

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Nuevas Cebadas Forrajeras Imberbes Bajo Riego Restringido en
la Comarca Lagunera de Coahuila, México

Por:

JOSÉ ÁNGEL GARCÍA HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Nuevas Cebadas Forrajeras Imberbes Bajo Riego Restringido en
la Comarca Lagunera de Coahuila, México

Por:


JOSÉ ÁNGEL GARCÍA HERNÁNDEZ


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 Río
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Mayo, 2024

Declaración de no plagio

Declaro que el trabajo de investigación fue realizado por mi José Ángel García Hernández 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 textos 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 razonamientos 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 declarando que este documento es de mi autoría.

ATENTAMENTE

Jose Angel García H.

José Ángel García Hernández

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme en este camino, por darme fortaleza, perseverancia y guiarme por el bien para lograr mis metas.

A mi ALMA MATER por darme el mejor de los estudios y por ser mi segunda casa, por las grandes y sinceras amistades que me puso en el camino que deseo perduren durante mucho tiempo. Además de hacerme ver mi amor por el campo. Gracias por hacerme sentir cálido y seguro a pesar de la distancia de mi familia.

Al Ing. Modesto Colín Rico, que sin su ayuda esta investigación no hubiera sido posible, por su confianza, paciencia, apoyo y por haber sido mi profesor.

A la Dra. María Alejandra Torres Tapia, por haberme enseñado de la mejor manera durante sus clases, por ser una excelente docente.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Rio, por haber colaborado en la revisión y por ser un buen docente aprendiendo de él de la mejor manera durante el curso que lleve.

A mis amigos, por siempre estar en los mejores y peores momentos, por las risas, lagrimas, momentos de apoyo, pláticas, convivencia, etc. Espero conservar su amistad durante mi existencia: Andrés Murillo, Geovanni Quintero, Miguel Becerra, Jonathan González (por ser, estar y por su apoyo), Luis, Galindo, Yamileth Pineda, Magaly Villeda gracias, por tanto. Los quiero, amo y respeto, qué el éxito perdure y que logren

DEDICATORIA

A mis padres Antonia Hernández León y Miguel Ángel García Hernández por apoyarme en todo este proceso y siempre confiar en mí, tanto en lo emocional como en lo económico, que a pesar de los obstáculos nunca me dejaron solo y siempre me apoyaron. Que con su amor y enseñanza me fue la más grande ayuda para ser el hombre que ahora soy.

A mi hermano Andrés García Hernández, por el apoyo que me brinda. Siempre voy a estar para ti.

A mis tíos Alejandro García y Juana Encina por el apoyo y consejos que me brindaron durante esta estancia y darme un hogar.

A mis tíos Tere García, Gabi García y Juan García por el apoyo y confianza que me han brindado.

A mi primo Juan Manuel García por siempre apoyarme y darme consejos para hacer más amena mi etapa universitaria.

A mi abuelita Teresa Ramírez Cano (†), por haber sido mi segunda madre, siempre apoyarme, darme consejos y cuando era necesario regañarme, con todo el cariño la quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
RESUMEN.....	x
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen.....	4
2.2 Genética de la cebada.....	4
2.3 Cebadas cultivadas.....	5
2.4 Clasificación taxonómica	5
2.5 Descripción botánica de la planta	6
2.5.1 Grano.....	6
2.5.2 Espigas	6
2.5.3 Hojas.....	6
2.5.4 Tallos	7
2.5.5 Raíces.....	7
2.6 Madurez fisiológica	7
2.7 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	9
2.8 Temperatura de dosel de la planta.....	10
2.9 Calidad forrajera.....	11
2.10 Características de una especie forrajera de invierno	11

2.11	Condiciones ecológicas y edáficas	12
2.12	Relación hoja – tallo.....	13
2.13	Aprovechamientos de la cebada	13
2.14	Importancia económica de la cebada	14
2.15	Principales municipios productores de cebada en Coahuila.....	14
2.16	Principales Estados productores de cebada a nivel Nacional	15
2.17	Producción mundial de cebada	16
2.18	Correlación	16
2.19	Componentes de rendimiento forrajero.....	17
III	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1	Localización y descripción del sitio experimental	19
3.2	Riego	19
3.3	Material genético.....	19
3.4	Características del suelo	21
3.5	Diseño experimental	21
3.6	Muestreo o corte de forraje.....	21
3.7	Variables estudiadas.....	21
3.7.1	Altura de planta (ALT)	21
3.7.2	Etapas Fenológicas (ETP).....	22
3.7.3	Cobertura (COB)	22
3.7.4	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	22
3.7.5	Temperatura de planta (TEM)	22
3.7.6	Peso seco de hojas, tallos y espigas (PSH, PST, PSE).....	22
3.7.7	Peso seco total (PSTOT)	23
3.8	Análisis estadístico.....	23

IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1	Análisis de varianza	24
4.2	Resultados de las pruebas de medias de características agromorfológicas de los genotipos.....	25
4.3	Correlaciones para las variables evaluadas en el estudio	37
V	CONCLUSIONES	39
VI	LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 2.1. Escala de medición de Zadoks	8
Cuadro 2.2. Principales municipios productores de cebada en Coahuila	15
Cuadro 2.3. Principales estados productores de cebada a nivel nacional	15
Cuadro 3.1 Material genético utilizado en el estudio durante el ciclo O-I 2021-2022, en la Laguna, San Pedro de las Colonias, Coahuila.	20
Cuadro 4.1. Valores de cuadros medios y significancia de los análisis de varianza de las variables evaluadas. Ciclo O-I 2021-2022, Laguna, Torreón, Coahuila..	24
Cuadro 4.2. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable altura de planta (ALT) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	26
Cuadro 4.3. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Etapa (ETP) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.....	27
Cuadro 4.4. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Cobertura (COB) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.....	28
Cuadro 4.5. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	30
Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable temperatura (TEM) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.....	31
Cuadro 4.7. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de hojas (PSH) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	32
Cuadro 4.8. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de tallos (PST) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	33
Cuadro 4.9. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de espigas (PSE) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	34

Cuadro 4.10. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco total (PSTOT) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.	36
Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación de las variables evaluadas en Laguna, Torreón, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.....	38
Figura 1. Producción mundial de cebada.....	16

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar el comportamiento de 24 nuevas líneas de cebada forrajera sin aristas bajo riego restringido en cuanto a producción de biomasa y sus fracciones (tallos, hojas y espigas) en comparación con seis testigos: avena, var. Cuauhtémoc; las variedades de cebada, Alician221, Gabyan95 y Esperanza; la variedad experimental de trigo harinero AN-266-99 y triticale, var. Eronga-83; 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 Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el rancho "el Rincón del Buitre" en el ejido El Retiro, municipio de San Pedro de las Colonias al suroeste del Estado de Coahuila, durante el ciclo Otoño-Invierno 2021-2022, se realizó un solo muestreo a los 105 días después del riego de establecimiento.

Las variables consideradas en este experimento fueron: altura de planta (ALT), etapa fenológica (ETP), cobertura (COB), Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), temperatura de planta (TEM), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST), peso seco de espigas (PSE) y peso seco total (PSTOT).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones por tratamiento con sus respectivos análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (DMS), así mismo, se calculó el grado de asociación entre las variables mediante correlación simple.

De los resultados obtenidos se concluyó que:

- Las líneas que mostraron mayor comportamiento en cuanto a rendimiento de forraje total fueron: CANI-779-18, CANI-582-18, CANI-596-18, en comparación con las variedades comerciales de avena, trigo y triticale, ubicadas por debajo de la media general.

- El componente de forraje que contribuye mayormente en la biomasa aérea total fue el de espigas con una media general de 5.02 tha^{-1} , aportando más biomasa que los componentes de hojas y tallos.
- La línea CANI-582-18 fue la que mostro mayor rendimiento en cuanto al componente de espigas el cual es el que contribuye mayormente en la expresión de la biomasa aérea total.
- Entre las variables agronómicas y los sensores infrarrojo no existe relación positiva, en tanto existe relación negativa entre etapa de Zadoks y NDVI.

Palabras clave: Cebada imberbe, Forraje, Materia seca

I INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), un cultivo muy antiguo cuyos granos se utilizaron por el hombre para la elaboración de pan incluso antes que el trigo, tiene la ventaja sobre otros cereales de ser más vigorosa, resistente a la sequía y salinidad, y puede cultivarse en suelos marginales; presenta rápido desarrollo, por lo que produce forraje y grano en relativamente menor tiempo y costo en comparación con otros cultivos del mismo ciclo; ofrece también buena calidad forrajera (Colín *et al.*, 2007).

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); por su rápido desarrollo inicial, suele rendir más forraje en fechas tempranas que los otros cereales del mismo ciclo (Tomaso, 2009; Torres *et al.*, 2016).

A pesar de sus bondades, en México poco se ha utilizado en la producción de forraje en comparación con la superficie que se le dedica en otros países, en algunos de los cuales existen programas de mejoramiento genético de esta especie como alternativa forrajera, orientados al uso del grano en la alimentación animal, pero que recientemente se han enfocado al rendimiento y calidad de la materia seca total y sus fracciones (Colín *et al.*, 2007).

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).

Los cereales de grano pequeño de invierno en México, al igual que en el resto del mundo, se han constituido como especies imprescindibles en el

aprovechamiento forrajero durante otoño-invierno (Kloster y Amigone, 2005), ya que producen abundante biomasa y con calidad, cuando muchos cultivos no lo hacen a consecuencia de las bajas temperaturas; son además eficientes en el uso del agua en comparación con especies como el maíz y sorgo (Enciso *et al.*, 2004).

La cebada es el cereal invernal de mayor precocidad, lo cual le permite producir grano y/o forraje en menor tiempo y costo que los otros cereales del mismo ciclo (Colín *et al.*, 2009, 2018) presenta mayor tolerancia a la sequía, salinidad y alcalinidad (Moreira *et al.*, 2017), prospera desde el nivel del mar hasta más de 4000 m sobre éste (FAO, 2004).

En la Comarca Lagunera de México (Estados de Coahuila y Durango), la cual es la cuenca lechera más importante de nuestro país, se siembran cereales invernales para satisfacer las necesidades de forraje durante el período más frío (mediados de octubre a mediados de febrero) y normalmente se utilizan variedades de tipo primaveral, para un solo corte en la etapa de grano lechoso - masoso (83 de la escala de Zadoks) ya sea para ofrecerlo al ganado en verdeo, henificado o más tarde para ensilado (Zadoks 85 - 87). No obstante, existen también una considerable cantidad de productores agrícolas y ganaderos que prefieren hacer cortes múltiples, ya sea para mayor calidad de forraje (Royo y Brach 2012; Mancipe – Muñoz *et al.*, 2021), o bien uno o dos cortes en etapas vegetativas y posteriormente cosechar grano o semilla (Colín *et al.*, 2023).

1.1 Objetivo General

- * Seleccionar de un grupo de 24 nuevas líneas forrajeras imberbes las más sobresalientes bajo condiciones de estrés hídrico en el ambiente de prueba.

1.2 Objetivos específicos

- * Seleccionar de las 24 líneas el mayor comportamiento en cuanto a rendimiento de forraje (biomasa aérea), en comparación con variedades comerciales.
- * Determinar del grupo de 24 líneas los componentes o fracciones de forraje (tallos, hojas y espigas) que contribuyen mayormente en la expresión de la biomasa aérea total.
- * Establecer la asociación entre variables agronómicas y sensores infrarrojo mediante el análisis de correlación; con el propósito de utilizarlas como criterio de selección indirecta.

1.3 Hipótesis

- * Al menos una línea de cebada forrajera imberbe de las 24 líneas tiene un mayor rendimiento de forraje (biomasa aérea), en comparación con variedades comerciales.
- * Al menos una de las líneas resultó sobresaliente y superior en los componentes o fracciones de forraje (tallos, hojas y espigas) que contribuyen mayormente en la expresión de la biomasa aérea total.
- * Existe una asociación positiva entre variables agronómicas y sensores infrarrojo, considerando que puede ser un buen criterio de selección de tipo indirecto.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen

La cebada ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura.

Según Brucher y Aberg, citados por Hughes y Henson (1957), existen dos probables centros de origen, siendo uno de ellos Abisinia y el otro el sureste del Tibet, donde crece la cebada en forma silvestre.

Vavilov (1926), citado por Poehlman (1971), ha descrito dos centros de origen de la cebada. De un centro en Etiopía y África del Norte proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que del otro centro, China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas con barbas cortas o sin barbas, y los tipos con granos cubiertos por caperuzas.

2.2 Genética de la cebada

El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. Se encuentran tanto especies diploides como tetraploides. A diferencia del trigo y de la avena, las cebadas cultivadas son especies diploides.

Especies diploides ($2n = 14$)

Especies cultivadas. *Hordeum vulgare*, *H. distichum*, *H. irregulare*.

Especies silvestres. *H. spontaneum*, *H. agriocrithon*, *H. pucillum*.

Especies tetraploides ($4n = 28$)

Especies silvestres. *H. murinum*, *H. bulbosum*, *H. jubatum*, *H. nodosum*.

2.3 Cebadas cultivadas

Las cebadas cultivadas se han clasificado recientemente dentro de tres especies:

- *Hordeum vulgare*. De seis carreras con tres florecillas fértiles en cada uno de los nudos del raquis:

a) Grupo típico con seis carreras, los granos laterales son ligeramente más pequeños que los del centro.

b) Grupo intermedio, con granos laterales ligeramente más pequeños que los del centro.

- *Hordeum distichum*. De dos carreras, solamente las flores de la hilera central producen grano normalmente:

a) Grupo típico de dos carreras, las florecillas laterales tienen sus órganos sexuales reducidos.

b) Grupos deficientes, las florecillas laterales no tienen órganos sexuales.

- *H. irregulare*. Las florecillas centrales son fértiles, las florecillas laterales pueden ser fértiles, estériles, sin sexo o no existir, estando distribuida de un modo irregular la proporción de las mismas en la espiga (Poehlman, 1971).

2.4 Clasificación taxonómica

La planta de cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino ----- Vegetal
División ----- *Tracheophyta*
Subdivisión ----- *Pterosidae*
Clase ----- Angiospermae
Subclase ----- *Monocotiledonea*
Grupo ----- *Glumiflora*
Orden ----- *Graminales*
Familia ----- *Poaceae*

Género ----- *Hordeum*

Especie ----- *vulgare*

2.5 Descripción botánica de la planta

Gómez-Macpherson, 2000; Guerrero, 1999; Molina-Cano, 1989; describen las siguientes características.

2.5.1 Grano

El grano es una cariósida oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y la lemma adheridas a este, o puede ser desnudo; puede ser de color blanco, amarillo, azul, negro, etc.

2.5.2 Espigas

Las espigas pueden ser barbadas, sin barbas (múticas) y también pueden ser lisas o dentadas. La espiga está formada por espiguillas, las cuales están dispuestas de a tres en forma alterna a ambos lados del raquis. Si todas las espiguillas se presentan fértiles se originará una espiga de seis hileras (hexástica), si, sólo resultan fértiles las espiguillas centrales, se originará una espiga de dos hileras (dística).

2.5.3 Hojas

Las hojas son lineales, lanceoladas y compuestas de una vaina, una lámina, una lígula y dos aurículas. Son glabras (no pubescentes) y rara vez pubescentes; su ancho varía entre 5 y 15 mm.

Las vainas envuelven el tallo completamente. La lígula y especialmente las aurículas, distinguen a la cebada de otros granos de cereales: son glabras, envuelven el tallo y puede estar pigmentadas con antocianinas.

2.5.4 Tallos

Son erectos y huecos, con 5 a 7 entrenudos cilíndricos o juntas, separados por los nudos, que llevan las hojas, las cuales se colocan opuestas a sus vecinas a lo largo del tallo.

La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 50 cm a 120 cm.

2.5.5 Raíces

El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza una profundidad de hasta 1.20 m. Posee dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las raíces seminales de las plántulas se desarrollan desde la germinación a la etapa de macollaje. Las raíces adventicias o de la corona, aparecen con el macollamiento y cumplen con la función de anclar la planta y proporcionar agua y nutrientes.

2.6 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica se produce cuando los granos alcanzan un 40% de humedad; en ese momento el último internudo se presenta seco y las glumas han perdido su color verde. Una vez lograda la madurez fisiológica, sólo resta que las semillas pierdan humedad hasta llegar a un 14% (estado de grano duro), para que así puedan ser trilladas en óptimas condiciones

Durante el ciclo del cultivo de cereales se producen tanto cambios en la morfología externa de las plantas, visibles al ojo humano (crecimiento + desarrollo); como en la actividad de los tejidos (desarrollo), no siempre perceptibles. La descripción de los diferentes estados externos e internos por los que atraviesa el cultivo de cereales puede ser realizada mediante el uso de diferentes escalas permitiendo tener una referencia precisa de las diferentes etapas o estados de desarrollo por los que atraviesa el cultivo

La escala de Zadoks es la más utilizada en el cultivo de cereales y sólo describe estados morfológicos externos del cultivo, que involucran algunos procesos de desarrollo y otros de crecimiento, como se describe en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Escala de medición de Zadoks

Etapa principal	Descripción
0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollaje
21	Un tallo principal y un macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
30	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable
37	Hoja bandera visible
39	Lígula de hoja bandera visible
40	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles
50	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Grano duro (difícil de dividir con la uña)
92	Grano duro (no se marca con la uña)

Fuente: Zadoks, Chang y Konzak (1974), la etapa principal está considerada en los días después de la siembra.

La escala Zadoks es un código de 2 dígitos para describir el desarrollo de los cereales.

El primer dígito, de 0 a 9, corresponde con el estadio de desarrollo principal, desde la germinación hasta la maduración del grano. Y el segundo dígito, de 0 a 9, subdivide el estadio principal, correspondiendo el valor 5 al punto intermedio de ese estado.

2.7 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja (Bhandarl, 2012).

Se calcula a partir de la luz visible e infrarroja cercana reflejada por la vegetación. La vegetación sana absorbe la mayor parte de la luz visible que la golpea, y refleja una gran parte de la luz infrarroja cercana (Chávez, 2014). La vegetación no saludable o escasa refleja más luz visible y menos luz infrarroja cercana.

El NDVI, está ligado a un gran número de factores en los cultivos y se relacionan con variables agronómicas como biomasa, índice de área foliar, cobertura y rendimiento de los cultivos, por lo tanto, resultan útiles para evaluar indirectamente la condición del cultivo. La biomasa suele ser el factor más importante. Lo que resulta más complicado del NDVI es que éste está relacionado con la biomasa y la biomasa se ve afectada por todo.

El NDVI se calcula a partir de las mediciones de la reflectancia en el rango de la luz roja e infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés) del espectro:

$$NDVI = \frac{RNIR - RRed}{RNIR + RRed}$$

Donde:

RNIR= Reflectancia de la radiación NIR y RRed= Reflectancia de la radiación del rojo visible.

Los cálculos de NDVI para un píxel dado siempre muestran como resultado un número que va de menos uno (-1) a más uno (+1); sin embargo, ninguna hoja verde da un valor cercano a cero. Un cero significa que no hay vegetación y cerca de +1 (0.8 - 0.9) indica la mayor densidad posible de hojas verdes (Sruthi, 2015).

Los valores negativos de NDVI corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras hechas por el hombre, rocas, nubes o nieve; el suelo desnudo suele estar dentro del rango de 0,1 a 0,2 y las plantas siempre tendrán valores positivos entre 0,2 y 1. El dosel de la vegetación densa y saludable debería estar por encima de 0,5, y la vegetación dispersa muy probablemente estará dentro del rango de 0,2 a 0,5.

La densidad de vegetación se mide en la mayoría de los casos, los valores de NDVI entre 0,2 y 0,4 corresponden a zonas con vegetación escasa; la vegetación moderada tiende a variar entre 0,4 y 0,6; mientras que cualquier valor por encima de 0,6 indica la mayor densidad posible de hojas verdes.

2.8 Temperatura de dosel de la planta

La temperatura del dosel de una planta es resultado de un complejo equilibrio en el que están involucrados una serie de factores físicos, fisiológicos y climáticos, que la alteran y modifican de diferente manera y proporción. Entre ellos se encuentran, la radiación incidente, el grado de cobertura de la vegetación, la evapotranspiración, el tipo de superficie (propiedades térmicas, rugosidad), las propiedades conductoras de la atmósfera, mecanismos fisiológicos de la planta y la humedad del suelo (Houspanossian *et al.*, 2007).

El efecto refrescante de la transpiración es crucial durante el estrés por calor, pero este se encuentra a menudo comprometido por los efectos antagónicos que la temperatura tiene sobre la demanda evaporativa de la atmósfera (aumentándola) y sobre la conductancia estomática (disminuyéndola). Frecuentemente, bajo estrés térmico los estomas responden directamente a los aumentos en la transpiración y tienden a cerrarse, lo que reduce la disipación de la radiación en

forma de calor latente (evaporación), pero aumenta el flujo de calor sensible (temperatura), en un círculo vicioso. En términos prácticos, el estatus hídrico de las plantas es una de las variables más afectadas cuando se dan altas temperaturas (Wahid *et al.*, 2007).

2.9 Calidad forrajera

Otero (2020), cita a Cooper y Morris (1986), existen dos características importantes que debe de cubrir un cultivar para la obtención de forraje. Una es producir la mayor cantidad de biomasa posible, y la otra es la calidad de la biomasa producida en términos de materia digestible.

Dietz (1970) menciona que la calidad del forraje para animales en pastoreo está determinada por: (1) la palatabilidad del forraje y la cantidad ingerida por el animal; (2) los niveles de nutrientes importantes en la porción de la planta consumida; (3) la habilidad de los animales para digerir estos nutrientes; (4) la eficiencia de los nutrientes para su mantenimiento, crecimiento, reproducción, engorda y otros procesos y actividades.

2.10 Características de una especie forrajera de invierno

Echeverri (1958) menciona que las características más importantes de una especie forrajera de invierno son:

- Resistencia al frío para sobrevivir a las heladas
- Resistencia a las enfermedades para que no se reduzca la producción y la calidad del forraje
- Tolerancia a sequía y a las inundaciones
- Capacidad para soportar periodos ocasionales de pastoreo
- Calidad nutricional del forraje
- Adaptabilidad para labores de cosecha

Por su parte Hughes *et al.*, (1974), mencionan que las características más importantes de una especie forrajera de invierno son:

- Alto rendimiento forrajero
- Alto valor nutritivo (rico en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono)
- Buena gustocidad
- Precocidad al corte
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Resistencia a factores ambientales adversos
- Resistencia al acame

Adicionalmente, Colín (2007) propone, que los cereales de invierno tengan:

- Alta proporción de hojas y
- Con barba restringida o imberbes.

2.11 Condiciones ecológicas y edáficas

Robles (1990) menciona las siguientes condiciones:

- a) Temperatura mínima: 3 a 4 grados centígrados.
Temperatura óptima: 20 grados centígrados.
Temperatura máxima: 28 a 30 grados centígrados (Leonard y Martin, 1970).
- b) En cuanto a humedad, la cebada prospera bien en regiones secas, pero el cultivo bajo condiciones de riego, no así en las húmedas y lluviosas cuyas condiciones favorecen a los fitopatógenos.
- c) Altitud: de 0 a 3 500 m. sobre el nivel del mar. La cebada puede cultivarse a elevadas latitudes y altitudes. En las montañas rocosas tiene su límite a los 2 500 m. de altura (Hill, 1965).
- d) Suelos: Se ha observado que este cultivo se adapta a muy diversos tipos de climas y suelos, es una de las razones de su distribución mundial. Se ha reportado como tolerante a la alcalinidad en comparación con el trigo y la avena, prospera mejor que ambos en suelos de textura arenosa, no así en suelos con un pH ácido. Los mejores rendimientos se obtienen en suelos tipo migajón con buen drenaje, profundos y con un pH de 6 a 8.3.

2.12 Relación hoja – tallo

Juskiw *et al.* (2000), al realizar tres estudios en campo para evaluar la productividad de cebada, avena, triticale y centeno, encontraron que, con el avance de la madurez, la cantidad de hoja declina y la de espigas se incrementa, durante toda la prueba la cantidad de tallos declinó; a través de la prueba se realizaron tres muestreos en los que encontraron los siguientes valores: 18% de hoja, 50% tallos, y 31% espiga en cebada, 18% de hoja. 44.5% tallos y 37% espiga para avena. 22% hoja, 43% tallos y 35% espigas para triticale. Así concluyen que la cantidad total de biomasa y la distribución entre tallos y espigas es afectada por el genotipo; por otra parte, las prácticas de producción y la época de cosecha tiene menores efectos.

Se ha establecido que la biomasa se incrementa desde la etapa vegetativa hasta el grano masoso y declina cuando se acerca la madurez filológica, en tanto la calidad disminuye por efecto de la elongación de los tallos y cambios en la estructura de la pared celular secundaria.

2.13 Aprovechamientos de la cebada

El grano de cebada suele destinarse a la alimentación del ganado, así como la paja de ésta.

La cebada se utiliza también para la fabricación de cerveza. Las variedades cerveceras suelen ser de dos carreras. La cebada cervecera debe poseer una capacidad germinativa del 95%, lo que implica que el grano debe recolectarse cuando esté bien maduro y seco y, además, debe estar bien conservado. La cebada cervecera no debe poseer un contenido alto en proteínas, por lo que, además de que la variedad suele ser adecuada en este aspecto, no debe abonarse fuertemente con nitrógeno, ya que las aportaciones de nitrógeno aumentan la cantidad de proteínas en el grano.

La cebada se emplea también como forrajera, sola o mezclada con avena en partes iguales. Para este fin se siembra muy temprano, en otoño, para que nazca

en las primeras aguas y alcance un buen desarrollo antes de que vengan las lluvias, ya que se suele sembrar para aprovechamiento «a diente» en el otoño y en el invierno. Si su aprovechamiento para el ganado como consumo «a diente» quiere hacerse algo más tardío, en las regiones de otoños cálidos no debe sembrarse tan temprano, ya que si la planta está muy desarrollada cuando lleguen las heladas de invierno se hiela.

2.14 Importancia económica de la cebada

En México, según el informe de actividades del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, nos data, que en el año 2022 se contó con una superficie nacional de 11,355.05 ha sembradas de cebada forrajera en verde, teniendo una superficie siniestrada en el estado de Hidalgo de 440.64 ha, cosechando así 10,914.41 ha, de las cuales se tuvo una producción de 215,317.75 ton, con un rendimiento promedio de 19.73 ton/ha; el estado de Durango fue quien presento mayor rendimiento con 30.51 ton/ha, aunque, es de los que menos producción tiene ya que solamente tiene una superficie sembrada de 87 ha; Coahuila contribuye con una producción de 26,666.88 ton, con un rendimiento de 23.69 ton/ha (SIAP, 2022).

2.15 Principales municipios productores de cebada en Coahuila

En Coahuila, el municipio Francisco I. Madero, Laguna, es el que mayor producción tiene con 15,827.00 ton, como se muestra en el Cuadro 2.2, con un rendimiento de 32.30 ton/ha, produciendo un poco más del 50% de la producción total en Coahuila (SIAP, 2022).

Cuadro 2.2. Principales municipios productores de cebada en Coahuila

Distrito	Municipio	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Laguna	Francisco I. Madero	490.00	490.00	15,827.00	32.30
Saltillo	Ramos Arizpe	250.00	250.00	3,591.60	14.37
Saltillo	Parras	212.00	212.00	3,160.64	14.91
Laguna	Matamoros	46.00	46.00	1,428.99	31.07
Saltillo	General Cepeda	80.00	80.00	1,301.60	16.27
Otros		47.50	47.50	1357.05	
Total		1,125.50	1,125.50	26,666.88	21.78

Fuente: SIAP, 2022

2.16 Principales Estados productores de cebada a nivel Nacional

Los principales estados productores destacan Sonora, Hidalgo, Coahuila, Guanajuato entre otros, con una superficie sembrada aproximadamente de 11,300 ha y una producción de más de 200 mil toneladas, teniendo un rendimiento de 21.3 ton/ha, como lo describe el Cuadro 2.3 siguiente.

Cuadro 2.3. Principales estados productores de cebada a nivel nacional

Ubicación	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
Sonora	2,165.00	2,165.00	58,624.54	27.08
Hidalgo	2,505.27	2,064.63	46,566.00	22.55
Coahuila	1,125.50	1,125.50	26,666.88	23.69
Guanajuato	1,136.33	1,136.33	23,747.95	20.9
Jalisco	841.05	841.05	18,370.39	21.84
Zacatecas	1,399.00	1,399.00	16,137.24	11.53
Otros	2,182.90	2,182.90	25,204.75	
Total	11,355.05	10,914.41	215,317.75	21.26

Fuente: SIAP, 2022

2.17 Producción mundial de cebada

Según el informe del United States Department of Agriculture, estima una producción mundial de cebada para la campaña 2022/23 de 147,7 millones de toneladas, producción algo superior a la pasada 2021/22, que fue de 145,079 millones de toneladas (USDA).

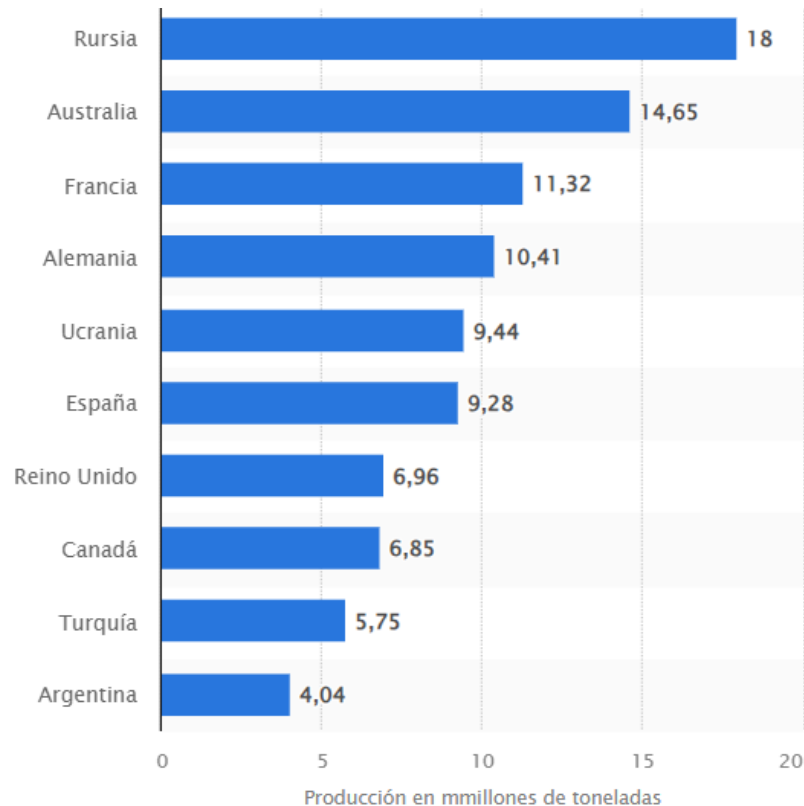


Figura 1. Producción mundial de cebada

Fuente: Statista 2021

2.18 Correlación

Resulta de gran interés en la práctica de fitomejoramiento el determinar el grado de asociación entre variables, con caracteres agronómicos evaluados.

Downie y Heath (1973), explica que la correlación es una medida de la relación entre dos variables y la mayor parte de los coeficientes de correlación indican dos cosas, primero la cuantía de la relación y la otra cuenta el sentido inverso, dando a conocer que a medida que aumenta una de ellas disminuye el valor de la otra.

Observó que una de las condiciones básicas que deben cumplirse para aplicar el coeficiente de correlación de Pearson es que exista una relación lineal entre dos variables en estudio.

La correlación es una relación mutua entre dos caracteres o cosas, de tal manera que un aumento o disminución en una, va generalmente asociada con un aumento o disminución de la otra. La correlación lineal está determinada por el coeficiente de correlación "r", cuyo valor puede variar de -1 a +1. Las correlaciones observadas en una población, son solamente aplicables a las poblaciones específicamente analizadas, ya que en otras poblaciones las asociaciones y correlaciones pueden ser totalmente diferentes (Robles, 1990).

Hernández (2009), quien trabajo con líneas Élite de cebada forrajera imberbe menciona que en los resultados de correlación existe una asociación positiva y significativa entre la variable forraje seco total (FST) con peso de tallos (PT), peso de hojas (PH) y peso de espigas (PE).

Al igual Ramírez (2009), quien trabajo en producción de biomasa, relación hoja-tallo menciona que en los resultados de correlación existe asociación positiva y altamente significativa entre la variable forraje seco total (FST) con peso de hojas (PH), peso de tallos (PT) y peso de espigas (PE).

Calvo (2016), por su parte menciona encontrar asociaciones positivas y significativas entre producción de forraje verde (PFV) y forraje seco total (FST), peso seco de hojas (PSH) y peso seco de espigas (PSE); lo que indica que cuanto mayor sea el rendimiento de materia verde, lo serán también el peso de hojas, tallos, espigas y consecuentemente el peso seco total.

2.19 Componentes de rendimiento forrajero

Otero (2020), cita a Valdés (2006), para obtener los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad nutricional de las especies forrajeras se requiere contar con variedades que tengan buena adaptación a la zona de producción.

Entre las principales características de una buena planta forrajera se tienen las siguientes:

1. Alto valor nutritivo
2. Fácil establecimiento
3. Estabilidad de la producción de forraje
4. Buena palatabilidad
5. Adaptación a factores particulares (inundación, corte, conservación, respuesta a la fertilización etc.)
6. Ausencia de sustancias tóxicas o anti nutricionales
7. Índice de área foliar elevado
8. Alta proporción de hojas con relación a los tallos
9. Tolerancia a condiciones adversas
10. Periodo vegetativo largo

El momento óptimo de corte de los cultivos forrajeros utilizados como heno y como único alimento, depende además de los factores propios del cultivo, de los requerimientos del animal que va a ser alimentado. El momento óptimo de corte de cebada forrajera es en inicio de floración y en estado vegetativo cuando se van a alimentar borregos en crecimiento u ovejas en comienzo de gestación; si el cultivo acepta más de un corte, el momento óptimo sería en estado vegetativo avanzado, independientemente del estado fisiológico de los ovinos (Orcarberro y Briseño 1983).

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del sitio experimental

El experimento se desarrolló durante el ciclo Otoño-Invierno 2021-2022; en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en el rancho “el Rincón del Buitre” en el ejido El Retiro, municipio de San Pedro de las Colonias al suroeste del Estado de Coahuila, entre las coordenadas 25°46' Latitud Norte y 103°16' Longitud Oeste con una altitud de 1110 msnm; presenta una precipitación pluvial media anual de 200-300 mm, y una temperatura de entre 18 y 20 °C.

3.2 Riego

Se dieron únicamente tres riegos (el de siembra y dos de auxilio) en las siguientes fechas:

- Riego de siembra: 17 de diciembre de 2021, con una lámina aproximada de 10 cm.
- Primer auxilio: 16 de enero de 2022, con una lámina de 8 cm.
- Segundo auxilio: 16 de febrero de 2022, con una lámina de 8 cm.

Con una lámina total aproximada de 26 cm.

Fecha del muestreo: 2 de abril de 2022 (105 días)

3.3 Material genético

El experimento constó de 30 genotipos, 24 materiales experimentales (cebada forrajera sin aristas) desarrollados por el Programa de Cereales de Grano

Pequeño de la UAAAN los cuales son líneas hermanas uniformes denominadas: cebadas Antonio Narro imberbes (CANI) en condición F8, descendientes de las variedades; Gabyan95 y Esperanza. Además de seis testigos (avena, var. Cuauhtémoc; las variedades de cebada, Alician221, Gabyan95 y Esperanza; trigo, var. experimental AN-266-99 y triticale var. Eronga-83 (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Material genético utilizado en el estudio durante el ciclo O-I 2021-2022, en la Laguna, San Pedro de las Colonias, Coahuila.

No. de identificación	Genotipo	Origen
1	CANI-559-18	UAAAN
2	CANI-562-18	UAAAN
3	CANI-570-18	UAAAN
4	CANI-572-18	UAAAN
5	CANI-581-18	UAAAN
6	CANI-582-18	UAAAN
7	CANI-586-18	UAAAN
8	CANI-596-18	UAAAN
9	CANI-604-18	UAAAN
10	CANI-605-18	UAAAN
11	CANI-645-18	UAAAN
12	CANI-659-18	UAAAN
13	CANI-665-18	UAAAN
14	CANI-697-18	UAAAN
15	CANI-700-18	UAAAN
16	CANI-709-18	UAAAN
17	CANI-472-18	UAAAN
18	CANI-750-18	UAAAN
19	CANI-763-18	UAAAN
20	CANI-779-18	UAAAN
21	CANI-786-18	UAAAN
22	CANI-790-18	UAAAN
23	CANI-798-18	UAAAN
24	CANI-801-18	UAAAN
25	Avena (Cuauhtémoc) *	INIFAP
26	Alician221 *	UAAAN
27	Gabyan95 *	UAAAN
28	Esperanza *	INIFAP
29	Trigo (AN-266-99) *	UAAAN
30	Triticale (Eronga-83) *	INIFAP

*= Testigos; testigos comerciales, INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

3.4 Características del suelo

Este es de tipo xerosol, suelo de color claro y pobre en materia orgánica y en subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, es calcárico. Los terrenos presentan una topografía plana, ligeramente ondulados, con pendientes menores al 8%, de textura media.

3.5 Diseño experimental

Para la evaluación de los 30 genotipos, se llevó a cabo un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por seis surcos o hileras de 3m de largo, con una separación entre surcos de 0.35m, lo que da una superficie de 6.3m², en tanto que la parcela útil para la muestra forraje fue de 0.175m², es decir, se cosechó toda la biomasa aérea de 0.5 m de longitud en una de las hileras con competencia completa, los 30 genotipos contaron con tres repeticiones cada uno.

Los análisis de varianza (ANVA), al igual que las pruebas de comparación de medias se desarrollaron mediante el uso del programa Statistical Analysis System (SAS 9.0).

3.6 Muestreo o corte de forraje

Se realizó a los 105 días después del riego de siembra que es el tiempo aproximado en el que se utilizan los cereales de invierno para un solo corte en la región del estudio.

3.7 Variables estudiadas

3.7.1 Altura de planta (ALT)

Con ayuda de una cinta métrica se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta la altura más generalizada de toda la parcela experimental.

3.7.2 Etapa Fenológica (ETP)

Se tomó en base a la escala de Zadoks *et al.*, 1974, de acuerdo al estadio en que se encontraba más del 50% de cada parcela.

3.7.3 Cobertura (COB)

Esta variable fue determinada mediante la apreciación visual, considerando la cobertura del cultivo sobre el terreno en cada parcela experimental expresada en porcentaje (%).

3.7.4 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Con la ayuda de un sensor infrarrojo portátil marca Trimble, modelo Green Seeker, dirigiendo la luz infrarroja hacia la parte central de la parcela se obtuvieron diferentes cantidades de luz reflejada, registrando una lectura de entre 0.00 a 0.99 en las configuraciones electrónicas.

3.7.5 Temperatura de planta (TEM)

Mediante el uso del termómetro infrarrojo marca FLUKE con mira laser y exactitud: ± 0.01 °C de lectura, el cual registra datos según la temperatura, de la planta y dosel, dichos datos se obtuvieron de cada parcela experimental el día del muestreo.

3.7.6 Peso seco de hojas, tallos y espigas (PSH, PST, PSE)

Se cortó la biomasa aérea de 0.5m de una de las hileras, se llevó a secado hasta peso constante bajo el asoleadero de la Sección Cereales para pasar a la separación de las fracciones de hojas, tallos y espigas, se registró el peso en kilogramos por parcela, transformándolo posteriormente a tha^{-1} .

3.7.7 Peso seco total (PSTOT)

Se obtuvo mediante la suma del forraje seco de hojas, tallos y espigas de cada parcela.

3.8 Análisis estadístico

Con la información obtenida se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (DMS, $p < 0.05$); también se llevó a cabo un análisis de correlación lineal de Pearson entre las diferentes variables estudiadas. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002).

El modelo estadístico general utilizado fue:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + G_j + e_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = Variable observada

μ = Efecto de la media general

β_i = Efecto de la i -ésimo bloque

G_j = Efecto del j -ésimo genotipo

e_{ij} = Error experimental para el i -ésimo bloque del j -ésimo genotipo

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

Entre genotipos (GEN) se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para las variables estudiadas ALT, ETP, COB, NDVI y PSE; mientras que para la variable TEM se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$), y para las variables PSH, PST y PSTOT no se encontró diferencia estadística; esto demostró variación en el comportamiento entre los genotipos evaluados en este estudio para la mayoría de las variables (Cuadro 4.1).

Los coeficientes de variación (CV) oscilan entre 1.41% para la variable etapa (ETP) y 25.38% para peso seco de tallos (PST), los cuales pueden considerarse dentro de márgenes aceptables y los resultados confiables, sobre todo considerando que algunos de los genotipos debieron sufrir de estrés hídrico (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Valores de cuadros medios y significancia de los análisis de varianza de las variables evaluadas. Ciclo O-I 2021-2022, Laguna, Torreón, Coahuila

FV	GL	ALT	ETP	COB	NDVI	TEM	PSH	PST	PSE	PSTOT
REP	2	274.4444**	4.0111ns	83.6111ns	0.0095ns	4.1013ns	0.0005*	0.0004ns	0.0004ns	0.0039ns
GEN	29	277.5479**	124.3203**	99.8467**	0.0399**	5.2792*	0.0002ns	0.0003ns	0.0013**	0.0019ns
EE	58	34.7893	1.5054	34.4732	0.0063	2.7678	0.0002	0.0002	0.0005	0.0020
CV%		5.55	1.41	6.71	21.46	6.13	23.11	25.38	24.80	22.17

ns= no significancia; *= significativo ($p < 0.05$); **= significativo ($p < 0.01$); FV= Fuentes de variación; REP= Repeticiones; GEN= Genotipos; EE= Error experimental; CV (%)= Coeficientes de variación; GL= Grados de libertad; ALT= Altura; ETP= Etapa fenológica; COB= Cobertura; NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; TEM= Temperatura de planta; PSH= Peso seco de hojas; PST= Peso seco de tallos; PSE= Peso seco de espigas; PSTOT= Peso seco total.

4.2 Resultados de las pruebas de medias de características agromorfológicas de los genotipos

Los resultados de la prueba de media para la variable altura de planta (ALT) se presentan en el Cuadro 4.2 en el que se puede observar que se formaron siete grupos de significancia, el primer grupo fue conformado por el triticale Eronga-83, avena Cuauhtémoc y CANI-779-18 con 121.6, 118.3 y 115.0 cm respectivamente, es importante destacar que solo el triticale es estadísticamente superior ya que los otros dos comparten significancia con un buen número de genotipos. Este resultado concuerda con lo reportado por Hernández (2009) y Calvo (2016) quienes encontraron que el genotipo Eronga-83 fue de los de mayor altura de planta en sus trabajos.

La menor altura de planta y ubicados en el último grupo estadístico correspondía a la variedad comercial Esperanza y la nueva línea CANI-472-18 con 80 y 73.3 cm respectivamente, tales genotipos fueron estadísticamente inferiores al resto.

Cuadro 4.2. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable altura de planta (ALT) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

No.	Genotipo	ALTURA DE PLANTA	
		(cm)	Grupo estadístico
30	Eronga-83	121.667	A
25	Cuauhtémoc	118.333	A B
20	CANI-779-18	115	A B C
29	AN-266-99	111.667	B C D
2	CANI-562-18	111.667	B C D
22	CANI-790-18	111.667	B C D
10	CANI-605-18	111.667	B C D
18	CANI-750-18	111.667	B C D
23	CANI-798-18	110	B C D
27	Gabyan95	110	B C D
19	CANI-763-18	110	B C D
9	CANI-604-18	110	B C D
21	CANI-786-18	108.333	C D
24	CANI-801-18	108.333	C D
12	CANI-659-18	108.333	C D
3	CANI-570-18	108.333	C D
16	CANI-709-18	106.667	C D E
26	Alician221	106.667	C D E
8	CANI-596-18	106.667	C D E
13	CANI-665-18	106.667	C D E
14	CANI-697-18	106.667	C D E
6	CANI-582-18	106.667	C D E
15	CANI-700-18	105	D E F
7	CANI-586-18	105	D E F
11	CANI-645-18	103.333	D E F
4	CANI-572-18	98.333	E F
5	CANI-581-18	98.333	E F
1	CANI-559-18	96.667	F
28	Esperanza	80	G
17	CANI-472-18	73.333	G
DMS		9.6401	
Media General		106.222	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

En cuanto a precocidad (escala de Zadocks *et al.*, 1974), se formaron seis grupos de significancia, los nuevos genotipos CANI-605-18, CANI-559-18, CANI-582-18 y CANI-604-18 fueron los que mostraron una superioridad estadística en precocidad al encontrarse al momento del corte en Zadoks 92.3 esto es grano duro, estadísticamente iguales a 11 nuevas líneas más con madurez entre 90.67 a 91.67 (madurez – grano duro), estas fueron: CANI-596-18, CANI-586-18, CANI-562-18, CANI-665-18, CANI-572-18, CANI-570-18, CANI-659-18, CANI-700-18,

CANI-697-18, CANI-645-18 y CANI-581-18; todas con una mayor madurez numérica que la variedad comercial de cebada Esperanza, que se ubicó al final del segundo grupo de significancia con una escala de 89 (cerca de madurez), siendo la media general para esta variable de 86.75 (Cuadro 4.3).

Las líneas que presentaron menor escala de Zadoks al momento de corte fueron los testigos de las otras especies (avena, trigo y triticale) con madurez de 68.33, 70 y 70.67 (antesis completa – grano lechoso) respectivamente (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Etapa (ETP) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

ETAPA (ZADOKS)			
No.	Genotipo	Escala	Grupo estadístico
10	CANI-605-18	92.333	A
1	CANI-559-18	92.333	A
6	CANI-582-18	91.667	A
9	CANI-604-18	91.333	A
8	CANI-596-18	91	A B
7	CANI-586-18	91	A B
2	CANI-562-18	91	A B
13	CANI-665-18	91	A B
4	CANI-572-18	90.667	A B
3	CANI-570-18	90.667	A B
12	CANI-659-18	90.667	A B
15	CANI-700-18	90.667	A B
14	CANI-697-18	90.667	A B
11	CANI-645-18	90.667	A B
5	CANI-581-18	90.667	A B
28	Esperanza	89	B
17	CANI-472-18	86.667	C
18	CANI-750-18	86.667	C
16	CANI-709-18	85.667	C D
26	Alician221	85.667	C D
27	Gabyan95	85.667	C D
19	CANI-763-18	85	C D
21	CANI-786-18	85	C D
24	CANI-801-18	85	C D
20	CANI-779-18	85	C D
23	CANI-798-18	84.333	D
22	CANI-790-18	83.667	D
30	Eronga-83	70.667	E
29	AN-266-99	70	E F
25	Cuauhtémoc	68.333	F
DMS		2.0053	
Media General		86.755	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

Con respecto a la prueba de medias de cobertura (COB), se puede observar en el Cuadro 4.4 que los genotipos Cuauhtémoc y Alician221 fueron los que obtuvieron mayor porcentaje de cobertura superiores con 98.33% en ambos; formando el mismo grupo estadístico junto con nueve genotipos más, entre los ellos se ubicaron a Gabyan95 y la variedad experimental de trigo AN-266-99; mientras que CANI-604-18 y Esperanza, resultaron con el menor porcentaje de cobertura con 78.3 y 76.7% respectivamente, compartiendo el mismo grupo estadístico con triticale Eronga-83 y ocho nuevas líneas de cebada forrajera imberbe.

Cuadro 4.4. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Cobertura (COB) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

No.	Genotipo	COBERTURA		Grupo estadístico
		%		
25	Cuauhtémoc	98.333		A
26	Alician221	98.333		A
20	CANI-779-18	96.667		A B
27	Gabyan95	96.667		A B
19	CANI-763-18	95		A B C
21	CANI-786-18	91.667		A B C D
18	CANI-750-18	91.667		A B C D
29	AN-266-99	90		A B C D E
22	CANI-790-18	90		A B C D E
24	CANI-801-18	90		A B C D E
3	CANI-570-18	90		A B C D E
2	CANI-562-18	88.333		B C D E F
1	CANI-559-18	88.333		B C D E F
17	CANI-472-18	86.667		C D E F G
23	CANI-798-18	86.667		C D E F G
8	CANI-596-18	86.667		C D E F G
13	CANI-665-18	86.667		C D E F G
5	CANI-581-18	86.667		C D E F G
7	CANI-586-18	86.667		C D E F G
12	CANI-659-18	85		D E F G H
6	CANI-582-18	83.333		D E F G H
10	CANI-605-18	83.333		D E F G H
16	CANI-709-18	83.333		D E F G H
15	CANI-700-18	83.333		D E F G H
11	CANI-645-18	83.333		D E F G H
14	CANI-697-18	81.667		E F G H
4	CANI-572-18	80		F G H
30	Eronga-83	80		F G H
9	CANI-604-18	78.333		G H
28	Esperanza	76.667		H
DMS		9.5962		
Media General		87.444		

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

En cuanto a NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada), cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.5, se formaron 11 grupos de significancia, donde la avena Cuauhtémoc, mostró el mayor índice de verdor con 0.64, estadísticamente igual a tres genotipos más los cuales fueron AN-266-99, Eronga-83 y CANI-750-18 con 0.58, 0.54 y 0.53 respectivamente. Los genotipos que presentaron menor índice de verdor fueron las nuevas líneas CANI-665-18, CANI-559-18 y CANI-605-18 con 0.23, 0.23 y 0.2 respectivamente; esto debido sin duda alguna a la etapa fenológica en la que se encontraban estos genotipos (madurez – grano duro), ya que el NDVI se ve afectado significativamente de acuerdo al estado fenológico en que se realiza la lectura, los niveles hídricos y diferentes dosis de N que recibe el cultivo (Muriado *et al.*, 2016).

Cuadro 4.5. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

No.	Genotipo	NDVI	Grupo estadístico
25	Cuauhtémoc	0.64333	A
29	AN-266-99	0.58333	A B
30	Eronga-83	0.53667	A B C
18	CANI-750-18	0.53333	A B C D
17	CANI-472-18	0.46667	B C D E
21	CANI-786-18	0.45333	B C D E F
24	CANI-801-18	0.44667	C D E F
23	CANI-798-18	0.44667	C D E F
26	Alician221	0.43667	C D E F
16	CANI-709-18	0.43667	C D E F
19	CANI-763-18	0.41667	C D E F
28	Esperanza	0.40333	D E F G
22	CANI-790-18	0.39667	E F G
27	Gabyan95	0.38667	E F G
20	CANI-779-18	0.38	E F G
8	CANI-596-18	0.36333	E F G H
7	CANI-586-18	0.36	E F G H I
2	CANI-562-18	0.35667	E F G H I J
12	CANI-659-18	0.33333	F G H I J
3	CANI-570-18	0.28333	G H I J K
15	CANI-700-18	0.27667	G H I J K
11	CANI-645-18	0.27667	G H I J K
14	CANI-697-18	0.27667	G H I J K
6	CANI-582-18	0.24667	H I J K
4	CANI-572-18	0.24667	H I J K
9	CANI-604-18	0.24333	H I J K
5	CANI-581-18	0.23333	H I J K
13	CANI-665-18	0.23	I J K
1	CANI-559-18	0.22667	J K
10	CANI-605-18	0.2	K
DMS		0.13	
Media General		0.371	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.6 se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias de temperatura (TEM), donde la nueva línea CANI-605-18 presento una mayor temperatura con 29.9 °C, probablemente influenciado por su mayor madurez, 92.33 de Zadoks *et al.*, 1974 (Cuadro 4.3); estando en el mismo grupo estadístico que 14 genotipos más entre ellos las variedades comerciales Esperanza y Gabyan95; mientras que CANI-472-18, Alician221 y CANI-779-18 mostraron menor temperatura 24.9, 24.9 y 24.8 °C respectivamente.

Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable temperatura (TEM) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

TEMPERATURA			
No.	Genotipo	°C	Grupo estadístico
10	CANI-605-18	29.9	A
1	CANI-559-18	28.9	A B
13	CANI-665-18	28.9	A B
7	CANI-586-18	28.833	A B
9	CANI-604-18	28.833	A B
28	Esperanza	28.467	A B C
3	CANI-570-18	28.367	A B C
2	CANI-562-18	28.333	A B C D
14	CANI-697-18	27.9	A B C D
4	CANI-572-18	27.633	A B C D E
6	CANI-582-18	27.567	A B C D E F
27	Gabyan95	27.367	A B C D E F
12	CANI-659-18	27.367	A B C D E F
5	CANI-581-18	27.367	A B C D E F
11	CANI-645-18	27.2	A B C D E F
22	CANI-790-18	27.067	B C D E F
8	CANI-596-18	26.833	B C D E F
30	Eronga-83	26.8	B C D E F
18	CANI-750-18	26.733	B C D E F
25	Cuauhtémoc	26.667	B C D E F
15	CANI-700-18	26.5	B C D E F
23	CANI-798-18	26.433	B C D E F
16	CANI-709-18	26.2	B C D E F
21	CANI-786-18	26.2	B C D E F
19	CANI-763-18	26	C D E F
24	CANI-801-18	25.633	D E F
29	AN-266-99	25.133	E F
17	CANI-472-18	24.967	E F
26	Alician221	24.933	E F
20	CANI-779-18	24.867	F
DMS		2.7191	
Media General		27.13	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

La prueba de medias para peso seco de hojas (Cuadro 4.7) mostró que el testigo avena Cuauhtémoc, tuvo mayor rendimiento de peso seco de hojas con 4.48 tha^{-1} ; y en el mismo grupo estadístico que 10 genotipos más, entre los cuales destaca la nueva línea CANI-779-18 con 4 tha^{-1} teniendo una ligera diferencia numérica en comparación con los testigos Gabyan95 (3.66 tha^{-1}), trigo (3.62 tha^{-1}) y diferencia estadística con triticale (2.9 tha^{-1}); lo cual es importante ya que las nuevas cebadas mantienen alta proporción de hoja en el forraje a pesar de la precocidad (Colín, 2007)

En contraste los de menor producción de hoja fueron los genotipos CANI-790-18, CANI-605-18, CANI-645-18 y Esperanza con 2.76, 2.71, 2.49 y 2.13 tha^{-1} respectivamente, la media general para esta variable fue de 3.2 tha^{-1} .

Cuadro 4.7. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de hojas (PSH) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

No.	PESO SECO DE HOJAS		Grupo estadístico
	Genotipo	tha^{-1}	
25	Cuauhtemoc	4.476	A
20	CANI-779-18	4	A B
27	Gabyan95	3.657	A B C
29	AN-266-99	3.619	A B C
18	CANI-750-18	3.619	A B C
8	CANI-596-18	3.581	A B C
5	CANI-581-18	3.581	A B C
6	CANI-582-18	3.543	A B C
15	CANI-700-18	3.524	A B C
13	CANI-665-18	3.333	A B C D
4	CANI-572-18	3.295	A B C D
1	CANI-559-18	3.143	B C D
2	CANI-562-18	3.124	B C D
21	CANI-786-18	3.105	B C D
12	CANI-659-18	3.067	B C D
17	CANI-472-18	3.067	B C D
23	CANI-798-18	3.047	B C D
7	CANI-586-18	3.01	B C D
19	CANI-763-18	3.01	B C D
14	CANI-697-18	3.01	B C D
24	CANI-801-18	3.01	B C D
16	CANI-709-18	2.99	B C D
3	CANI-570-18	2.971	B C D
26	Alician221	2.933	B C D
9	CANI-604-18	2.914	B C D
30	Eronga-83	2.914	B C D
22	CANI-790-18	2.762	C D
10	CANI-605-18	2.705	C D
11	CANI-645-18	2.495	C D
28	Esperanza	2.133	D
DMS		1.205	
Media General		3.2	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

En cuanto a la prueba de comparación de medias del peso seco de tallos (PST), se puede observar en el Cuadro 4.8 que se formaron siete grupos de significancia, la nueva línea CANI-779-18 fue el que obtuvo el mayor peso seco,

siendo ligera y numéricamente superior que los testigos de otras especies, trigo y triticale ubicados en el mismo grupo estadístico con 3.98 y 4.4 tha^{-1} respectivamente, pero estadísticamente superior que avena con 2.57 tha^{-1} la cual fue ubicada en el quinto grupo estadístico.

En contraste los genotipos con menor rendimiento de tallos fueron CANI-472-18 y la variedad comercial Esperanza con 2.42 y 1.85 tha^{-1} respectivamente. La media general para esta variable fue de 3.26 tha^{-1} .

Cuadro 4.8. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de tallos (PST) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

No.	Genotipo	PESO SECO DE TALLOS							
		tha^{-1}	Grupo estadístico						
20	CANI-779-18	4.419	A						
30	Eronga-83	4.4	A	B					
18	CANI-750-18	4.057	A	B	C				
29	AN-266-99	3.981	A	B	C	D			
8	CANI-596-18	3.79	A	B	C	D	E		
15	CANI-700-18	3.753	A	B	C	D	E	F	
13	CANI-665-18	3.657	A	B	C	D	E	F	
5	CANI-581-18	3.638	A	B	C	D	E	F	
23	CANI-798-18	3.467	A	B	C	D	E	F	
24	CANI-801-18	3.447	A	B	C	D	E	F	
6	CANI-582-18	3.41	A	B	C	D	E	F	
4	CANI-572-18	3.39	A	B	C	D	E	F	
21	CANI-786-18	3.295	A	B	C	D	E	F	
26	Alician221	3.257	A	B	C	D	E	F	
2	CANI-562-18	3.219	A	B	C	D	E	F	
27	Gabyan95	3.181	A	B	C	D	E	F	G
19	CANI-763-18	3.124	A	B	C	D	E	F	G
16	CANI-709-18	3.105	A	B	C	D	E	F	G
14	CANI-697-18	3.067		B	C	D	E	F	G
3	CANI-570-18	3.047			C	D	E	F	G
9	CANI-604-18	3.01			C	D	E	F	G
12	CANI-659-18	2.971			C	D	E	F	G
1	CANI-559-18	2.857			C	D	E	F	G
7	CANI-586-18	2.8			C	D	E	F	G
22	CANI-790-18	2.705				D	E	F	G
10	CANI-605-18	2.647				D	E	F	G
11	CANI-645-18	2.629					E	F	G
25	Cuauhtémoc	2.571					E	F	G
17	CANI-472-18	2.419						F	G
28	Esperanza	1.847							G
DMS		1.343							
Media General		3.257							

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

La prueba de comparación de medias para peso seco de espigas (PSE), cuyos resultados aparecen en el Cuadro 4.9, mostro ocho grupos de significancia, el primero de los cuales es encabezado por la nueva línea CANI-582-18 y la variedad comercial Esperanza con 6.86 y 6.76 tha^{-1} respectivamente, aunque estadísticamente igual que 17 genotipos más, entre ellos los testigos de la misma especie Alician221 y Gabyan95. Los pesos de espigas más bajos los obtuvieron los testigos de otras especies avena, trigo y triticale con 1.35, 2.99 y 3.58 tha^{-1} respectivamente. La media general para esta variable fue de 5.02 tha^{-1} .

Cuadro 4.9. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco de espigas (PSE) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

PESO SECO DE ESPIGAS			
No.	Genotipo	tha^{-1}	Grupo estadístico
6	CANI-582-18	6.857	A
28	Esperanza	6.762	A
1	CANI-559-18	6.419	A B
8	CANI-596-18	6.229	A B C
15	CANI-700-18	5.962	A B C D
2	CANI-562-18	5.886	A B C D
5	CANI-581-18	5.771	A B C D E
13	CANI-665-18	5.733	A B C D E
20	CANI-779-18	5.619	A B C D E
18	CANI-750-18	5.543	A B C D E F
23	CANI-798-18	5.524	A B C D E F
26	Alician221	5.505	A B C D E F
24	CANI-801-18	5.505	A B C D E F
12	CANI-659-18	5.333	A B C D E F
3	CANI-570-18	5.295	A B C D E F
4	CANI-572-18	5.257	A B C D E F
27	Gabyan95	5.238	A B C D E F
7	CANI-586-18	5.162	A B C D E F
9	CANI-604-18	4.895	A B C D E F G
17	CANI-472-18	4.59	B C D E F G
10	CANI-605-18	4.553	B C D E F G
19	CANI-763-18	4.476	B C D E F G
21	CANI-786-18	4.267	C D E F G
16	CANI-709-18	4.076	D E F G
11	CANI-645-18	4.019	D E F G
14	CANI-697-18	4	D E F G
22	CANI-790-18	3.829	E F G
30	Eronga-83	3.581	F G
29	AN-266-99	2.99	G H
25	Cuauhtémoc	1.353	H
DMS		2.029	
Media General		5.02	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4.10 se presentan los resultados de las pruebas de comparación de medias de peso seco o biomasa aérea total (PSTOT), la cual formo solamente 3 grupos de significancia, donde los genotipos más rendidores fueron las nuevas líneas CANI-779-18, CANI-582-18 y CANI-596-18 con 14.04, 13.81 y 13.6 tha^{-1} respectivamente; aunque estadísticamente iguales a 24 genotipos más; por el contrario los genotipos CANI-790-18, CANI-645-18 y Cuauhtémoc fueron los menos rendidores con 9.295, 9.143 y 8.4 tha^{-1} respectivamente. La media general para esta variable fue de 11.428 tha^{-1} , encontrando 12 de las nuevas líneas de cebada forrajera imberbes por encima de esta. Con lo anterior se confirma que, para producción de forraje invernal rápida, cebada es una excelente alternativa (Colín *et al.*, 2007, 2009).

Cuadro 4.10. Resultados de la prueba de comparación de medias de la variable peso seco total (PSTOT) en el Ejido El Retiro, Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

PESO SECO TOTAL			
No.	Genotipo	tha⁻¹	Grupo estadístico
20	CANI-779-18	14.038	A
6	CANI-582-18	13.81	A
8	CANI-596-18	13.6	A
15	CANI-700-18	13.238	A B
18	CANI-750-18	13.219	A B
5	CANI-581-18	12.99	A B
13	CANI-665-18	12.724	A B
1	CANI-559-18	12.419	A B C
2	CANI-562-18	12.229	A B C
27	Gabyan95	12.076	A B C
23	CANI-798-18	12.038	A B C
24	CANI-801-18	11.962	A B C
4	CANI-572-18	11.943	A B C
26	Alician221	11.695	A B C
12	CANI-659-18	11.371	A B C
3	CANI-570-18	11.314	A B C
7	CANI-586-18	10.971	A B C
30	Eronga-83	10.895	A B C
9	CANI-604-18	10.819	A B C
28	Esperanza	10.743	A B C
21	CANI-786-18	10.667	A B C
19	CANI-763-18	10.61	A B C
29	AN-266-99	10.59	A B C
16	CANI-709-18	10.171	A B C
17	CANI-472-18	10.076	A B C
14	CANI-697-18	10.076	A B C
10	CANI-605-18	9.905	A B C
22	CANI-790-18	9.295	B C
11	CANI-645-18	9.143	B C
25	Cuauhtémoc	8.4	C
DMS		4.143	
Media General		11.428	

Medias con la misma letra, son estadísticamente iguales

4.3 Correlaciones para las variables evaluadas en el estudio

En el Cuadro 4.11 se muestran los resultados de las correlaciones entre las diferentes variables, donde se aprecian asociaciones positivas entre peso seco total (PSTOT) con las variables peso seco de hojas (PSH) ($r=0.753$), peso seco de tallos (PST) ($r=0.786$) y peso seco de espigas (PSE) ($r=0.826$), lo que indica que el rendimiento de forraje seco total es el producto de la suma de sus componentes directos, esto es; mientras las fracciones hoja, tallo y espiga tengan buena expresión, el rendimiento del peso seco total será mayor, encontrando similitudes con los trabajos de Hernández (2009), Ramírez (2009) y Calvo (2016).

Se encontró una correlación negativa entre la variable etapa (ETP) y la variable NDVI ($r=-0.751$), lo cual es natural ya que la planta al ir avanzando en madurez, pierde su verdor y su proceso fotosintético va reduciendo, lo cual coincide con lo reportado por Otero (2020).

Por el contrario, la etapa (ETP) se correlaciona de manera positiva con el peso seco de espiga (PSE) ($r=0.539$), esto era de esperarse ya que al ir avanzando su etapa fenológica hasta llegar a la madurez fisiológica el grano se va llenando tomando un mayor peso.

Entre las variables peso seco de hojas (PSH) y peso seco de tallos (PST) se encontró correlación positiva ($r=0.727$), lo cual coincide con lo reportado por Calvo (2016). Una buena calidad forrajera se asocia con una con una mayor proporción de hojas o relación hoja-tallo debido a su mejor digestibilidad y mayor contenido de proteína que los tallos Juskiw *et al.* (2000).

Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación de las variables evaluadas en Laguna, Torreón, Coahuila. Ciclo O-I 2021-2022.

	ALT	ETP	COB	NDVI	TEM	PSH	PST	PSE	PSTOT
ALT	1.000								
ETP	-0.345	1.000							
COB	0.399	-0.285	1.000						
NDVI	0.176	-0.751**	0.340	1.000					
TEM	-0.057	0.392	-0.244	-0.537	1.000				
PSH	0.200	-0.208	0.240	0.216	-0.215	1.000			
PST	0.337	-0.158	0.142	0.089	-0.171	0.727**	1.000		
PSE	-0.287	0.539**	-0.153	-0.290	0.056	0.327	0.360	1.000	
PSTOT	0.005	0.206	0.029	-0.077	-0.090	0.753**	0.786**	0.826**	1.000

**= altamente significativo; ALT= Altura; ETP= Etapa fenológica; COB= Cobertura; NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; TEM= Temperatura de planta; PSH= Peso seco de hojas; PST= Peso seco de tallos; PSE= Peso seco de espigas; PSTOT= Peso seco total.

V CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones y resultados de este trabajo de investigación, se puede concluir que:

- Las líneas que mostraron mayor comportamiento en cuanto a rendimiento de forraje total fueron: CANI-779-18, CANI-582-18, CANI-596-18, en comparación con las variedades comerciales de avena, trigo y triticale, ubicadas por debajo de la media general.
- El componente de forraje que contribuye mayormente en la biomasa aérea total fue el de espigas con una media general de 5.02 tha^{-1} , aportando más biomasa que los componentes de hojas y tallos.
- La línea CANI-582-18 fue la que mostro mayor rendimiento en cuanto al componente de espigas el cual es el que contribuye mayormente en la expresión de la biomasa aérea total.
- Entre las variables agronómicas y los sensores infrarrojo no existe relación positiva, en tanto existe relación negativa entre etapa de Zadoks y NDVI.
- Para corroborar los resultados aquí vertidos, se recomienda realizar más evaluaciones en más ciclos y diferentes ambientes con propósito de la utilización comercial de las nuevas cebadas forrajeras.

VI LITERATURA CITADA

Bhandarl, K. A. 2012. Feature Extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Case Study of Jabalpur City.

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.

Calvo, V. D. 2016. Selección de Nuevas Líneas de Cebada Imberbe por su Comportamiento Forrajero a partir de las Fracciones: Tallos, Hojas, Espigas y Rendimiento de Grano. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.

Chávez, R. O. 2014. Detecting leaf pulvinar movements on NDVI time series of desert trees: A new approach for water stress detection. 9, 1-12.

Colín, R. M. 2007. Producción de Materia Seca, Valor Nutritivo e Interacción Genotipo Ambiente en Líneas Imberbes de Cebada Forrajera. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.

Colín. R. M., V. M. Zamora. V., M. A. Torres. T., Ramírez. P. L. O.; H. G. Colín. 2023. Evaluación Productiva de Nuevas Cebadas Forrajeras Imberbes o Capuchonas para más de un Corte en el Norte de México. Compendio Investigativo de Academia Journals. Celaya 2023. Vol. 15, N°. 10. pp. 1946-5351.

Colín. R. M., V. M. Zamora V., M. A. Torres T., M. A. Jaramillo S. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la región Lagunera de México. *Téc. Pec. Méx.* 47 (1): 27-40.

Colín. R. M., V. M. Zamora V., M. A. Torres T., Ramírez, P.L.O; H.G. Colín. J y M. A. Jaramillo S. 2018. Correlaciones fenotípicas entre componentes forrajeros,

temperatura de planta y NDVI en cebadas imberbes. Compendio Investigativo de Academia Journals, Celaya 2018. Vol. 10, N°.8. pp. 974-979.

Colín R. M., Zamora Villa. V. M., Lozano del Río. A. J., Martínez Zambrano. G., y Torres Tapia. M. A. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. Técnica Pecuaria en México, 45(3), 249-262.

Cooper, M., and Morris, D. W. 1986. Agricultura forrajera. Buenos Aires, Argentina: EL ATENEO. Pp. 37-40

Dietz, D. R. 1970. Animal production and forage quality definition and components of forage quality. Range and wildlife hábitat evaluation a research. Symposium Miscelaneus Publication No. 1147. U. S. D. 34p.

Downie, N. M. y Heath, R. W. 1973. Metodos estadísticos aplicados, correlacion, coeficiente r de Pearson. Harly, S.A. de C.V. Pag. 100.

Echeverri, S. A. 1958. Anotaciones para un programa de mejoramiento de pastoreo y forrajes. Agricultura tropical. 14: 181-190.

Enciso, J., D. Porter, G. Fipps, and P. Colaizzi. 2004. Irrigation of forage crops. B-6150 AgriLife Extension-Texas A&M System. 8 p.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2004. Hordeum vulgare. ECOCROP 1. The environmental requirements database. Rev.2. Rome Italy.

Gama. L, Plazola. V, Murguia. C, Martinez. C y Lopez. E. 2022. Prototipo de Cámara Infrarroja para obtener el Índice NDVI en Agricultura de Precisión.

Gómez-Macpherson, H. 2000. Hordeum vulgare, Plant.

Guerrero, A. 1999. Cultivos Herbáceos extensivos. Sexta Edición. Mundi-Prensa. Bilbao-España. Pp 145-190

Hernández, J. E. 2009. Comportamiento de líneas elite de cebada forrajera imberbe (*Hordeum vulgare*) para Producción de Materia Seca y Relación hoja-

tallo en el Norte de México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.

Hill Albert F. 1965. Botánica económica. Omega, S. A. Barcelona.

Houspanossian, J., Schirmbeck, J., Rivas, R., Vazquez, P. 2007. Relación entre la temperatura radiactiva de la vegetación y el contenido de agua en suelo hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional. Buenos aires, Argentina: Martín. P. 137.

Hughes, H. D. M. E. Heath y D. S. Metcalfe. 1974. Forrajes, Ed. CECSA, México p. 343-373.

Hughes y Henson. 1957. Crop production. 4a. Ed. pp. 309-413. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company, N. Y.

Juskiw, P.E., J. H. Helm, and D.F. Salmon. 2000. Forage yiel and quality for mono crops and mixtures of small grain cereals. Crops sci (B)

Juskiw, P.E., J. H. Helm, and D.F. Salmon. 2000. postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. Crop sci. (A)

Kloster. A y Amigone. M. 2005. Utilización de verdeos de invierno bajo pastoreo en invernada. Verdeos de alta productividad para optimizar la cadena forrajera. Informe para extensión No. 96. Pp. 15 – 24. INTA. EEA. Marcos Juaréz.

Leonard y Martin. 1970. Cereal crops. Cia. Edit. McMillan.

Molina-Cano, J.L. 1989. Taxonomía, Cítología. Origen Genético. La Cebada. Ediciones MundiprensaMadrid.

Moreira, F., Mayo, A., Trainer, E., Giménez, F. y Wagner, J. 2017. Silage de planta entera de cebada: una excelente alternativa para nuestros sistemas ganaderos. Departamento de Agronomía – Universidad Nacional del Sur. Estación Experimental Agropecuaria INTA Bordenave.

- Muriado, J., Velez, J. P. Salvatierra, P., Scaramuzza, F., y Villarroel, D. 2016. Evaluación de la predicción de rendimiento de la dosis de nitrógeno basada en sensores en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L). Córdoba, Argentina. UNVM
- Newman, R. y Newman, W. 2008. Barley for food and health science, technology, and products. Iowa, Us. John Wiley y Sons editors. P-262.
- Orcarberro, R., y Briseño. H., V. M. 1983. Valor nutritivo y rendimiento de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) Ópalo en distintos estados de desarrollo. Revista Chapingo. Pp. 42, 85.
- Otero, R, O, A. 2020. Efecto de la Fertilización Nitrogenada en Variables Agronómicas de Dos Cebadas Forrajeras en Navidad, N.L .Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.
- Poehlman, J.M. 1971. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa, S.A.
- Ponce-Molina L., Garófalo J., Campaña D. y Noroña P. 2019. Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. Manual No. 111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p.
- Ramírez, P. A. B. 2009. Producción de Biomasa, Relación hoja-tallo y Correlaciones en Nuevas Cebadas Forrajeras (*Hordeum vulgare* L.) para la Region Lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.
- Robles, R. 1990. Producción de Granos y Forrajes. Quinta Edición. Ed. Limusa. pp. 277-279.
- Sruthi, S. 2015. Agricultural Drought Analysis Using the NDVI and Land Surface Temperature Data; a Case Study of Raichur District. Aquatic Procedia, 4, 1258–1264.
- Tomaso, J. C. 2009. Documento base cadena avena. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Torres, E., Ariza, D., Baena, C. D., Cortés, S., Becerra, L. y Riaño, C. A. 2016. Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). *Pastos y Forrajes*, 39 (2),102-110.

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.

Valdés, S.N. 2006. Producción y calidad nutricional de forraje en triticale, avena y cebada en tres etapas progresivas de madurez en el valle de Toluca, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México.

Vavilov, N. I. 1926. *Studies on the Origin of Cultivated Plants*. Institute de Bontanique Appliqué et d'Amelioration des Plants, Leningrad, Russia.

Wahid, A., S. Gelani, M. Ahsraf, and M.R. Fooland. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environ. Exp. Bot.* 61:199-223.

Zadocks J.C, Chang T.T, Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14:415-421.

Zamora Díaz, Mauro R., Pérez Ruiz, Juan Armando, Huerta Zurita, Ramón, López Cano, Martha Laura, Gómez Mercado, René, y Rojas Martínez, Israel. 2017. Maravilla: variedad de cebada forrajera para Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8 (6), 1449-1454.

<https://es.statista.com/estadisticas/1124490/principales-paises-productores-de-cebada-en-el-mundo/#:~:text=Los%20diez%20mayores%20productores%20mundiales%20de%20cebada%20en%202021&text=Con%20una%20producci%C3%B3n%20total%20de,segunda%20y%20tercera%20posici%C3%B3n%2C%20respectivamente>
e.

https://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/llenado.htm#:~:text=La%20madurez%20fisiol%C3%B3gica%20se%20produce,han%20perdido%20su%20color%20verde.

<https://www.sag.gob.cl/curso-de-semillas/4-escala-de-medicion-del-desarrollo-de-cereales#:~:text=La%20escala%20Zadoks%20es%20un,hasta%20la%20maduraci%C3%B3n%20del%20grano.>

<https://borauhermanos.com/escala-zadoks-descripcion-de-las-fases-de-desarrollo-de-cereales/>