



## EVALUATION OF THE DON LUPE ORO C2020 AND CIANO M2018 WHEAT VARIETIES DURING THE 2022-2023 CYCLE IN THE MEXICALI VALLEY, MEXICO †

[EVALUACIÓN DE LAS VARIETADES DE TRIGO DON LUPE ORO C2020 Y CIANO M2018 DURANTE EL CICLO 2022-2023 EN EL VALLE DE MEXICALI, MÉXICO]

Juan Ángel Espinoza-Alonso<sup>1</sup>, Marisol Galicia-Juárez<sup>1\*</sup>,  
Carlos Enrique Ail-Catzim<sup>1</sup>, Blanca Margarita Montiel-Batalla<sup>1</sup>,  
José Luis Velasco-López<sup>2</sup>, Roberto Soto-Ortiz<sup>1</sup>  
and Deyanira Quistián-Martínez<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera a Delta s/n, Ejido Nuevo León, Baja California, México. C.P. 21705.

Email: [juan.espinoza.alonso@uabc.edu.mx](mailto:juan.espinoza.alonso@uabc.edu.mx); [marisol.galicia.juarez@uabc.edu.mx](mailto:marisol.galicia.juarez@uabc.edu.mx)\*; [carlos.ail@uabc.edu.mx](mailto:carlos.ail@uabc.edu.mx); [blanca.montiel@uabc.edu.mx](mailto:blanca.montiel@uabc.edu.mx); [roberto\\_soto@uabc.edu.mx](mailto:roberto_soto@uabc.edu.mx)

<sup>2</sup>Univerisdad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento, Calzada Antonio Narro 1923, col. Buena vista, Saltillo Coahuila, México. C.P. 23515. Email: [Josevelascol@uaaan.edu.mx](mailto:Josevelascol@uaaan.edu.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Biológicas-Universidad Autónoma de Nuevo León. Av. Pedro de Alba s/n colonia Niños héroes, San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México. C.P. 66455. Email: [deyanira.quistianmrt@uanl.edu.mx](mailto:deyanira.quistianmrt@uanl.edu.mx)

\*Corresponding author

### SUMMARY

**Background:** México in 2021 obtained the position number 37 in wheat production in the world with 3.5 M of tons, Baja California state contributes with 7 % of total production with a yield of 6-t ha<sup>-1</sup>. Spread new varieties by Mexican territory implies to describe them in farming regions which becomes an essential labor in the constant pursuit of improving of yield and quality in wheat production. **Objective:** To assess the development, yield and quality of two new wheat varieties released by International Maize and Wheat Improvement and the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. **Methods:** Wheat varieties, a bread variety (CIANO M2018) and a crystalline variety (DON LUPE C2020) were sown in six plot of 6 x 100 meters, each one, resulting in 12 experimental units arranged by a completely randomized design with the objective of register the principal phenological stages base on heat units and cold hours, yield and quality thus. Per each variety were registered main phenological states based on heat units and cold hours, besides the assessment of yield components as (tiller numbers and leaves, plant height, spikelets by spike, grains by spike, wide and large of the spike, weight of 100 seeds, spike by plant and spike m<sup>2</sup>) and physical quality (yield, hectoliter weight, humidity and protein percentage) data obtained were analyzed by a T-student medium comparison with a minimum level of significance of  $p \leq 0.05$ . **Results:** Ciano M2018 variety, shows early development with 129 days after sowing to achieve physiological maturity in comparison to 158 days in commercial varieties, also showed 6.38 t ha<sup>-1</sup> in yield and 10.23 % of grain protein. Beside Don Lupe Oro C2020, show same quantity of days to maturity in comparison the 140 days in commercial traits, with 5.6 t ha<sup>-1</sup> and 10.89 % of gran protein. **Implications:** After the evaluation of these varieties, different fertilization programs must be tested to establish the highest production potential. Additionally, since these are recently released varieties, access to them is subject to the availability from INIFAP and CIMMYT **Conclusion:** Previous reports of these traits in Valle del Yaquis in Sonora state, show a range of values associated to development, yield and quality.

**Key words:** Yield components; crystalline wheat; bread wheat.

† Submitted January 31, 2024 – Accepted June 3, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5440>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Juan Angel Espinoza-Alonso: <https://orcid.org/0009-0009-0711-4469>, Marisol Galicia – Juárez: <https://orcid.org/0000-0003-3319-3673>, Carlos Enrique Ail-Catzim: <https://orcid.org/0000-0003-3426-1578>, José Luis Velasco-Lopez: <https://orcid.org/0000-0002-8967-1446>, Blanca Margarita Montiel-Batalla: <https://orcid.org/0000-0003-0959-5365>, Roberto Soto-Ortiz: <https://orcid.org/0000-0002-9568-4104>, Deyanira Quistián – Martínez: <https://orcid.org/0000-0002-5949-6907>

## RESUMEN

**Antecedentes:** En el año 2021, México obtuvo el trigésimo séptimo lugar en la producción de trigo a nivel mundial con una producción de 3.5 millones de toneladas, el estado de Baja California aportó el 7 %, con una producción promedio de 6 t ha<sup>-1</sup>. Caracterizar nuevas variedades de trigo en las diferentes regiones agrícolas de México, es una tarea fundamental en la liberación de variedades para mejorar la producción agrícola de este cultivo en términos de rendimiento y calidad. **Objetivo:** Evaluar el desarrollo, rendimiento y calidad dos variedades de trigo producidas en conjunto por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. **Metodología:** Las variedades de trigo harinero (CIANO M2018) y de trigo cristalino (DON LUPE ORO C2020), fueron establecidas, en la localidad Benito Juárez del Valle de Mexicali, en seis parcelas de 6 x 100 m por variedad, cada parcela fue considerada una unidad experimental y fueron distribuidas bajo un diseño completamente al azar. Para cada variedad se registraron las principales etapas fenológicas en base a unidades calor y horas frío, además se determinaron los componentes de rendimiento (número de macollos y hojas, altura de la planta, espiguillas por espiga, granos por espiga, ancho de espiga, peso de 100 semillas, longitud de espiga, espigas por planta y espigas m<sup>2</sup>) y se realizó un análisis de calidad física del grano (rendimiento, peso hectolítrico, humedad y porcentaje de proteína). Los datos obtenidos se analizaron a través de una comparación de medias T-student con nivel de significancia de  $p \leq 0.05$ . **Resultados:** La variedad Ciano M2018 resultó ser una variedad precoz con 129 días a madurez fisiológica en comparación con otras variedades de trigo harinero que alcanzan alrededor de 158 días, además obtuvo altos rendimientos de 6.38 t ha<sup>-1</sup>, con porcentaje de proteína del 10.23, la variedad de trigo cristalino Don Lupe Oro C 2020, también resultó con característica de variedad precoz a madurez fisiológica con 129 días después de la siembra (dds) en comparación a las variedades cristalinas que se utilizan actualmente con 140 dds a madurez fisiológica, con rendimientos de 5.6 t ha<sup>-1</sup> y 10.89 % de proteína. **Implicaciones:** Posterior a la evaluación de estas variedades, se deberán probar diferentes programas de fertilización, con el propósito de establecer el mayor potencial de producción, además de que al ser variedades de reciente liberación el acceso a estas variedades está sujeto a la disponibilidad del INIFAP y del CIMMYT. **Conclusión:** Se reportan evaluaciones previas de estas variedades en el Valle del Yaqui en Sonora, lo cual permite establecer un rango de días a madurez fisiológica, rendimientos y calidad para estas variedades.

**Palabras clave:** componentes de rendimiento; trigo cristalino; trigo harinero.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2021, México ocupó la trigésima séptima posición dentro de la lista que comprende a los 123 países productores de trigo en el mundo, con una producción mundial que supera las  $3.5 \times 10^6$  toneladas de grano de trigo anuales (SIAP, 2022). La producción de trigo en grano en el Estado de Baja California para el año 2022 representó el 7 % de la producción nacional, con un rendimiento promedio de 6.0 toneladas, lo que supera la media nacional de 3.2 t ha<sup>-1</sup>, ocupando el tercer lugar en producción de este cultivo, solo por debajo del estado de Sonora y Guanajuato (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera, 2022). Actualmente en México: el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), tienen el compromiso de atender las necesidades nacionales en materia de mejora de rendimientos en la producción de granos con relevancia a nivel mundial, por ello constantemente se desarrolla el mejoramiento de variedades de trigo que respondan las necesidades de los diferentes sectores.

El 96 % de la producción de trigo en México ( $3.5 \times 10^6$  toneladas) se obtiene en el ciclo otoño-invierno (noviembre- mayo) y se divide por tipo de grano, el 46 % corresponde a trigo panificable y el 54 % a trigo cristalino, en el año 2021 el consumo de este grano se ubicó en 7.92 mdt (más del doble de la producción

nacional), de las cuales el 85 % fueron trigo panificable (importando el 78 %) y el 15 % a trigo cristalino, del cual existe un superávit que permite exportar el 33 % de su producción, lo que hace evidente la necesidad en el país de mejorar la producción de los grupos panificables, derivado de esta situación el gobierno mexicano a partir del año 2019 ha establecido precios de garantía únicamente para los trigos panificables, dicho precio en 2022 fue de 6900 pesos mexicanos (415 USD/MXN de 16.62 en marzo 2024) por tonelada, con distintos incentivos hacia la productividad y ciertas restricciones, situación totalmente diferente para el trigo cristalino ya que no cuenta con precios de garantía, pero si con dichos incentivos (Dirección de investigación y Evaluación Económica y Sectorial, 2022).

La importancia del cultivo de trigo radica en que se ha vuelto parte de la dieta del ser humano, debido a sus altos contenidos de gluten con proteínas, lo que lo hace diferente a otros cereales, es esta cualidad la que permite obtener sus productos derivados y clasificar al trigo dependiendo de su utilización (Avenida-Ruiz, Acosta-Martínez and Varela-Llamas, 2010). En México existe la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-36-1984 donde menciona las condiciones y características para comercializar el trigo, considerando a *Triticum aestivum* y *Triticum durum*, agrupando a este cultivo según las características de gluten (fracción de la proteína de trigo que retiene el gas producto de la fermentación durante la

panificación) de la siguiente manera: Gluten fuerte: Trigo destinado a la industria de panificación y que se mezcla con trigos suaves, gluten medio fuerte: Trigo destinado a la panificación manual y que se mezcla con trigos suaves, gluten suave: Trigo destinado a elaborar tortillas, buñuelos y los productos asociados, gluten tenaz: Trigo destinado a industrias galleteras y para la elaboración de donas, grano cristalino: Trigo destinado a elaboración de pastas y macarrones y también para mezclas en productos panificables. Las características del grano que incluye la norma mencionada anteriormente para la comercialización de trigo son: humedad, impurezas, granos dañados, granos dañados por calor, granos dañados por insectos, microorganismos, por germinación, heladas, granos inmaduros, granos con panza blanca, peso hectolítrico y contenido de proteína (De la O - Olan *et al.*, 2012), el cumplir con los límites establecidos confiere al producto evaluado el término “Calidad México” (Gobernación, 1984)

En la mayoría de los casos cuando se evalúan nuevas variedades de trigo en función de mejoras de rendimientos, la fertilización, el control de malezas, enfermedades, el método de siembra y la cantidad de plantas por hectáreas encabezan la lista de los factores limitantes en su producción (Ali *et al.*, 2009), siendo los últimos dos los que toman mayor relevancia ya que determinan el crecimiento adecuado del cultivo, si hay competencia entre las plantas y la tasa de conversión de energía solar (Suaste-Franco *et al.*, 2013) siendo la densidad óptima aquella que capte el 90 % de la radiación solar que incide cuando las espigas comienzan su crecimiento (Slafer and Satorre, 1999).

Otros componentes que deben ser considerados, son los estados fenológicos que se relacionan directamente con el rendimiento de grano de trigo, uno de ellos, es la producción del número de macollos, ya que impacta directamente al rendimiento, pues cada macollo producirá una espiga, este proceso es dependiente de la vernalización, la cual se define como el proceso por el cual ocurre una aceleración de transición del estado reproductivo a la floración, inducido por temperaturas frías (Chouard, 1960; Dixon *et al.*, 2019), para este cultivo estas temperaturas oscilan entre 0 y 12 °C (Ahrens and Loomis, 1963) 0 y 11 °C (Brooking, 1996) y 3 a 10 °C (Weir *et al.*, 1984) y se denominan “umbrales térmicos”, los cuales son rangos de temperaturas en las que un cultivo se desarrolla apropiadamente y la exposición por encima o por debajo de estos umbrales afecta las etapas de desarrollo de los cultivos, en el caso del cultivo de trigo, cada etapa fenológica presenta umbrales térmicos diferentes para cada etapa fenológica, es por esto que se utilizan las fechas de siembra para el establecimiento del cultivo, (Barberis, 2018). Elegir variedades que tengan patrones de desarrollos con un menor requerimiento de horas frío, resulta de suma importancia, ya que cómo

menciona (Moreno Dena, Salazar Solano and Rojas Rodríguez, 2018), se espera que las temperaturas que se registren en la región incrementen de uno a dos grados centígrados derivado del cambio climático, por lo que las horas frío tendrán una tendencia a reducirse, provocando disminuciones en los rendimientos actuales en el cultivo de trigo y otros cultivos de invierno en la región.

Por lo anteriormente mencionado, en la región del Valle de Mexicali, los umbrales térmicos que permiten a la planta de trigo experimentar estas temperaturas se logran alcanzar en las fechas de siembra establecidas, del 15 de noviembre al 15 de diciembre, sin embargo, debido a las variaciones de temperatura y eventos climáticos derivados de la del actual cambio climático, hacen necesario que se evalúen constantemente las variedades y también se registren los datos en cuanto a las horas frío y unidades calor, que permitan en caso de ser necesario la modificación de fechas de siembra y la optimización de la interacción del ambiente con el cultivo. En la búsqueda de alternativas que permitan establecer nuevas variedades de trigo para el Valle de Mexicali, se desarrolló este trabajo de investigación, con objetivo de registrar las principales etapas fenológicas en base a unidades calor, evaluar los componentes de rendimiento y calidad física del grano de dos variedades de trigo, una del grupo panificable y otra del grupo cristalino.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Dos variedades de trigo fueron evaluadas en esta investigación, una variedad de trigo harinero que lleva por nombre CIANO M2018 y una variedad de trigo cristalino que lleva por nombre Don Lupe Oro C2020, ambas variedades fueron proporcionadas por CIMMyT e INIFAP.

### Establecimiento del ensayo en campo

Las dos variedades de trigo: Don Lupe Oro C2020 y CIANO M2018 fueron establecidas utilizando una sembradora mecánica marca John Deere® modelo BD1108 de ocho líneas de salida a chorrillo con fecha de siembra del 22 de diciembre del 2022 en el campo experimental del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 41 (CBTA 41) ubicado en el ejido Benito Juárez de la ciudad de Mexicali, Baja California, México, en las coordenadas 32°33'35.2"N y 115°01'28.6"W, con una altitud de 15 msnm.

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (variedades C2020 y M2018), cada tratamiento se estableció en seis melgas de 6 x 100 m, con seis repeticiones, cada melga se consideró como una

unidad experimental, teniendo un total de 12 unidades experimentales en todo el experimento (Figura 1). La siembra fue en plano con una densidad de semilla de 200 kg ha<sup>-1</sup> (400 plantas m<sup>2</sup>) y una fertilización al momento de la siembra con urea y fosfato monoamónico con una relación de 90:10 en una dosis de 200 kg ha<sup>-1</sup>, se dotó de un riego de germinación y cuatro riegos de auxilio. El control de malezas se efectuó mediante el uso de herbicidas comerciales de compuestos fluoroxipir y pinoxaden posterior al riego de germinación.

### VARIABLES ANALIZADAS

#### Densidad de plantas

A los 15 y 23 días después de la siembra se realizaron conteos del número de plantas por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), esto se realizó utilizando un marco de 1 x 1 m, de material pvc, el cual se posicionó donde se observó mayor uniformidad de germinación dentro de la unidad experimental, dando preferencia al centro de las melgas. Posteriormente se realizó un promedio de las seis repeticiones por tratamientos y se calculó la densidad de siembra por m<sup>2</sup>.

Las siguientes variables fueron analizadas utilizando la escala de Zadoks (Zadoks, Chang and Konzak, 1974), según se ajustaran las etapas de desarrollo del cultivo, para el caso del cultivo de trigo, se describen 10 estados principales, que se denotan con una letra Z y a continuación el número del estado de desarrollo, de los cuales en esta investigación sólo se analizaron los siguientes:

#### Número de macollos (Z2)

A los 66 dds, posterior al inicio de la etapa de encañe y a los 74 dds se promediaron los datos obtenidos de

contabilizar el número de macollos, cuando se observaron tallos y hojas adicionales al tallo central, esto fue realizado en 10 plantas elegidas al azar en las seis repeticiones que se establecieron por tratamiento.

#### Número de hojas (Z1 – Z4)

Esta determinación se realizó promediando los datos obtenidos del conteo de hojas iniciando con el marcaje de la primera hoja verdadera desde su aparición (29 dds) hasta el conteo de la última cuando la planta llegó a la etapa de madurez fisiológica (129 dds) de 10 plantas elegidas al azar.

Las siguientes variables fueron determinadas a los 152 dds (Z9):

#### Altura de la planta

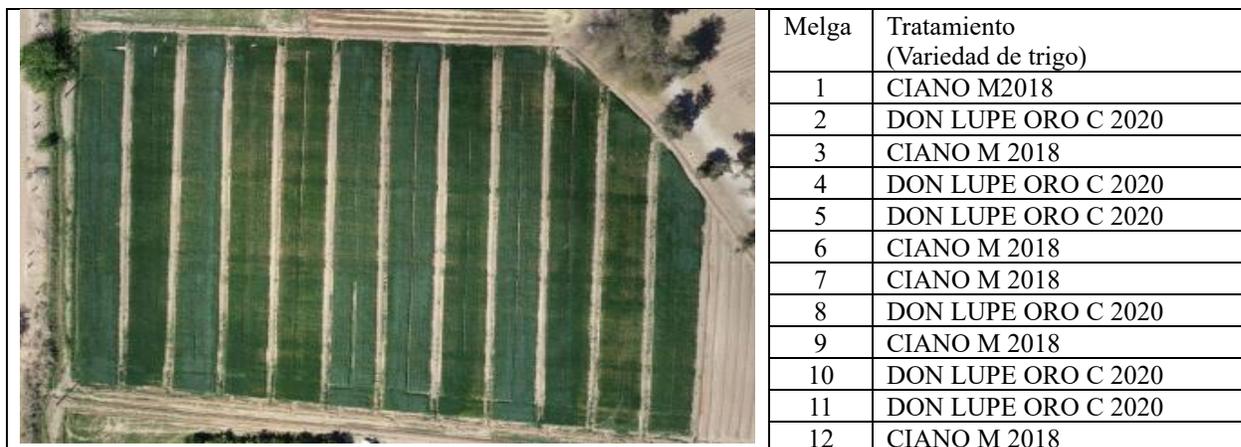
Se realizó promediando el conteo de los datos obtenidos midiendo por triplicado en cada unidad experimental, desde la base del suelo hasta la arista superior de la espiga de 10 plantas al azar, en las seis repeticiones por tratamiento.

#### Espigas por m<sup>2</sup>

Se realizó promediando el conteo por triplicado en cada unidad experimental, contabilizando el número de espigas en una superficie de 1 m<sup>2</sup>, en las seis repeticiones por tratamiento.

#### Espigas por planta

Se realizó promediando el conteo por triplicado en cada unidad experimental del número de espigas por planta de 10 plantas elegidas al azar dentro del m<sup>2</sup>, elegido de la variable espigas por m<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Fotografía aérea de lote experimental ubicado en el plantel de bachillerato CBTA 41, el ejido Benito Juárez de la ciudad de Mexicali, Baja California, México. De izquierda a derecha se contabilizan las 12 melgas que componen el experimento. Se indica la distribución de los tratamientos en cada melga.

### Espiguillas por espiga, ancho de espiga, longitud de espiga

A partir de la determinación de la variable anterior, se colectaron 10 espigas al azar por triplicado en cada unidad experimental y se realizó un promedio a partir del conteo manual del número de espiguillas contenidas en cada espiga, en las seis repeticiones por tratamiento. Posteriormente con un vernier se midió el ancho y largo de cada espiga y se calculó el promedio de cada submuestreo (3) por tratamiento.

### Numero de granos por espiga

Posterior a las determinaciones anteriores, se desgranaron las 10 espigas de cada submuestreo (3) por tratamiento y se contabilizó el número de granos y se promediaron el conteo de los valores obtenidos.

### Peso de 100 semillas

Se realizó el conteo de tres repeticiones de 100 semillas y se pesaron en una balanza analítica, para obtener el promedio de peso de 100 semillas.

### Rendimiento

Se realizó la cosecha de 1 m<sup>2</sup> por duplicado de cada melga y se registró el peso de los granos obtenidos y estimó el rendimiento a una hectárea y posteriormente se realizó un promedio de las seis repeticiones de cada tratamiento.

### Calidad de grano

Se determinaron porcentajes de humedad, proteína y peso hectolítrico de 800 g del grano cosechado por m<sup>2</sup> y fueron procesadas en un Aquamatic AM5200, Perten® obteniendo los porcentajes de humedad, proteína y peso hectolítrico.

### Cálculo de Unidades Calor y Horas Frío

El cálculo de unidades calor y horas frío se realizó gracias al programa “Sistema de información para el manejo del agua de riego de Baja California” el cual pone a disposición el registro de variables climatológicas de las región, dicho registro se lleva a cabo gracias a las estaciones meteorológicas ubicadas en todo el estado de Baja California, las estaciones meteorológicas utilizadas para este estudio fueron en la localidad Andrade, dicha estación es la más cercana al punto geográfico a donde se desarrolló el experimento. (Gámez, 2016). El portal para acceder a los servicios de SIMARBC se encuentra en el siguiente link de acceso: <http://apps.sedagro.gob.mx/simarbc>. El periodo utilizado en la obtención de estas variables fue a partir del día de siembra (22 de diciembre de 2022 al 25 de mayo de 2023).

Una vez obtenidos los datos de las temperaturas máximas y mínimas de los días que comprenden los años: 2018, 2019, 2020 y 2022 (año de la experimentación), se analizaron utilizando el sistema informático InfoStat y se determinó la desviación estándar.

### Análisis estadístico

Los análisis estadísticos efectuados fue una comparación de medias de los tratamientos mediante la prueba T -Student con un nivel de significancia  $\rho \leq 0.05$ , el software que se utilizó es InfoStat versión 2008. El diseño experimental fue un completo al azar, donde las variedades quedaron distribuidas de forma aleatoria en doce melgas de 6 x 100 m.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Registro de temperaturas máxima y mínimas y relación de las principales etapas fenológicas del cultivo de trigo de variedades en el noroeste de México

El registro de la temperatura máxima y mínima durante las principales etapas fenológicas para obtener las unidades calor y horas frío en el periodo que estuvo establecido el cultivo para este experimento, (el cual comprende desde el 21 de diciembre del año 2022 al 25 de mayo de 2023), con la finalidad de comprobar que las temperaturas para este cultivo siguen estando en los umbrales ideales y seguir reconociendo a esta zona agrícola para trigo, fueron los presentados en la tabla 1.

Las principales etapas fenológicas de los tratamientos se estimaron mediante las unidades calor y las horas frío, según la metodología de (Félix *et al.*, 2009) además, sus resultados fueron utilizados como referente en la tabla 2, debido a que el umbral para la fecha de siembra (15 diciembre) sigue vigente a la de la utilizada en la presente investigación para el cultivo trigo, en San Luis Río, Clorado, Sonora, ciudad que pertenece a la región Noroeste de México, así como el Valle de Mexicali por esto se compararon con los resultados de la presente investigación

**Tabla 1. Registro de temperaturas máximas y mínimas del Valle de Mexicali, México.**

Año	Temp máx (°C)	Temp min (°C)	Desv. est.
2018-2019	27.7	11.1	10.5
2019-2020	27.2	9.9	10.0
2022-2023	24.6	7.9	10.6

Desv. Est. Desviación estándar de la media.

**Tabla 2. Horas frío y unidades calor acumuladas por etapa fenológica en el establecimiento del cultivo de trigo en el ciclo 2022-2023 y comparación con los datos de producción de trigo de Sonora en el año 2008.**

Fecha de siembra	Variedades comerciales de la región		CIANO	DON LUPE ORO
	Noroeste		M2018	C2020
	15/12/2008		21/12/2022	21/12/2022
Plántula	UC	100	94.39	94.39
	HF	44	85	85
	dds	-	16	16
Amacollo	UC	202	38.2	38.2
	HF	147	55	55
	dds	-	23	23
Encañe	UC	186	139.1	139.1
	HF	193	453	453
	dds	-	66	66
Días a floración	UC	319	188.4	188.4
	HF	91	140	140
	dds	-	94	94
Madurez fisiológica	UC	919	959	959
	HF	415	90	90
	dds	123	129	129
Cosecha	UC	1726	1419	1419
	HF	968	823	823
	dds	-	154	154

UC =Unidades Calor, HF = Horas frío, dds = días después de la siembra

La estructura de la presentación de resultados y discusión a continuación se aborda en el orden de desarrollo fenológico del cultivo de trigo en sus principales etapas fenológicas y su relación con la presencia de horas frío y unidades calor.

### Amacollamiento y encañe

La planta de trigo comienza a producir macollos (de 1 a 5) a partir de la aparición de la segunda y tercera hoja hasta la formación del primer nudo, esta etapa depende de la disponibilidad de los nutrientes, la variedades y principalmente de la fecha de siembra debido a la acumulación de horas frío (Abadia *et al.*, 2017) ya que cuando las temperaturas invernales se presentan, aceleran el proceso de producción de macollos y puede tener una duración de 30 a 35 días con un acumulado de 150 horas frío, aproximadamente (Félix *et al.*, 2009; Pask *et al.*, 2013). En los resultados presentados en esta investigación, la presencia de horas frío tuvo una duración superior a los 30 días superando el cúmulo de 170 horas y se presentaron hasta llegar la etapa de encañe, lo que probablemente, provocó condiciones de estrés, siendo para la variedad CIANO M2018 la cantidad de 3.28 macollos y para la variedad de DON LUPE ORO C 2020 valores de 3.78 macollos por planta, además del factor de densidad, el cual, se recomienda según (Brajcich Gallegos *et al.*, 2015) en la Agenda técnica agrícola de Baja California publicada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) e INIFAP, sea de entre 100 y 120 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que

la densidad en este experimento fue de 200 kg ha<sup>-1</sup>, lo que pudo haber generado una competencia entre planta y una disminución en la generación de posibles macollos, sin embargo, es importante mencionar que la duración de la etapa del macollaje condiciona también el número de macollos, por lo que estas variedades evaluadas en este experimento al ser de ciclos cada vez más cortos, el periodo del tiempo para recibir las horas frío y así promover la producción de macollos debe ir acompañado de un buen paquete tecnológico adaptado a cada variedad en particular (Abadia *et al.*, 2017).

Las variedades de trigo establecidas en el experimento fueron de tipo panificable y cristalino (CIANO M2018 y Don Lupe Oro C2020, respectivamente), ambas presentaron un desarrollo fenológico análogo descrito en la tabla 2. Ambas variedades presentaron días a floración a los 94 dds y madurez fisiológica a los 129 dds, datos contrastantes con la investigación realizada por (Chávez-Villalba *et al.*, 2021), quienes reportan para la variedad CIANO M2018 76 dds para llegar a floración y 123 dds para madurez fisiológica, los cambios en el estado de vegetativo a reproductivo del ocurre durante la primera mitad del macollaje, llegando a la aparición de primordios donde se forma la espiguilla terminal y es en este estado donde quedan definidas el número de hojas y el número potencial de las espiguillas (Abadia *et al.*, 2017). Las variedades harineras comerciales: Rayón 89, Cachanilla F2000, Kronstad F2004 y Roelfs F2007 actualmente son utilizadas en la región agrícola del noroeste de México, particularmente en el estado de Baja California y

Sonora, presentan días a floración de 100 a 108 dds y madurez fisiológica de 137 a 145 dds, esto permite proponer a CIANO M2018, evaluada en este estudio como variedad potencial capaz de sustituir a las variedades comerciales, mencionadas anteriormente, ya que, su rendimiento ( $6.38 \text{ t ha}^{-1}$ ) se encuentra entre los valores intermedios de rendimiento de estas variedades ( $5.55 - 8.5 \text{ t ha}^{-1}$ ), así también, por la diferencia considerable en cuanto los días a floración y madurez fisiológica, lo que sugiere un probable ahorro de gasto hídrico. Chávez-Villalba *et al.* (2021), reporta que para la variedad CIANO M2018 transcurrieron 80 días para llegar a floración y 123 dds para madurez fisiológica en el Valle del Yaqui en Sonora. Por otro lado, al comparar con las variedades comerciales de trigos cristalinos designadas para esta región, se observa la misma tendencia que con los trigos harineros, es decir, que la variedad Don Lupe Oro C 2020 tiene periodos más cortos de desarrollo, lo que representa una ventaja competitiva en términos del tiempo de duración del ciclo y de aprovechamiento de suelos agrícolas, así como de competitividad en el mercado.

Para enfatizar la importancia de la obtención de horas frío y unidades calor para las variedades evaluadas en esta investigación se han realizado distintos estudios, una reciente investigación dirigida a explicar las repercusiones que tiene en la economía la acumulación de horas frío en el estado de Sonora, derivado de la disminución de la presencia de estas horas frío, que en el caso de trigo, la temperatura es el factor considerado más importante que induce el desarrollo de la planta, desde la emergencia hasta su floración y madurez, ya que los ciclos fenológicos en presencia de frío son más lentos, lo cual propicia un mayor rendimiento productivo (Moreno Dena, Salazar Solano and Rojas Rodríguez, 2018).

### Rendimiento

El rendimiento de trigo que (Félix *et al.*, 2009) reporta fue de  $6.32 \text{ t ha}^{-1}$  con una acumulación total de 1726 horas frío, y establece una correlación entre la acumulación de hora frío y rendimiento, tomando

como base un acumulado de 340 horas frío con las que se obtendrán  $4.64 \text{ t ha}^{-1}$  y estima un incremento de 330 kg por la acumulación de 100 horas frío, dicho criterio coincide con las horas frío acumuladas en esta investigación, con un rendimiento promedio de  $6.38$  y  $5.6 \text{ t ha}^{-1}$ , para la variedad harinera y cristalina, respectivamente, lo que podría ayudar a establecer una adecuada fecha de siembra para estas dos variedades para aprovechar el rendimiento potencial de  $7.87 \text{ t ha}^{-1}$  alcanzado por (Rosas-Jáuregui *et al.*, 2023) en la variedad CIANO M2018 y  $6.9 \text{ t ha}^{-1}$  en la variedad Don Lupe Oro C2020 (Borbón-Gracia *et al.*, 2022) si se siembra desde el 15 de noviembre y se logran acumular mayor número de horas frío.

### Comparación en términos de rendimientos de variedades de trigo del noroeste de México

En esta investigación la variedad CIANO M2018, tuvo un rendimiento de  $6.38 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras (Chávez-Villalba *et al.*, 2021) con la misma variedad, obtuvo un rendimiento de  $6.72 \text{ t ha}^{-1}$  y (Rosas-Jáuregui *et al.*, 2023) un rendimiento de  $7.87 \text{ t ha}^{-1}$  y con respecto a la variedad Don Lupe se obtuvieron rendimientos de  $5.6 \text{ t ha}^{-1}$  comparados con los  $6.3$  que obtuvo (Borbón-Gracia *et al.*, 2022) (Tabla 3).

Es debido a estas diferencias, que ambas variedades de trigo resultan competitivas, pues tiene posibilidades de superar a las variedades utilizadas comercialmente, las cuales tienen valores de rendimientos entre un rango de  $5.55$  a  $8.5 \text{ t ha}^{-1}$  (Figueroa-López *et al.*, 2011), una vez establecido lo anterior, las perspectivas futuras para estas variedades van en fusión de encontrar una correcta aplicación de los fertilizante nitrogenados en las etapas fenológicas críticas y la respuesta en el análisis de contenido de proteína del grano, para dicha variable la variedad de trigo harinero CIANO M2018 obtuvo valores bajos con un  $10.23$  en porcentaje de proteína contrastante con la variedad Kronstad F2004 de  $13.3$ , sin embargo, en la investigación de (Rosas-Jáuregui *et al.*, 2023) se obtuvieron valores de  $12.4$ , por lo que se sugieren estudios de rentabilidad en el futuro y dosis de fertilización.

**Tabla 3. Días a floración y madurez fisiológica de las variedades Ciano M2018 y Don Lupe oro C2020 del presente experimento en comparación a otros años de producción.**

	Floración (días)	Madurez Fisiológica (días)	Rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ )
Ciano M2018 <sup>1</sup>	80	123	6.72
Ciano M2018 <sup>2</sup>	80	123	7.87
Don Lupe Oro C2020 <sup>3</sup>	76	123	6.3
CIANO M2018 <sup>4</sup>			6.38
Don Lupe Oro C2020 <sup>4</sup>	94	129	5.6

<sup>1</sup>Chávez-Villalba, 2021; <sup>2</sup> Rosas-Jauregui *et al.* 2023; <sup>3</sup>Borbon *et al.*, 2022; <sup>4</sup>Resultados 2022-2023

Para la variedad Don Lupe (Borbón-Gracia *et al.*, 2022) reporta un rendimiento de 6.2 a 6.3 t ha<sup>-1</sup>, contrastando en una disminución del 10 % con los las 5.6 t ha<sup>-1</sup> (Martínez-Barreras and Camacho-Casas, 2003; Alfonso Camacho-Casas *et al.*, 2010; Figueroa-López *et al.*, 2011) obtenidos en este experimento, estas diferencias están posiblemente vinculadas a la fecha de siembra (21 de diciembre) ya que el cultivo fue establecido posterior a ésta, y los rendimientos esperados por las variedades cristalinas comercialmente utilizadas se ubican entre las 6.5 a 9 t ha<sup>-1</sup>, además de la fecha de siembra, esto puede deberse a que debido la densidad utilizada de 200 kg ha<sup>-1</sup>, pues fue evidente el acame de las plantas de trigo para la variedad cristalina, lo que según (Cortés-Jiménes and Ortíz-Ávalos, 2023), puede generar pérdidas en la cosecha por trilladora de hasta el 41 %, además de una disminución de macollos, evitando que el genotipo se expresara de manera óptima, por lo que se recomienda seguir evaluando esta variedad durante posteriores ciclos agrícolas.

#### Análisis de componentes del rendimiento

La cosecha del grano de trigo para las dos variedades se realizó el 26 de mayo de 2023 para posteriormente validar las siguientes variables:

El número de plantas posterior a los quince días del riego de establecimiento fueron 460 y 360 m<sup>2</sup> para la variedad harinera “CIANO M2018” y la variedad

cristalina “Don Lupe”, con un 100 y 92 % de porcentaje de germinación.

Posteriormente al analizar las variables asociadas al rendimiento se determinó que sólo en los granos por espiga, se presentó diferencia estadística en las comparaciones de medias entre ambas variedades, siendo la variedad de trigo Don Lupe, la que obtuvo mayor número de granos por espiga, debido a que la espiga produjo un mayor número de espiguillas por espiga, sin embargo, en el resto de las variables, Don Lupe, también presentó los mayores valores, sólo con diferencia numérica. (Tabla 4).

Por otro lado, en las variables espigas por planta, espigas por m<sup>2</sup>, longitud de espiga, rendimiento, porcentaje de humedad y peso hectolítico los valores más altos lo obtuvo la variedad harinera, CIANO M2018, en comparación con la cristalina, teniendo mayor número de espigas por m<sup>2</sup>, cómo resultado dio mayores valores de rendimiento (Tabla 5).

La variedad de trigo probadas en este estudio (CIANO M2018 2018 y Don Lupe oro C2020), son de hábito primaveral generadas por el CIMMYT y el INIFAP en el campo experimental Norman E. Borlaug (CENEB). El establecimiento de este experimento se comparó con los datos referenciados de la liberación de la variedad CIANO M2018 la cual registra un peso específico de 819 g L<sup>-1</sup>, similar a los 824 g L<sup>-1</sup> que se obtuvieron una vez se cosechó y 10.23 % de proteína

**Tabla 4. Valores de media de las variables asociadas al crecimiento y rendimiento de trigo CIANO M2018 y Don Lupe.**

Variedad	N° macollos	N° hojas	Altura de la planta (cm)	Espiguillas por espiga	Granos por espiga	Ancho de espiga (cm)	Peso de 100 semillas (g)	Proteína (%)
CIANO M2018	3.28 a	7.92 a	80.73 a	15.97 a	41.35 b	1.46 a	5.07 a	10.23 a
E. E	0.24	0.42	14.47	1.28	1.45	0.05	0.07	0.33
Don Lupe	3.73 a	9.68 a	82.92 a	19.12 a	51.1 a	2.58 a	5.13 a	10.89 a
E. E	0.29	0.70	2.89	2.79	1.67	1.24	0.17	0.16

*a y b corresponden a diferencia estadística entre las variedades con nivel de significancia  $p \leq 0.05$  (t student); E. E: error estándar con respecto a la media.*

**Tabla 5. Medias de variables asociadas al crecimiento y rendimientos de las variedades de trigo CIANO M2018, panificable y Don Lupe, cristalino.**

Variedad	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Humedad (%)	Peso hecto (g semilla L <sup>-1</sup> )	Longitud de espiga (cm)	Espigas por planta	Espigas (m <sup>2</sup> )
CIANO M2018	6.38 a	9.6 a	824.1 a	8.96 a	9.23 a	326.68 a
E. E.	0.48	0.06	2.00	0.17	0.45	22.15
Don Lupe Oro C2020	5.6 a	9.48 a	790.5 a	8.82 a	8.55 a	302.14 a
E. E.	0.52	0.06	0.00	0.00	0.85	27.71

*Peso hecto: peso hectolítico; a y b corresponden a diferencia estadística entre las variedades con nivel de significancia  $p \leq 0.05$  (t student); E. E: error estándar con respecto a la media.*

por debajo de los 12.4 % de proteína que reporta (Chávez-Villalba *et al.*, 2021), esta variedad se caracteriza por ser de gluten medio, siendo su harina apta para productos panificables. Se reporta que es superior en rendimiento desde 3.25 % en el estado de Baja California, dicho comportamiento coincide, ya que la producción promedio del Valle de Mexicali para el año 2021, fue de 6 t ha<sup>-1</sup> en las variedades comerciales (Borlaug 100) sembradas comúnmente y en esta investigación fueron obtenidas 6.38 t ha<sup>-1</sup> (Tabla 3).

Por otro lado, la variedad de trigo cristalino Don Lupe Oro c2020 se reporta previo a su liberación como variedad peso específico del grano de 825 g L<sup>-1</sup> con un contenido de proteína de un 11.4 %, y un peso de mil granos de 52.7 g, en esta investigación las diferencias se presentaron en el porcentaje de proteína, obteniendo un 10.89 y un peso específico del grano inferior con 790.5 g L<sup>-1</sup> en comparación con CIANO M2018, sin embargo, sí se obtuvieron los rendimientos por encima del 3 % reportados por (Chávez-Villalba *et al.*, 2018; Borbón-Gracia *et al.*, 2022) en comparación de las variedades cristalinas (5.5 t ha<sup>-1</sup> correspondientes a CIRNO 2008) obteniendo 5.6 t ha<sup>-1</sup>, además se reporta que son resistentes a la roya de la hoja, resistencia a la cual las variedades comerciales sembradas actualmente han ido perdiendo. Rosas-Jáuregui *et al.* (2022), pusieron a prueba esta variedad, y obtuvo un 12 % de proteína en el grano, con un peso específico de 825 g L<sup>-1</sup>, el largo promedio de la espiga para esta variedad es de 7 cm, con un rango de 5.5 a 8.4 cm, con un número de granos por espiga de 52.7, factor limitante en las variedades actuales de trigo, con un peso de 100 semillas de 5.7 g estas diferencias probablemente se deben a la diferencia en las fechas de siembra.

## CONCLUSIONES

Las variedades de trigo CIANO M2018 y Don Lupe Oro C2020, expresan altos rendimientos superiores al promedio producido con las variedades comerciales en la región del Valle de Mexicali, se vuelve necesario explorar su establecimiento a diferentes fechas, densidades y dosis de fertilización para generar un paquete tecnológico adecuado, así como su continuidad en ciclos de cultivos consecutivos para asegurar la viabilidad de la variedad para describir a detalle su comportamiento en función del rendimiento. Debe considerarse que realizar en conjunto, actividades de establecimiento de estas variedades con actividades relacionadas a la conservación podría generar una reducción en los costos de producción y mayor rentabilidad.

**Funding.** Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías grant a scholarship to doctorate studies. Centro de Bachillerato Tecnológico

Agropecuario 41 granted agrochemicals supplies. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) granted the wheat varieties evaluated in this Research.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict-of-interest respect to evaluated wheat varieties used in this study.

**Compliance with ethical standards.** Does not apply.

**Data availability.** The data used to analyze the results are available via mail with Dra. Marisol Galicia Juárez [marisol.galicia.juarez@uabc.edu.mx](mailto:marisol.galicia.juarez@uabc.edu.mx)

**Author contribution statement (CRediT):** **J. Espinoza-Alonso:** Conceptualization, Investigation, Methodology, Formal analysis, Data curation, Writing—original draft preparation, Writing—review and editing, Visualization, Supervision, Software. **M. Galicia-Juárez:** Methodology, Formal analysis, Data curation, writing – Review and editing, funding-acquisition, supervision, investigation. **C.E. Ail-Catzim:** Methodology, visualization, funding – acquisition, supervision. **B. M. Montiel-Batalla:** writing-editing. **J.L. Velasco-López:** funding-acquisition. **R. Soto-Ortiz:** Writing-editing, conceptualization, investigation. **D. Quistián-Martínez:** Conceptualization, investigation, writing – editing, visualization.

## REFERENCES

- Abadia, B., Abbate, P., Álvarez, C., Aramburu, F., Barroco, M., Bartosik, R., Campaña, L., Bujan, J., Cardos, M., Cardoso, L., Carmona, D., Carmona, M., Calviño, P., Correndo, A., De la Torre, D., Divito, G., Ersnt, O., Faberi, A., Frascina, J., García, F., González, F., Hoffman, E., Leaden, M., Maciel, G., Manetti, P., Monzon, J., Salvio, C., Sautua, F., Tourn, F. and Tulli, M., 2017. Manual del Cultivo del Trigo. [online] Manual del Cultivo del Trigo. International Plant Nutrition Institute. Available at: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1320>
- Ahrens, J.F. and Loomis, W.E., 1963. Floral Induction and Development in Winter Wheat I. *Crop Science*, [online] 3(6), pp.463–466. <https://doi.org/10.2135/cropsci1963.0011183X000300060001x>
- Alfonso Camacho-Casas, M., Figueroa-López, P., Fuentes-Dávila, G., Chávez-Villalba, G., Javier Peña-Bautista, R., Valenzuela-Herrera, V., Luis Félix-Fuentes, J. and Alberto Mendoza-Lugo, J., 2010. KRONSTAD

- F2004, Nueva variedad de trigo harinero para el sur de Sonora. [online] *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), pp.111-113. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342010000100012](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000100012)
- Ali, U., Rahman, M., Soomro, U.A., Rahman, U., Odhano, A., Gul, S. and Qadir Tareen, A., 2009. Effects of Sowing Method and Seed Rate on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum*). *World Journal of Agricultural Sciences*, [online] 5(2), pp.159–162.
- Avendaño-Ruiz, B., Acosta-Martínez, A. and Varela-Llamas, R., 2010. El trigo en Baja California. Baja California : Editorial Miguel Angel Porrúa.
- Barberis, J.G., 2018. Cuantificación del impacto de los eventos climáticos extremos de temperatura sobre los rendimientos de trigo de la región pampeana ampliada analizado un período de 30 años. Universidad de Buenos Aires.
- Borbón-Gracia, A., Díaz-Ceniceros, H.L., Chávez-Villalba, G., Ammar, K., Fuentes-Dávila, G., Alvarado-Padilla, J.I. and Huerta-Espino, J., 2022. DON LUPE ORO C2020: Nueva Variedad de Trigo duro para el noroeste de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 45(3), p.413. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413>
- Brajcich Gallegos, P., Cornejo Oviedo, E., Govaerts, B., Moncada de la fuente, J., Barrales Dominguez, S., Ornelas Ruiz, P., Obando Rodríguez, R., Galo Medina, J., Aguirre Elizondo, R., Reyes Muro, L., Ortiz Trejo, C., Vargas Mir, S., González Salamanca, M., Rodríguez Díaz, V., Mendoza Ruiz, C., Sánchez Galván, B., De la Vega García, P. and Medina Montaña, F., 2015. Agenda técnica agrícola Baja California. [online] Available at: <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/Content?/=AT>
- Brooking, I., 1996. Temperature Response of Vernalization in Wheat: A Developmental Analysis. *Annals of Botany*, [online] 78(4), pp.507–512. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0148>
- Chávez-Villalba, G., Borbón-Gracia, A., Díaz-Ceniceros, H.L., Alvarado-Padilla, J.I., Huerta-Espino, J., García-León, E. and Fuentes-Dávila, G., 2021. CIANO M2018: Nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 44(3), p.477. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.477>
- Chávez-Villalba, G., Camacho-Casas, M.A., Ammar, K., Alvarado-Padilla, J.I., Fuentes Dávila, G. and Borbon-Gracia, A., 2018. CENEB Oro C2017: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), pp.1560–1563. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1679>
- Chouard, P., 1960. Vernalization and its Relations to Dormancy. *Annual Review of Plant Physiology*, [online] 11(1), pp.191–238. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.11.06016.0.001203>
- Cortés-Jiménes, J. and Ortiz-Ávalos, A., 2023. Efecto del Acame sobre el rendimiento de trigo Variedad Don Lupe C2020, En el Valle del Yaqui, Sonora. In: XXVI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas Memorias en extenso. [online] Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California. pp.464–469. Available at: [https://drive.google.com/file/d/16pFkZ0cmMHShBDD\\_09C11aT48\\_MRkQJA/view](https://drive.google.com/file/d/16pFkZ0cmMHShBDD_09C11aT48_MRkQJA/view) [Accessed 17 November 2023].
- Dirección de investigación y Evaluación Económica y Sectorial, 2022. Panorama Agroalimentario Trigo 2022. [online] Panorama Agroalimentario. Available at: <https://www.fira.gob.mx/InvYEvalEcon/EvaluacionIF> [Accessed 17 November 2023].
- Dixon, L.E., Karsai, I., Kiss, T., Adamski, N.M., Liu, Z., Ding, Y., Allard, V., Boden, S.A. and Griffiths, S., 2019. VERNALIZATION1 controls developmental responses of winter wheat under high ambient temperatures. *Development*, [online] 146(3), pp.10. <https://doi.org/10.1242/dev.172684>
- Félix, P., José, V., Enríquez, E.O., Dávila, G.F., Guadalupe, J., Quiróz, Q. and Grageda Grageda, J., 2009. Horas frío en relación al rendimiento de trigo. Áreas de producción del estado de Sonora. [online] Available at: [https://www.compucampo.com/tecnicos/hora\\_sfriorendimiento-trigo-son.pdf](https://www.compucampo.com/tecnicos/hora_sfriorendimiento-trigo-son.pdf)
- Figueroa-López, P., Fuentes-Dávila, G., Valenzuela-Herrera, V., Chávez-Villalba, G., Félix-Fuentes, J.L. and Mendoza-Lugo, J.A., 2011. “ROELFS F2007”, Nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, [online] 34(3), pp.221–223. <https://doi.org/10.35196/rfm.2011.3.221>

- Gómez, M., 2016. Cuantificación del potencial eólico para aplicación agrícola en el Valle de Mexicali, B.C., México. [online] Universidad Autónoma de Baja California. Available at: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/entidades/publication/451c412d-ee8e-43ae-892d-1a340d98989c>
- Gobernación, S. de, 1984. Norma Oficial Mexicana NOM-FF-36-1984 Productos alimenticios no industrializados para uso humano cereales-trigo. (*Triticum aestivum* y *T. durum*). Especificaciones (Esta norma cancela la NOM-FF-36-1982).[online] Ciudad de México. Available at: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4660099&fecha=23/03/1984#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4660099&fecha=23/03/1984#gsc.tab=0)
- De la O - Olan, M., Rangel, E., Sánchez, L., Mir, V., Bautista, P. and Hernández, H., 2012. Calidad Física de grano de trigos harineros (*Triticum aestivum* L.) mexicanos de temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, [online] 3(2), pp.271–283. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123201005>
- Martínez-Barreras, A. and Camacho-Casas, M., 2003. Cachanilla F2000 y Río Colorado C2000, Nuevas variedades de trigo harinero y trigo duro para Baja California y norte de Sonora. [online] Available at: <https://trigomexico.wordpress.com/wp-content/uploads/2000/02/folleto866.pdf>
- Moreno Dena, J.M., Salazar Solano, V. and Rojas Rodríguez, I.S., 2018. Impactos económicos de las horas frío en la producción de trigo en Sonora, México. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 6(16), pp.17–31. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.16.63206>
- Pask, A., Pietragalla, J., Mullan, D., Chávez, P. and Reynolds, M., 2013. TRIGO Fitomejoramiento Fisiológico II: Una Guía de Campo para la Caracterización Fenotípica de Trigo Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. [online] Available at: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/3390/97924.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Rosas-Jáuregui, I.A., Félix-Fuentes, J.L., Fuentes-Dávila, G., Ortiz-Avalos, A.A. and Cortés-Jiménez, J.M., 2022. Evaluación de la variedad de trigo cristalino Don Lupe Oro C2020 durante el ciclo 2021-2022 en el valle del yaqui, sonora, México. *South Florida Journal of Development*, 3(6), pp.6418–6429. <https://doi.org/10.46932/sfjdv3n6-006>
- Rosas-Jáuregui, I.A., Fuentes-Dávila, G., Félix-Fuentes, J.L., Ortiz-Ávalos, A.A., Cortés-Jiménez, J.M. and Torres-Cruz, M.M., 2023. Productividad de dos variedades comerciales de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora, México, durante el ciclo agrícola 2021-2022. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 6(4), pp.3195–3207. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n4-010>
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera, 2022. Avance de siembras y cosechas por estado. [online] Producción mensual agrícola. Available at: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)
- Slafer, G. and Satorre, E., 1999. Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. In: *Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food products press. pp.141–159.
- Suaste-Franco, M.P., Solís-Moya, E., Ledesma-Ramírez, L., Lourdes De La Cruz-Gonzalez, M., Arath Grageda-Cabrera, O. and Báez-Pérez, A., 2013. Effect of plant density and sowing method on wheat (*Triticum aestivum* L.) Grain yield in El Bajío, México. *Agrociencia*, 47, pp.159–170
- Weir, A.H., Bragg, P.L., Porter, J.R. and Rayner, J.H., 1984. A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. *The Journal of Agricultural Science*, 102(2), pp.371–382. <https://doi.org/10.1017/S0021859600042702>
- Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, [online] 14(6), pp.415–421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>