario: Trigo. *Diesses*, 1(1), 15–25.
<http://www.equalrightstrust.org/ertdocumentbank/Pages from Declaration perfect principle.pdf>
- Garcia. (2011). La revolucion verde y sus consecuencias. *TECNOAGRO* 72.
- Los principales países productores de trigo del mundo*. (2021). ATLAS BIG.
<https://www.atlasbig.com/es-mx/paises-por-produccion-de-trigo>
- Informe de la calidad del trigo (Ciclo otoño-invierno 2005/2006). (2006).
 Obtenido de OEIDRUS: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Industrializacion/InformeCalidad.pdf>
- Micaela de la O Olán, E. E. (2012). Calidad física de grano de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.)mexicanos de temporal. Obtenido de SciELO:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000200005
- Morales, Martínez, Santiagoy, Fajardo, Morales, Martínez, Santiago, Fajardo, Ramos, & Aguilera. (2014). *Calidad de harina y masa de trigo harinero de temporal*. 70–80.
- Pask, Pietragalla, Mulla, Chavez, & Reynolds. (2013). Fitomejoramiento Fisiológico II: Una guía de campo para la caracterización fenotípica de trigo. In *Angewandte Chemie International Edition* (Vol. 6, Issue 11).
- Rangel, E. E., & Limon-ortega, A. (2004). Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. II. Variabilidad genética y criterios de selección. *Revista Fitotecnia Mexicana*, January.
- Reynolds, Pask, Chávez, & Mullan. (2013). Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoque interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. In *Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo*.
<http://repository.cimmyt.org:8080/xmlui/handle/10883/3207>

- Rodriguez. (2018). *Estimacion del area foliar en campo mediante metodos no destructivos en el cultivo de cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen)* (Issue November 2013) [Universidad Mayor de San Andres, Gacultad de agronomia]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27963.72488>
- Rodríguez, Paz, Iñiguez, Rueda, Avendaño, Cruz, Ail, Stoycheva, Koytchev, Renganathan, & García. (2014). Estabilidad de rendimiento en trigo en Valle de Mexicali, México. *Phyton*, 83, 65–70.
- Rousseau, J. O. (1984). *Cosecha de granos*. FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE. <https://www.fao.org/3/x5051s/x5051s02.htm#2>. Cosecha de trigo
- SADER Baja California. (2020). *Cosechado el 80% de la semilla de trigo sembrada en el Valle de Mexicali*. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cbajacalifornia/articulos/cosechado-el-80-de-la-semilla-de-trigo-sembrada-en-el-valle-de-mexicali>
- Salinas et al. (2006). *Historic development of winter-wheat yields in five irrigation districts in the sonora desert, Mexico*. *Interciencia*, 31(4), 254-261. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000400004
- Sataloff, Johns, & Kost. (n.d.). *Produccion de granos basicos y suficiencia alimentaria 2019-2024*.
- SIAP, S. d. (2019). Avance de Siembras y Cosechas Resumen por Estado. Obtenido de Servicio de Informacion Agroalimentaria y pesquera SIAP: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Solorzano. (2016). Cosechando innovacion, un modelo de México para el mundo. In Cose. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6062/BVE17109272e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valenzuela, A., & Martinez, A. (n.d.). Produccion de semilla de trigo en el valle de Mexicali y San Luis R.C. *INIFAP, CEMEXI, CIR-NOROESTE*. <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/semilla.pdf>
- Zadoks, Chang, & Konzak. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>

