

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN



Descripción y Caracterización Varietal de Seis Materiales Genéticos de
Trigo (*Triticum aestivum* L.) para la Región Noreste de México

Por:

MARÍA GUADALUPE GUTIÉRREZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México

Marzo 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA DE
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Descripción y Caracterización Varietal de Seis Materiales Genéticos de Trigo
(Triticum aestivum L.) para la Región Noreste de México

Por:

MARIA GUADALUPE GUTIERREZ LOPEZ

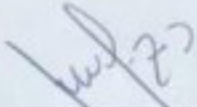
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité Asesor:


DRA. MARIA ALEJANDRA TORRES TAPIA
Asesor Principal


DR. JOSE LUIS VELASCO LOPEZ
Coasesor


M.C. MODESTO COLIN RICO
Coasesor


DR. ALBERTO SANDOVAL RANGEL
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México
Marzo 2026

Declaración de no plagio

El autor, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (copiar y pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar pedir prestados los datos o tesis para presentarla como propia; omitir referencia bibliográfica o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



María Guadalupe Gutiérrez López

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. María Alejandra Torres Tapia, por la atención, apoyo y paciencia que me mostró durante este trabajo.

A Alejandro Victorino Lázaro, gracias por acompañarme en cada paso de este camino. Gracias por escucharme cuando más lo necesitaba, por tus palabras de ánimo cuando dudaba de mí misma, por estar a mi lado en los desvelos, por llevarme, esperarme y hacer más ligeros los días pesados. Este logro también lleva una parte de tu apoyo y dedicación.

A mis grandes amigas e incondicionales Cecilia Rodríguez y Yareth Gómez, quienes, sin importar la distancia, siempre estuvieron presentes en mi vida. Gracias por su apoyo constante, por sus palabras de aliento y por motivarme a seguir adelante hasta convertir lo que un día fue un sueño en una realidad.

A esos amigos que se volvieron familia, en especial a Ángel, Damián y Osorio: siempre los recordaré con cariño. Gracias por siempre estar cuando más los necesité. Y a todos los demás que se fueron sumando en el camino, ¡gracias por cada risa, cada aventura y cada momento compartido!

Al M.C. Modesto Colín Rico, M.C. Manuel Sáenz Alarcón y al Dr. José Luis Velasco López por su tiempo y dedicación a este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme en cada paso de este camino, por darme fuerza cuando sentí que no podía más y por recordarme que todo esfuerzo tiene su recompensa.

Para mi madre Ma. Del Carmen López Saldaña, porque hoy por fin he cumplido la promesa que le hice antes de que partiera de este mundo. Gracias por darme la fortaleza para seguir adelante, espero que donde quiera que se encuentre, pueda sentirse orgullosa de la persona en que me convertí.

A mis hermanos, en especial a Jorge, Juan José, Adolfo y Martín, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por sus palabras de ánimo, por siempre estar presentes sin importar la distancia.

A mi padre Adolfo Gutiérrez Navarrete, por el apoyo moral, gracias por apoyarme y así poder concluir mi carrera.

Y, en especial, a mis sobrinos, recuerden que, si lo pueden soñar, es porque lo pueden lograr.

A mi Alma Mater, que fue mi segunda casa durante estos años. Aquí aprendí, crecí, tropecé y me levanté. Gracias por formarme no solo como profesionista, sino también como persona. ***Porque una vez Buitre, siempre Buitre!***

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General	2
1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Importancia del trigo forrajero	3
2.2. Producción de trigo forrajero en México.....	3
2.3. Adaptación del trigo forrajero para ambientes semiáridos	4
2.4. Importancia de la selección varietal para el noreste de México.	5
2.5. Mejoramiento Genético	5
2.6. Descripción varietal.....	6
2.7. Registro de las variedades.....	7
2.8. Certificación de semillas	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1. Materiales genéticos	8
3.2. Ubicación	8
3.3. Diseño experimental	9

3.4. Preparación del terreno.....	9
3.5. Fertilización.....	9
3.6. Variables evaluadas.....	9
3.7. Evaluación de la calidad de semilla	22
3.7.1. Propiedades físicas:	23
3.7.2. Propiedades fisiológicas:	23
3.8. Análisis Estadístico	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Descriptores cualitativos	26
4.2. Descriptores cuantitativos	30
4.3. Análisis de componentes principales	33
4.4. Germinación.....	34
4.5. GAC2100	35
V. Conclusiones	36
Literatura citada	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Expresión fenotípica de descriptores morfológicos cualitativos en seis genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) evaluados bajo condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila.....	26
Cuadro 2. Continuación de la caracterización morfológica mediante descriptores cualitativos en seis genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).	27
Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para caracteres agronómicos cuantitativos en seis genotipos de trigo evaluados.	31
Cuadro 4: Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para caracteres cuantitativos en seis genotipos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).	33
Cuadro 5: Varianza total explicada por los dos primeros componentes principales derivados del análisis multivariado de caracteres cuantitativos.	33
Cuadro 6. Cargas factoriales y contribución relativa de los caracteres cuantitativos en los dos primeros componentes principales.	33
Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de calidad fisiológica de semilla en seis genotipos de trigo evaluados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar.....	35

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Evaluación de la pigmentación antociánica del coleóptilo.....	10
Ilustración 2. Porte de la planta (D2) de genotipos de trigo evaluados en el experimento establecido en campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.	11
Ilustración 3. Pigmentación antociánica de las hojas bandera (D3) material genético AN-373.....	12
Ilustración 4. Frecuencia de hojas bandera recurvadas (D4) en material genético AN-193.....	12
Ilustración 5.	12
Ilustración 6. Glauescencia de la vaina de la hoja bandera (D6) en el genotipo AN-366.....	13
Ilustración 7. Glauescencia de la espiga (D7) en el genotipo AN-193.....	14
Ilustración 8. Glauescencia del cuello de la espiga (D9) en el material AN-193	14
Ilustración 9. Médula del tallo (D10) en materiales genéticos evaluados de trigo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	15
Ilustración 10. Forma de la espiga (D10) materiales evaluados de trigo.....	15
Ilustración 11. Posición de la espiga (D11 adicional) del material genético AN-193	16
Ilustración 12. Densidad de la espiga (D12) materiales genéticos AN-197	17
Ilustración 13. Presencia o ausencia de barbas o aristas (D14) en materiales AN-193	18
Ilustración 14. Color de la espiga (D16) en materiales genéticos de trigo.....	18
Ilustración 15. Gluma inferior: anchura del hombro (D18); forma del hombro (D19); forma del pico (D21); vellosidad (D22) en material genético AN-373.....	19
Ilustración 16. Coloración de grano con fenol (D25) en los seis genotipos de trigo evaluados.....	20
Ilustración 17. Época de espigado (D5) en material genético AN-373	20
Ilustración 18. Medición de materiales genéticos de trigo en el bajío de la UAAAN.	21
Ilustración 19. Longitud de la espiga (D13) medida en centímetros en material genético AN-263	22

Ilustración 20. Longitud del pico de la gluma inferior (D20) medida en milímetros en materiales genéticos AN-366	22
---	----

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cultivos esenciales en el mundo, tanto por su papel en la seguridad alimentaria como por su versatilidad en la producción de grano y forraje. En el noreste de México, la generación y evaluación de nuevos materiales genéticos exige una caracterización integral que permita diferenciarlos y, en su caso, avanzar hacia su registro varietal. Por ello, el objetivo de este estudio fue comparar los caracteres descriptivos de seis materiales genéticos de trigo (incluyendo tres líneas experimentales y tres comerciales) cultivados bajo condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

El experimento se realizó mediante un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. se evaluaron tanto caracteres cualitativos como cuantitativos, siguiendo los descriptores de la UPOV, además de variables relacionadas con la calidad física y fisiológica de la semilla. Los datos cuantitativos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$), completándose con un Análisis de Componentes Principales.

Los resultados revelaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre genotipos en características como época de espigado, longitud de arista, altura de planta, y pico de la gluma. AN-263 resultó ser el material más precoz (68.33 días), mientras que Pelón Colorado fue más tardío (77.24 días). AN-193 y AN-197 sobresalieron por su espiga más desarrollada y aristas más largas. El análisis multivariado explicó el 89.61% de la variación total, conformando que los caracteres relacionados con la espiga fueron clave para diferenciar los materiales. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en germinación y vigor, lo que sugiere estabilidad fisiológica entre los genotipos evaluados.

Palabras clave: Trigo (*Triticum aestivum* L.); caracterización varietal; variables cuantitativas; descriptores cualitativos; mejoramiento genético; calidad de semilla; análisis multivariado.

I. INTRODUCCIÓN

El trigo es una planta de ciclo anual que pertenece a la familia de las gramíneas, el cual produce frutos modificados que contienen una sola semilla, reunidos en una espiga terminal. Sus orígenes se encuentran en la antigua Mesopotamia, en los valles de los ríos Tigris y Éufrates, en el Medio Oriente (SADER, 2022). Es uno de los cultivos con mayor producción a nivel mundial junto con el maíz y arroz, porque aporta una gran cantidad de calorías en la alimentación de manera directa (Van Ittersum *et al.*, 2016). En México, para 2023 se reportó una superficie sembrada de poco más de 1.13 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 6.2 t ha^{-1} (SIAP, 2024). Sin embargo, estos volúmenes aún resultan insuficientes frente a la creciente demanda del grano en los diferentes sectores de consumo.

El aumento de la productividad del trigo depende, en gran medida, del avance en los programas de mejoramiento genético. Estos programas buscan desarrollar variedades con mayor potencial de rendimiento, mayor tolerancia a enfermedades, eficiencia en el uso de agua y tolerancia a la sequía igual que a temperaturas elevadas, además de asegurar una mejor calidad industrial (Villaseñor-Mir *et al.*, 2018). Para alcanzar estos objetivos, es fundamental realizar una caracterización integral de los materiales genéticos, considerando aspectos morfológicos, agronómicos y fisiológicos.

En este contexto, la descripción varietal juega un papel importante y se basa tanto en el análisis de variables cualitativas como cuantitativas. Las primeras variables engloban características morfológicas con expresión discreta, como el color de la espiga, la presencia de aristas o la forma de la espiga, que permiten distinguir visualmente los materiales y suelen ser bastante estables. En México, este tipo de descriptores han sido útiles para diferenciar genotipos de trigo forrajero en campo (Torres-Tapia *et al.*, 2016). Por otro lado, las variables cuantitativas incluyen caracteres que se pueden medir numéricamente, como altura de la planta, longitud de la espiga o peso del grano debido a que suelen estar controlados por varios genes y pueden verse influidos por el ambiente.

La integración de ambos tipos de variables permite una caracterización más completa del germoplasma, facilitando la distinción, uniformidad y estabilidad necesarias para el

registro de nuevas variedades. En México, las variedades vegetales pueden registrarse mediante un título de obtentor, regulado por la Ley Federal de Variedades Vegetales de 1996, o incorporarse al Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV). Las guías para la descripción varietal establecen los criterios técnicos que respaldan estos procesos y están alineados con estándares internacionales, siendo obligatorias para quienes desarrollan actividades de mejoramiento (SNICS, 2020).

En este sentido, el Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ha desarrollado líneas de trigo adaptadas a las condiciones climáticas del noreste de México, las cuales requieren ser evaluadas y descritas formalmente para respaldar su posible registro y posterior liberación comercial.

1.1. Objetivo General

- Comparar los caracteres descriptivos de seis materiales genéticos de trigo, incluyendo líneas experimentales, variedades registradas y comerciales, bajo condiciones del noreste de México.

1.2. Objetivos Específicos

- Determinar los caracteres cualitativos de seis materiales genéticos de trigo: tres líneas experimentales y tres registradas, producidos bajo condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Determinar los caracteres cuantitativos de seis materiales genéticos de trigo: tres líneas experimentales y tres registradas, producidos bajo condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

1.3. Hipótesis

- Se plantea que entre los seis materiales genéticos de trigo (*Triticum aestivum* L.) evaluados en condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila, existe al menos un carácter cualitativo y uno cuantitativo que permita diferenciarlos. Además, se espera identificar relaciones y diferencias entre los caracteres evaluados que faciliten la distinción entre los materiales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del trigo forrajero

El trigo (*Triticum aestivum* L.) se ha posicionado como uno de los cultivos más versátiles, en parte, por su doble función, la cual es producción de grano y forraje, ya que puede desempeñarse en varios sistemas agrícolas. No solo es importante como fuente de grano, sino que también llega a ser bastante útil como forraje, sobre todo en aquellos lugares donde, durante el otoño e invierno, encontrar pasto fresco se vuelve más complicado. En los sistemas de producción de doble propósito, los productores pueden aprovechar el cultivo para obtener forraje durante las primeras etapas de desarrollo, sin comprometer la producción de grano, lo que al final ayuda a aprovechar mejor los recursos disponibles (Lorenzo, Assuero & Tognetti, 2015).

En cuanto a su uso forrajero, el trigo puede emplearse de varias formas, tales como pastoreo, corte, heno o incluso ensilado. En etapas vegetativas tempranas, como el desarrollo inicial, amacollamiento y antes del encañe, su valor nutricional es muy aceptable, ya que ofrece una buena digestibilidad y suficiente proteína para alimentar a los rumiantes (Zamora-Villa *et al.*, 2016). Además, al incorporar trigo en sistemas de doble propósito no solo permite aprovechar mejor la tierra, sino que puede implicar un ingreso extra al agricultor (Zilio-Peloso & Mantovani, 2018).

En comparación con otros cereales de invierno como la cebada (*Hordeum vulgare*) y el centeno (*Secale cereale*), el trigo presenta una mejor adaptación a condiciones de bajas temperaturas y limitada disponibilidad de riego. Además, tiene la capacidad de producir una cantidad considerable de biomasa, alcanzando aproximadamente 4.9 t ha⁻¹ de forraje verde y alrededor de 1.0 t ha⁻¹ de materia seca, lo que favorece su aprovechamiento dentro de sistemas de producción forrajera (Bisht *et al.*, 2022).

2.2. Producción de trigo forrajero en México

En México, el trigo forrajero ha ido ganando terreno como una alternativa importante para los agricultores, sobre todo en áreas donde la producción de forraje durante el invierno puede ser un verdadero reto. En zonas semiáridas y bajo condiciones de riego, este cultivo se ha convertido en un aliado clave, para ganaderos. Lo interesante es que, gracias a su ciclo anual, el trigo puede ofrecer una buena cantidad de biomasa

verde y materia seca a lo largo del otoño y el invierno, lo que lo coloca a la par o incluso por encima de otros cultivos forrajeros tales como la avena o la cebada (Torres-Tapia *et al.*, 2016; Zamora-Villa *et al.*, 2016).

Cuando se habla de la producción de cereales de invierno con fines forrajeros, es claro que la ubicación geográfica es un factor determinante. Las regiones que cuentan con buena infraestructura y un clima adecuado, presentan mayores ventajas. Un ejemplo se observa en el estado de Coahuila y la zona de la Comarca Lagunera, donde la disponibilidad de agua para riego y la fuerte demanda de la industria lechera han impulsado el desarrollo de estos cultivos (López-Jara *et al.*, 2022). De acuerdo con el SIAP en 2024 la producción de trigo forrajero verde fue liderada por el estado de Coahuila con un rendimiento promedio de 34.13 t ha⁻¹ bajo condiciones de riego, mientras que el estado de Durango lidera la producción de temporal, obteniendo un rendimiento de 9.29 t ha⁻¹.

En diferentes zonas productoras, uno de los mayores retos es el clima semiárido, que se caracteriza por lluvias muy escasas y una alta dependencia de riego, lo que puede llegar a aumentar los costos de producción (López-Jara *et al.*, 2022). Al igual que pueden afectar el desarrollo de las plantas y, en consecuencia, la cantidad y calidad del forraje que se llega a obtener (Serra *et al.*, 2022; Zamora-Villa *et al.*, 2016). A esto hay que sumar la posibilidad de sequías prolongadas, que ponen en riesgo el crecimiento del cultivo. Si no se cuenta con un manejo adecuado del riego, la rentabilidad del trigo forrajero puede verse seriamente comprometida (López-Jara *et al.*, 2022; Pérez *et al.*, 2025).

2.3. Adaptación del trigo forrajero para ambientes semiáridos

Se sabe que cultivar en ambientes semiáridos implica adaptarse a constantes desafíos, pero el trigo forrajero ha demostrado ser bastante flexible frente a estas condiciones. Parte de su éxito se debe a su capacidad para ajustar su desarrollo dependiendo del agua a lo largo del ciclo otoño-invierno. En el norte de México, por ejemplo, se ha observado que este cultivo llega a mantener un crecimiento muy uniforme en las primeras etapas, lo que resulta fundamental para poder asegurar una

buena producción de forraje, esto, antes de que lleguen los periodos más difíciles del clima (Velasco-López *et al.*, 2025).

Además, algunos estudios realizados en el sur de Sonora, muestran que cultivos como el triticale (*xTriticosecale wittmack*), la avena (*Avena sativa* L.) y el maíz (*Zea mays*), también responden bien en cuanto a la producción y calidad de forraje, mostrando diferencias en la acumulación de biomasa bajo condiciones semiáridas. Esta capacidad de adaptación es clave, ya que ayuda a disminuir el riesgo de pérdidas productivas y da a los productores una herramienta más confiable para sobrellevar el invierno (Pérez *et al.*, 2025).

2.4. Importancia de la selección varietal para el noreste de México.

En el noreste de México la diversidad de condiciones ambientales puede ser muy amplia, es por eso que se tiene que elegir una variedad más adecuada, esto resulta ser fundamental ya que se busca aprovechar al máximo el potencial forrajero del cultivo. Las diferencias entre genotipos como lo es la precocidad o la forma de la planta llegan a marcar una diferencia cuando el cultivo se enfrenta a factores abióticos. Velasco-López *et al.* (2025) menciona que se han visto algunas variedades más estables, incluso cuando el clima no es el más favorable.

Por otro lado, optar por materiales desarrollados para su uso forrajero permite optimizar el momento de aprovechamiento del cultivo, logrando así una mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Diferentes estudios han demostrado que la elección adecuada de cultivos y genotipos puede influir significativamente en el rendimiento y la acumulación de biomasa, lo que resulta importante para la producción de forraje en diferentes regiones agrícolas (Domínguez-Martínez *et al.*, 2024; Pérez *et al.*, 2025).

2.5. Mejoramiento Genético

El fitomejoramiento, entendido como el arte y la ciencia para modificar las características de las plantas, desempeña un papel fundamental en la creación de variedades capaces de brindar mayores rendimientos, mejor calidad y una adaptación más eficiente a distintos entornos (Bertrand *et al.*, 1999). En el caso de México, el progreso del mejoramiento genético del trigo ha sido posible gracias a la

implementación de un sistema organizado de investigación y evaluación de variedades, coordinado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), donde se realizan pruebas de adaptación a diferentes ambientes y resistencia a enfermedades (Villaseñor-Mir *et al.*, 2015).

2.6. Descripción varietal

La variedad vegetal es un grupo de individuos dentro de una especie que comparte características similares y que se mantiene estable y homogéneo a lo largo del tiempo (SADER, 2015).

Los descriptores varietales en trigo abarcan características cualitativas y cuantitativas, las cuales permiten describir con mejor precisión el fenotipo de una variedad. Los caracteres cualitativos, como la forma de la espiga o el color de las glumas, suelen ser más estables dentro de ambientes. En cambio, los cuantitativos, como la altura de planta o el peso de mil granos, se miden numéricamente y reflejan diferencias graduales entre genotipos (UPOV, 2017). La combinación de ambos tipos de descriptores facilita la identificación de variación fenotípica clave para agrupar materiales por similitud, lo que resulta útil para la selección de variedades (Marzario *et al.*, 2023).

En cuanto a la descripción varietal, ésta se fundamenta en el análisis de características morfológicas y agronómicas con alta heredabilidad y estabilidad, como la altura de planta y el ciclo fenológico. Estas características resultan ser esenciales para diferenciar genotipos y evaluar su adaptación a diversas condiciones (Simón, 2022). Dicho enfoque se encuentra respaldado y formalizado por las directrices internacionales de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), las cuales establecen criterios técnicos específicos para la descripción de variedades. Estos lineamientos exigen que las variedades cumplan con los requisitos de distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE) como condición indispensable para su registro (UPOV, 2017).

2.7. Registro de las variedades

En México, el proceso de registro de variedades vegetales se lleva a cabo a través del Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), el cual es administrado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), dependiente de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). De acuerdo con Aboites-Manrique y Martínez-Gómez (2005), el registro varietal cumple una función tanto legal como técnica, al requerir una descripción detallada que respalde la caracterización y diferenciación del material.

Para registrar una variedad vegetal en el CNVV, es necesario cumplir las disposiciones de la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas (2007). Los requisitos principales son:

- Denominación varietal propia, que permita identificarla claramente frente a otras variedades.
- Descripción detallada, basada en guías técnicas oficiales, que respalde sus características fenotípicas y cualitativas.
- Capacidad de distinción técnica, demostrando caracteres que la diferencian de cualquier otra variedad conocida.
- En caso de variedades protegidas, consentimiento del titular de los derechos de obtentor para su inscripción.

Estos requisitos garantizan la precisión en la identificación genética y fenotípica, y facilitan el uso formal de la variedad en el sector semillero y agrícola.

2.8. Certificación de semillas

La certificación de semillas en México es un proceso técnico y legal, el cual garantiza que las semillas destinadas a la siembra cumplan con estándares de calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria, regida por las Reglas para la Calificación de Semillas (2021). Sus principales objetivos son:

- Asegurar la identidad genética de la semilla respecto a la variedad declarada.
- Garantizar pureza física y varietal, minimizando la presencia de semillas no deseadas.

- Favorecer altos niveles de germinación y vigor para un establecimiento uniforme del cultivo.
- Certificar la sanidad fitosanitaria, evitando plagas y enfermedades.

De este modo, la certificación brinda confianza a productores y al sector semillero, promoviendo mejores rendimientos y reduciendo riesgos productivos (SADER, 2019).

De acuerdo con la SADER (2019) y el SNICS (2021), el proceso de certificación de semilla de trigo se realiza de la siguiente manera:

1. Solicitud de certificación: el productor o empresa debe presentar la documentación requerida ante el SNICS, incluyendo el registro de la variedad en el CNVV.
2. Inspección en campo: se revisan las parcelas para verificar identidad varietal, aislamiento y manejo agronómico conforme a las normas.
3. Análisis de laboratorio: se evalúa la pureza genética, calidad fisiológica (germinación y vigor) y ausencia de contaminantes.
4. Emisión de etiqueta oficial: si el lote cumple con los estándares, se otorga una etiqueta oficial que certifica la semilla y permite su comercialización.

En cultivos como el trigo forrajero, el registro y la certificación de variedades vegetales son fundamentales para garantizar la identidad y calidad del material. Un registro varietal adecuado permite a los productores seleccionar materiales con características técnicas documentadas, como los ambientes semiáridos, y maximizando la producción de forraje (Domínguez-García *et al.*, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales genéticos

El presente trabajo contempla un total de 6 genotipos compuestos de la siguiente forma: tres líneas experimentales de trigo (AN-193, AN-197 y AN-263), y tres testigos; AN-373 y AN-366 (variedades registradas en el 2018) así como la variedad Pelón colorado, considerada un material criollo de uso regional en el noreste de México.

3.2. Ubicación

El presente estudio se realizó en dos etapas, 1.- Campo y 2.- Laboratorio.

1.- Campo). Se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila; a 1600 msnm, localizada en las coordenadas 25°23'36" norte y 101°00'02" oeste; teniendo una temperatura media de 23.2° C.

2.- Laboratorio). La segunda etapa se desarrolló en el laboratorio de semillas del Departamento de Fitomejoramiento de la misma institución.

En ambas etapas se evaluaron variables cuantitativas y cualitativas con el fin de caracterizar los genotipos estudiados.

3.3. Diseño experimental

El experimento fue establecido bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones cada uno, teniendo en total 18 unidades experimentales formadas por camas de doble hilera, cada una de tres metros de largo y 90 m de ancho de cama.

3.4. Preparación del terreno

Para el establecimiento del experimento se realizó la preparación del terreno, mediante un barbecho y rastreo posteriormente se realizó la siembra el día 9 de febrero del 2024, de manera manual y en seco, en camas de doble hilera de 3 m de longitud, por 0.9 m de ancho. Donde se empleó una densidad de siembra de 80 kg ha⁻¹, por repetición en cada material genético.

3.5. Fertilización

La fertilización total aplicada fue de 120 unidades de nitrógeno (NH₃SO₄), 55 unidades de fósforo (NH₄H₂PO₄ (MAP)) y cero de potasio respectivamente, donde el sistema de riego fue por goteo, aplicando un riego de siembra y tres de auxilio, procurando mantener húmedo el suelo por ser tipo arcilloso.

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Caracteres cualitativos

Con base en los lineamientos establecidos por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), se evaluaron los caracteres cualitativos de los materiales, usando la guía de descriptores para trigo. Las observaciones se realizaron considerando el estadio fenológico del cultivo, el cual fue

determinado mediante la escala de Zadoks (1974). A continuación, se describen los caracteres evaluados, indicando las etapas fenológicas y los niveles de clasificación:

Coleóptilo: pigmentación antociánica (D1).

La evaluación se realizó en las etapas 9-11 de la escala de Zadoks. Para eso, se colocaron a germinar 50 semillas por repetición en cajas de plástico, a una temperatura aproximada de 20 °C bajo condiciones de obscuridad. Posteriormente a los siete días, las plántulas se expusieron a luz natural, posteriormente se realizó la observación de la pigmentación antociánica en el coleóptilo.

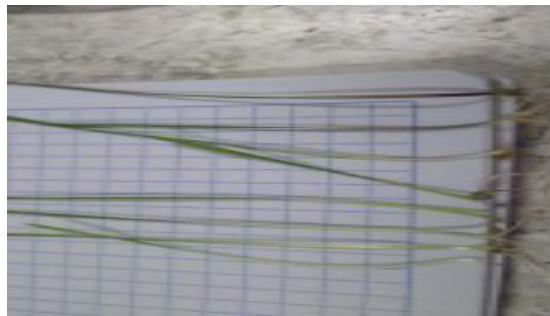


Ilustración 1. Evaluación de la pigmentación antociánica del coleóptilo

Porte de la planta (D2).

El porte se determinó visualmente durante la etapa de ahijamiento (25-29 de la escala de Zadoks), considerando el ángulo formado entre hojas externas y los hijuelos con respecto a un eje vertical imaginario. De acuerdo con esta evaluación, los materiales se clasificaron de la siguiente manera: Erecto (1); Semierecto (3); Intermedio (5); Semipostrado (7); Postrado (9).



Ilustración 2. *Porte de la planta (D2) de genotipos de trigo evaluados en el experimento establecido en campo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.*

Pigmentación antociánica de las aurículas de la hoja bandera (D3).

Este descriptor se evaluó en las etapas 45-51, observando directamente la presencia e intensidad de pigmentación antociánica en aurículas de la hoja bandera evaluando de la siguiente manera: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 3. *Pigmentación antocianica de las hojas bandera (D3) material genético AN-373*

Frecuencia de hojas bandera recurvadas (D4).

Durante las etapas 47-51, se registró la frecuencia de plantas con hojas bandera recurvadas, asignando categorías según la intensidad observada: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 4. *Frecuencia de hojas bandera recurvadas (D4) en material genético AN-193*

Glauescencia de la vaina de la hoja bandera (D6).

La glauescencia se refiere a la presencia de una capa cerosa en la superficie de las partes de la planta, la cual da un aspecto opaco o ligeramente azulado. Se observó en la etapa 60-65 evaluando de la siguiente manera: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 6.
Glauescencia de la vaina de la hoja bandera (D6) en el genotipo AN-366.

Glauescencia de la espiga (D7). Etapa 60-69 la forma de evaluación fue: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 7.
Glauescencia de la
espiga (D7) en el
genotipo AN-193

Glauescencia del cuello de la espiga (D8).

Observada en la etapa 60-69, esta medición se realizó a simple vista en las plantas, clasificando de la siguiente manera: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 8. Glauescencia del cuello de la espiga (D9) en
el material AN-193

Médula del tallo (D10).

La presencia y grosor de la médula del tallo se evaluaron en la etapa 80-92, realizando cortes transversales en el pedúnculo de las plantas. La clasificación se realizó como: Delgada (1); Media (3); Gruesa (5).



Ilustración 9. Médula del tallo (D10) en materiales genéticos evaluados de trigo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Forma de la espiga (D11).

La forma del perfil se evaluó en la etapa 92, clasificándose en: Piramidal (1); Paralela (2); Semiclavada (3); Clavada (4); Fusiforme (5).



Ilustración 10. Forma de la espiga (D10) materiales evaluados de trigo

Posición de la espiga (D11 adicional)

Evaluándose en la etapa 92 y clasificándose de la siguiente manera: Erecta (1); Semirecta (3); Horizontal (5); Semicaída (7); Caída (9).



Ilustración 11. Posición de la espiga (D11 adicional) del material genético AN-193

Densidad de la espiga (D12).

Ésta se registró entre las etapas 80-92, clasificándose de la siguiente manera: Muy laxa (1); Laxa (3); Media (5); Densa (7); Muy densa (9).



Ilustración 12. Densidad de la espiga (D12) materiales genéticos AN-197

Barbas o aristas (presencia) (D14)

Presencia de barbas o aristas determinada en la etapa 80-92, evaluando desde: Ausente (1); Presencia (2); Barbas presentes (3).



Ilustración 13. Presencia o ausencia de barbas o aristas (D14) en materiales AN-193

Color de la espiga (D16).

Los niveles clasificados fueron: Blanca (1); Coloreada (2).

Vellosidad en la superficie convexa. Observada en la etapa 80-92, utilizando el apoyo manual, la clasificación se realizó de la siguiente manera: Ausente (1); Débil (3); Media (5); Fuerte (7); Muy fuerte (9).



Ilustración 14. Color de la espiga (D16) en materiales genéticos de trigo

Gluma inferior: anchura del hombro (D18).

Se tomaron las espiguillas en el tercio medio de la espiga. Observadas en la etapa 80-92, para esta evaluación se tomó el manual y la clasificación fue: Ausente (1); Estrecho (3); Medio (5); Ancho (7); Muy ancho (9).

Gluma inferior: forma del hombro (D19).

Igual que el D18 se tomó en la etapa 80-92. Los niveles de clasificación fueron: Inclinado (1); Ligeramente inclinado (3); Recto (5); Elevado (7) y Muy elevado (9).

Gluma inferior: forma del pico (D21).

Como los anteriores se tomó en la etapa 80-92, la clasificación fue: Recto (1); Ligeramente curvado (3); Moderadamente curvado (5); Fuertemente curvado (7); Muy fuertemente curvado (9).

Gluma inferior: velloso (D22).

La extensión de la velloso interna se observó en la etapa 80-92. Los niveles de clasificación fueron: Débil (3); Medio (5); Fuerte (7).



Ilustración 15. Gluma inferior: anchura del hombro (D18); forma del hombro (D19); forma del pico (D21); velloso (D22) en material genético AN-373

Lema inferior: forma del pico (D23).

Observada en la etapa 80-92. Los niveles de clasificación fueron: Recto (1); Ligeramente curvado (3); Moderadamente curvado (5); Fuertemente curvado (7); Muy fuertemente curvado (9).

Color de grano (D24).

Observada en la etapa 92, el nivel de clasificación fue: Blanco (1); Rojo (2).

Coloración del grano con fenol (D25).

Para la coloración se remojaron 100 granos por repetición durante 20 h; posteriormente, se colocaron en cajas Petri con solución de fenol al 1 % y se dejó reaccionar durante 4 h a 20°. La intensidad de coloración se clasificó en: Ausente (1);

Ligero (3); Medio (5); Oscuro (7); Muy oscuro (9).

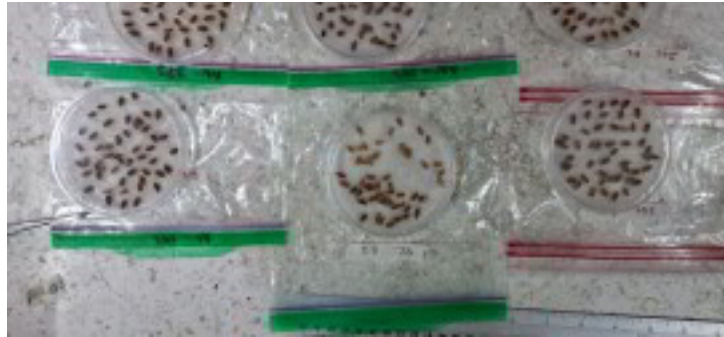


Ilustración 16. Coloración de grano con fenol (D25) en los seis genotipos de trigo evaluados

Tipo de estacionalidad (D26).

La estacionalidad de los materiales se definió con base en el comportamiento fenológico del cultivo en cada localidad de evaluación, clasificándose de la siguiente manera: Invernal (1); Intermedio (2); Primavera (3).

3.6.2. Caracteres cuantitativos

Época de espigado (D5).

Este descriptor se registró cuando el 50% de las espigas presentó la primera espiguilla visible, lo cual corresponde a las etapas 50-52 del desarrollo fenológico. El carácter se expresó como el número de días transcurridos desde la siembra hasta alcanzar dicho porcentaje de espigado. Posteriormente, los materiales se agruparon en las siguientes categorías: Muy temprana (3); Temprana (3); Media (5); Alta (7); Muy alta (9).



Ilustración 17. Época de espigado (D5) en material genético AN-373

Longitud de la planta (D9).

La longitud total de la planta se evaluó entre las etapas 72 y 95. La medición se realizó desde la base de la planta hasta la arista más alta, una vez alcanzada la madurez fisiológica. Los niveles de clasificación fueron: Baja (3); Media (5); Alta (7); Muy alta (9).



Ilustración 18. Medición de materiales genéticos de trigo en el bajo de la UAAAN.

Longitud de espiga (D13).

La longitud de la espiga se determinó en la etapa de madurez fisiológica (80-92), midiendo en centímetros la distancia comprendida entre la base del raquis y el ápice de la espiga, excluyendo las aristas. La clasificación fue: Muy corta (1); Corta (3); Media (5); Larga (7); Muy larga (9).



Ilustración 19. Longitud de la espiga (D13) medida en centímetros en material genético AN-263

Longitud de barbas o aristas (D15).

Este carácter se evaluó durante la etapa 80-92, midiendo en centímetros la longitud de las aristas ubicadas en la parte apical de la espiga. Los niveles de clasificación fueron: Muy corta (1); Corta (3); Media (5); Larga (7); Muy larga (9).

Longitud del pico de la gluma inferior (D20).

La medición se realizó en la etapa 80-92, tomándose en milímetros. Este descriptor permitió clasificar de la siguiente manera: Muy corto (1); Corto (3); Medio (5); Largo (7); Muy largo (9).

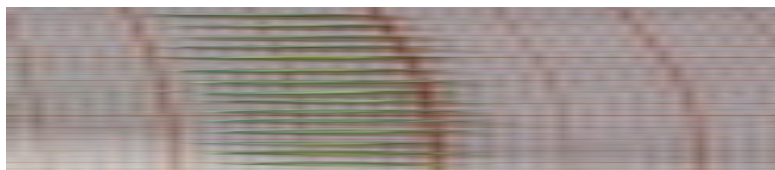


Ilustración 20. Longitud del pico de la gluma inferior (D20) medida en milímetros en materiales genéticos AN-366

3.7. Evaluación de la calidad de semilla

Una vez obtenida la semilla de cada uno de los materiales evaluados, se determinó su

calidad física y fisiológica mediante pruebas de germinación y vigor, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas de la Asociación Internacional de Ensayos de Semillas (ISTA, 2010).

3.7.1. Propiedades físicas:

La calidad física de la semilla se determinó mediante la evaluación del contenido de humedad y del peso volumétrico, utilizando el analizador Dicky-John, modelo GAC 2100. Para cada genotipo se realizaron tres repeticiones, con el propósito de garantizar la precisión de las medidas obtenidas.

3.7.2. Propiedades fisiológicas:

Germinación estándar: se realizó con cuatro repeticiones por tratamiento, utilizando 100 semillas por repetición. Las semillas se colocaron sobre papel anchor humedecido en agua desionizada, con ayuda de unas pinzas desinfectadas con alcohol. Una vez sembradas, se colocaron en una cámara de germinación SG30SS a 24 °C durante siete días.

Vigor: la evaluación se realizó al cuarto día después de la siembra, momento en el que se cuantificó el número de plántulas normales, considerando como criterio que presentaran un tamaño al menos dos veces mayor que el de la semilla.

3.8. Análisis Estadístico

Para las variables cuantitativas, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), de acuerdo con el modelo lineal para bloques completos al azar. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento GLM del programa de SAS.

$$Y_{ij} = \mu + B_i + G_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = valor observado del genotipo j en el bloque i

μ = media general

B_i = efecto del i-ésimo bloque

G_j = efecto de j-ésimo genotipo

ε_{ij} = error experimental

Cuando se identificaron diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$), se realizó la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey.

Para las variables cualitativas, se calculó la media de los valores observados por genotipo.

En cuanto al análisis de los datos del GAC2100 fueron analizados mediante estadística descriptiva utilizando el programa SAS versión 9.4. Para cada genotipo donde se estimó media, desviación estándar y coeficiente de variación. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de conocer cuales variables influyen más en las diferencias observadas y para conocer la relación entre los genotipos evaluados. Los resultados se mostraron gráficamente mediante un biplot, lo que nos permite ver de manera más clara la variación entre los materiales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la caracterización cualitativa muestran que varios de los descriptores evaluados fueron bastante uniformes entre genotipos, especialmente en aspectos como el porte de la planta, forma de la espiga, médula del tallo y el color de grano. Este comportamiento es similar a lo reportado con otros estudios, donde indican que estos rasgos suelen mostrar poca variabilidad debido a su fuerte control genético y a la selección (Suaste Franco *et al.*, 2015)

Por otro lado, descriptores como la pigmentación antociánica del coleóptilo, hoja bandera recurvada y la glaucescencia sí presentaron variación entre los genotipos. Lo que coincide con lo reportado por Valdez Hernández (2015), quien menciona que estos caracteres son útiles para diferenciar variedades. La variabilidad observada en la pigmentación, especialmente en genotipos como AN-366 y AN-263, podría estar relacionada con mecanismos de respuesta al estrés, ya que se ha documentado que compuestos como antocianinas cumplen funciones protectoras frente a la radiación (Ramos Hidalgo *et al.*, 2024)

En el caso de la hoja bandera, las diferencias observadas en su curvatura podrían tener un impacto en la eficiencia fotosintética. Moraga-Bustos (2024) señala que la

arquitectura foliar influye directamente en la captación de radiación y por lo tanto, en el llenado de grano. Sin embargo, a diferencia de lo reportado por Valdez Hernández (2015), donde este carácter mostró menor variabilidad, en este estudio se observó una mayor diferenciación. Lo cual puede deberse a condiciones ambientales diferentes.

En cuanto a la glauescencia, los resultados mostraron una variabilidad más notable que la que reporta Valdez Hernández (2015). Este rasgo se ha asociado con la adaptación a condiciones de estrés, ya que ayuda a reducir la pérdida de agua y la reflectancia de la radiación (Torres-Tapia *et al.*, 2016).

Al comparar los genotipos comerciales AN-366, AN-373 y Pelón Colorado con los materiales experimentales AN-193, AN-197 y AN-263, se observa que los comerciales presentan mayor uniformidad en la mayoría de los descriptores cualitativos. Este comportamiento es común en variedades mejoradas de trigo, donde la selección apunta a la uniformidad fenotípica para asegurar una producción estable (Solís Moya *et al.*, 2017). En contraste, los materiales experimentales mostraron diferenciación en caracteres como pigmentación antociánica, hoja bandera recurvada y glauescencia, lo que indica distinción entre los materiales.

4.1. Descriptores cualitativos

Cuadro 1. Expresión fenotípica de descriptores morfológicos cualitativos en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) evaluados bajo condiciones de campo en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Genotipo	Pigmentación coleóptilo	Porte planta	Color aurícula	Hoja bandera recurvada	Glauescencia hoja	Glauescencia espiga	Glauescencia espiga	Glauescencia tallo	Médula tallo	Forma espiga	Posición espiga
AN-193	Fuerte	Semierecto	Débil	Débil	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Delgada	Fusiforme	Semierecta
AN-197	Débil	Semierecto	Débil	Débil	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Fuerte	Delgada	Fusiforme	Erecta
AN-263	Débil	Semierecto	Débil	Alto	Media	Media	Media	Media	Delgada	Fusiforme	Semierecta
AN-366	Débil	Semierecto	Débil	Alto	Media	Media	Media	Media	Delgada	Fusiforme	Semierecta
AN-373	Débil	Semierecto	Débil	Alto	Media	Media	Media	Media	Delgada	Fusiforme	Erecta
Pelón Colorado	Débil	Semierecto	Débil	Alto	Media	Media	Media	Media	Delgada	Fusiforme	Semierecta

Cuadro 2. Continuación de la caracterización morfológica mediante descriptores cualitativos en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.).

Genotipo	Densidad espiga	Arista	Color espiga	Vellosidad raquis	Ancho hombro gluma	Forma hombro	Forma pico gluma	Vellosidad gluma	Forma pico lema	Color grano	Reacción fenol	Tipo de crecimiento
AN-193	Densa	Presente	Blanca	Ausente	Estrecho	Inclinado	Ligeramente curvado	Débil	Ligeramente curvado	Rojo	Oscura	Invernal
AN-197	Densa	Presente	Coloreada	Ausente	Ancho	Inclinado	Ligeramente curvado	Media	Ligeramente curvado	Rojo	Oscura	Invernal
AN-263	Media	Ausente	Coloreada	Ausente	Ancho	Recto	Ligeramente curvado	Débil	Ligeramente curvado	Rojo	Media	Invernal
AN-366	Media	Ausente	Coloreada	Ausente	Medio	Ligeramente inclinado	Ligeramente curvado	Débil	Ligeramente curvado	Rojo	Media	Invernal
AN-373	Media	Ausente	Coloreada	Ausente	Medio	Ligeramente inclinado	Ligeramente curvado	Débil	Ligeramente curvado	Rojo	Media	Invernal
Pelón Colorado	Media	Ausente	Coloreada	Ausente	Medio	Elevado	Fuertemente curvado	Débil	Ligeramente curvado	Rojo	Media	Invernal

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos para los descriptores cualitativos de los genotipos AN-193, AN-197, AN-263, AN-366, AN-373 y Pelón Colorado en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Colepotilo: pigmentación antociánica (D1).

El genotipo AN-193 presentó una pigmentación fuerte, mientras que los demás genotipos mostraron una pigmentación débil.

Porte de la planta (D2).

Todos los genotipos evaluados presentaron un porte semierecto, lo que indica uniformidad en este carácter entre los materiales evaluados.

Pigmentación antociánica de las aurículas de la hoja bandera (D3).

Esta evaluación mostró una respuesta homogénea entre los genotipos, ya que todos presentaron una intensidad débil en la aurícula.

Frecuencia de hojas bandera recurvadas (D4).

Los materiales AN-263, AN-366, AN-373 y Pelón Colorado presentaron una frecuencia alta de hoja bandera recurvada, mientras que AN-193 y AN-197 mostraron una expresión débil en este carácter.

Glauescencia de la vaina de la hoja bandera (D6); Glauescencia de la espiga (D7); Glauescencia del cuello de la espiga (D8).

Los genotipos AN-193 y AN-197 presentaron glauescencia fuerte, mientras que AN-263, AN-366, AN-37 y Pelón Colorado mostraron glauescencia media.

Médula del tallo (D10).

En esta evaluación no se detectaron diferencias entre los genotipos, siendo todos de médula delgada.

Forma de la espiga (D11).

Todos los genotipos evaluados presentaron la misma forma de espiga, fusiforme.

Posición de la espiga (D11 adicional)

En cuanto a la posición de la espiga, se observaron diferencias entre los materiales: los genotipos AN-197 y AN-373 presentaron una posición erecta, mientras que AN-193, AN-263, AN-366 y Pelón Colorado fueron semierectas.

En el Cuadro 2 se muestra la continuación de las variables evaluadas de los seis genotipos evaluados en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Densidad de la espiga (D12).

Las variedades AN-193 y AN-197 se clasificaron como espiga densa, lo que indica mayor compactación de espiguilla.

Barbas o aristas (presencia) (D14).

En esta evaluación se determinó de manera visual que los genotipos AN-193 y AN-197 presentaron aristas, en cuanto a Pelón Colorado se determinó con ausencia de aristas.

Color de la espiga (D16).

El genotipo AN-197 fue el único en tener un color de espiga blanca, mientras que los demás presentaron espiga colorada.

Segmento apical del raquis (D17).

En todos los genotipos evaluados se observó ausencia de vello en el raquis, lo que indica uniformidad en este carácter.

Gluma inferior: anchura del hombro (D18).

El genotipo AN-193 y AN-197 presentaron hombro inclinado, AN-263 mostró hombro recto, AN-366 y AN-373 presentaron hombro ligeramente inclinado, mientras que Pelón Colorado mostró un hombro elevado.

Gluma inferior: forma del hombro (D19).

Los genotipos AN-193 y AN-197 presentaron hombro inclinado, AN-263 mostró hombro recto, AN-366 y AN-373 presentaron hombro ligeramente inclinado, mientras que Pelón Colorado mostró hombro elevado.

Gluma inferior: forma del pico (D21).

La mayoría de los genotipos presentaron un pico ligeramente curvado, lo que indica una alta uniformidad en este carácter morfológico. Por otro lado, Pelón Colorado se clasificó con un pico fuertemente curvado.

Gluma inferior: vellosidad (D22).

El genotipo AN-197 mostró diferencia con los demás, presentando una vellosidad media, mientras que los otros genotipos se clasificaron en una vellosidad débil.

Lema inferior: forma del pico (D23).

Todos los individuos se clasificaron como ligeramente curvados.

Color de grano (D24).

Los genotipos se clasificaron como color de grano rojo.

Coloración del grano con fenol (D25).

La evaluación de la reacción al fenol mostró diferencias entre los genotipos analizados. AN-193 y AN-197 presentaron una reacción oscura, en contraste con los demás genotipos que se clasificaron con reacción media.

Tipo de estacionalidad (D26).

Los materiales evaluados son invernales.

4.2. Descriptores cuantitativos

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 3), muestran que la variación observada en los caracteres cuantitativos evaluados entre genotipos fue significativa en la mayoría de los casos, lo que indica la presencia de diversidad genética entre líneas, este comportamiento sugiere que los caracteres evaluados poseen suficiente variabilidad para ser considerados en procesos de selección y caracterización varietal.

En la variable época de espigado se observó una clara diferenciación, permitiendo identificar materiales precoces y tardíos. Según Acevedo *et al.* (2002), los materiales de ciclo corto pueden evitar daños por estrés térmico o sequía al final del ciclo, mientras que los genotipos más tardíos aprovechan periodos más largos de acumulación de biomasa en ambientes favorables. En comparación con Valdez Hernández (2015), en este estudio se presentó más variación.

En la altura de planta se evidenció diferencias entre los materiales, estos valores de altura obtenidos se encuentran dentro del rango típico reportado para trigos invernales en ambientes templados, donde la altura comúnmente oscila entre 80 y 110 cm (Acevedo *et al.*, 2002) además, diferentes investigaciones han señalado que una reducción moderada en la altura favorece la eficiencia en la asignación de biomasa al grano y disminuye la susceptibilidad al acame, lo cual es fundamental en los programas de mejoramiento genético (Reynolds *et al.*, 2009).

En longitud de espiga, aunque la magnitud de la diferencia fue menor que la floración y altura, el efecto genotípico fue significativo, este comportamiento indica una variabilidad moderada pero constante. Según Espitia Rangel *et al.* (2021), los componentes de la espiga contribuyen directamente al rendimiento y presentan heredabilidad de intermedia a alta, por lo que su diferenciación estadística sugiere potencial para la selección indirecta de productividad.

Los caracteres longitud de arista y pico de gluma muestran una variación significativa, estos rasgos coinciden con lo señalado por Huerta espino *et al.* (2011), quienes destacan que los caracteres morfológicos de espiga siguen siendo relevantes en la diferenciación varietal y en la descripción de materiales.

En cuanto a la calidad fisiológica de la semilla, no se encontraron diferencias significativas entre genotipos, resultado que coincide con lo reportado por Valdez Hernández (2015). Lo que indica que tanto los materiales comerciales como los experimentales presentan una calidad adecuada cuando se cultivan en condiciones controladas.

Finalmente, en la caracterización física del grano, los genotipos comerciales AN-366 y AN-373 presentaron valores de peso volumétrico más altos, asociados a mayor uniformidad y llenado de grano, mientras que Pelón Colorado mostró el valor más bajo dentro del grupo comercial. Los genotipos experimentales se ubicaron en valores intermedios y con un poco de variabilidad, lo que indica mayor diversidad genética con potencial de selección (Solís Moya *et al.*, 2017).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para caracteres agronómicos cuantitativos en seis genotipos de trigo evaluados.

FV	GL	EE (días)	APTA (CM)	ESPLONG (CM)	ARILONG (CM)	PICGLU (MM)
Gen	5	33.07**	106.35**	1.21*	11.41**	5.08**
Rep	2	0.04	2.58	0.80	0.31	0.11
Error	10	0.04	3.39	0.20	0.07	0.02
CV%		0.30	1.85	4.80	10.17	6.30

Nota. FV= fuentes de variación; GL= grados de libertad; Gen= genotipos; Rep= repetición; EE= época de espigado; APTA= altura de planta; ESPLONG= longitud de la espiga; ARILONG= longitud de la arista; PICGLU= pico de la gluma; CM= centímetros; MM= milímetros; CV= coeficiente de variación. $p \leq .05$ (*), $p \leq .01$ (**).

El análisis de medias (Cuadro 4), mostró diferencias significativas entre genotipos en todas las variables evaluadas (Cuadro 4). Para la variable espigamiento (EE), el genotipo Pelón Colorado presentó el mayor número de días (77.24), ubicándose en el grupo estadístico superior (a), lo que indica un comportamiento más tardío. En contraste, AN-263 registró el menor valor (68.33), clasificándose como el genotipo más precoz. Los genotipos AN-197, AN-366 y AN-373 mostraron valores intermedios (grupo c), mientras que AN-193 se ubicó en un nivel ligeramente superior (grupo b).

En cuanto a la altura de la planta (APTA), AN-366 (105.62 cm) y AN-263 (104.26 cm), presentaron valores más altos (grupo a), superando significativamente a los demás genotipos. Pelón Colorado registró la menor altura (89.26 cm), ubicándose en el grupo c. los genotipos restantes mostraron valores intermedios.

Respecto a longitud de espiga (ESPLONG), Pelón Colorado presentó la mayor longitud (10.31 cm), diferenciándose estadísticamente de AN-263 y AN-373, que mostraron las espigas más cortas (grupo b). los demás genotipos se ubicaron en una categoría intermedia (ab).

Para la longitud de arista (ARILONG), AN-193 y AN-197 registraron los valores más altos (5.11 y 4.85 cm), formando el grupo estadístico superior (a). Por el contrario, AN-263, AN-366 y AN-373 presentaron las aristas más cortas (grupo c), mientras que Pelón Colorado mostró un valor intermedio (bc).

Finalmente, en pico de la gluma, AN-193, AN-197 y AN-373 obtuvieron los valores más altos (grupo a), mientras que Pelón Colorado registró el valor más bajo (grupo c). AN-263 y AN-366 se ubicaron en un grupo intermedio (bc).

Cuadro 4: Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para caracteres cuantitativos en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.).

Genotipo	EE (Días)		APTA (CM)		ESPLONG (CM)		ARILONG (CM)		PICGLU (MM)	
AN-193	70.25	b	96.52	b	9.81	ab	5.11	a	3.81	a
AN-197	69.04	c	101.34	ab	10.03	ab	4.85	a	3.56	a
AN-263	68.33	d	104.26	a	8.75	b	1.07	c	1.24	bc
AN-366	69.58	c	105.62	a	9.26	ab	0.92	c	1.66	bc
AN-373	69.08	c	98.56	b	8.89	b	1.06	c	3.58	a
Pelón Colorado	77.24	a	89.29	c	10.31	a	3.04	b	1.02	c

EE= época de espigado; APTA= altura de planta; ESPLONG= longitud de la espiga; ARILONG= longitud de la arista; PICGLU= pico de la gluma; CM= centímetros; MM= milímetros; CV= coeficiente de variación. $p \leq .05$ (*), $p \leq .01$ (**).

4.3. Análisis de componentes principales

Con el objetivo de evaluar la variabilidad entre los genotipos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando variables EE (época de espigado), APTA (altura de planta), ESP (longitud de espiga), ARI (longitud de arista) y PICO (pico de la gluma). Estas variables fueron seleccionadas por ser descriptores cuantitativos relacionados con la caracterización y porque presentaron variación entre los materiales

Los dos primeros componentes principales explicaron el 89.61% de la variación total observada. El CP1 explicó el 56.61% y el CP2 el 33.01% (Cuadro 5).

Cuadro 5: Varianza total explicada por los dos primeros componentes principales derivados del análisis multivariado de caracteres cuantitativos.

Componente	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)
CP1	56.61	56.61
CP2	33.01	89.61

El CP1 presentó cargas positivas para longitud de espiga, época de espigado y longitud de arista y negativa para altura de planta. El CP2 estuvo influenciado principalmente por pico de la gluma y longitud de arista en sentido negativo y por época de espigado en sentido positivo (Cuadro 6).

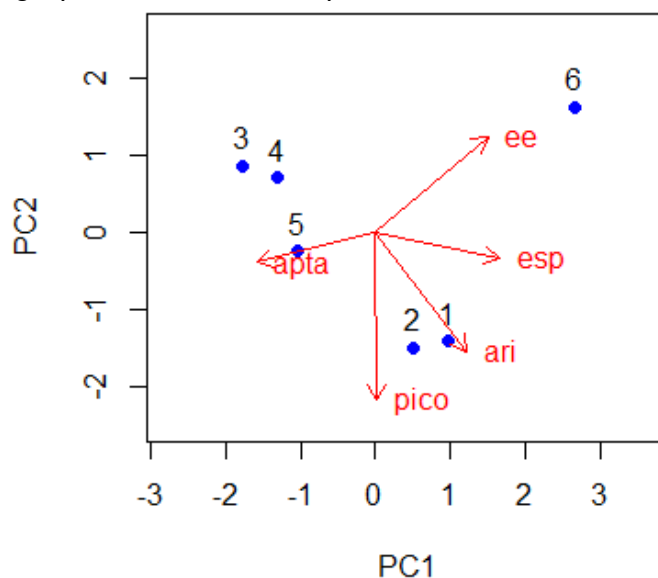
Cuadro 6. Cargas factoriales y contribución relativa de los caracteres cuantitativos en los dos primeros componentes principales.

Variable	CP1	CP2
EE	0.499	0.415

APTA	-0.529	-0.133
ESP	0.554	-0.113
ARI	0.406	-0.519
PICO	0.005	-0.726

En el biplot del ACP (Figura 1) se observó una clara diferenciación entre los genotipos. El genotipo PC se ubicó en el cuadrante positivo de ambos componentes, mientras que AN-197 se asoció principalmente con la longitud de la arista y el pico de la gluma. Los genotipos AN-263 y AN-366 se posicionaron en el cuadrante superior izquierdo, y AN-373 mostró comportamiento intermedio.

Ilustración 19. Biplot del Análisis de Componentes Principales (ACP), mostrando la distribución de los genotipos y la contribución de las variables evaluadas bajo condiciones de campo en seis variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.)



Nota. 1= AN-193; 2=AN-197; 3= AN-263; 4= AN-366; 5= AN-373; 6= Pelón Colorado; EE= época de espigado; APTA= altura de planta; ESP= longitud de la espiga; ARI= longitud de arista; PICO= pico de la gluma.

4.4. Germinación

El análisis de varianza (Cuadro 7) reveló que no hubo diferencias significativas entre los genotipos en las variables vigor (VG) y plántulas normales (PN). Del mismo modo, el efecto de repetición no resultó significativo, lo que indica homogeneidad en las condiciones experimentales y un control adecuado de la variabilidad ambiental.

Los coeficientes de variación fueron de 6.89% para vigor y 4.17% para plántulas normales, valores considerados bajos en estudios de calidad fisiológica. En ensayos

de germinación, un coeficiente de variación inferior al 10% se interpreta como señal de buena precisión experimental y adecuada uniformidad en las condiciones de evaluación.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de calidad fisiológica de semilla en seis genotipos de trigo evaluados bajo un diseño experimental de bloques completos al azar.

FV	GL	VG (CM)	Pr > F	PN (CM)	Pr > F
Repetición	3	16.91	0.6986 ns	4.08	0.3816 ns
Genotipo	5	41.81	0.3441 ns	2.25	0.7754 ns
Error	15	30.41	—	5.36	—
CV (%)	—	6.89	—	4.17	—

Nota. FV= fuente de variación; CM= cuadrado medio; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo ($p > 0.05$)

4.5. GAC2100

El cuadro 8 muestra la caracterización física del grano mediante el analizador GAC2100. Donde el contenido de humedad varió entre 8.70 y 9.90%, siendo AN-193 el de mayor contenido y Pelón Colorado el de menor. Este parámetro es importante, ya que está relacionado con la capacidad de almacenamiento y conservación del grano.

La temperatura registrada osciló entre 63.83 y 64.40 °F entre los genotipos evaluados, siendo un factor importante en la medición de las propiedades físicas del grano.

Respecto al peso volumétrico, AN-193 y AN-373 registraron los valores más altos, mientras que Pelón Colorado presentó el valor más bajo (47.43 kg hL^{-1}), destacándose como un rasgo distintivo en este material. Este carácter es importante, ya que se asocia con la calidad física, densidad y grado de llenado del grano.

Cuadro 8. Caracterización física del grano mediante analizadores GAC2100 en seis genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.).

Genotipo	Humedad (%)	Temperatura (°F)	Peso volumétrico (kg hL^{-1})
AN-193	9.90 ± 0.10	63.83 ± 0.11	58.40 ± 0.10
AN-197	9.63 ± 0.06	63.90 ± 0.26	57.63 ± 0.29
AN-263	9.40 ± 0.00	64.13 ± 0.47	56.90 ± 0.10

AN-366	9.33 ± 0.06	64.03 ± 0.47	56.10 ± 0.10
AN-373	9.80 ± 0.00	64.07 ± 0.42	58.23 ± 0.15
Pelón Colorado	8.70 ± 0.10	64.40 ± 0.40	47.43 ± 0.31

Nota. Valores expresados como media ± desviación estándar.

V. Conclusiones

La caracterización de los seis materiales de trigo evaluados bajo condiciones de Buenavista, Saltillo, Coahuila, permitió cumplir con el objetivo, al mostrar diferencias en caracteres cualitativos y cuantitativos. En los descriptores cualitativos, rasgos como porte de la planta, forma de espiga y color de grano mostraron uniformidad, caracteres como pigmentación antociánica, hoja bandera recurvada y la glaucescencia permitieron distinguir a los genotipos experimentales (AN-193, AN-197 y AN-263) de los comerciales (AN-366, AN-373 y Pelón Colorado).

En los caracteres cuantitativos, se confirmaron diferencias significativas entre genotipos, destacando variables como época de espigado y altura de planta. Asimismo, los caracteres de espiga como longitud, arista y pico de la gluma contribuyeron a la diferenciación varietal. En cuanto la calidad física, AN-366 y AN-373 presentaron mayor uniformidad y valores superiores en peso volumétrico, mientras que Pelón Colorado mostró valores inferiores y los genotipos experimentales se ubicaron en valores intermedios.

En cuanto a la calidad fisiológica, no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos, lo que indicó un comportamiento adecuado en condiciones controladas.

Finalmente, en cuanto a la calidad física, se observaron diferencias en el contenido e humedad y peso volumétrico, destacando AN-193 y AN-373 por presentar valores elevados, mientras que Pelón Colorado mostró valores más bajos, mostrando una menor densidad del grano.

Literatura citada

- Acevedo, E. S. P. S. H., Silva, P., & Silva, H. (2002). Wheat growth and physiology. *Bread wheat, improvement and production*, 30, 39-70.
https://www.researchgate.net/profile/Edmundo-Acevedo-2/publication/254312224_GROWTH_AND_WHEAT_PHYSIOLOGY_DEVELOPMENT/links/6806e2c760241d514012fa59/GROWTH-AND-WHEAT-PHYSIOLOGY-DEVELOPMENT.pdf
- Anayansi, E. A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., Barrón-Hoyos, J. M., Figueroa-Cárdenas, J. D. D., & López-Cervantes, J. (2013). La nixtamalización y su efecto en el contenido de antocianinas de maíces pigmentados, una revisión. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(4), 429-437.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2013.4.429>
- Aboites-Manrique, G., & Martínez, F. (2005). La propiedad intelectual de variedades vegetales en México. *Agrociencia*, 39(2), 237-245.
<https://www.redalyc.org/pdf/302/30239212.pdf>
- Bertrand, B., Aguilar, G., Santacreo, R., & Anzueto, F. (1999). El mejoramiento genético en América Central. In *Proceedings of the III International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agro Industry, Londrina* (pp. 20).
https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2021-08/010022391.pdf
- Bisht, J. K., Mina, B. L., Srivastava, A. K., Kant, L., & Gupta, H. S. (2022). Forage and grain yield of dual-purpose wheat as affected by sowing time and cutting schedule under the sub-temperate region of the Indian Himalayas. *Tropical Agriculture*.
- Bustos, S. M., Pinto-Poblete, A., Aillapán, M. B., Tisnao, Y. R., Vasquéz, M. J., Ferrada, V. C., ... & Morales, F. P. (2024). Respuesta morfológica y rendimiento de trigo

(*triticum aestivum*) a productos bioestimulantes. *Revista Científica Cuadernos de Investigación*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.59758/rcci.2024.2.e27>

Domínguez-García, I. A., Reyes Altamirano-Cárdenas, J., Barrientos-Priego, A. F., & Ayala-Garay, A. V. (2019). Análisis del sistema de producción y certificación de semillas en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 347-356. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n4/0187-7380-rfm-42-04-00347.pdf>

Domínguez-Martínez, P. A., Mendoza-Pedroza, S. I., Jiménez-Ocampo, R., Hernández-Torres, G., Pro-Martínez, A., Vaquera-Huerta, H., Alejos-de la Fuente, J. I., & Villarreal-González, J. A. (2024). Cereales de grano pequeño: alternativa para producción de forraje durante la época de invierno. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.398>

Espitia Rangel, E., Martínez Cruz, E., Villaseñor Mir, H. E., Hortelano Santa Rosa, R., Limón Ortega, A., & Lozano Grande, A. (2021). Variabilidad genética y criterios de selección del rendimiento y los componentes en trigos harineros de temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(2), 305-315. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2787>

Huerta Espino, J., Rodríguez Contreras, M. E., Rodríguez García, M. F., Villaseñor Mir, H. E., Leyva Mir, S. G., & Espitia Rangel, E. (2011). Variación genética de la resistencia a *Puccinia triticina* E. en trigos duros de Oaxaca, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 34(1), 35-41. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v34n1/v34n1a7.pdf>

International Seed Testing Association (ISTA). 2010. International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. <https://www.seedtest.org/en/publications/international-rules-seed-testing.html>

- Kumar, P., Gill, H. S., Singh, M., Kaur, K., Koupal, D., Talukder, S., ... & Sehgal, S. K. (2024). Characterization of flag leaf morphology identifies a major genomic region controlling flag leaf angle in the US winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 137(9), 205. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-024-04701-1>
- Ramírez Vázquez, J., Hortelano Santa Rosa, R., Villaseñor Mir, H. E., López Herrera, E., Martínez Cruz, E., & Espitia Rangel, E. (2016). Evaluación de variedades y líneas uniformes de trigo harinero de temporal en Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(3), 655-667. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n3/2007-0934-remexca-7-03-655.pdf>
- Ramos, D. M. H., Herrera, S. A. R., Rojas, N. P., Benítez, A. L., Osuna, H. T. G., del Río, A. J. L., & Rico, A. M. (2024). Contenido de antocianinas y características físicas de granos de 300 accesiones de maíz pigmentado. *Revista Bio Ciencias*, 11. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1578>
- Ley Federal de Variedades Vegetales (LFVV) (2022). *Cámara de Diputados* <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFVV.pdf>
- Lorenzo, M., Assuero, S. G., & Tognetti, J. A. (2015). Temperature impact on the forage quality of two wheat cultivars with contrasting capacity to accumulate sugars. *Agriculture*, 5(3), 649–667. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030649>
- López-Jara, A. G., Reta-Sánchez, D. G., Reyes-González, A., Santana, O. I., López-Calderón, M. J., & Sánchez-Duarte, J. I. (2022). Composición nutritiva y productividad de forrajes alternativos de otoño-invierno en diferentes fechas de siembra del norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(Especial 28), 125–135. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3268>

- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia agricola*, 72(4), 363-374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Marzario, S., Sica, R., Taranto, F., Fania, F., Esposito, S., De Vita, P., ... & Logozzo, G. (2023). Phenotypic evolution in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) based on SNPs, morphological traits, UPOV descriptors, and kernel-related traits. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1206560. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1206560>
- México. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (1996). *Ley Federal de Variedades Vegetales*. Diario Oficial de la Federación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFVV.pdf>
- Miller, T. D. (2000). Estadios de crecimiento del cultivo de trigo. La identificación y su entendimiento para un mejor manejo de los cultivos. *Inpofos*, 6, 7-10. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2000/06/EstadioFeekes.pdf>
- Pérez, G. R. (2025). Alternativas de cultivo para la producción de forraje en el sur de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i8.3886>
- Reynolds, M., Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Berry, P., Parry, M. A., Snape, J. W., & Angus, W. J. (2009). Raising yield potential in wheat. *Journal of experimental botany*, 60(7), 1899-1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp016>
- Salinas Moreno, Y., García Salinas, C., Coutiño Estrada, B., & Vidal Martínez, V. A. (2013). Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 36, 285-294. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36s3-a/v36s3-aa5.pdf>
- Sauceda Acosta, C. P., Villaseñor Mir, H. E., Lugo García, G. A., Partida Ruvalcaba, L., González Hernández, V. A., & Reyes Olivas, Á. (2017). Tamaño y número de granos de trigo analizados mediante procesamiento de imagen

digital. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 517-529.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.28>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). “Certificación de Semillas, aval de buena cosecha.” (2019).
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/certificacion-de-semillas-aval-de>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2015). *MANUAL GRÁFICO PARA LA DESCRIPCIÓN VARIETAL*. <https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/manuales-graficos>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SADER). “Reglas para la calificación de semilla” (2021).
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/591617/Informe_Consejo_13_octubre.pdf

Simón, M. R., & Golik, S. I. (2022). *Cereales de invierno*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/154685>

Solís Moya, E., Huerta Espino, J., Pérez Herrera, P., Villaseñor Mir, H. E., Ramírez Ramírez, A., & Ledesma Ramírez, L. (2017). Cisne F2016: nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte para El Bajío, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(8), 1911-1917 <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.715>

Suaste Franco, M. D. P., Zamora Villa, V. M., Reyes Valdes, M. H., Villaseñor Mir, H. E., Santacruz Varela, A., & Solís Moya, E. (2015). Agrupamiento de genotipos de la colección nacional de trigo en base a genes de interés agronómico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 695-706.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n4/v6n4a3.pdf>

- Torres-Tapia, M. A., Valdez-Hernández, M. Á., Zamora-Villa, V. M., Colín-Rico, M., & Vázquez-Badillo, M. E. (2016). Descripción varietal de tres genotipos de trigo forrajero para el noreste de México. *Agraria*, 13(2), 79–86.
<https://doi.org/10.59741/agraria.v13i2.579>
- UPOV. 1994. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity, and stability of wheat (*Triticum aestivum* L. emend, Fiori et Paol.). 21p.
https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa_42/tg_3_12_proj_2.pdf
- UPOV. 2002. Introducción general al examen de la distinción, la homogeneidad, la estabilidad y la elaboración de descripciones armonizadas de las obtenciones vegetales. Ginebra: UPOV. 28p.
- Valdez Hernández, M. Á., & Torres Tapia, M. A. (2015). Descripción varietal de tres genotipos de trigo forrajero para el noreste de México.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42534>
- Velasco-López, J. L., Ruiz-Torres, N. A., Sosa-Flores, M. A., Aíl-Catzim, C. E., & Sánchez-Ramírez, F. J. (2025). Evaluación del rendimiento de grano de 55 líneas de triticales en el Valle de Mexicali. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 16(1).<https://doi.org/10.29312/remexca.v16i1.3522>
- Villaseñor Mir, H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE11), 2183-2189.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v0i11.796>.
- Villaseñor Mir, H. E., Huerta Espino, J., Espitia Rangel, E., Solís Moya, E., Osorio Alcalá, L., Ireta Moreno, J., & Pérez Herrera, P. (2014). Altiplano F2007, nueva variedad de trigo para siembras de temporal. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(SPE7), 1355-1361.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014001100011&script=sci_arttext

Zamora Villa, V. M., Colín Rico, M., Torres Tapia, M. A., Rodríguez García, A., & Jaramillo Sánchez, M. A. (2016). Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigos imberbes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 291–300

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342016000200291&script=sci_arttext

Zilio, M., Peloso, J. A., & Mantovani, A. (2018). *Forage and grain production of dual-purpose wheat under different sowing densities, nitrogen fertilizer levels, and cut managements*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 16(4), 367–375.

[10.5965/223811711642017367](https://doi.org/10.5965/223811711642017367)