

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Cebada Forrajera Imberbe (*Hordeum vulgare L.*) en
el Sur de Nuevo León, México

Por:

BEATRIZ LICONA LARIOS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Cebada Forrajera Imberbe (*Hordeum vulgare L.*)
en el Sur de Nuevo León, México

Por:

BEATRIZ LICONA LARIOS

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Modesto Colín Rico

Asesor Principal


Dra. María Alejandra Torres Tapia

Coasesor


Dr. Alejandro Javier Lozano del Rio

Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre, 2024

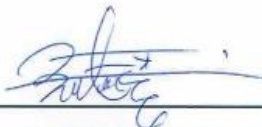
Declaración de no plagio

Declaro que el trabajo de investigación fue realizado por mi Beatriz Licona Larios y no se llevaron a cabo acciones que puedan interpretarse como plagio o robo de información de alguna tesis o trabajo de investigación, respetando así los siguientes aspectos.

Reproducción de fragmentos o texto sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamiento del autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al 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 que conlleva el plagio declarado que este documento es de mi autoría.

ATENTAMENTE



Beatriz Licona Larios

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por acompañarme en cada uno de mis pasos que doy día con día y permitirme cumplir un logro más en mi vida.

A mi “ALMA TERRA MATER”. por cobijarme durante mi estancia, por poner personas buenas a mi lado, por permitir se parte de ti y permitir tener los conocimientos adquiridos para formarme como profesionista y abrirme las puertas al éxito.

Al MC. Modesto Colín Rico. por la confianza y oportunidad que me brindo para realizar esta tesis, por el apoyo, dedicación, tiempo y paciencia en asesorarme durante este proceso, por brindar grandes conocimientos como docente.

Ala Dra. María Alejandra Torres Tapia, Dr. Alejandro Javier Lozano del Rio, por haber colaborado durante la revisión de mi tesis, por ser buenos docentes y brindar excelentes conocimientos.

Al Ing. Rodimiro Hernández García. Por brindarme su amistad, ayudarme y enseñarme a utilizar el paquete estadístico SAS.

Ala MDH. Norma Irene Hernández Figueroa. Por ser una gran tutora, brindarme su apoyo, consejos, confianza y acompañarme durante mi estancia.

A mis compañera y amiga Ana Rosy Hernández Moreno y Natalia Yurilma Pérez por su amistad y apoyo durante la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi Papá Sr. Patricio Licono L. por permitir ser parte de su vida, cuidarme en algún momento de mi infancia y apoyarme durante el proceso de mis estudios.

A mi Mamá Sra. María Larios Ramírez. Por permitir llegar a su vida, estar presente en mi infancia, cuidarme y darme una buena educación día con día y formar una persona de bien.

A mis Hermanos Patricia Licono L., Jesús Licono L., Mikel López L., Domingo Licono V., Marcos Licono V., y M. Viviana Licono V., por ser parte de mi vida.

A mi Madrina Carmela Licono Licono por regalarme cada uno de sus consejos y su cariño.

A mis Tíos Ing Pedro Licono L. y esposa Deisy Noyola R. por los consejos y acompañarme durante este recorrido y brindarme su apoyo incondicional y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles.

A mi Tía Catalina Licono L. Por el apoyo incondicional que me ha brindado.

A mis Primos Pedrito Licono N, Fernanda Licono N, Katia Licono M, J. Israel Licono M y Miguel Licono M. por ser parte de mi vida.

A mi sobrina Fernanda Licono López por traer la felicidad a nuestra vida y ser una motivación más en mi vida.

A mis Abuelitos E. Guillermina Licono V. J. Frutoso Licono F. (†) Reina Ramírez V. (†) Genaro Larios C. (†) Por pertenecer a mi vida por los consejos y grandes enseñanzas que cada uno me dio y por corregirme en mi educación para ser una mujer de bien

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Cereales forrajeros de invierno	5
2.2 Cebada forrajera	7
2.3 Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).....	9
2.4 Temperatura de planta o dosel	10
2.5 Correlaciones entre variables agronómicas	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Material genético.....	14
3.2 Desarrollo del experimento en campo.....	15
3.3 Variables evaluadas.....	17
3.4 Análisis estadístico.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 Análisis de varianza individual para el primer muestreo	20
4.2 Análisis de varianza individual para el segundo muestreo.....	21
4.3 Resultados de los análisis de varianza y pruebas de medias combinados entre ambos muestreos.....	23
4.4 Correlaciones entre variables estudiadas	37
4.5 Correlaciones combinadas (ambos muestreos).....	39
V. CONCLUSIONES	40
VI. LITERATURA CITADA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Navidad, Nuevo León. Ubicado en las coordenadas $25^{\circ}04'$ de latitud norte y $100^{\circ} 37'$ de longitud oeste (flecha roja). Localidad 3. Escala 1 Km: 10.4 mm..... 14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Material genético evaluado en la presente investigación.	15
Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza para cada variable evaluada en el primer muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	21
Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza para cada variable evaluada en el segundo muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022- 2023.	22
Cuadro 4.3 Cuadros medios y significancia del análisis de varianza combinado de dos muestreos para cada variable evaluada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	24
Cuadro 4.4 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable altura de planta (AP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	25
Cuadro 4.5 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable etapa (ETP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	27
Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable temperatura de planta o dosel (TEMP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	28
Cuadro 4.7 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	29
Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable cobertura (COB), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	31
Cuadro 4.9 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable peso seco de hojas (PH), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	32
Cuadro 4.10 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable peso seco de tallos (PT), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	33
Cuadro 4.11 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable peso seco de espigas (PE), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	35
Cuadro 4.12 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> combinada de dos muestreos para la variable forraje seco total (FST), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	36

Cuadro 4.13 Correlaciones entre variables estudiadas, del primer muestreo en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	37
Cuadro 4.14 Correlaciones entre variables estudiadas, del segundo muestreo en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	38
Cuadro 4.15 Correlaciones entre variables estudiadas, del primero y segundo muestreos (combinadas) en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	39

I. APÉNDICE

Cuadro A1 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable altura de planta, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	49
Cuadro A2 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable etapa, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	50
Cuadro A3 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable temperatura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	51
Cuadro A4 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	52
Cuadro A5 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable cobertura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	53
Cuadro A6 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable peso seco de hojas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	54
Cuadro A7 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable peso seco de tallos, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	55
Cuadro A8 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable peso seco de espigas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	56
Cuadro A9 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del primer muestreo para la variable Forraje seco total, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	57
Cuadro A10 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable altura de planta, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	58
Cuadro A11 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable etapa, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	59
Cuadro A12 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable temperatura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	60

Cuadro A13 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	61
Cuadro A14 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable cobertura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	62
Cuadro A15 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable peso seco de hojas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	63
Cuadro A16 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable peso seco de tallos, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	64
Cuadro A17 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable peso seco de espigas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	65
Cuadro A18 Resultados de la prueba de medias <i>Tukey</i> del segundo muestreo para la variable forraje seco total, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	66
Cuadro A19 Etapa fenológica <i>Zadoks</i> del material genético al momento del primer muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.	67
Cuadro A 20 Etapa fenológica <i>Zadoks</i> del material genético al momento del segundo muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.....	68

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico de 23 nuevas líneas de cebada imberbe en cuanto a producción de biomasa aérea en comparación con siete testigos comerciales: Avena var. Cuauhtémoc, Cebada vars. Alician 221, Alician 1 depurada, Gabyan 95, Cerro Prieto, Triticale var. Eronga-83 y la variedad experimental de trigo harinero forrajero (AN-266-99), así como determinar el grado de asociación que existe entre las variables de importancia forrajera en la integración del rendimiento de materia seca. El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN) ubicado en Navidad, Nuevo León; durante el ciclo agrícola O-I 2022- 2023, considerando dos fechas de muestreo (90 y 105 días después del riego de siembra). Las variables consideradas en este experimento: altura de planta, (AP), etapa (ETP), temperatura (TEMP), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), cobertura (COB) peso seco de hojas (PH), peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco o biomasa aérea total (FST).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por genotipo con sus respectivos análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (Tukey). Así mismo se realizó un análisis de varianza combinado para evaluar el comportamiento de los genotipos a través de los dos muestreos y se calculó el grado de asociación entre las variables mediante correlaciones simples. Los resultados indicaron diferencias significativas al $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$ en las variables evaluadas, con concluyendo que existe una amplia variabilidad entre los genotipos estudiados en las dos fechas de muestreo (90 y 105 dds); sobresaliendo a los 90 dds, las líneas de cebada CANI-520-18, CANI-535-18, CANI-209-18, CANI-542-18 y CANI-582-18, las cuales superaron en más del 40% de forraje seco o biomasa aérea total al promedio de los testigos de diferente especie (avena, trigo y triticale). Del primero al segundo muestreo, las correlaciones entre variables tanto agronómicas como infrarrojo, se modifican o cambian tanto en magnitud como en sentido.

Palabras clave: *cebada, imberbe, rendimiento, NDVI, peso seco de plan*

I. INTRODUCCIÓN

La cebada común (*Hordeum vulgare* L.) procede de la planta salvaje *Hordeum spontaneum*. Varios hallazgos del Creciente Fértil indican que la cebada se domesticó hace 10.000 años y está considerada como uno de los cultivos fundadores de la agricultura del Viejo Mundo (Badr *et al.*, 2000).

El cultivo de la cebada se encuentra en varias partes del mundo. Algunos expertos sostienen que su origen exacto es desconocido (Harlan, 1979); mientras que otros creen que se originó en la región del Mediterráneo oriental. En general, data en el 5000 a.C. en Egipto, en el 3000 a.C. en el noroeste de Europa, en el 2350 en Mesopotamia y en el 1500 a.C. en China. Para los hebreos, griegos y romanos, la cebada era la planta principal que se utilizaba para la producción de pan durante los años 1.500-1.600 (siglo XVI). Curiosamente, la cebada se utilizaba como moneda en la antigua Mesopotamia. La cebada es un cereal y pertenece a la familia de las *Poaceae*. Se puede encontrar bajo los nombres de cebada común, cebada en grano y cereal de cebada. La planta puede crecer en diversas condiciones ambientales y rangos climáticos (zonas templadas, subárticas o subtropicales). Es una hierba anual, de estación fría C3 (Vitkauskaite y Venskaityte, 2011), y su altura varía de 2 a 4 pies o de 0.6 a 1.2 m (Ball *et al.*, 1998). Sus tallos son erectos con hojas alternas y lisas, mientras que sus nudos e internudos no tienen pelos. Las semillas de la cebada se producen en una inflorescencia en espiga de $\frac{3}{4}$ a 4 pulgadas (2-10 cm) de largo con racimos de flores en grupos de tres pelos largos (llamadas aristas). Las aristas pueden estar ausentes en algunas variedades, pero, cuando están presentes, pueden alcanzar 6 pulgadas o 15.2 cm de longitud (Radford *et al.*, 1968).

La cebada no se distingue de otros cereales pequeños, especialmente antes de la floración. Podemos observar el cuello de la hoja para distinguirla de otros cereales,

como el trigo, el centeno o la avena. En el caso de la cebada, tendrá dos apéndices superpuestos que sujetan el tallo, conocidos como aurículas (Ball *et al.*, 1998).

Existen dos categorías principales de cebada, basadas en la disposición de los granos en la espiga. Más concretamente, cuando vemos una cabeza de cebada de seis filas desde arriba, podemos distinguir seis filas de granos, tres a cada lado del raquis (tallo de la cabeza de la semilla). En el caso de la cebada de dos hileras, sólo se desarrolla un grano en la espiguilla central, mientras que las otras dos espiguillas son estériles. Cuando se observa desde arriba, este tipo parece tener sólo dos granos (Carena *et al.*, 2009).

La cebada puede cultivarse tanto en invierno como en primavera. La cebada de invierno suele sembrarse en otoño para que esté expuesta a las bajas temperaturas y complete su desarrollo en la primavera y el verano siguientes. En cambio, la cebada de primavera no necesita estar expuesta a las temperaturas invernales y puede sembrarse en primavera. Los tipos de cebada de invierno suelen madurar antes que los de primavera. En general, existen tres sistemas principales de etapas de crecimiento (Zadoks *et al.*, 1974). Según el sistema Zadoks, la cebada pasa por las siguientes etapas: Germinación, Crecimiento de Plántula, Macollaje, Elongación del Tallo, Estado de bota, Emergencia de Inflorescencia y Madurez.

A nivel mundial, la cebada es mayormente utilizada para la alimentación de ganado vacuno debido a sus propiedades nutritivas. Por esta razón, el área de cultivo de la cebada forrajera ocupa casi dos tercios del total sembrado (Ullrich, 2011). Las cebadas forrajeras se cultivan principalmente en Norte América y Europa, las formas en que se consume la cebada en la alimentación pecuaria son: mediante el pastoreo, en forraje para henificado o ensilado, uso del grano en dietas de engorda o mediante el uso de la paja como complemento alimenticio (Foster y Prentice, 1987; Blake *et al.*, 2011). Debido a su composición química, el grano de cebada se considera una importante fuente de proteína, carbohidratos y minerales que pueden ser incluidos en las dietas de pequeños rumiantes, ganado monogástrico y aves de corral (Blake *et al.*, 2011).

En México, la cebada es uno de los cultivos más importantes en la región de los Valles Altos que comprende los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México (SIAP, 2015). En esta región la producción de cebada se destina principalmente para la industria maltera, mientras que los residuos derivados (paja y granos que no cumplen los requerimientos mínimos de calidad) se utilizan como complemento alimenticio en las dietas de ganado bovino, ovino o caprino (Reyes *et al.*, 2013).

Por todo lo anterior se plantea el presente trabajo, el cual se deriva del proyecto general de mejoramiento genético de cebada forrajera imberbe desarrollado por el programa de cereales de grano pequeño de invierno en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) bajo los siguientes:

1.1 Objetivo general

Evaluar 23 nuevas líneas de cebada forrajera imberbe de habito primaveral frente a testigos de la misma y diferente especie que pudieran ser destinadas a la producción de forraje en el sur de Nuevo León y otras áreas de condiciones similares.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento de los genotipos a través de dos fechas de muestreo a 90 y 105 días después del riego de siembra.
- Identificar las líneas de cebada imberbe que muestran un rendimiento superior y características agronómicas deseables para su potencial uso en la producción de forraje en el área de influencia de la UAAAN.
- Determinar el grado de asociación entre variables agronómicas e infrarrojo con rendimiento de materia seca o biomasa aérea, mediante correlaciones simples, para ser utilizarlas como criterio de selección indirecta e in destructiva.

1.3 Hipótesis

Del material genético evaluado, al menos una línea de cebada se comporta agronómicamente superior en la producción de biomasa aérea en comparación a los testigos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cereales forrajeros de invierno

Los cereales de invierno son una alternativa sostenible para la producción ganadera, debido al uso eficiente del agua a pesar de la creciente frecuencia de heladas por el cambio climático. Sin embargo, existe entre ellos una competencia de utilización en los sistemas intensivos pecuarios (Colín *et al.*, 2009; Calderón *et al.*, 2015).

Los cereales de invierno, como la cebada (*Hordeum vulgare*) y el trigo (*Triticum aestivum*), son esenciales en los sistemas de producción de forraje debido a su capacidad para crecer durante el invierno y proporcionar forraje temprano en la primavera. Estos cultivos son altamente valorados por su resistencia al frío y su capacidad para producir biomasa significativa en condiciones adversas (Cherney y Marten, 1982).

En tales condiciones, la cantidad y calidad de forraje ofrecido por las gramíneas anuales de ciclo otoño-invierno-primaveral son de gran importancia en el planeamiento forrajero de numerosos establecimientos de la región, especialmente si están dedicados a la producción bovina de carne o leche (Amigone, 1992).

Los verdeos de invierno tales como avena, centeno, cebada, trigo, triticale y tricepiro son gramíneas anuales que se caracterizan por producir un volumen muy alto de forraje de buena calidad en un período corto de tiempo, lo que los hace imprescindibles para cubrir las deficiencias forrajeras producidas en su estación de crecimiento (Zanoniani y Noëll, 2002).

La utilización de cereales de invierno representa una de las estrategias más promisorias destinadas a conservar forrajes y granos de alto valor nutricional para los exigentes planteos intensivos de producción de leche y carne en Argentina. Cultivos como el trigo, la cebada, el centeno y la avena son buenas alternativas para realizar reservas debido a que son una fuente de fibra y proteínas (Diez y Sardiña, 2013). Los planteos de tambo e invernada con altas cargas requieren la inclusión de una

proporción de verdes en su cadena forrajera, para mantener elevados niveles de producción individual aun en la época invernal (Blain, 2014).

Los cereales presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono, (Cherney y Marten, 1982; Cash *et al.*, 2004), se les ha clasificado como un recurso forrajero de buena calidad (Hart *et al.*, 1971; Juskiw *et al.*, 2000).

La etapa de madurez a la cosecha tiene el mayor efecto sobre el rendimiento de biomasa y la calidad de los cereales (Cherney y Marten, 1982; Bergen *et al.*, 1991). El rendimiento se incrementa y la calidad declina conforme el cultivo madura, aunque en cereales la calidad puede mantenerse o mejorar cuando ocurre el desarrollo del grano (Khorasani *et al.*, 1997; González, 2007).

En los últimos años el mejoramiento genético en los cereales forrajeros de invierno produjo avances muy importantes, y hoy se dispone en cada especie, de variedades con elevado potencial de rendimiento de forraje (Blain, 2014).

La cebada forrajera (*Hordeum vulgare*) es la especie que presenta mayor precocidad, mayor adaptación a ambientes salinos y una buena relación cantidad/calidad de forraje/biomasa cuando se confeccionan silos de planta entera (Moreyra *et al.*, 2014).

Entre los cereales forrajeros, la avena ocupa un lugar preponderante, por la extensión de la superficie sembrada y el panorama varietal que presenta (Carbajo *et al.*, 1998).

En la antigüedad los cultivares de avena solo entregaban el 50% del forraje en el primer pastoreo, mientras que en la actualidad la curva de producción es más equilibrada y permite cubrir con mayor eficiencia la escasez invernal (Moreyra *et al.*, 2014).

El triticale (*X Triticosecale Wittmack*) es el primer cereal obtenido por el hombre de la cruce entre trigo (*Triticum spp*) y centeno (*Secale cereale L.*). Se ha difundido en Argentina para pastoreo directo, henificado o como grano forrajero en invernada, recria y tambo (Castro *et al.*, 2011).

El trigo de invierno y la cebada de invierno son comúnmente utilizados como cultivos forrajeros en sistemas de doble propósito, donde se cosechan tanto para grano como para forraje. Estos sistemas son especialmente populares en regiones con inviernos

suaves y suelos fértiles, donde los cereales pueden proporcionar un forraje valioso durante los meses de escasez de pastos (Epplin *et al.*, 1996).

Los cereales de invierno forrajeros son fundamentales en las regiones templadas debido a su capacidad para proporcionar forraje durante el invierno y la primavera temprana. La avena (*Avena sativa*) y el centeno son especialmente apreciados por su tolerancia al frío y su rápido crecimiento en primavera. La integración de estos cultivos en sistemas de rotación de cultivos puede mejorar la salud del suelo y aumentar la producción general de forraje (FAO, 2010).

2.2 Cebada forrajera

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) ocupa el cuarto lugar en importancia en el mundo después del trigo (215 mill. de ha), arroz (155 mill. de ha) y maíz (139 mill. de ha) (Langridge y Barr, 2003).

Poehlman, (1985) mencionó que alrededor de 89 países producen este cereal, desde regiones subtropicales (África, Brasil), hasta zonas frías (Noruega, Alaska). No obstante, tiene una amplia distribución, donde su producción se concentra de manera importante en la Unión Europea ocupando el primer lugar como productor de cebada con el 46.1%; en conjunto con Rusia, Canadá, Australia y Ucrania quienes representan el 73% de la producción mundial de cebada.

Así mismo, el 50% se concentra en China, Estados Unidos de América, Alemania y Brasil con 18.5%, 17.7%, 8% y 5% respectivamente. De la producción total, se estima que un 25% se destina a la producción de malta, materia prima para la elaboración de cerveza y el 75% para la alimentación animal. Aunque tiene gran potencial por su contenido de beta-glucanos, su utilización en la alimentación humana es limitado (Newton *et al.*, 2011).

La cebada tiene ventajas interesantes sobre otros cereales del mismo ciclo, es más vigorosa, resistente a sequía y a la salinidad, puede cultivarse en suelos marginales (Colín *et al.* 2007; 2009; Keles *et al.*, 2013; Wilson *et al.*, 2017). Se ha documentado

que la cebada igual que otros cereales de invierno presenta altos rendimientos, son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono (Cherney y Marten, 1982; Cash *et al.*, 2004) y en particular la cebada, no disminuye tanto su calidad forrajera en etapas posteriores a la antesis, probablemente debido a la mayor cantidad de grano (Colín *et al.*, 2007, 2009).

Los cereales representan importantes alternativas para sostener la producción ganadera, poseen tolerancia a heladas durante el desarrollo vegetativo y su uso se ha extendido en los últimos años, utilizándolos en pastoreos, verdeo, henificado, picado y ensilado (Hughes *et al.*, 1974; Flores *et al.* 1984; Colín *et al.*, 2004).

2.2.1 Principales plagas

Gusanos de alambre (*Agriotes* spp.): Se encuentran como los insectos más nocivos que infestan el suelo por que la larva puede permanecer de 1 a 6 años sin importar las labores de labranza. Se alimentan de las raíces y del cuello de la planta produciendo la muerte en las jóvenes, en las plantas adultas provoca debilitamiento generalizado, marchitez y retraso en el crecimiento (Robles, 1990).

Pulgones o piojillos (*Aphis* spp., *Sitobion* spp.): provocan amarillamiento de las hojas, granos arrugados, poco desarrollo, espigas cubiertas de fluido blanco (Santoyo y Quiroz, 2010). *Zabrus tenebrioides* presenta un ciclo de vida que incluye una fase larval que dura aproximadamente 10 meses, durante la cual las larvas se alimentan intensamente de los cultivos de trigo y otros cereales. La implementación de prácticas de manejo integrado de plagas, que incluye la rotación de cultivos y el uso de insecticidas específicos, ha demostrado ser eficaz en el control de esta plaga" (Berti y Rappilly, 1987).

2.2.2 Enfermedades

Roya de la hoja (*Puccinia recóndita*): También es conocida como roya café o naranja; se caracteriza por pústulas de color café rojizo circulares u ovaladas aisladas en las hojas (Stubbs *et al.*, 1986). Las infecciones graves pueden provocar la disminución

significativa del rendimiento, al reducir en número y tamaño de los granos y su calidad (Santoyo y Quiroz, 2010). Roya del tallo (*Puccinia graminis*): También conocida como roya negra presenta una distribución universal, es considerada la más devastadora. Se caracteriza por la aparición de pústulas de color café rojizo, que se presentan primero como pequeñas manchas cloróticas sobre todas las partes de la planta. Las infecciones graves causan una considerable pérdida del rendimiento, principalmente por la reducción del número de granos (Stubbs *et al.*, 1986).

Los hongos son los organismos patógenos más dañinos, pues disminuyen el rendimiento de los cereales a los que atacan. Entre esos hongos el género *Puccinia* (royas), *Ustilago* (carbones desnudos), *Tilletia* (Carbones cubiertos), *Erysiphe* (mohos polvorientos), *Septoria*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Fusarium* y *Pythium* son los más comunes pues ocurren con regularidad y son potencialmente los más peligrosos del mundo (Stubbs *et al.*, 1986). Carbones comunes y causantes de enanismo: El carbón común o carbón apestoso (*Tilletia tritici*, *Tilletia laevis*) y el carbón causante de enanismo (*Tilletia controversa*) se produce en la etapa de plántula y el hongo se desarrolla dentro de la planta. La enfermedad se vuelve evidente al espigamiento cuando el grano es reemplazado por una estructura fugosa que contiene esporas. En el carbón común son esporas mal olientes, el carbón causante del enanismo se distingue del anterior por el enanismo que causa en la planta (Stubbs *et al.*, 1986). Tienen importancia pues producen pérdidas considerables del rendimiento de grano (Santoyo y Quiroz, 2010).

2.3 Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI)

Kriegler *et al.* (1969) propusieron una transformación de banda simple: radiación del infrarrojo cercano (NIR) menos radiación roja dividida por radiación del infrarrojo cercano más radiación roja, lo que dio como resultado una imagen recientemente simplificada llamada Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El objetivo general del uso del NDVI es mejorar el análisis de la información sobre la vegetación con datos de detección remota. Los estudios han demostrado que el NDVI

es eficaz para diferenciar sabanas, bosques densos, campos no forestales y agrícolas y para determinar tipos de bosques siempre verdes frente a bosques estacionales (Pettorelli *et al.* 2005).

Para fines de gestión de la vegetación a escala local, el NDVI se utiliza comúnmente como un indicador directo de la salud y el crecimiento de la vegetación (Coops y Stone 2005; McVeagh *et al.* 2012); Para fines de monitoreo de la vegetación a gran escala, el NDVI se utiliza a menudo como variable dependiente para predecir otros atributos de la vegetación que no pueden detectarse directamente con imágenes de detección remota. En cualquier caso, es posible validar las predicciones visuales o cuantitativas (Box *et al.* 1989; Loranty *et al.* 2018). Un Índice de Vegetación puede ser definido como una variable o característica calculada a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal (González *et al.*, 2008).

El NDVI es históricamente uno de los primeros índices de vegetación. Se trata de una relación normalizada de los NIR (infrarrojo cercano) y las bandas de color rojo: $NDVI = (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$. El NDVI ha sido usado en numerosos estudios para estimar la vegetación, biomasa, producción primaria, especies dominantes e índice de área foliar en varios tipos de modelos locales, regionales y globales. Las imágenes de NDVI derivado del Radiómetro Avanzado de muy alta Resolución de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAAVHRR) proporcionan oportunidades para análisis de series de tiempo entre los cambios en el uso y cobertura de la vegetación a escala global (Maskova *et al.*, 2008).

2.4 Temperatura de planta o dosel

Diversos estudios han demostrado el efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de cultivos ya que influyen en distintas etapas fenológicas, como en la germinación de semillas (Butler *et al.*, 2014; Fowler *et al.*, 2014). La respuesta de las plantas ante el efecto de la temperatura ambiental es un proceso complejo que envuelve la interacción de muchos factores limitantes del crecimiento es por ello que

es una de las variables más importantes que debe tomarse en cuenta durante el desarrollo de la planta (Murrieta, 2006).

Las altas temperaturas afectan la viabilidad del polen durante la polinización (Hatfield y Prueger, 2015).

Houspanossian *et al.* (1990), la temperatura del dosel de una planta es resultado de un complejo equilibrio en el que están involucrados una serie factores físicos, fisiológicos y climáticos, que la alteran y modifican de diferente manera y proporción. Solís y Díaz (2001), indicaron que la temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que temperaturas altas (hasta un cierto límite) lo aceleran y acortan el ciclo de las plantas. Solís y Díaz (2001) señalaron que, durante el periodo de llenado de grano, altas temperaturas aceleran la senescencia de la hoja, lo cual reduce la duración del periodo de llenado de grano.

2.5 Correlaciones entre variables agronómicas

La correlación es un tipo de asociación entre dos variables numéricas, específicamente evalúa la tendencia (creciente o decreciente) en los datos. Dos variables están asociadas cuando una variable nos da información acerca de la otra.

El signo nos indica la dirección de la relación, como hemos visto en el diagrama de dispersión.

- un valor positivo indica una relación directa o positiva
- un valor negativo indica relación indirecta, inversa o negativa
- un valor nulo indica que no existe una tendencia entre ambas variables (puede ocurrir que no exista relación o que la relación sea más compleja que una tendencia, por ejemplo, una relación en forma de U).

La magnitud nos indica la fuerza de la relación, y toma valores entre -1 a 1. Cuanto más cercano sea el valor a los extremos del intervalo (1 o -1) más fuerte será la tendencia de las variables, o será menor la dispersión que existe en los puntos alrededor de dicha tendencia. Cuanto más cerca del cero esté el coeficiente de

correlación, más débil será la tendencia, es decir, habrá más dispersión en la nube de puntos.

- si la correlación vale 1 o -1 diremos que la correlación es “perfecta”,
- si la correlación vale 0 diremos que las variables no están correlacionadas.

<https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-la-correlacion-estadistica-y-como-interpretarla/>

Poehlman (1981), menciona que la capacidad intrínseca de rendimiento puede quedar expresada por características morfológicas de la planta como el amacollamiento, la longitud y densidad de la espiga, el número de granos por espiguillas y el tamaño del grano. Sin embargo, ninguno de estos componentes físicos del rendimiento puede considerarse por sí mismo un índice de rendimiento.

Aproximadamente, el 72% de la variación en el rendimiento de los cereales está relacionada al número de espigas fértiles, número de granos por espiga y el peso del grano. Estos componentes tienen una correlación positiva y altamente significativa con el rendimiento en cebada (Ataei, 2006).

Según Castañeda-Saucedo *et al.* (2009), el número de espigas por metro cuadrado es el componente que mayor contribución tiene en el rendimiento de cereales de grano pequeño. Rendimientos altos de grano pueden obtenerse con la combinación apropiada de la variedad, el ambiente y prácticas agronómicas (Alam *et al.*, 2007).

En cebada, la variedad tiene una función importante en el rendimiento de grano, y las características agronómicas, como el potencial de rendimiento, macollos por planta y calidad física del grano, que permiten mejorar la estabilidad del rendimiento (Friedt *et al.*, 2011).

Ramírez, (2009). Quien trabajo con correlaciones en nuevas líneas de cebada menciona que las correlaciones de mayor relevancia las presento forraje seco total (FST) con peso de hoja (PH), peso de espigas(PE) y peso de tallo (PT) tanto

individualmente (por muestreo) como combinadas. En sentido negativo, destacaron las asociaciones de relación hoja-tallo(RHT) con peso de tallo y espigas.

Calvo, (2016). Quien trabajo nuevas líneas de cebada imberbe menciona que las correlaciones de mayor magnitud ocurrieron entre forraje seco total (FSC) con peso seco de espiga (PSE), este a su vez con ETAPA para el primer muestreo. En el segundo, producción de forraje verde (PFV) con peso seco de espiga (PSE); en sentido negativo, altura de planta (AP) con ETAPA y peso seco de espiga (PSE). En forma combinada hubo correlaciones entre producción de forraje verde (PFV) y peso seco de tallo (PST); forraje seco total (FST) con peso seco de tallo (PST) y peso seco de espiga (PSE).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se estableció durante el ciclo otoño-invierno el 13 de febrero del año 2023 en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se encuentra ubicado en Navidad, Nuevo León, México, que posee las siguientes características geográficas y condiciones climáticas: se ubica a una latitud: 25°.04' y longitud Norte 100°.56' (Figura 3.1), y a una altura de 1,895 msnm, temperatura media anual 22°C y precipitación pluvial media anual de 500 a 600 mm.



Figura 3.1 Navidad, Nuevo León. Ubicado en las coordenadas 25°04' de latitud norte y 100° 37' de longitud oeste (flecha roja). Localidad 3. Escala 1 Km: 10.4 mm

3.1 Material genético

El material genético consistió en 23 nuevas líneas de cebada forrajera imberbe desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN y las variedades comerciales de Avena var. Cuauhtémoc, Cebada var. Alician 221, Alician 1 depurada, Gabyan 95 y Cerro Prieto, Triticale var. Eronga-83 y la variedad experimental de trigo harinero forrajero (AN-266-99), todos ellos utilizados como testigos Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Material genético evaluado en la presente investigación.

Tratamientos	Genotipos	Tratamientos	Genotipos
1	CANI-518-18	16	CANI-665-18
2	CANI-520-18	17	CANI-697-18
3	CANI-534-18	18	CANI-700-18
4	CANI-535-18	19	CANI-750-18
5	CANI-539-18	20	CANI-779-18
6	CANI-542-18	21	CANI-798-18
7	CANI-547-18	22	CANI-801-18
8	CANI-555-18	23	CANI-209-18
9	CANI-559-18	24	Avena (Cuauhtémoc)
10	CANI-562-18	25	Cebada. Alician 221
11	CANI-581-18	26	Cebada. Alician 1 (depurada)
12	CANI-582-18	27	Cebada. Gabyan 95
13	CANI-596-18	28	Cebada. Cerro Prieto
14	CANI-645-18	29	Trigo AN-266-99
15	CANI-659-18	30	Triticale Eronga-83

CANI= Cebada Antonio Narro Imberbe

3.2 Desarrollo del experimento en campo

3.2.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en las labores comúnmente utilizadas para el establecimiento de cereales de grano pequeño de invierno en las regiones donde se siembra bajo condiciones de riego, esto es; barbecho, rastreo y nivelación.

3.2.2 Densidad de siembra

El tamaño de la parcela experimental fue de 5.4m², 6 hileras de 3 m de longitud, separadas entre sí a 0.3 m. La siembra se realizó en seco, manualmente a “chorrillo” depositando la semilla en el fondo del surco a una densidad de 85 kg/ha.

3.2.3 Fertilización

La dosis total fue 100-52-00, a la siembra; 22-52-00 y al primer riego de auxilio 78-00-00 con fosfato monoamónico (MAP) y sulfato de amonio, como fuentes.

3.2.4 Riegos

Se dieron cuatro riegos, el de siembra y tres de auxilio con una lámina total aproximada de 40 cm el sistema de riego fue por aspersión portátil.

3. 2. 5 Fenómeno natural no previsible

Es importante señalar que el día 30 de abril del 2023 (74 días después del riego de siembra), ocurrió una helada extraordinariamente tardía (-5°C aprox.), cuando la mayoría de los materiales genéticos se encontraban alrededor del inicio de espigamiento, Zadoks et al., 1974 (55) lo cual, si bien el objetivo fundamental de este trabajo fue la producción o rendimiento de biomasa aérea, algunos resultados pudieron alterarse.

3. 2. 6 Muestreos

En cada uno de los muestreos la parcela útil fue de 0.15m², es decir, se cortaron 50 cm de una de las hileras con competencia completa a una altura aproximada de 5 cm sobre la superficie del suelo.

Las fechas del riego de siembra, muestreos y días transcurridos a los diferentes muestreos, aparecen en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Localidad y ciclo, fecha de riego de siembra, muestreo y días transcurridos desde el riego de siembra a los diferentes muestreos.

Localidad y Ciclo	Riego de Siembra	Fecha de 1er. Muestro	DTPM	Fecha de 2° Muestreo	DTSM
Navidad, Nuevo León 22-23	Feb. 15, 2023	May. 16, 2023	90	May. 31, 2023	105

DTPM, DTSM. -Días transcurridos del riego de siembra a primer y segundo muestreos

3.3 Variables evaluadas

3.3.7 Altura de planta (AP)

Para los dos muestreos se midió en cm, en cada parcela útil, considerando desde la superficie del suelo hasta la altura más generalizada del extremo superior de las espigas sin considerar el largo de las hojas y las aristas, cuando fue el caso.

3.3.8 Etapa (ETP) del cultivo al corte

En campo al momento de la cosecha (muestreo), se estimó la etapa fenológica en que se encontraban los genotipos, en cada una de las tres repeticiones en base a la escala de Zadoks *et al.*, (1974), cuyos valores se reportan en los cuadros A19 y A20 del apéndice para el primero y segundo muestreos respectivamente.

3.3.9 Temperatura (TEMP) de planta o dosel

Para este variable se utilizó un termómetro infrarrojo IP-54, marca Fluke, con esta herramienta se pudo obtener los datos de temperatura de cada parcela. Este aparato puede medir temperatura desde los -30°C a 500°C con óptica de 10:1 la cual contiene un láser que permite señalar el cultivo o parcela para obtener la temperatura total de un conjunto de plantas.

3.3.10 El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Este parámetro se evaluó con sensores de luz roja e infrarroja utilizando como herramienta un sensor portátil, marca GreenSeeker™, la cual tiene la función de emitir breves ráfagas de luz, dirigiendo en la parte central de la parcela obteniendo diferentes cantidades de luz reflejada, y expresada una lectura NDVI desde 0.00 a 0.99 en las configuraciones electrónicas.

3.3.11 Cobertura (COB)

Esta variable se obtiene mediante una estimación visual en porcentaje de, cuanto cubre el genotipo la superficie del suelo en cada parcela experimental.

3.3.12 Forraje seco total (FST)

El material verde cosechado en cada parcela útil fue separado en sus diferentes fracciones (hoja, tallo y espiga) para luego deshidratarlos en asoleadero hasta peso constante, una vez alcanzado este, se pesaron por separado y de la suma de tales componentes se obtuvo el forraje seco total (FST), de tal forma que se obtuvieron las variables.

- ✓ Peso seco de hojas (PH)
- ✓ Peso seco de tallos (PT)
- ✓ Peso seco de espigas (PE)

Para forraje seco total, peso de hojas, peso de tallo y peso de espigas, los datos se tomaron en gramos por parcela y posteriormente se transformaron a toneladas por hectárea.

3.4 Análisis estadístico

La significancia para los valores AP, ETP, TEMP, NDVI, COB, PH, PT, PE, FST, fueron analizados mediante el paquete Statistical Analysis System (SAS, Ver 6 2009).

Donde se aplicó el modelo de análisis de varianza de bloques al azar con tres repeticiones por muestreo. Para la comparación de medias de las diferentes variables registradas en el experimento se utilizó la prueba de rango estandarizado de Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

3.3.13 Análisis de varianza individual

Este se realizó para cada una de las variables bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + r_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición

μ = Efecto de la media general

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

r_j = Efecto de la j -ésima repetición

e = Efecto del error experimental

i = e.....t (número de tratamientos o variables)

j = e.....r (número de repeticiones)

3.3.14 Análisis de varianza combinado

El análisis global de las variables para los dos muestreos se utilizó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + r_{jk} + T_k + (TM)_{ik} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = observación del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición del k -ésimo ambiente o localidad.

μ = Efecto de la media general

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

r_{jk} = Efecto de la j -ésima repetición anidada en el k -ésimo muestreo

T_k = Efecto del k -ésimo muestreo

$(TM)_{ik}$ = Efecto de la interacción tratamiento por muestreo

E_{ijk} = Efecto del error experimental

Para fines de este análisis se considera los tratamientos y las variedades como una muestra aleatoria de los diferentes muestreos.

3.3.15 Correlaciones

Se estableció correlaciones entre las diferentes variables estudiadas para conocer su grado de asociación por medio de la siguiente formula:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

Donde:

r = Coeficientes de correlación

$\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})$ = Suma de productos cruzados de las variables x , y

$\sum x^2$ = Desviación estándar de la variable x

$\sum y^2$ = desviación estándar de la variable y

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza individual para el primer muestreo

En el Cuadro 4.1 se presentan los resultados de los análisis de varianza para diversas características evaluadas. Se observa que la fuente de variación repeticiones no mostró significancia estadística para el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI); altura de planta (AP) y cobertura (COB), registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Por otro lado, en variables como etapa (ETP), temperatura de planta o dosel (TEMP), peso seco de hojas (PH), peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST) se registraron con niveles altamente significativos ($P \leq 0.01$).

En cuanto a genotipos, se observó que altura de planta (AP), temperatura (TEMP) y peso de hojas (PH) no mostraron significancia estadística, mientras que el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y peso de tallos (PT) sí resultaron significativos ($P \leq 0.05$). Además, para etapa (ETP), cobertura (COB) y peso de espigas (PE) se registraron niveles de alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) Cuadro 4.1.

Los coeficientes de variación (CV) oscilaron entre 2.37 y 25.69% para etapa (ETP) y peso seco de tallos (PT) respectivamente, por lo cual todos se ubican dentro de un rango aceptable y en consecuencia los resultados se consideran confiables.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza para cada variable evaluada en el primer muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

FV	GL	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
Repetición	2	137.433*	15.244**	67.489**	0.003NS	75.877*	2.859**	1.641**	0.421**	0.001**
Genotipos	29	58.674NS	226.361**	2.015NS	0.010*	90.283**	0.441NS	0.531*	0.560**	0.000*
Error	58	40.811	3.635	1.524	0.005	26.705	0.288	0.284	0.000	0.060
Total	89									
CV(%)		8.48	2.37	5.96	16.27	6.07	15.64	25.69	17.59	17.10

*, **, Significativo y Altamente Significativo, respectivamente. CV (Coeficiente de Variación).

Se llevaron a cabo pruebas de comparación de medias *Tukey* entre genotipos para todas las variables, incluso aquellas que no arrojaron diferencias significativas. Esto se realizó con el fin de agrupar las variables y facilitar la comprensión del comportamiento. Los resultados de estas pruebas se presentan en los Cuadros A1 al A9 del apéndice correspondientes al primer muestreo.

4.2 Análisis de varianza individual para el segundo muestreo

En el Cuadro 4.2 se presentan los resultados de los análisis de varianza individuales para el segundo muestreo. Se observa que variables como altura de planta (AP), temperatura de planta o dosel (TEMP), peso seco de tallos (PT) y forraje seco total (FST) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), en relación con la fuente de variación repeticiones. Por otro lado, cobertura (COB) y peso de hoja (PH) mostraron significancia estadística ($P \leq 0.05$), mientras que etapa (ETP), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y peso seco de espigas (PE) no mostraron diferencias significativas en la misma fuente de variación.

En cuanto a los genotipos, se observó que altura de planta (AP) no mostró diferencias significativas, mientras que temperatura de planta o dosel (TEMP) sí registró una diferencia significativa ($P \leq 0.05$). Además, etapa (ETP), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), cobertura (COB), peso seco de hojas (PH), peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST) presentaron

diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$). Estos resultados proporcionan información valiosa sobre la variabilidad de los genotipos durante el segundo muestreo.

Los coeficientes de variación mostraron una variabilidad notable entre las diferentes variables y muestreos. Oscilaron desde un mínimo de 1.34% para la variable de etapa durante el segundo muestreo hasta un máximo de 25.26% para el peso seco de espigas por lo que al igual que en el primer muestreo, se ubican en un rango aceptable y por lo mismo los resultados son de alta confiabilidad.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza para cada variable evaluada en el segundo muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022- 2023.

FV	GL	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
Repetición	2	220.477**	1.244NS	6.440**	0.002NS	68.611*	0.906*	1.653**	0.085NS	6.519**
Genotipos	29	54.527NS	66.001**	2.614*	0.006**	38.122**	0.665**	0.415**	1.400**	4.081**
Error	58	39.569	1.428	1.498	0.002	20.047	0.259	0.212	0.371	1.523
Total	89									
CV (%)		7.79	1.34	5.04	11.90	5.41	15.77	21.36	25.26	15.77

*, **, significativo y altamente significativo, respectivamente. CV (Coeficiente de Variación).

Además, durante el segundo muestreo también se llevaron a cabo pruebas de medias *Tukey* para todas las variables estudiadas, y los resultados se presentan en los Cuadros A10 al A18 del apéndice. Esto proporcionará una comprensión más detallada de las diferencias y similitudes en las variables medidas durante este segundo muestreo.

4.3 Resultados de los análisis de varianza y pruebas de medias combinados entre ambos muestreos

Como se puede observar en el Cuadro 4.3 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza combinados para ambos muestreos, en el que se observa que las variables altura de planta (AP), etapa (ETP), temperatura de planta o dosel (TEMP), cobertura (COB), peso seco de espigas (PE), forraje seco total (FST), registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la fuente de variación muestreos, peso seco de hojas (PH), se observó significativo ($P \leq 0.05$), en tanto que Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y peso seco de tallos (PT) no mostraron significancia.

En muestreo x repetición; altura de planta (AP), temperatura de planta o dosel (TEMP), cobertura (COB), peso seco de hojas (PH) y peso seco de tallos (PT), se registraron altamente significativos ($P \leq 0.01$), mientras que en etapa (ETP), se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST) resultaron no significativos.

Respecto a la fuente de variación genotipos, todas las variables registraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), con excepción de temperatura de planta o dosel (TEMP), que fue solo significativa ($P \leq 0.05$).

En la interacción muestreos x genotipos, etapa (ETP) y peso seco de espigas (PE) exhibieron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), en tanto que el resto de las variables resultaron no significativas (NS), cuadro 4.3

Cuadro 4.3 Cuadros medios y significancia del análisis de varianza combinado de dos muestreos para cada variable evaluada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

FV	GL	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
MUEST	1	1306.805**	3836.450**	580.323**	0.012NS	245.000**	1.867*	0.277NS	46.208**	47.158**
MUEST x REP	4	178.955**	8.244*	36.965**	0.003NS	72.244**	1.882**	1.647**	0.253NS	7.431NS
GEN	29	99.568**	243.879**	2.874*	0.010**	113.647**	0.821**	0.597**	1.200**	3.576**
MUEST x GEN	29	13.633NS	48.484**	1.755NS	0.006NS	14.758NS	0.284NS	0.348NS	0.760**	2.742NS
Error Total	116 179	40.185	2.531	1.511	0.004	23.376	0.273	0.248	0.216	1.438
CV%		8.13	1.88	5.46	14.33	5.76	15.71	23.55	24.38	16.39

NS, *, **, No significativo, significativo y altamente significativo, respectivamente. CV (Coeficiente de Variación).

Dada la significancia estadística reportada por los diferentes análisis de varianza en la fuente de variación genotipos para todas las variables estudiadas (Cuadro 4.3), se realizó la prueba de comparación de medias Tukey 0.05%, con los resultados que se describen brevemente a continuación:

En la prueba de media se observó que el número de identificación 27 (Gabyan 95) presentó altura más alta con 87.00 cm (Cuadro 4.4), aunque estadísticamente igual a 26 genotipos más entre los que se incluyen todas las variedades testigo, excepto la variedad experimental de trigo AN-266-99, que registró la altura más baja, con 66.17 cm, y estadísticamente inferior e igual a 20 genotipos más. Estos resultados muestran las diferencias significativas en la altura de las plantas entre los diferentes tratamientos evaluados, lo que sugiere variabilidad genética en la altura de planta.

En cuanto al comportamiento del testigo avena, los resultados registrados en este trabajo, concuerdan con lo reportado por, García (2024), quien realizó una evaluación

de nuevas cebadas forrajeras imberbes bajo riego restringido en la Comarca Lagunera de Coahuila, México., quien ubica idénticamente a la Avena (Cuauhtémoc) en el segundo lugar del primer grupo de genotipos con mayor altura de planta.

Cuadro 4.4 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable altura de planta (AP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	AP (cm)	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	87.000	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	83.833	B A
22	CANI-801-18	83.000	B A
17	CANI-697-18	82.167	B A
18	CANI-700-18	81.167	B A
2	CANI-520-18	80.833	B A
8	CANI-555-18	80.667	B A
30	Triticale (Eronga- 83)	80.667	B A
25	Ceb. Alician 221	80.333	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	80.167	B A C
12	CANI-582-18	80.000	B A C
6	CANI-542-18	79.833	B A C
19	CANI-750-18	79.333	B A C
15	CANI-659-18	78.667	B A C
5	CANI-539-18	78.000	B A C
13	CANI-596-18	77.833	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	77.667	B A C
14	CANI-645-18	77.333	B A C
20	CANI-779-18	77.167	B A C
23	CANI-209-18	76.833	B A C
10	CANI-562-18	76.833	B A C
7	CANI-547-18	76.667	B A C
3	CANI-534-18	75.500	B A C
16	CANI-665-18	75.167	B A C
21	CANI-798-18	74.833	B A C
1	CANI-518-18	74.500	B A C
11	CANI-581-18	73.167	B A C
4	CANI-535-18	72.333	B C
9	CANI-559-18	72.167	B C
29	Trigo AN-266-99	66.167	C

Media general 77.99cm.

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS = 14.07 cm.

En el análisis de la prueba de medias Cuadro 4.5, para precocidad (escala de Zadocks *et al.*, 1974), la cual se utiliza para describir los estados fenológicos, se observó que el número de identificación correspondiente de la línea CANI-559-18, mostró una

superioridad numérica en precocidad al momento del corte en Zadoks 90.0 (madurez – grano duro), estadísticamente igual que 19 líneas más; todas con una mayor madurez numérica que las variedades comerciales de triticale (Eronga-83), avena (var. Cuauhtémoc) y trigo AN-266-99, este último estadísticamente más tardío, identificados con los números 30, 24 y 29 respectivamente; estos tratamientos se encontraban en promedio al momento del corte en los estados 72.00, 70.33 y 66.66 de la escala de Zadoks, es decir, entre floración completa e inicio del estado lechoso.

García (2024), en un trabajo similar y en esta misma variable, concluye que se formaron seis grupos de significancia, y que entre otros, de los nuevos genotipos, destaca CANI-559-18, como de los que mostraron una superioridad estadística en precocidad al encontrarse al momento del corte en la escala 92.33 (madurez, grano duro que no se puede marcar con la uña) y los que mostraron menor escala de Zadoks fueron los testigos de las otras especies (avena, trigo y triticale) con 68.33, 70 y 70.67 (antesis completa – grano lechoso) respectivamente.

Cuadro 4.5 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable etapa (ETP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipo	ETP	Significancia
9	CANI-559-18	90.000	A
18	CANI-700-18	89.833	A
11	CANI-581-18	89.666	A
13	CANI-596-18	89.333	A
8	CANI-555-18	89.166	A
17	CANI-697-18	89.166	A
14	CANI-645-18	88.833	A
12	CANI-582-18	88.833	A
15	CANI-659-18	88.833	A
10	CANI-562-18	88.833	A
3	CANI-534-18	88.666	A
2	CANI-520-18	88.666	A
1	CANI-518-18	88.333	A
23	CANI-209-18	88.333	A
5	CANI-539-18	88.166	A
7	CANI-547-18	88.166	A
4	CANI-535-18	87.833	A
16	CANI-665-18	87.833	A
6	CANI-542-18	87.833	A
28	Ceb. Cerro Prieto	87.333	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	81.833	B
21	CANI-798-18	81.666	B
27	Ceb. Gabyan 95	80.000	B
25	Ceb. Alician 221	79.833	B
19	CANI-750-18	79.333	B
22	CANI-801-18	79.000	B
20	CANI-779-18	78.833	B
30	Triticale (Eronga-83)	72.000	C
24	Avena (Cuauhtémoc)	70.333	C
29	Trigo AN-266-99	66.666	D

Media general 84.77

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS = 3.532

En las prueba de medias para temperatura de planta o dosel, en el Cuadro 4.6 se muestra que el tratamiento 9 que corresponde a la línea CANI-559-18 presentó mayor temperatura con 24.27°C, estadísticamente más alta, encabezando el primer grupo estadístico; en contraste se observa que el número de identificación 29 que corresponde a la variedad experimental de Trigo AN-266-99 con 20.86°C presenta la temperatura más baja, ocupando el mismo lugar que en la variable anterior (ETP), lo que indica que siendo el más tardío, la temperatura es menor y por lo mismo su condición es mejor. Altas temperaturas aceleran la tasa de crecimiento del grano y

acorta su duración, disminuyendo el peso final del grano (Grass y Burris, 1995; López-Castañeda y Richards, 1998).

Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable temperatura de planta o dosel (TEMP), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	TEMP °C	Significancia
9	CANI-559-18	24.266	A
7	CANI-547-18	23.466	B A
11	CANI-581-18	23.416	B A
10	CANI-562-18	23.350	B A
12	CANI-582-18	23.316	B A
8	CANI-555-18	23.316	B A
5	CANI-539-18	23.083	B A
19	CANI-750-18	23.066	B A
18	CANI-700-18	22.700	B A
13	CANI-596-18	22.666	B A
1	CANI-518-18	22.616	B A
25	Ceb. Alician 221	22.600	B A
16	CANI-665-18	22.583	B A
15	CANI-659-18	22.583	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	22.450	B A
2	CANI-520-18	22.433	B A
22	CANI-801-18	22.416	B A
14	CANI-645-18	22.316	B A
3	CANI-534-18	22.316	B A
4	CANI-535-18	22.283	B A
6	CANI-542-18	22.116	B A
21	CANI-798-18	22.050	B A
24	Avena (Cuauhtémoc)	22.016	B A
17	CANI-697-18	22.000	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	22.000	B A
23	CANI-209-18	21.933	B A
27	Ceb. Gabyan 95	21.716	B A
20	CANI-779-18	21.716	B A
30	Triticale (Eronga-83)	21.633	B A
29	Trigo AN-266-99	20.866	B

Media general 22.50 °C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS = 2.73 °C

Aun cuando el análisis de varianza mostro alta significancia en la fuente de variación genotipos para el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (Cuadro 4.3), la prueba de medias *Tukey* formó un solo grupo estadístico (Cuadro 4.7), destacando numéricamente las variedades de trigo AN-266-99 y ceb. Cerro Prieto como los de mayor índice de verdor con 0.54 y 0.53 respectivamente; así mismo, también se

observa que el número de identificación 15, 17 y 9 que corresponden a las líneas CANI-659-18, CANI-697-18 y CANI-559-18, registraron los menores índices de verdor con 0.41, 0.41 y 0.40. Los valores comunes de NDVI para vegetación del cultivo de cebada, típicamente oscilan entre 0.4 y 0.9 dependiendo del estado de crecimiento y las condiciones específicas del cultivo (Sulik y Long, 2016; Thenkabail *et al.*, 2000).

Cuadro 4.7 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	NDVI	Significancia
29	Trigo AN-266-99	0.543	A
28	Ceb. Cerro Prieto	0.531	A
30	Triticale (Eronga-83)	0.526	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	0.526	A
19	CANI-750-18	0.525	A
20	CANI-779-18	0.518	A
22	CANI-801-18	0.515	A
25	Ceb. Alician 221	0.511	A
6	CANI-542-18	0.498	A
4	CANI-535-18	0.483	A
5	CANI-539-18	0.475	A
11	CANI-581-18	0.475	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	0.471	A
27	Ceb. Gabyan 95	0.468	A
1	CANI-518-18	0.458	A
21	CANI-798-18	0.458	A
18	CANI-700-18	0.456	A
8	CANI-555-18	0.455	A
16	CANI-665-18	0.455	A
12	CANI-582-18	0.446	A
13	CANI-596-18	0.440	A
2	CANI-520-18	0.433	A
3	CANI-534-18	0.430	A
10	CANI-562-18	0.428	A
23	CANI-209-18	0.423	A
7	CANI-547-18	0.421	A
14	CANI-645-18	0.420	A
15	CANI-659-18	0.416	A
17	CANI-697-18	0.415	A
9	CANI-559-18	0.401	A

Media general 0.46

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS = 0.149

En el Cuadro 4.8 se observa la prueba de medias para la variable cobertura donde se muestra que el número de identificación 27, que corresponde a la variedad de cebebada forrajera Gabyan 95 fue estadísticamente superior, seguida de Alician 1 (depurada), Alician 221 y Avena (Cuauhtémoc) que presentaron una cobertura con los valores más altos indicando un mayor porcentaje de esas variable con 92.66, 90.50, 90.00y 90.00 % en forma respectivas; así mismo, también se observa que el tratamiento 9 que corresponde a la línea CANI-559-18, mostró el valor más bajo de cobertura, con 75.00% y estadísticamente inferior aunque igual a 17 genotipos más entre los que le incluyen el trigo AN-266-99 y el triticales, var. Eronga -83 en los resultados obtenidos por García (2024), en la Comarca Lagunera de Coahuila, México, Alician221 obtuvo un porcentaje de cobertura superior, por lo que los resultados de este estudio concuerdan parcialmente.

En la prueba de medias muestreada en el Cuadro 4.9 para la variable peso seco de hojas (PH), se observa que los números de identificación 8, 27, 22 y 4 que corresponden a la línea CANI-555-18, la variedad cebebada Gabyan 95, CANI-801-18 y CANI-535-18 fueron los que obtuvieron un peso seco de hojas estadísticamente superior con 3.82, 3.77, 3.77 y 3.75 t ha ⁻¹, e iguales a 23 genotipos más; así mismo, también se observa que los números de identificación 9 y 30 que corresponden a línea CANI-559-18, y triticales (Eronga-83), fueron los de menor peso seco de hojas (PH) con 2.45 y 2.44 t ha ⁻¹; estos números de identificación mostraron los valores más bajos de peso de hoja, sugiriendo un menor rendimiento de biomasa foliar, aunque estadísticamente iguales a 24 genotipos más.

Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable cobertura (COB), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	COB	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	92.667	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	90.500	B A
25	Ceb. Alician 221	90.000	B A
24	Avena (Cuauhtémoc)	90.000	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	89.667	B A C
18	CANI-700-18	87.500	B D A C
2	CANI-520-18	86.667	E B D A C
14	CANI-645-18	86.333	E B D A C
17	CANI-697-18	85.833	E B D A C
15	CANI-659-18	85.833	E B D A C
19	CANI-750-18	85.833	E B D A C
8	CANI-555-18	85.833	E B D A C
12	CANI-582-18	85.000	E B D A C F
16	CANI-665-18	85.000	E B D A C F
23	CANI-209-18	84.167	E B D A C F
22	CANI-801-18	84.167	E B D A C F
5	CANI-539-18	83.333	E B D A C F
10	CANI-562-18	83.333	E B D A C F
20	CANI-779-18	83.333	E B D A C F
13	CANI-596-18	82.500	E B D A C F
21	CANI-798-18	81.667	E B D C F
7	CANI-547-18	80.833	E B D C F
6	CANI-542-18	80.833	E B D C F
4	CANI-535-18	80.833	E B D C F
1	CANI-518-18	80.000	E B D C F
11	CANI-581-18	79.167	E D C F
30	Triticale (Eronga-83)	78.333	E D F
3	CANI-534-18	77.500	E D F
29	Trigo AN-266-99	76.667	E F
9	CANI-559-18	75.000	F

Media general 83.94

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 10.734%

Cuadro 4.9 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable peso seco de hojas (PH), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PH (t ha⁻¹)	Significancia
8	CANI-555-18	3.822	A
27	Ceb. Gabyan 95	3.777	A
22	CANI-801-18	3.777	A
4	CANI-535-18	3.755	A
14	CANI-645-18	3.655	B A
18	CANI-700-18	3.644	B A
2	CANI-520-18	3.633	B A
16	CANI-665-18	3.622	B A
6	CANI-542-18	3.600	B A C
15	CANI-659-18	3.555	B A C
20	CANI-779-18	3.555	B A C
17	CANI-697-18	3.455	B A C
5	CANI-539-18	3.444	B A C
23	CANI-209-18	3.433	B A C
19	CANI-750-18	3.377	B A C
21	CANI-798-18	3.377	B A C
12	CANI-582-18	3.322	B A C
24	Avena (Cuauhtémoc)	3.288	B A C
7	CANI-547-18	3.277	B A C
25	Ceb. Alicia 221	3.255	B A C
13	CANI-596-18	3.233	B A C
3	CANI-534-18	3.188	B A C
26	Ceb. Alicia 1 (depurada)	3.177	B A C
11	CANI-581-18	3.144	B A C
10	CANI-562-18	3.111	B A C
29	Trigo AN-266-99	3.100	B A C
1	CANI-518-18	2.922	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	2.533	B C
9	CANI-559-18	2.455	C
30	Triticale (Eronga-83)	2.444	C

Media general 3.33 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.161 t ha⁻¹

La prueba de medias (Cuadro 4.10) para la variable peso seco de tallos (PT), muestra que los números de identificación 8 y 18, que corresponden a las líneas CANI-555-18 y CANI-700-18 fueron los que obtuvieron un peso de tallos estadísticamente superior con 2.75, 2.67 y t ha⁻¹, junto a 25 genotipos más; así mismo, también se observa que el tratamiento 24 que corresponde a la variedad de avena (Cuauhtémoc) fue el menor peso de tallos con 1.32 t ha⁻¹ aunque estadísticamente igual a 25 genotipos más entre los que se incluyen todas las variedades comerciales utilizadas como testigos.

Cuadro 4.10 Resultados de la prueba de medias Tukey combinada de dos muestreos para la variable peso seco de tallos (PT), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PT(t ha ⁻¹)	Significancia
8	CANI-555-18	2.755	A
18	CANI-700-18	2.677	A
12	CANI-582-18	2.600	B A
2	CANI-520-18	2.488	B A
7	CANI-547-18	2.377	B A C
4	CANI-535-18	2.366	B A C
23	CANI-209-18	2.333	B A C
14	CANI-645-18	2.288	B A C
17	CANI-697-18	2.277	B A C
6	CANI-542-18	2.244	B A C
11	CANI-581-18	2.211	B A C
25	Ceb. Alician 221	2.166	B A C
15	CANI-659-18	2.155	B A C
16	CANI-665-18	2.155	B A C
27	Ceb. Gabyan 95	2.122	B A C
3	CANI-534-18	2.088	B A C
29	Trigo AN-266-99	2.055	B A C
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	2.033	B A C
9	CANI-559-18	2.033	B A C
13	CANI-596-18	2.022	B A C
21	CANI-798-18	2.022	B A C
22	CANI-801-18	2.011	B A C
5	CANI-539-18	2.011	B A C
10	CANI-562-18	1.933	B A C
20	CANI-779-18	1.888	B A C
19	CANI-750-18	1.877	B A C
1	CANI-518-18	1.855	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	1.566	B C
30	Triticale (Eronga-83)	1.544	B C
24	Avena (Cuauhtémoc)	1.322	C

Media general 2.11 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.106 t ha⁻¹

En cuanto a la prueba de medias en el Cuadro 4.11, señala que para la variable peso seco de espigas (PE), se observa que los números de identificación 2 y 4, que corresponden a las líneas CANI-520-18 y CANI-535-18, fueron los que obtuvieron un peso seco de espigas superior de forma estadística con 2.56 y 2.55t ha⁻¹ y significativamente iguales a 21 genotipo más; así mismo, también se observa que el tratamiento 24 que corresponde a la variedad de avena (Cuauhtémoc) fue la de menor peso seco de espigas 0.81t ha⁻¹ estadísticamente igual a otros 12 genotipos. Grafius (1957) propone que el rendimiento es el producto multiplicativo de los componentes del rendimiento tales como, espigas por planta, número de semillas por espigas, y peso de mil semillas.

En el comportamiento del testigo avena, los resultados registrados en este trabajo, coinciden con lo reportado por Roblero (2014) quien realizó una evaluación de trigos imberbes forrajeros en la localidad Zaragoza, Coahuila, en el cual ubica a la avena var. Cuauhtémoc entre los genotipos con menor peso de espiga.

En el Cuadro 4.12 se observa el comportamiento de los genotipos en cuanto a producción de biomasa aérea o forraje seco total (FST), los tratamientos 2, 4, 23,6 y 12 que corresponden a las líneas CANI-520-18, CANI-535-18, CANI-209-18, CANI-542-18 y CANI-582-18, fueron los que obtuvieron un rendimiento forraje o biomasa aérea estadísticamente superior con 8.69, 8.48, 8.26 y 8.21 t ha⁻¹; así mismo, también se observa que los tratamientos 30 y 24 correspondientes a la variedad de triticale (Eronga-83) y avena (Cuauhtémoc), fueron los de comportamiento estadísticamente menor con rendimientos de 5.49, 5.42 t ha⁻¹ respectivamente; siendo esas variedades las que se ubicaron al final de la prueba aunque estadísticamente iguales a 23 genotipos más.

El resultado de este trabajo concuerda con lo reportado por García (2024) quien encontró que la variedad de avena Cuauhtémoc fue la menos rendidora; con lo anterior se confirma lo que ya ha dicho bien documentado en el sentido de que la cebada es en general una especie muy resiliente en comparación de algunos cereales del mismo ciclo.

Cuadro 4.11 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable peso seco de espigas (PE), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PE (t ha⁻¹)	Significancia
2	CANI-520-18	2.566	A
4	CANI-535-18	2.555	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	2.533	B A
23	CANI-209-18	2.488	B A C
5	CANI-539-18	2.444	B A C
8	CANI-555-18	2.377	BDA C
6	CANI-542-18	2.366	EBDA C
28	Ceb. Cerro Prieto	2.300	EBDA CF
12	CANI-582-18	2.233	EBDA CF
1	CANI-518-18	2.111	EBDA CF
13	CANI-596-18	2.100	EBDA CF
3	CANI-534-18	2.033	EBDA CF
7	CANI-547-18	2.022	EBDA CF
19	CANI-750-18	2.011	EBDA CF
25	Ceb. Alician 221	2.000	EBDA CF
11	CANI-581-18	1.944	EBDA CF
10	CANI-562-18	1.866	EBDA CF
22	CANI-801-18	1.833	EBDAGCF
17	CANI-697-18	1.700	EBDAGCF
9	CANI-559-18	1.600	EBDAGCF
20	CANI-779-18	1.588	EBDAGCF
21	CANI-798-18	1.588	EBDAGCF
14	CANI-645-18	1.577	EBDAGCF
15	CANI-659-18	1.522	EBD GCF
27	Ceb. Gabyan 95	1.500	E D GCF
30	Triticale (Eronga-83)	1.500	E D GCF
18	CANI-700-18	1.388	E D GCF
29	Trigo AN-266-99	1.344	E G F
16	CANI-665-18	1.288	G F
24	Avena (Cuauhtémoc)	0.811	G

Media general 1.90 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.032 t ha⁻¹

Cuadro 4.12 Resultados de la prueba de medias *Tukey* combinada de dos muestreos para la variable forraje seco total (FST), en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	FST(t ha⁻¹)	Significancia
2	CANI-520-18	8.688	A
4	CANI-535-18	8.477	A
23	CANI-209-18	8.255	A
6	CANI-542-18	8.211	A
12	CANI-582-18	8.155	A
5	CANI-539-18	7.900	B A
8	CANI-555-18	7.733	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	7.722	B A
18	CANI-700-18	7.711	B A
7	CANI-547-18	7.677	B A
22	CANI-801-18	7.622	B A
11	CANI-581-18	7.511	B A
14	CANI-645-18	7.500	B A
17	CANI-697-18	7.433	B A
25	Ceb. Alician 221	7.422	B A
27	Ceb. Gabyan 95	7.400	B A
13	CANI-596-18	7.355	B A
3	CANI-534-18	7.333	B A
19	CANI-750-18	7.266	B A
15	CANI-659-18	7.233	B A
16	CANI-665-18	7.177	B A
20	CANI-779-18	7.033	B A
21	CANI-798-18	6.988	B A
10	CANI-562-18	6.911	B A
1	CANI-518-18	6.888	B A
29	Trigo AN-266-99	6.500	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	6.400	B A
9	CANI-559-18	6.088	B A
30	Triticale (Eronga-83)	5.488	B
24	Avena (Cuauhtémoc)	5.422	B

Media general 7.31 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 2.663 t ha⁻¹

4.4 Correlaciones entre variables estudiadas

4.4.1 Primer muestreo

El Cuadro 4.13 presenta los resultados de las correlaciones entre variables de mayor importancia en el estudio donde altura de planta (AP), se asocia significativa y positivamente con cobertura (COB) y peso seco de hojas (PH); etapa (ETP), se asocia de forma positiva y altamente significativa con peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST) y negativamente con NDVI ($r = -0.46$), lo cual es normal ya que a medida que avanza la etapa, el índice de verdor disminuye, lo mismo ocurrió entre temperatura (TEMP) y NDVI ($r = -0.95$), esta última variable también se asoció en sentido negativo con PT ($r = -0.45$), PE ($r = -0.37$) y FST ($r = -0.38$). Así mismo, cobertura (COB), se asocia significativa y positivamente con peso seco de hojas (PH); esta a su vez, se asocia de forma positiva y altamente significativa con peso seco de tallos (PT), forraje seco total (FST); Peso seco de espigas (PE) por su parte se asocia en el mismo sentido con forraje seco total (FST). Estas asociaciones proporcionan información valiosa sobre la relación entre diferentes características de las plantas en el contexto del estudio.

Cuadro 4.13 Correlaciones entre variables estudiadas, del primer muestreo en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

Variable	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
AP	1.00	-0.14	-0.22	-0.00	0.62**	0.31*	0.23	-0.03	0.22
ETP		1.00	0.13	-0.46*	-0.11	0.01	0.54**	0.71**	0.46*
TEMP			1.00	-0.95**	-0.20	-0.05	-0.00	0.11	0.00
NDVI				1.00	0.03	-0.12	-0.45*	-0.37*	-0.38*
COB					1.00	0.35*	0.17	-0.01	0.19
PH						1.00	0.60**	0.17	0.63**
PT							1.00	0.61**	0.77**
PE								1.00	0.59**
FST									1.00

*, **, significativo y altamente significativo, respectivamente AP= Altura de planta; ETP= Etapa fenológica; TEM= temperatura NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada COB= Cobertura; PH= peso seco de hojas; PT= Peso seco de tallos; PE= Peso seco de espigas; FST= forraje seco total.

4.4.2 Segundo muestreo

En el Cuadro 4.14, se observan diferencias con respecto al primer muestreo en las asociaciones registradas entre las variables, de hecho; desaparecen todas las asociaciones negativas que presentaba el primer muestreo. Altura de planta (AP), se asocia de manera altamente significativa y positiva con cobertura (COB), peso seco de tallos (PT) y débilmente con forraje seco total (FST). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se asocia alta, significativa y positivamente con cobertura (COB) y peso seco de espigas (PE). Así mismo, peso seco de hojas (PH), presentó asociación positiva y altamente significativa con (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST); finalmente como era de esperarse, esta última se asoció además en la misma magnitud y sentido con peso seco de tallos (PT) y peso seco de espigas (PE). Las asociaciones observadas en el segundo muestreo, cambios en las relaciones entre las variables ya sea por variaciones en el desarrollo de las plantas o las condiciones ambientales. Estos cambios pudieran atribuirse a la helada ocurrida el 30 de abril de 2023; lo que subraya la importancia de considerar eventos climáticos específicos al analizar el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales.

Cuadro 4.14 Correlaciones entre variables estudiadas, del segundo muestreo en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

Variable	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
AP	1.00	0.21	0.02	-0.07	0.49*	0.20	0.34*	0.04	0.21
ETP		1.00	0.24	-0.22	0.11	0.17	0.02	0.10	0.14
TEMP			1.00	0.02	-0.02	0.03	0.09	0.05	0.10
NDVI				1.00	0.31*	0.03	-0.00	0.43*	0.23
COB					1.00	0.11	0.06	0.17	0.16
PH						1.00	0.61**	0.32**	0.81**
PT							1.00	0.25	0.72**
PE								1.00	0.71**
FST									1.00

*, **, significativo y altamente significativo, respectivamente AP= Altura de planta; ETP= Etapa fenológica; TEM= temperatura NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada COB= Cobertura; PH= peso seco de hojas; PT= Peso seco de tallos; PE= Peso seco de espigas; FST= forraje seco total.

4.5 Correlaciones combinadas (ambos muestreos)

El Cuadro 4.15 presenta las correlaciones combinadas de ambos muestreos, mostrando asociaciones consistentes entre las variables medidas en ambos períodos. Para la altura de planta (AP), se mantiene la asociación positiva y significativa con temperatura (TEMP), cobertura (COB), peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST); etapa (ETP), se asocia de manera positiva y altamente significativa con temperatura (TEMP), peso seco de tallos (PT), peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST). En temperatura (TEMP), la asociación es positiva y altamente significativa con peso seco de espigas (PE) y forraje seco total (FST); cobertura (COB), se asocia de manera ligeramente positiva con peso seco de hojas (PH); esta a su vez se asocia de forma positiva y altamente significativa con peso seco de tallos (PT) y forraje seco total (FST); esta última variable a demás con peso seco de espigas (PE) en el mismo sentido. Estas asociaciones consistentes a través de ambos muestreos, indican relaciones sólidas entre las diferentes variables evaluadas en el estudio, lo que proporciona una comprensión más completa de los factores que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Cuadro 4.15 Correlaciones entre variables estudiadas, del primero y segundo muestreos (combinadas) en el Campo Experimental Navidad, Nuevo LeMéxico, 2022-2023.

Variable	AP	ETP	TEMP	NDVI	COB	PH	PT	PE	FST
AP	1.00	0.18	0.20	-0.07	0.44*	0.18	0.28	0.23	0.31*
ETP		1.00	0.50**	-0.38*	0.14	-0.03	0.34*	0.56**	0.43*
TEMP			1.00	-0.11	-0.23	-0.13	0.07	0.48*	0.28
NDVI				1.00	0.15	-0.03	-0.28	0.00	-0.12
COB					1.00	0.27	0.11	-0.04	0.09
PH						1.00	0.59**	0.11	0.62**
PT							1.00	0.34*	0.72**
PE								1.00	0.70**
FST									1.00

*, **, significativo y altamente significativo, respectivamente AP= Altura de planta; ETP= Etapa fenológica; TEM= temperatura NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada COB= Cobertura; PH= peso seco de hoja; PT= Peso seco de tallos; PE= Peso seco de espigas; FST= forraje seco total.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se llevó a cabo este estudio y a los resultados obtenidos, se puede concluir que:

- Existe amplia variabilidad genética entre los materiales ensayados, lo cual quedó de manifiesto por las diferencias estadísticas reportadas para la fuente de variación genotipos en todas las variables evaluadas.
- Por el comportamiento estadísticamente superior en la producción de forraje o biomasa aérea total, las líneas más destacadas fueron CANI-120-18, CANI-535-18, CANI- 209-18, CANI- 542 - 18 CANI- 582-18, que, en promedio, superaron en más del 30% la media de rendimiento de biomasa aérea o forraje seco total (FST) de las variedades testigo.
- Las correlaciones de mayor consistencia ocurrieron entre altura de planta (AP) y etapa (ETP) con forraje seco total (FST) y esta última a su vez con los componentes directos de la biomasa (PH, PT y PE); el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con PE, cambió de sentido del primero al segundo muestreo ($r = -0.37$ y $r = 0.43$) respectivamente; en cambio con PH y PT la asociación desapareció.
- Es recomendable continuar la evaluación de los mismos genotipos para destacar la probable influencia de la helada tardía ocurrida durante el desarrollo de este trabajo y corroborar los resultados aquí vertidos.

VI. LITERATURA CITADA

- Alam, M. Z., S. A. Haider, and N. K. Paul. 2007. Yield and yield components of barley in relation to sowing times. *J. Biol. Sci.* 15: 139-145.
- Amigone, M. 1992. Principales características de cultivares de cereales forrajeros. Hoja Informativa N° 211. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Marcos Juárez. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. 10 p.
- Ataei, M. 2006. Path analysis of barley yield. *Tarim Bilimleri Dergisi*. Ankara Universitesi Ziraat Fakultesi (Irán). 12(3):227-232.
- Badr, A., Müller, K., Schäfer-Pregl, R., El Rabey, H., Effgen, S., Ibrahim, H., et al. 2000. On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol. Biol. Evol.* 17, 499–510.
- Ball, D.M., Hoveland, C.S. and Lacefield, G.D. 1998. Southern forages. 2nd ed. Potash and Phosphate Inst. and Foundation for Agronomic Research, Norcross, GA.
- Bergen, W. G.; Byrem, T. M. and Grant, A. L. 1991. Ensiling characteristic of whole - crop small grains harvested at milk and dough stages. *J. Anim. Sci.* 69:1766-1774.
- Berti, N., & Rapilly, M. 1987. Biología y Control de *Zabrus tenebrioides*. *Revista de Protección Vegetal*, 2(3), 123-130.
- Blain, G. 2014. Verdeos de invierno. Taller de capacitación. INTA 1-16pp.
- Blake, T. V. C.; Blake, J. G.; Bowman, P. and H. Abdel, H. 2011. Barley feed uses and quality improvement. *In: Barley: Production, Improvement, and Uses*. Ullrich, S. E. (Ed.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 522-531 pp.
- Box EO, Holben BN, Kalb V (1989) Precisión del índice de vegetación AVHRR como predictor de biomasa, productividad primaria y flujo neto de CO₂ *Vegetación* 80:71–89.
- Butler, T. J.; Celen, A. E.; Webb, S. L.; Krstic, D. and Interrante, S. M. 2014. Temperature affects the germination of forage legume seeds. *Crop Sci.* 54(6):2846-2853.

- Calderón, G. J.; Monterroso, R. A. y Gómez, D. J. 2015. Cambio climático en el centro de México: impacto en la producción de cebada (*Hordeum vulgare*) en Tlaxcala. *Ra Ximhai*. 11(5):37-46.
- Calvo. D. V. 2016. Selección de Nuevas Líneas de Cebada Imberbe por su comportamiento Forrajero a partir de las Fracciones: Tallos, Hojas y Espigas y Rendimiento de Grano. Tesis de Licenciatura UAAAN.
- Carbajo, A. T. 1998. Avena: su evolución, estado actual y perspectiva. *Revista Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria* 23: 19-38.
- Carena, M.J. 2009. *Handbook of plant breeding: cereals*. 1st ed. Springer, New York.
- Cash, S. D.; Staber, L. M. M.; Wichman, D. M. and Hensleigh, P. F. 2004. Forage yield, quality and nitrate concentration of barley grown under irrigation. *Montana State University*. 4 p.
- Castañeda-Saucedo, M.C.; López-Castañeda, C.; Colinas-De León, M.T.; Molina, J.; Hernández, A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia*. 34(4):286-292. Disponible desde Internet en: ISSN 0378-1844 (con acceso el 18/02/10).
- Castro, N.; Rufach, H.; Capellino, F.; Domínguez, R.; Paccapelo, H. 2011. Evaluación del rendimiento de forraje y grano de triticales y tricepiros. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 37 (3): 281-289.
- Cherney, J. H. and Marten, G. C. 1982. Small grain crop forage potential: I. biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop. Sci.* 22:227-231.
- Colín, R. M.; Zamora, V. V. M.; Lozano del R, A. J.; Martínez, Z. G. y Torres, T. M. A. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Téc. Pec. Méx.* 45(3):249-262.
- Colín, R. M.; Zamora, V. V. M.; Torres, T. M. A. y Jaramillo, S. M. A. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en el norte de México. *Téc. Pec. Méx.* 47(1):27-40.
- Colin, R.M.; Lozano, A.J.; Martinez, G.; Zamora, V.M.; Santana, J.T. y Méndez, V.M. 2004. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento

- de forraje. Resultados de investigación 2003. UAAAN. Buenavista, Saltillo; Coahuila, México.93-101pp.
- Coops NC, Stone CA. 2005. Una comparación de espectros de reflectancia modelados y basados en campo del follaje dañado de *Pinus radiata*. *Aust J Bot* 53(5):417–429.
- Diez, M. y Sardiña, C. 2013. Rendimiento y calidad de verdeos de invierno para silo en diferentes estados fenológicos. Memoria técnica: EEA General Villegas. 2013-2014. Versión electrónica: 57-58.
- Epplin, F.M., Hossain, I., & Krenzer, E.G. 1996. Winter wheat fall forage yield and grain yield response to planting date in a dual-purpose system. *Agronomy Journal*, 88(1), 100-104.
- FAO. 2010. *Grassland Species Profiles: Winter Cereals*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flores, L. A.; Lizarraga, G. C. y Peñuri, F. J. M. 1984. Evaluación en la producción de forraje, valor nutritivo y calidad de ensilaje en diferentes especies de cereales. *Téc. Pec. Méx. Suplento*. 11 p.
- Foster, E. and Prentice N. 1987. Barley. *In: nutritional quality of cereal grains; genetic and agronomic improvement-agronomy*. Monograph no. 28. South Segoe Road, Madison, USA. 337-396 pp.
- Fowler, D. B.; Byrns, B. M. and Greer, K. J. 2014. Overwinter low-temperature responses of cereals: analyses and simulation. *Crop Sci*. 54(6):2395-2405.
- Friedt, W., R. D. Horsley, B. L. Harvey, D. M. Poulsen, R. Lance, S. Ceccarelli, and F. Carpettini. 2011. Barley breeding, history, progress, objectives and technology. *In: Barley: production, improvement and uses*. Ullrich S. E. (ed.). Blackwell Publishing Ltd. pp: 160-220.
- García. H. J. A. 2024. Evaluación de Nuevas Cebadas Forrajeras Imberbes Bajo Riego Restringido en la Comarca Lagunera de Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.47p.
- González, C. I. 2007. Producción y calidad forrajera de líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 82 p.

- González, L., Paredes P., Rial P. 2008. Severidad de la sequía en santa cruz: evaluación a través de índices de vegetación de imágenes modis. Laboratorio de Teledetección y SIG. EEA Santa Cruz. Convenio INTA – Provincia de Santa Cruz. 1 p.
- Grafius, J. E. 1957. Components of Yield in oats: A Geometric Interpretation Agron. J. 49: -419-423.
- Grass L, Burris JS (1995) Effect of heat during seed development and maturation on wheat (*Triticum durum*) seed quality. I. Seed germination and seedling vigor. *Can. J. Plant Sci.* 75: 821-829.
- Harlan, J.R. 1979. On the origin of barley. In: Barley: origin, botany, culture, winter hardiness, genetics utilization, pests. USDA Agriculture Handbook 338. Washington, DC.
- Hart, H. R.; Carlson, G. E. and McCloud, D. E. 1971. Cummulative effects of cutting management of forage yields and tiller densities of tall fescue and orchard grass. *Agron. J. USA.* 63(4):895-898.
- Hatfield, J. L. and Prueger, J. H. 2015. Temperature extremes: effect on plant growth and development. *Weather and climate extremes.* 10:4-10.
- Houspanossian, J., Schirmbeck. J., Rivas. R., Vázquez. P. 1990. Relación entre la temperatura radiativa de la vegetación y el contenido de agua en suelo. Argentina. pp. 137-138.
- Hughes, H. D.; Heath, M. E. y Metcalfe, D. S. 1974. Forrajes, Ed. CECSA, México. 343-373 p.
- Juskiw, P. E.; Helm, J. H. and Salmon, D. F. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40:138-147.
- Keles, G.; Ates, S.; Coskun, B. and Koc, S. 2013. Re-growth yield and nutritive value of winter cereals. *Proceedings of the 22nd International Grassland Congress.* Sídney Australia. ISBN: 9781742565439. 951-953. pp.
- Khorasani, G. R.; Bedel, P. E.; Helm, J. H. and Kennelly, J. J. 1997. Influence of stage of maturation on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77:259-267.

- Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W. 1969. Transformaciones de preprocesamiento y su efecto en el reconocimiento multispectral. Entorno de sensores remotos VI:97–132.
- Langridge, P. and Barr, A. R. 2003. Preface to better barley faster: the role of marker assisted selection. Australian Journal of Agricultural Research. 54:1-4.
- López-Castañeda C, Richards RA. 1998. Variation in grain growth and remobilisation of stem reserves among temperate cereals. Combined 42nd Annual ASBMB /38th Annual ASPP /20th Annual NZSPP Conferences. Adelaide, Australia. POS-273.
- Loranty M, Davydov S, Kropp H, Alexander H, Mack M, Natali S, Zimov N. 2018. Los índices de vegetación no capturan la variación de la cubierta forestal en los bosques de alerces de las tierras altas de Siberia. Sensores remotos 10(11):1686–1700.
- Maskova, Z., Zemek F. y Kuet J. 2008. Diferencia normalizada del índice de vegetación (NDVI) en el manejo de los prados de montaña. Boreal Environment Research 13: 417-432.
- McVeagh P, Yule I, Grafton M. 2012. Mapeo del rendimiento de los pastos desde su camión extendido. En: Gestión avanzada de nutrientes: ganancias del pasado - objetivos para el futuro. (Eds. LD Currie y C L. Christensen). <http://flrc.massey.ac.nz/publications.html>. Informe ocasional No. 25. Centro de investigación de fertilizantes y cal, Universidad Massey, Palmerston North, Nueva Zelanda, págs. 24-29.
- Moreyra, F., Giménez, F., López, J. R., Tranier, E., Ortellado, M. R., Krüger, H. y Labarthe, F. 2014. Verdeos de Invierno. INTA Ediciones. Buenos Aires, Argentina.
- Murrieta, G. I. 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos de cruzas de diferentes variedades de trigo bajo condiciones de calor y sequía. Tesis de Maestría. Instituto tecnológico de Sonora. Dirección Académica de Recursos Naturales. Cd. Obregón, Sonora, Mexico. Pp 27-29.
- Newton, A. C.; Flavell, A. J.; George, T. S.; Leat, P.; Mullholland, B.; Ramsay, L.; Revoredo-Giha, C.; Russell, J.; Steffenson, B. J.; Swanston, J. S.; Thomas, W.

- T. B.; Waugh, R.; White P. J. and Bingham, I. J. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security*. 3(2):141-178.
- Pettorelli N, Vik JO, Mysterud A, Gaillard JM, Tucker CJ, Stenseth NC. 2005. Uso del NDVI derivado de satélites para evaluar las respuestas ecológicas al cambio ambiental. *Tendencias Ecol Evol* 20(9):503–510.
- Poehlman, J. M. 1985. Adaptation and distribution. *In*: Rasmusson, Donald C. (ed). Barley. *Agronomy* 26. American Society of Agronomy Inc. 1-18 pp.
- Poehlman, J.M. 1981. Mejoramiento Genético de las Cosechas. 1° Ed. Limusa. México.
- Radford, A.E., Ahles H. F., and Bell, C. R. 1968. Manual of the vascular flora of the Carolinas. Univ. of North Carolina Press, Chapel Hill.
- Ramírez. P. A. B. 2009. Producción de Biomasa, Relación hoja-tallo y correlaciones en Nuevas Cebadas Forrajeras (*Hordeum vulgare*). Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México. Saltillo. Coahuila. México.
- Reyes, L. T.; Camacho C. y Guevara, F. 2013. Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. INIFAP. Libro técnico núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. 242 p.
- Roblero. P. J. A. 2014. Producción de materia seca y contribución de los componentes (Tallo. Hoja y Espiga) en trigo imberbes y otros cereales de invierno. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Saltillo. Coahuila. México.
- Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México. 660 p.
- Santoyo, C. E, Quiroz M. J. 2010. Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. Instituto de Investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del Estado de México, 2. 22 p.
- Shao GF, Tang LN, Liao JF. 2019. La exageración de la precisión general de los mapas desinforma sobre la confiabilidad de la investigación. *Landsc Ecol* 34(11):2487–2492.
- Solís, M. E., Díaz. L. T., J. G. 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. *Terra Latinoamericana*, octubre-diciembre, 375-388.

- Stubbs, R.W. Prescott, J. M., Saari, E. E., Dubin, H.J. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México. 89 p.
- Sulik, J; Long, DS. 2016. Spectral considerations for modeling yield of canola (en línea). *Remote Sensing of Environment* 184:161-174.
- Thenkabail, P.S., Smith, R.B. and De Pauw, E. 2000. Hyperspectral Vegetation Indices and Their Relationships with Agricultural Crop Characteristics. *Remote Sensing of Environment*, 71, 158-182.
- Ullrich, S. E. 2011. Significance, adaptation, production, and trade of barley. *In: Barley: Production, improvement, and uses*. Ullrich, S. E. (Ed.). Wiley-Blackwell Publishing Ltd. Iowa, USA. 3-13 pp.
- Vitkauskaitė, G., Venskaitytė, L. 2011. Differences between C3 (*Hordeum vulgare* L.) and C4 (*Panicum miliaceum* L.) plants with respect to their resistance to water deficit. *Žemdirbystė=Agriculture*, vol.98, No.4, p.349–356.
- Wilson, G. C. Y.; Hernández, G. A.; Ortega, C. M. E.; López, C. C.; Bárcena, G. R.; Zaragoza, R. J. L. y Aranda, O. G. 2017. Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Rev. FCA UNCUYO*. 49(2):79-92.
- Zadoks JC, TT Chang, CF Konzak. 1974. A decimal code for the stages of cereals. *Eucarpia Bulletin* 7: 42-52.
- Zanoniani, R y Noëll, S. 2002. Verdeos de invierno. Cartilla UEDY, Uruguay.

Internet

(Correlaciones 2024, s.f.) Consulta: 9 de junio de 2024. Disponible en:

<http://support.sas.com/documentation/installcenter/92/sasinstall/9.2/unx/lnx/sreq.pdf>

Página Oficial, S. (SAS, Ver 6 2009). Software de Análisis Estadístico SAS. Obtenido

de <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/que-es-la-correlacion-estadistica-y-como-interpretarla/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

2015. <http://www.siap.gob.mx>.

I. APÉNDICE

Cuadro A1 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable altura de planta, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	AP (CM)	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	86.333	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	81.667	B A
22	CANI-801-18	81.000	B A
30	Triticale (Eronga-83)	79.333	B A
17	CANI-697-18	79.000	B A
19	CANI-750-18	78.667	B A
2	CANI-520-18	78.333	B A
18	CANI-700-18	78.333	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	78.000	B A
25	Ceb. Alician 221	77.667	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	77.333	B A
15	CANI-659-18	76.667	B A
20	CANI-779-18	76.667	B A
8	CANI-555-18	76.667	B A
5	CANI-539-18	76.000	B A
6	CANI-542-18	74.667	B A
23	CANI-209-18	74.333	B A
12	CANI-582-18	74.333	B A
10	CANI-562-18	74.000	B A
14	CANI-645-18	74.000	B A
21	CANI-798-18	73.667	B A
16	CANI-665-18	73.333	B A
3	CANI-534-18	72.667	B A
13	CANI-596-18	72.000	B A
7	CANI-547-18	72.000	B A
1	CANI-518-18	69.667	B A
9	CANI-559-18	69.333	B A
4	CANI-535-18	69.333	B A
11	CANI-581-18	69.000	B A
29	Trigo AN-266-99	65.000	B

Media general 75.3 cm

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 20.562 cm

Cuadro A2 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable etapa, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	ETP	Significancia
9	CANI-559-18	87.000	A
18	CANI-700-18	87.000	A
11	CANI-581-18	87.000	A
8	CANI-555-18	86.333	A
13	CANI-596-18	86.333	A
14	CANI-645-18	86.333	A
15	CANI-659-18	86.333	A
2	CANI-520-18	86.333	A
17	CANI-697-18	86.333	A
12	CANI-582-18	85.667	A
3	CANI-534-18	85.667	A
10	CANI-562-18	85.667	A
1	CANI-518-18	85.667	A
16	CANI-665-18	85.000	A
7	CANI-547-18	85.000	A
6	CANI-542-18	85.000	A
5	CANI-539-18	85.000	A
23	CANI-209-18	85.000	A
4	CANI-535-18	84.333	A
28	Ceb. Cerro Prieto	83.667	A
21	CANI-798-18	73.667	B
19	CANI-750-18	73.667	B
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	72.333	B
22	CANI-801-18	72.000	B
27	Ceb. Gabyan 95	71.000	B
20	CANI-779-18	71.000	B
25	Ceb. Alician 221	70.667	B
30	Triticale (Eronga-83)	69.000	B
29	Trigo AN-266-99	59.667	C
24	Avena (Cuauhtémoc)	57.000	C

Media general 80.15

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 6.137

Cuadro A3 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable temperatura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	TEMP (°C)	Significancia
9	CANI-559-18	23.200	A
10	CANI-562-18	21.900	A
11	CANI-581-18	21.867	A
7	CANI-547-18	21.733	A
5	CANI-539-18	21.600	A
8	CANI-555-18	21.167	A
22	CANI-801-18	21.133	A
6	CANI-542-18	21.100	A
28	Ceb. Cerro Prieto	21.033	A
21	CANI-798-18	20.933	A
25	Ceb. Alician 221	20.867	A
12	CANI-582-18	20.833	A
13	CANI-596-18	20.800	A
2	CANI-520-18	20.767	A
14	CANI-645-18	20.700	A
1	CANI-518-18	20.633	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	20.633	A
20	CANI-779-18	20.633	A
15	CANI-659-18	20.567	A
18	CANI-700-18	20.433	A
3	CANI-534-18	20.367	A
17	CANI-697-18	20.300	A
4	CANI-535-18	20.100	A
16	CANI-665-18	20.033	A
27	Ceb. Gabyan 95	20.033	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	19.967	A
23	CANI-209-18	19.767	A
30	Triticale (Eronga-83)	19.500	A
19	CANI-750-18	19.433	A
29	Trigo AN-266-99	19.400	A

Media general 20.71 °C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 3.97°C

Cuadro A4 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	NDVI	Significancia
29	Trigo AN-266-99	0.613	A
25	Ceb. Alician 221	0.576	A
30	Triticale (Eronga-83)	0.556	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	0.550	A
19	CANI-750-18	0.546	A
20	CANI-779-18	0.543	A
28	Ceb. Cerro Prieto	0.520	A
22	CANI-801-18	0.520	A
6	CANI-542-18	0.506	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	0.503	A
21	CANI-798-18	0.500	A
16	CANI-665-18	0.490	A
1	CANI-518-18	0.486	A
4	CANI-535-18	0.486	A
13	CANI-596-18	0.463	A
18	CANI-700-18	0.460	A
12	CANI-582-18	0.460	A
10	CANI-562-18	0.456	A
11	CANI-581-18	0.443	A
3	CANI-534-18	0.443	A
5	CANI-539-18	0.440	A
14	CANI-645-18	0.436	A
17	CANI-697-18	0.433	A
23	CANI-209-18	0.430	A
15	CANI-659-18	0.423	A
7	CANI-547-18	0.413	A
8	CANI-555-18	0.406	A
2	CANI-520-18	0.406	A
27	Ceb. Gabyan 95	0.390	A
9	CANI-559-18	0.366	A

Media general 0.47

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 0.249

Cuadro A5 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable cobertura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	COB	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	95.333	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	93.333	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	92.667	B A C
25	Ceb. Alician 221	91.667	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	91.000	B D A C
2	CANI-520-18	90.000	B D A C
18	CANI-700-18	90.000	B D A C
14	CANI-645-18	89.333	B D A C
16	CANI-665-18	88.333	B D A C
17	CANI-697-18	86.667	B D A C
23	CANI-209-18	86.667	B D A C
19	CANI-750-18	86.667	B D A C
15	CANI-659-18	86.667	B D A C
12	CANI-582-18	86.667	B D A C
8	CANI-555-18	86.667	B D A C
5	CANI-539-18	85.000	B D A C
22	CANI-801-18	85.000	B D A C
10	CANI-562-18	85.000	B D A C
20	CANI-779-18	85.000	B D A C
13	CANI-596-18	83.333	B D A C
21	CANI-798-18	83.333	B D A C
6	CANI-542-18	81.667	B D A C
4	CANI-535-18	81.667	B D A C
7	CANI-547-18	80.000	B D A C
1	CANI-518-18	80.000	B D A C
29	Trigo AN-266-99	78.333	B D C
3	CANI-534-18	76.667	D C
11	CANI-581-18	76.667	D C
9	CANI-559-18	75.000	D
30	Triticale (Eronga-83)	75.000	D

Media general 84.44

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 16.635%

Cuadro A6 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable peso seco de hojas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PH (t ha⁻¹)	Significancia
8	CANI-555-18	4.066	A
22	CANI-801-18	4.000	A
18	CANI-700-18	3.933	A
16	CANI-665-18	3.822	A
14	CANI-665-18	3.822	A
27	Ceb. Gabyan 95	3.822	A
21	CANI-798-18	3.755	A
20	CANI-779-18	3.733	A
19	CANI-750-18	3.644	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	3.622	A
15	CANI-659-18	3.600	A
4	CANI-535-18	3.600	A
10	CANI-562-18	3.555	A
7	CANI-547-18	3.533	A
11	CANI-581-18	3.511	A
2	CANI-520-18	3.488	A
6	CANI-542-18	3.466	A
17	CANI-697-18	3.377	A
5	CANI-539-18	3.333	A
13	CANI-596-18	3.311	A
23	CANI-209-18	3.266	A
12	CANI-582-18	3.266	A
29	Trigo AN-266-99	3.244	A
3	CANI-534-18	3.155	A
25	Ceb. Alician 221	3.022	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	3.022	A
28	Ceb. Cerro Prieto	3.000	A
9	CANI-559-18	2.800	A
1	CANI-518-18	2.622	A
30	Triticale (Eronga-83)	2.600	A

Media general 3.43 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.728 t ha⁻¹

Cuadro A7 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable peso seco de tallos, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PT (t ha⁻¹)	Significancia
8	CANI-555-18	2.955	A
18	CANI-700-18	2.777	B A
11	CANI-581-18	2.555	B A
16	CANI-665-18	2.488	B A
9	CANI-559-18	2.400	B A
7	CANI-547-18	2.400	B A
14	CANI-645-18	2.377	B A
17	CANI-697-18	2.355	B A
4	CANI-535-18	2.355	B A
2	CANI-520-18	2.333	B A
10	CANI-562-18	2.288	B A
12	CANI-582-18	2.288	B A
6	CANI-542-18	2.200	B A
13	CANI-596-18	2.177	B A
15	CANI-659-18	2.155	B A
21	CANI-798-18	2.155	B A
23	CANI-209-18	2.155	B A
3	CANI-534-18	2.044	B A
27	Ceb. Gabyan 95	2.044	B A
5	CANI-539-18	1.933	B A
22	CANI-801-18	1.777	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	1.755	B A
19	CANI-750-18	1.733	B A
20	CANI-779-18	1.688	B A
25	Ceb. Alician 221	1.688	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	1.688	B A
1	CANI-518-18	1.600	B A
29	Trigo AN-266-99	1.422	B A
30	Triticale (Eronga-83)	1.377	B A
24	Avena (Cuauhtémoc)	1.133	B

Media general 2.07 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.717 t ha⁻¹

Cuadro A8 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable peso seco de espigas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PE (t ha⁻¹)	Significancia	
2	CANI-520-18	2.066	A	
12	CANI-582-18	2.000	B	A
23	CANI-209-18	1.933	B	AC
11	CANI-581-18	1.888	B	AC
4	CANI-535-18	1.844	B	AC
8	CANI-555-18	1.844	B	AC
9	CANI-559-18	1.800	B D	AC
10	CANI-562-18	1.688	EB D	AC
6	CANI-542-18	1.666	EB D	AC F
7	CANI-547-18	1.644	EB D	AC F
13	CANI-596-18	1.622	EB D	AGCF
28	Ceb. Cerro Prieto	1.600	EB D	AGCF
3	CANI-534-18	1.600	EB D	AGCF
21	CANI-798-18	1.555	EB DH	AGCF
18	CANI-700-18	1.555	EB DH	AGCF
5	CANI-539-18	1.533	EB DH	AGCF
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	1.377	EB IDH	AGCF
14	CANI-645-18	1.333	EB IDH	AGCF
15	CANI-659-18	1.333	EB IDH	AGCF
1	CANI-518-18	1.288	EB IDH	AGCF
17	CANI-697-18	1.244	EB IDH	GCF
19	CANI-750-18	1.177	E IDH	GCF
16	CANI-665-18	1.022	E IDH	G F
25	Ceb. Alician 221	0.933	E I H	G F
30	Triticale (Eronga-83)	0.888	I H	G F
27	Ceb. Gabyan 95	0.844	I H	G
22	CANI-801-18	0.777	I H	
20	CANI-779-18	0.688	I	
29	Trigo AN-266-99	0.622	I	
24	Avena (Cuauhtémoc)	0.622	I	

Media general 1.39 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 0.792 t ha⁻¹

Cuadro A9 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del primer muestreo para la variable Forraje seco total, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	FST (t ha⁻¹)	Significancia
18	CANI-700-18	8.266	A
11	CANI-581-18	7.955	A
2	CANI-520-18	7.888	A
4	CANI-535-18	7.800	A
7	CANI-547-18	7.577	A
12	CANI-582-18	7.555	A
10	CANI-562-18	7.533	A
14	CANI-645-18	7.488	A
21	CANI-798-18	7.466	A
23	CANI-209-18	7.355	A
6	CANI-542-18	7.333	A
13	CANI-596-18	7.111	A
15	CANI-659-18	7.088	A
9	CANI-559-18	7.000	A
17	CANI-697-18	6.977	A
5	CANI-539-18	6.800	A
3	CANI-534-18	6.800	A
27	Ceb. Gabyan 95	6.711	A
16	CANI-665-18	6.666	A
22	CANI-801-18	6.555	A
19	CANI-750-18	6.555	A
8	CANI-555-18	6.422	A
28	CANI-779-18	6.288	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	6.155	A
20	CANI-779-18	6.111	A
25	Ceb. Alician 221	5.644	A
1	CANI-518-18	5.511	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	5.377	A
29	Trigo AN-266-99	5.288	A
30	Triticale (Eronga-83)	4.866	A

Media general 6.80 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 3.746 t ha⁻¹

Cuadro A10 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable altura de planta, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	AP (cm)	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	87.667	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	86.000	B A
12	CANI-582-18	85.667	B A
17	CANI-697-18	85.333	B A
6	CANI-542-18	85.000	B A
22	CANI-801-18	85.000	B A
8	CANI-555-18	84.667	B A
18	CANI-700-18	84.000	B A
13	CANI-697-18	83.667	B A
2	CANI-520-18	83.333	B A
25	Ceb. Alician 221	83.000	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	82.333	B A
30	Triticale (Eronga-83)	82.000	B A
7	CANI-547-18	81.333	B A
15	CANI-659-18	80.667	B A
14	CANI-645-18	80.667	B A
5	CANI-539-18	80.000	B A
19	CANI-750-18	80.000	B A
10	CANI-562-18	79.667	B A
1	CANI-518-18	79.333	B A
23	CANI-209-18	79.333	B A
3	CANI-534-18	78.333	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	78.000	B A
20	CANI-779-18	77.667	B A
11	CANI-581-18	77.333	B A
16	CANI-665-18	77.000	B A
21	CANI-798-18	76.000	B A
4	CANI-535-18	75.333	B A
9	CANI-559-18	75.000	B A
29	Trigo AN-266-99	67.333	B

Media general 80.68 cm

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 20.249 cm

Cuadro A11 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable etapa, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	ETP	Significancia
9	CANI-559-18	93.000	A
18	CANI-700-18	92.666	B A
11	CANI-581-18	92.333	B A
13	CANI-596-18	92.333	B A
12	CANI-582-18	92.000	B A
10	CANI-562-18	92.000	B A
17	CANI-697-18	92.000	B A
8	CANI-555-18	92.000	B A
23	CANI-209-18	91.666	B A
3	CANI-534-18	91.666	B A
14	CANI-645-18	91.333	B A
4	CANI-535-18	91.333	B A
5	CANI-539-18	91.333	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	91.333	B A
15	CANI-659-18	91.333	B A
7	CANI-547-18	91.333	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	91.000	B A
2	CANI-520-18	91.000	B A
1	CANI-518-18	91.000	B A
16	CANI-665-18	90.666	B A
6	CANI-542-18	90.666	B A
21	CANI-798-18	89.666	B A C
27	Ceb. Gabyan 95	89.000	B C
25	Ceb. Alician 221	89.000	B C
20	CANI-779-18	86.666	D C
22	CANI-801-18	86.000	D C
19	CANI-750-18	85.000	D
24	Avena (Cuauhtémoc)	83.666	D
30	Triticale (Eronga-83)	75.000	E
29	Trigo AN-266-99	73.666	E

Media general 89.38

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 3.847

Cuadro A12 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable temperatura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	TEMP (°C)	Significancia
19	CANI-750-18	26.700	A
12	CANI-582-18	25.800	B A
8	CANI-555-18	25.466	B A
9	CANI-559-18	25.333	B A
7	CANI-547-18	25.200	B A
16	CANI-665-18	25.133	B A
11	CANI-581-18	24.966	B A
18	CANI-700-18	24.966	B A
10	CANI-562-18	24.800	B A
15	CANI-659-18	24.600	B A
1	CANI-518-18	24.600	B A
5	CANI-539-18	24.566	B A
13	CANI-596-18	24.533	B A
4	CANI-535-18	24.466	B A
25	Ceb. Alician 221	24.333	B A
3	CANI-534-18	24.266	B A
2	CANI-520-18	24.100	B A
23	CANI-209-18	24.100	B A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	24.033	B A
14	CANI-645-18	23.933	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	23.866	B A
30	Triticale (Eronga-83)	23.766	B A
17	CANI-697-18	23.700	B A
22	CANI-801-18	23.700	B A
27	Ceb. Gabyan 95	23.400	B A
24	Avena (Cuauhtémoc)	23.400	B A
21	CANI-798-18	23.166	B A
6	CANI-542-18	23.133	B A
20	CANI-779-18	22.800	B A
29	Trigo AN-266-99	22.333	B

Media general 24.30 °C

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 3.94°C

Cuadro A13 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	NDVI	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	0.546	A
28	Ceb. Cerro Prieto	0.543	A
5	CANI-539-18	0.510	A
22	CANI-801-18	0.510	A
11	CANI-581-18	0.506	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	0.503	A
19	CANI-750-18	0.503	A
8	CANI-555-18	0.503	A
30	Triticale (Eronga-83)	0.496	A
20	CANI-779-18	0.493	A
6	CANI-542-18	0.490	A
4	CANI-535-18	0.480	A
29	Trigo AN-266-99	0.473	A
2	CANI-520-18	0.460	A
18	CANI-700-18	0.453	A
25	Ceb. Alician 221	0.446	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	0.440	A
9	CANI-559-18	0.436	A
12	CANI-582-18	0.433	A
7	CANI-547-18	0.430	A
1	CANI-518-18	0.430	A
23	CANI-209-18	0.416	A
21	CANI-798-18	0.416	A
3	CANI-534-18	0.416	A
13	CANI-596-18	0.416	A
16	CANI-665-18	0.410	A
15	CANI-659-18	0.410	A
14	CANI-645-18	0.403	A
10	CANI-562-18	0.400	A
17	CANI-697-18	0.396	A

Media general 0.45

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 0.175

Cuadro A14 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable cobertura, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	COB	Significancia
27	Ceb. Gabyan 95	90.000	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	88.333	B A
25	Ceb. Alician 221	88.333	B A
28	Ceb. Cerro Prieto	88.333	B A
24	Avena (Cuauhtémoc)	86.667	B A
17	CANI-697-18	85.000	B A
15	CANI-659-18	85.000	B A
18	CANI-700-18	85.000	B A
19	CANI-750-18	85.000	B A
8	CANI-555-18	85.000	B A
22	CANI-801-18	83.333	B A
14	CANI-645-18	83.333	B A
12	CANI-582-18	83.333	B A
2	CANI-520-18	83.333	B A
5	CANI-539-18	81.667	B A
13	CANI-596-18	81.667	B A
7	CANI-547-18	81.667	B A
11	CANI-581-18	81.667	B A
23	CANI-209-18	81.667	B A
20	CANI-779-18	81.667	B A
30	Triticale (Eronga-83)	81.667	B A
16	CANI-665-18	81.667	B A
10	CANI-562-18	81.667	B A
1	CANI-518-18	80.000	B A
21	CANI-798-18	80.000	B A
4	CANI-535-18	80.000	B A
6	CANI-542-18	80.000	B A
3	CANI-534-18	78.333	B A
9	CANI-559-18	75.000	B
29	Trigo AN-266-99	75.000	B

Media general 82.77

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 14.413%

Cuadro A15 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable peso seco de hojas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PH (t ha⁻¹)	Significancia
4	CANI-535-18	3.911	A
2	CANI-520-18	3.777	A
27	Ceb. Gabyan 95	3.733	B A
6	CANI-542-18	3.733	B A
23	CANI-209-18	3.600	B A C
8	CANI-555-18	3.577	B A C
5	CANI-539-18	3.555	B A C
22	CANI-801-18	3.555	B A C
17	CANI-697-18	3.533	B A C
15	CANI-659-18	3.511	B A C
25	Ceb. Alician 221	3.488	B A C
14	CANI-645-18	3.488	B A C
16	CANI-665-18	3.422	B A C
12	CANI-582-18	3.377	B A C
20	CANI-779-18	3.377	B A C
18	CANI-700-18	3.355	B A C
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	3.333	B A C
3	CANI-534-18	3.222	B A C
1	CANI-518-18	3.222	B A C
13	CANI-596-18	3.155	B A C
19	CANI-750-18	3.111	B A C
7	CANI-547-18	3.022	B A C
21	CANI-798-18	3.000	B A C
29	Trigo AN-266-99	2.955	B A C
24	Avena (Cuauhtémoc)	2.955	B A C
11	CANI-581-18	2.777	B A C
10	CANI-562-18	2.666	B A C
30	Triticale (Eronga-83)	2.288	B A C
9	CANI-559-18	2.111	B C
28	Ceb. Cerro Prieto	2.066	C

Media general 3.22 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.639 t ha⁻¹

Cuadro A16 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable peso seco de tallos, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PT (t ha⁻¹)	Significancia
12	CANI-582-18	2.911	A
29	Trigo AN-266-99	2.688	A
25	Ceb. Alician 221	2.644	A
2	CANI-520-18	2.644	A
18	CANI-700-18	2.577	A
8	CANI-555-18	2.555	A
23	CANI-209-18	2.511	A
4	CANI-535-18	2.377	A
7	CANI-547-18	2.355	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	2.311	A
6	CANI-542-18	2.288	A
22	CANI-801-18	2.244	A
17	CANI-697-18	2.200	A
27	Ceb. Gabyan 95	2.200	A
14	CANI-645-18	2.200	A
15	CANI-659-18	2.155	A
3	CANI-534-18	2.133	A
1	CANI-518-18	2.111	A
5	CANI-539-18	2.088	A
20	CANI-779-18	2.088	A
19	CANI-750-18	2.022	A
21	CANI-798-18	1.888	A
11	CANI-581-18	1.866	A
13	CANI-596-18	1.866	A
16	CANI-665-18	1.822	A
30	Triticale (Eronga-83)	1.711	A
9	CANI-559-18	1.666	A
10	CANI-562-18	1.577	A
24	Avena (Cuauhtémoc)	1.511	A
28	Ceb. Cerro Prieto	1.444	A

Media general 2.15 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.482 t ha⁻¹

Cuadro A17 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable peso seco de espigas, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

N° de identificación	Genotipos	PE (t ha⁻¹)	Significancia
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	3.688	A
5	CANI-539-18	3.355	B A
4	CANI-535-18	3.266	B A
6	CANI-542-18	3.066	B A C
25	Ceb. Alician 221	3.066	B A C
2	CANI-520-18	3.066	B A C
23	CANI-209-18	3.044	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	3.000	B A C
1	CANI-518-18	2.933	B D A C
8	CANI-555-18	2.911	B D A C
22	CANI-801-18	2.888	B D A C
19	CANI-750-18	2.844	B D A C
13	CANI-596-18	2.577	B D A C
20	CANI-779-18	2.488	B D A C
12	CANI-582-18	2.466	B D A C
3	CANI-534-18	2.466	B D A C
7	CANI-547-18	2.400	B D A C
17	CANI-697-18	2.155	B D A C
27	Ceb. Gabyan 95	2.155	B D A C
30	Triticale (Eronga-83)	2.111	B D A C
29	Trigo AN-266-99	2.066	B D A C
10	CANI-562-18	2.044	B D A C
11	CANI-581-18	2.000	B D A C
14	CANI-645-18	1.822	B D A C
15	CANI-659-18	1.711	B D C
21	CANI-798-18	1.622	B D C
16	CANI-665-18	1.555	B D C
9	CANI-559-18	1.400	B D C
18	CANI-700-18	1.222	D C
24	Avena (Cuauhtémoc)	1.000	D

Media general 2.41 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 1.962 t ha⁻¹

Cuadro A18 Resultados de la prueba de medias *Tukey* del segundo muestreo para la variable forraje seco total, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

Tratamiento	Genotipos	FST (t ha⁻¹)	Significancia
2	CANI-520-18	9.489	A
26	Ceb. Alician 1 (depurada)	9.289	B A
25	Ceb. Alician 221	9.200	B A
23	CANI-209-18	9.156	B A
4	CANI-535-18	9.156	B A
6	CANI-542-18	9.089	B A C
8	CANI-555-18	9.044	B A C
5	CANI-539-18	9.000	B A C
12	CANI-582-18	8.756	B A C
22	CANI-801-18	8.689	B A C
1	CANI-518-18	8.267	B A C
27	Ceb. Gabyan 95	8.089	B A C
19	CANI-750-18	7.978	B A C
20	CANI-779-18	7.956	B A C
17	CANI-697-18	7.889	B A C
3	CANI-534-18	7.867	B A C
7	CANI-547-18	7.778	B A C
29	Trigo AN-266-99	7.711	B A C
16	CANI-665-18	7.689	B A C
13	CANI-596-18	7.600	B A C
14	CANI-645-18	7.511	B A C
15	CANI-659-18	7.378	B A C
18	CANI-700-18	7.156	B A C
11	CANI-581-18	7.067	B A C
28	Ceb. Cerro Prieto	6.511	B A C
21	CANI-798-18	6.511	B A C
10	CANI-562-18	6.289	B A C
30	Triticale (Eronga-83)	6.111	B A C
24	Avena (Cuauhtémoc)	5.467	B C
9	CANI-559-18	5.178	C

Media general 7.82 t ha⁻¹

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales DMS = 3.973 t ha⁻¹

Cuadro A19 Etapa fenológica *Zadoks* del material genético al momento del primer muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

Tratamiento	Genotipo	Etapas	Escala (Zadoks)
1	CANI-518-18	FG	70
2	CANI-520-18	FG-GL	71
3	CANI-534-18	FG-GL	71
4	CANI-535-18	FG-GL	71
5	CANI-539-18	FG	70
6	CANI-542-18	Flor	69
7	CANI-547-18	Flor	69
8	CANI-555-18	FG	70
9	CANI-559-18	Flor	69
10	CANI-562-18	Flor	69
11	CANI-581-18	Flor	69
12	CANI-582-18	FG	70
13	CANI-596-18	Flor	69
14	CANI-645-18	Flor	69
15	CANI-659-18	I Esp.	53
16	CANI-665-18	Flor	69
17	CANI-697-18	FG	70
18	CANI-700-18	I Esp.	53
19	CANI-750-18	I Esp.	53
20	CANI-779-18	Flor	69
21	CANI-798-18	Esp.	57
22	CANI-801-18	Flor	69
23	CANI-209-18	Emb.	47
24	Avena (Cuauhtémoc)	FG-GL	71
25	Cebada. Alician 221	FG-GL	71
26	Cebada. Alician 1 (depurada)	FG	70
27	Cebada. Gabyan 95	Emb.	47
28	Cebada. Cerro Prieto	GL	75
29	Trigo AN-266-99	I Esp.	53
30	Triticale Eronga-83	Flor	69

Emb.; Embuche

I Esp.; Inicio de espigamiento

Flor; Floración

FG; Formación de grano

FG-GL; Entre formación de grano y grano lechoso

GL.; Grano lechoso

Cuadro A20 Etapa fenológica *Zadoks* del material genético al momento del segundo muestreo, en el Campo Experimental Navidad, Nuevo León, México, 2022-2023.

Tratamiento	Genotipo	Etapa	Escala (Zadoks)
1	CANI-518-18	GMD	87
2	CANI-520-18	MGD	91
3	CANI-534-18	MGD	91
4	CANI-535-18	MGD	91
5	CANI-539-18	MF	90
6	CANI-542-18	GMD	91
7	CANI-547-18	GM	85
8	CANI-555-18	MF	90
9	CANI-559-18	GM	85
10	CANI-562-18	GL-GM	83
11	CANI-581-18	GMD	87
12	CANI-582-18	GMD	87
13	CANI-596-18	GMD	87
14	CANI-645-18	MGD	91
15	CANI-659-18	GL-GM	83
16	CANI-665-18	GM	85
17	CANI-697-18	MGD	91
18	CANI-700-18	FG	70
19	CANI-750-18	FG-GL	71
20	CANI-779-18	GM	85
21	CANI-798-18	GL-GM	83
22	CANI-801-18	GM	85
23	CANI-209-18	FG-GL	71
24	Avena (Cuauhtémoc)	MF	90
25	Cebada. Alician 221	MGD	91
26	Cebada. Alician 1 (depurada)	MF	90
27	Cebada. Gabyan 95	FG	70
28	Cebada. Cerro Prieto	MGD	91
29	Trigo AN-266-99	FG-GL	71
30	Triticale Eronga-83	FG-GL	71

FG; Formación de grano

FG-GL; Entre formación de grano y grano lechoso

GL-GM; Entre grano lechoso y grano masoso

GM; Grano masoso

GMD; Grano masoso duro

MF; Madurez fisiológica

MGD; Madurez grano duro