

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Componentes del rendimiento de dos cereales de grano pequeño en el sureste
del estado del Coahuila**

Por:

Luis Vicente Romero Sánchez

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, noviembre de 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Componentes del rendimiento de dos cereales de grano pequeño en
el sureste del estado del Coahuila

POR:

Luis Vicente Romero Sánchez

TESIS PROFESIONAL

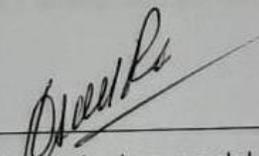
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

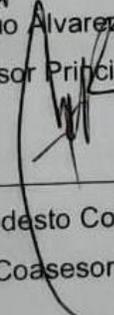
Aprobada por:



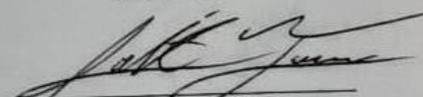
Dr. Perpetuo Alvarez Vázquez
Asesor Principal



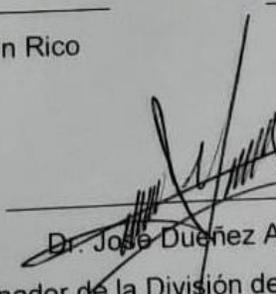
Dr. Alejandro Javier Lozano del Rio
Coasesor



M.C. Modesto Colín Rico
Coasesor



M.C. Sait Juanes Marquez
Coasesor



Dr. Jose Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre 2021.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, noviembre de 2021.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado Componentes de rendimiento de dos cereales de grano pequeño es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

Luis Vicente Romero Sánchez



Nombre

Firma

RESUMEN

El triticale (*Triticosecal* L) y la cebada (*Hordeum vulgare* L) son gramíneas forrajeras que son utilizadas como alternativa en las dietas del ganado lechero. El objetivo del presente estudio fue comparar las características productivas de dos cereales de grano pequeño, y determinar el momento óptimo de corte al cosecharlos a diferentes Días Después de la Siembra (DDS). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Se determinó Rendimiento de forraje (RF) y la Composición Morfológica (CM). El rendimiento de forraje se incrementó en ambos cultivares de los 35 hasta los 63 DDS. A los 63 DDS ambos cultivares alcanzaron su máximo rendimiento total, de hoja y tallo. En el rendimiento total a los 63 DDS el triticale fue superior a la cebada con una diferencia de 2,704 kg MS ha⁻¹, así mismo en la producción de tallo con 4,681 y 2,542 kg MS ha⁻¹, respectivamente. En la producción de hoja no hubo diferencias con un promedio de 1,364 kg MS ha⁻¹. La mayor cantidad de material muerto fue a los 56 DDS en el triticale con 1,159 kg MS ha⁻¹, y en la cebada a los 35, 42 y 56 DDS con un valor mayor de 489 kg MS ha⁻¹. La inflorescencia en triticales en todas las edades tuvo presencia con menor cantidad a los 42 DDS (50 kg MS ha⁻¹), sin embargo en la cebada se presentó a partir de los 63 a los 77 DDS, por lo que triticale fue mayor a la cebada en promedio con 510 vs 151 kg MS ha⁻¹. Los menores valores de rendimiento total y por componente se presentaron a los 35 DDS. En su porcentaje de aportación de cada componente morfológico al rendimiento total, el tallo aportó un 49 % promedio, seguido por la hoja con 34 %, material muerto con 9 % e inflorescencia con 7 %. En conclusión, el triticale tuvo mejor comportamiento productivo, respecto a la cebada dado su mayor producción de forraje, donde la hoja y el tallo tuvieron mayor aportación, siendo el momento recomendado para ambos cultivares a los 63 días después de la siembra.

Palabras claves: Rendimiento de forraje, *Hordeum vulgare*, *Triticosecal*, composición morfológica.

ABSTRAC

Triticale (*Triticosecasle* L) and barley (*Hordeum vulgare* L) are forage grasses that are used as alternatives in the diets of dairy cattle. The objective of the present study was to compare the productive characteristics of two small-grain cereals, and to determine the optimal cutting moment when harvesting them at different days after sowing (DDS). A completely randomized experimental design was used, with three replications. Forage Yield (RF) and Morphological Composition (CM) were determined. Forage yield increased in both crops from 35 to 63 DDS. At 63 DDS both crops reached their maximum total yield, leaf and stem. In total yield at 63 DDS, triticale was superior to barley with a difference of 2,704 kg DM ha⁻¹, likewise in stem production with 4,681 and 2,542 kg DM ha⁻¹, respectively. In leaf production there were no differences with an average of 1,364 kg DM ha⁻¹. The highest amount of dead material was at 56 DDS in triticale with 1,159 kg DM ha⁻¹, and in barley at 35, 42 and 56 DDS with a higher value of 489 kg DM ha⁻¹. The inflorescence in triticales at all ages was present with a lower amount at 42 DAS (50 kg DM ha⁻¹), however in barley it appeared from 63 to 77 DAS, so that triticale was greater than barley on average with 510 vs 151 kg DM ha⁻¹. The lowest values of total yield and by component were presented at 35 DDS. In its percentage of contribution of each morphological component to the total yield, the stem contributed an average 49%, followed by the leaf with 34%, dead material with 9% and inflorescence with 7%. In conclusion, the critic had a better productive behavior, with respect to barley given its higher forage production, where the leaf and the stem had the highest contribution, being the recommended time for both cultivars at 63 days after sowing.

Keywords: Forage yield, *Hordeum vulgare*, *Triticosecasle*, morphological composition.

AGRADECIMIENTOS

Partiendo desde que soy agrónomo le doy gracias a la pacha mama por todo lo que me brindado, así como siendo parte el gran espíritu, la tierra, el fuego, agua, aire y a todos aquellos elementos que an sido un vínculo para seguir en el sendero del camino rojo. Como en cada día para dar mi danza como guerrero.

A mis padres; Patricia Sánchez Ortega José Vicente Romero Ramírez darme su amor, enseñanza de trabajo y cariño para ser una persona de multifuncional, proactiva. Por otro lado, A mi ALMA TERRA MATER; por ser mi segundo hogar, que me brindo un dormitorio por un semestre me dio alimento para salir adelante y por todos los únicos momentos que pase a tu lado, gracias UAAAN por ser la madre de mi profesión

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez; por depositar su confianza, en mí, por ser un ejemplo a seguir, por dedicarme el tiempo necesario para lograr y sacar adelante este trabajo de investigación, eternamente gracias por suma paciencia, apoyo, dedicación, Dios me lo bendiga

*siempre. Ya que con sus cantos cristianos que colocaba en su oficina
regreso la fue en mí. Como también a los compañeros de producción y
conservación de los forrajes por su colaboración para este experimento.
Y a todos aquellos comensales que aportaron con su apoyo.*

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Patricia Sánchez Ortega y José Vicente Romero Ramírez por haberme dado la vida, por darme la enseñanza del trabajo, la educación emocional y económico, a quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de bien. A ustedes padres, que con su esfuerzo, trabajo y dedicación me han otorgado la herencia más valiosa que pudiese existir. Que por verme superar en la vida recibí de ustedes incondicionalmente cariño, comprensión, confianza y amor. Gracias mamá, gracias papá, por convertirme en la profesionista que ahora soy, gracias por sus enseñanzas y por guiarme siempre por el sendero correcto.

A MIS ABUELOS

Elodia Sánchez Roldán y Luis Sandoval Robles, por sus paseos en caballo, caminatas de San Agustín Acapulco Chimalhuacán Estado de México A San Vicente Chicoloapan Estado de México. En las cuales nos dirigíamos a la labor, donde me dieron la enseñanza de como labrar la tierra en el campo. La cual le nombran el arenal lo cual fue el inicio como para interesarme la agronomía y la zootecnia.

A MI UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Por todos y cada uno de los bellos momentos y malos también que dentro de mi honorable institución viví, gracias por regalarme y ponerme en el camino personas increíbles con quienes conté hasta el final de mi carrera, me brindaste cobijo y una infinidad de experiencias.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes de las especies en estudio	3
2.1.1 Cebada	3
2.2.2 Triticale	7
2.3 Plagas y enfermedades en los cereales	11
2.3.1 Roya amarilla	11
2.3.2 Roya de la hoja	12
2.3.3 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).	13
2.3.4 Carbón	13
2.3.5 Escaldadura	14
2.4 Factores que afectan la productividad de los forrajes	15
2.4.1 Intervalo o frecuencia de corte	15
2.4.2 Intensidad de corte	16
2.4.3 Densidad de plantas	16
2.4.4 Precipitación o disponibilidad de humedad	16
2.5 Factores que influyen en la capacidad de rebrote de las especies forrajeras	17
2.5.1 Frecuencia e intensidad de cosecha	18
2.5.2 Reserva de carbohidratos	18

2.5.4 Índice de área foliar	20
2.5.5 Meristemas de crecimiento.....	21
2.5.6 Radiación solar e intercepción luminosa	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Sitio experimental	24
3.2 Diseño experimental y de tratamientos	25
3.3 Variables medidas	25
3.3.1 Rendimiento de forraje	25
3.3.2 Composición botánica y morfológica	25
3.4 Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1 Rendimiento de forraje.....	27
4.2 Composición Morfológica.....	28
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. LITERATURA CITADA	34
VI. ANEXOS	41

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de cebada (kg MS ha ⁻¹) a nivel nacional en el 2019.	4
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	4
Cuadro 3. Clasificación taxonómica del triticale (<i>Tricosecalle</i>).....	8
Cuadro 4. Rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el sureste de Coahuila, México.	41
Cuadro 5. Cambios en la producción de hoja (kg MS ha ⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	42
Cuadro 6. Cambios en la aportación de hoja (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.....	43
Cuadro 7. Cambios en la producción de tallo (kg MS ha ⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	44
Cuadro 8. Cambios en la aportación de tallo (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la plantan, en el Sureste de Coahuila, México.....	45
Cuadro 9. Cambios promedio de MM (kg MS ha ⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	46
Cuadro 10. Cambios en la aportación de material muerto (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	47

Cuadro 11. Cambios promedios de Inflorescencia (kg MS ha ⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.....	48
Cuadro 12. Cambios en la aportación de inflorescencia (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hoja y espiga con presencia de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>) (Ponce <i>et al.</i> , 2019).	12
Figura 2. Hojas con presencia de roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>) (Ponce <i>et al.</i> , 2019).	12
Figura 3. Plantas que presentan síntomas severos de virosis (Ponce <i>et al.</i> , 2019)...	13
Figura 4. Espiga de cebada afectada por <i>Ustilago nuda</i> (Poehlman, 1981).....	14
Figura 5. Hoja de cebada afectada por escaldadura (Santoyo y Quiroz, 2010).	14
Figura 6. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, máxima y mínima semanal registradas durante el periodo experimental (07 de diciembre 2019 – 07 marzo 2020). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM) Observatorio Atmosférico.....	24
Figura 7. Rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.). cosechada a diferente edad de la planta.....	28
Figura 8. Cambios en la Composición Morfológica de triticale cosechado a diferente edad de la planta.....	31
Figura 9. Cambios en la Composición Morfológica de Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.), cosechada a diferente edad de la planta.....	32

I. INTRODUCCIÓN

En el norte de México la industria lechera, la crianza y engorda de ganado simbolizan una de las principales fuentes de ingresos económicos (Cherney *et al.*, 1983). Representan una de las principales fuentes de ingresos económicos importantes en el sector pecuario, sin embargo, presenta un problema serio en la época de invierno e inicio de primavera debido a la escasez de forraje ya que decrece drásticamente la producción de diferentes especies forrajeras, tanto nativas como cultivadas, de la misma forma como anuales y perennes (Suttie, 2003). En este sentido el triticale (*Triticosecale wittmack*), y la cebada (*Hordeum vulgare L.*) se muestra como una opción para solucionar este problema para esta región norte. El triticale (*X Triticosecale wittmack*), el cual es el resultado de la cruce de trigo x centeno, es un cultivo que reúne un alto potencial de producción de biomasa de un valor nutritivo adecuado, con una mayor adaptabilidad a factores adversos del medio ambiente, como las bajas temperaturas, por lo que puede producir una adecuada cantidad de forraje durante los meses con temperaturas bajas (Diciembre Enero y Febrero), además de tener mayor tolerancia que los cultivos tradicionales a deficiencias de agua y nutrientes, una adecuada resistencia a plagas y enfermedades (Colín *et al.*, 2009). Se ha comprobado que el triticale (*X Triticosecale wittmack*), representa una alternativa real en la producción de forraje de invierno debido a sus características productivas y resistencia. Es ahí donde los cereales representan importantes alternativas para la producción ganadera ya que su uso se ha extendido en los últimos años, utilizándolos en pastoreo, heno, verdeo, picado y ensilado (Keles *et al.*, 2013). Dichos cultivos presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas e hidratos de carbono (Cash *et al.*, 2004).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare*), y triticale (*Triticosecasle*) para conocer el punto óptimo de cosecha, en el sureste del estado de Coahuila.

1.1.2 Objetivos específicos

Evaluar semanalmente el crecimiento de los cereales cebada (*Hordeum vulgare*) var. Gabyan 95 y triticale (*Triticosecasle*) cultivar TCLF19P29-V2 en base a variables productivas.

Identificar la semana de mayor volumen de producción comparando cada uno de los cereales de grano pequeño en términos de rendimiento de materia seca, con relación a su mejor comportamiento productivo, en función del aporte al rendimiento total de los componentes morfológicos en la pradera.

1.2 HIPÓTESIS

Al menos uno de las dos especies estudiadas será mejor, con mayor rendimiento de biomasa, que aumentará a medida que avanza su madurez fisiológica.

El componente morfológico hoja tiene estrecha relación con la edad de la planta, conforme esta aumenta la hoja incrementa su aportación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de las especies en estudio

2.1.1 Cebada

2.1.1.1 Importancia de la cebada

La cebada es una planta monocotiledónea anual, originaria del sudeste de Asia que corresponde a Etiopía y África del Norte, de donde proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, y África septentrional que comprende China, Japón, y el Tíbet, de donde proceden las variedades desnudas, de barbas cortas o imberbes (Keles *et al.*, 2013). Existen 25 especies y recientemente las cebadas cultivadas se han clasificado dentro de tres especies; *Hordeum vulgare* (seis hileras), *Hordeum distichum* (dos hileras) y *Hordeum irregulare* (hileras intermedias de las dos anteriores). Requiere de un clima templado para desarrollarse. Las principales áreas de cultivo se encuentran en Europa y en la Federación Rusa, aunque también es un cultivo valioso y resistente en las zonas áridas y semiáridas de Asia, Medio Oriente y el norte de África (Poehlman, 1981).

La cebada maltera es de gran importancia socioeconómica en México ya que representa el ingreso principal de las familias que habitan las zonas productoras de los valles altos de la meseta central del país. También es importante como materia prima para la industria cervecera, forrajera y en menor proporción como alimento humano (Zamora, 2008). En el país la producción agrícola de cebada se distribuye en primer lugar en el estado de Hidalgo, el cual aporta 125 mil hectáreas para la siembra de este cultivo, seguido por el estado de Guanajuato con 45 mil hectáreas. Sin embargo, el rendimiento de este cultivo no mantiene una proporción igual, ya que tan sólo el estado de Guanajuato obtiene un rendimiento de 5.36 ton ha⁻¹, mientras que el estado de Hidalgo sólo obtiene en producción un rendimiento de 1.30 ton ha⁻¹, este fenómeno se presenta principalmente por el número de hectáreas siniestradas que merman la productividad (SIAP, 2020).

Cuadro 1. Producción de cebada (kg MS ha⁻¹) a nivel nacional en el 2019.

Estado	Superficie sembrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento obtenido (Ton ha ⁻¹)	Valor de la producción (miles de pesos)
Guanajuato	68,262.16	349,047.44	5.11	4720.45
Hidalgo	109,842.56	200,237.46	1.82	4061.33
México	39,872.33	71,530.62	1.79	4105.08
Puebla	30,637.16	82,698.44	2.7	4187.76
Tlaxcala	57,274.43	139,985.58	2.44	4173.19
Subtotal	30588864	843499.54	2.64	4249.56
Otros	52 105.7	120 583.01	2.75	4319.71
Total	357994.34	964 082.55	2.69	2694 389.87

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2020.

2.1.2.2 Descripción taxonómica

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de cebada (*Hordeum vulgare*).

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pterosidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledone
Grupo	Glumifora
Orden	Graminales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Vulgare, distichum, etc.</i>

Fuente: Hernández (2006).

2.1.1.3 Descripción morfológica

El grano es una carióspside oval, acanalado con extremos redondeados, está generalmente cubierto por la palea y el lema adheridas a este, puede ser desnudo; ser de color blanco, amarillo, azul, negro, etc. 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). El sistema radicular es fasciculado, fibroso y puede tener una profundidad de hasta 1,20 m. Tiene dos tipos de raíces: seminales y adventicias. Las raíces seminales de las plántulas se desarrollan desde la germinación a la etapa de macollaje. Las segundas raíces adventicias o de la corona, aparecen con el amacollamiento y cumplen con la función de anclar la planta y suministrar agua y nutrientes (Hernández, 2006).

2.1.1.4 Variedades

Algunas variedades de cebada recomendadas para la región templada y semiárida de México han sido seleccionadas por su alto rendimiento, longevidad, calidad de forraje, además de ser capaces de producir en el invierno (García, 2015).

2.1.1.5 Manejo y adaptabilidad

Los suelos que mejor le conviene a la cebada son aquellos que con un buen drenaje y que presentan textura mediana franco – arenoso y franco- limoso. La cebada no se adapta también como el trigo o la avena a los suelos arcillosos sobre todo a las regiones húmedas. Los suelos arenosos son en general, poco recomendables (López, 2011). Los terrenos destinados a la cebada deben tener estructura granular y ser friables bajo la superficie, además de que tengan una amplia provisión de fosforo y potasio. Se puede cultivar la cebada en una gran variedad de condiciones y tipos de

suelos, Sin embargo, para obtener una buena cosecha, es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características (López *et al.*, 2011).

- a) Una estructura granular, que permitan la aireación y el movimiento del agua en el suelo.
- b) Un perfil de tierra cultivable de hasta unos 20 cm para un buen enraizamiento.
- c) Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación y la aireación.
- d) Que tenga suficiente materia orgánica.
- e) Es necesario que el suelo tenga una capa cultivable de por lo menos 20 cm de profundidad. Cuando la capa es de menor profundidad, la producción de los cereales disminuye (López *et al.*, 2011).

Estas plantas aceptan un gran abanico por lo que se refiere al pH del suelo, pero se establecen mejor en los alcalinos, soportando terrenos con gran cantidad en calcio. Los terrenos ideales para el cultivo de cebada pueden considerarse aquellos que causan un valor oscilante entre el 7 y 8.5 %, se puede cultivar el trigo y la cebada. La cebada necesita de tierras fértiles, para su establecimiento aunque puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, pero para ello no debe faltar agua en los inicios del desarrollo, además no es recomendable cultivar en terrenos demasiado arcillosos, ya que la cebada la cebada es uno de los cultivos que tolera bien el exceso de salinidad en el suelo, y no le van bien en suelos compactados, ya que se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta. Los suelos arcillosos, húmedos y encharcados, son desfavorables para la cebada, aunque en ellos se pueden obtener altos rendimientos si se realiza un buen laboreo y se conserva la humedad del suelo (Pérez, 2004).

Los suelos con exceso de nitrógeno inducen el encamado e incrementan el porcentaje de nitrógeno en el grano hasta niveles inapropiados, cuando se destina a la fabricación de malta para cerveza. En cuanto al calcio, la cebada es muy tolerante, vegetando bien incluso en suelos muy calizos, por lo que muchas veces a este tipo de

suelos son llamados “cebaderos”, tiene un amplio margen en cuanto a tolerancia de diferentes valores de pH. A las 10 cebadas cerveceras se adaptan bien en las tierras francas, que no sean pobres en materia orgánica, pero que su contenido en potasa y cal sea elevado (Cherney y Marten 1982).

2.1.1.6 Calidad forrajera de la cebada

La composición química de la materia seca de las plantas, de cereales con potencial forrajero, depende del estado de desarrollo de las plantas al momento de la cosecha y la proporción de los componentes morfológicos de las plantas (Baron y Kibite, 1987). Plantas de cereal en estado de desarrollo en llenado de grano son menos digestibles que en estado de desarrollo de embuche, debido a que con la madurez disminuye la digestibilidad (Cherney y Marten, 1982). La lámina de las hojas de las plantas de cereales es más digestible que las vainas o los tallos, por tener menor contenido de pared celular y lignina. Genotipos de cebada de mayor altura tienen mayor cantidad de hojas y por lo tanto son más digestibles (Baron y Kibite, 1987).

2.2.2 Triticale

2.2.2.1 Importancia económica

El triticale es un nuevo cultivo resultado de la cruce del centeno y el trigo; el objetivo en el mejoramiento de este nuevo cereal fue combinar las características deseables de las dos especies; alta productividad, adecuada resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia al estrés, alta capacidad de absorción de nutrientes, tolerancia a déficits de humedad, calidad nutritiva superior y rápido establecimiento, lo que lo ha convertido en una buena excelente opción como forraje de emergencia en comparación con los cultivos tradicionales como lo son la avena, trigo y cebada (Moore, 2005).

En México, en el año 2000 solo se sembraron 435 ha para forraje y 740 ha para grano, mientras que para el año 2017 se establecieron 22 309 ha, de las cuales 16

081 fueron para fines de forraje y 6 228 para grano, destacando en orden de superficie las entidades de Estado de México (3 562 ha), Jalisco (2 263 ha), Durango (1 935 ha), Guanajuato (1 908 ha), Querétaro (1 396 ha), Coahuila (700 ha) e Hidalgo (471 ha) (SIAP, 2017).

2.2.2.2 Descripción taxonómica

Cuadro 3. Clasificación taxonómica del triticale (*Tricosecalle*).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Genero	Vicia
Especie	Sativa

INFOAGRO (2012).

2.2.2.3 Descripción morfológica

La planta de triticale tiene una apariencia intermedia entre el trigo y el centeno. Es más alto y vigoroso que el trigo, de igual manera las hojas son más gruesas, más grandes y de mayor longitud. La lígula es pronunciada y semidentada, las aurículas son de tamaño mediano, semiabrazadoras y sin pelos o cilios. La zona del tallo próxima a la espiga presenta una franja con pubescencia o vellosidad, y cierto grado de curvatura (Chapman and Lemaire, 1993).

2.2.2.4 Manejo y adaptabilidad

El triticale ha demostrado que se adapta bien a suelos ácidos, aunque que no es un cultivo exigente en cuanto a condiciones edáficas. Prefiere suelos relativamente compactos, es decir, con estructura poco porosa sobre todo a la hora de germinar (Santoyo y Quiroz, 2010). Los cereales de grano pequeño se pueden cultivar en una gran variedad de condiciones y tipos de suelo, pero, para obtener una buena cosecha, es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características:

- 1) Una estructura granular, que le permita la aireación y el movimiento del agua en el suelo.
- 2) Una capa arable de hasta unos 30 cm, para un enraizamiento adecuado.
- 3) Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación y la aireación y alto contenido materia orgánica.
- 4) Antes de cultivar, es necesario analizar el suelo para determinar su fertilidad, acidez y salinidad. Los mejores resultados se obtienen con un pH alrededor de 7 aunque pueden desarrollarse desde un pH 6 (Santoyo y Quiroz, 2010).

Se señala que, por el número de cortes, capacidad de rebrote, desarrollo y producción, existen tres tipos principales de triticale forrajero: primaverales, facultativos o intermedios e invernales. Los tipos primaverales son de crecimiento rápido, con baja capacidad de rebrote, por lo que son adecuados para un solo corte. Para su utilización para ensilaje y henificado, con un desarrollo y producción similar a la avena (García *et al.*, 2020). Los tipos facultativos son relativamente más tardíos que los primaverales, en forma general presentan un mayor relación-tallo que los anteriores. Presentan, además una mayor capacidad de rebrote que los primaverales, por lo que pueden ser utilizados en dos cortes para verdeo, o uno para verdeo y el segundo para ser utilizados en dos cortes para verdeo, o uno para verdeo y el segundo para henificado o ensilado (Zamora *et al.*, 2002). Los tipos invernales, de ciclo tardío, son excelentes en la producción de forraje para cortes o pastoreos múltiples (3 o 4), debido a su alta capacidad de rebrote, alta calidad nutritiva, con adecuados rendimientos de forraje seco en etapas tempranas en su desarrollo (encañe) y una mayor proporción de hoja que los triticales primaverales y facultativos, además de avenas y trigos (Lozano, 2009).

El cultivo puede llevarse a cabo tanto en climas subtropicales, moderadamente templados y moderadamente frías, los óptimos de temperatura son: Temperatura de germinación es de 20 °C Temperatura de crecimiento es de 10-24 °C. Temperatura

mínima de supervivencia es de -10 °C. Temperatura máxima de supervivencia es de 33°C (Fraschina *et al.*, 2000).

2.2.2.5 Variedades

Algunas de las variedades ocupadas para experimentos: NARRO-147-02, Triticale (var. Eronga-83), 63.717, 54.883, t7ha (Hernández, 2006). Algunas de las variedades a destacar son:

- Camarma: Ciclo medio, tardío o muy tardío. Capacidad productiva media. Capacidad de adaptación muy elevada.
- Misionero: Ciclo medio, semiprecoz. Capacidad productiva media. resistente a roya amarilla, parda y negra.
- Senatrit: Ciclo medio semitardío. Capacidad productiva muy elevada.
- Tritano: Ciclo medio, semiprecoz. Capacidad productiva buena. Sensibilidad moderada a roya amarilla. Resistencia a roya parda. Sensible a roya negra.
- Galgo: Ciclo semiprecoz de doble aptitud.
- Titania: Ciclo más largo que Tritano. Mejor que Tritano en cuanto a peso específico y el peso de mil semillas.
- Trujillo: Ciclo medio largo, precoz. Capacidad productiva buena. Capacidad de adaptación muy elevada.
- Trijan: Ciclo largo y doble aptitud. Capacidad productiva elevada.
- Noé: Capacidad productiva muy elevada. Resistencia a encamado y desgrane. Muy resistente a enfermedades (Santoyo y Quiroz, 2010).

2.2.2.6 Calidad forrajera del triticale

Los cereales pueden cultivarse con dos propósitos, como fuente de forraje o para la obtención y aprovechamiento del grano, como forraje, los cereales son ricos en carbohidratos y pobres en proteínas y su valor nutricional depende del grado de crecimiento en el momento de la cosecha, los contenidos de proteína de la materia

seca de los cereales forrajeros van del 8 al 12 %. Para el momento de la formación de la espiga, el porcentaje de fibra bruta se incrementa como consecuencia al aumento de los carbohidratos solubles (McDonald *et al.*, 1975).

Se ha evaluado la calidad nutritiva de variedades de triticale y variedades comerciales de avena, ryegrass y cebada, establecidos en Coahuila, donde se ha observado que las variedades de triticale en promedio presentaron 19.8 % Proteína cruda (PC), 28.8 % fibra detergente neutra (FDA), 50.26 % fibra detergente ácida (FDN), 66.34 % Digestibilidad de la materia seca (DMS), Energía neta de lactancia (ENL) 1.2Mcal kg⁻¹ Energía neta de ganancia (ENg) 0.96 Mcal kg⁻¹. La avena 19.15% PC, 32.43 % FDA, 47.81% FDN, 63.63% DMS, ENL 1.55 Mcal kg⁻¹, Eng 0.98 Mcal kg⁻¹. El Rygrass 19.71 % PC, 27.75 % FDA, 40.23 % FDN, 67.28 % DMS, 1.66 Mcal kg⁻¹ ENL y Eng 1.1 Mcal kg⁻¹. La cebada 19.47% PC, 25.91% FDA, 52.41% FDN, 68.71 % DMS, 1.55 Mcal kg⁻¹ ENL, ENg 0.97 Mcal kg⁻¹ (Zamora *et al.*, 2002).

2.3 Plagas y enfermedades en los cereales

Las enfermedades más limitantes en el cultivo de cebada son las royas, caracterizadas por ser patógenos policíclicos que puede mutar rápidamente; otras enfermedades importantes son: escaldadura, virus del enanismo de la cebada, Septoria y carbón (Ponce *et al.*, 2019).

2.3.1 Roya amarilla

La roya amarilla es producida por el hongo *Puccinia striiformis Westend. f. sp. hordei* y puede atacar, tanto al follaje como a las espigas, se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo oestriado en dirección de las nervaduras de las hojas (Figura 1). Este patógeno puede reducir el rendimiento hasta en un 70%, la mejor manera de combatirlo es usando variedades resistentes a este patógeno (Ponce *et al.*, 2019).



Figura 1. Hoja y espiga con presencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) (Ponce et al., 2019).

2.3.2 Roya de la hoja

La roya de la hoja en la cebada es producida por *Puccinia hordei*, se caracteriza debido a que las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica y su distribución no sigue ningún patrón, el color de las pústulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado (Figura 2). Este patógeno puede reducir el rendimiento hasta en un 50%. La mejor manera de combatirlo es usando variedades resistentes a este patógeno. (Ponce et al., 2019).



Figura 2. Hojas con presencia de roya de la hoja (*Puccinia hordei*) (Ponce et al., 2019).

2.3.3 Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV).

El enanismo amarillo de la cebada es probablemente la virosis de los cereales con mayor distribución en el mundo. Esta enfermedad es causada por un virus que es diseminado mediante un vector, como, los pulgones de varias especies; este virus puede producir enanismo ya que afecta la elongación de los entrenudos, y causar la pérdida de color de las hojas, desde el ápice, por los márgenes hacia la base (Figura 3). La presencia o no de enanismo, depende de la época de inoculación del virus en relación con el desarrollo de la planta y de la variedad, se debe usar variedades resistentes para combatir a este patógeno (Ponce *et al.*, 2019).



Figura 3. Plantas que presentan síntomas severos de virosis (Ponce *et al.*, 2019).

2.3.4 Carbón

Los cereales son atacados por el hongo *Ustilago nuda* (Figura 4) conocido como carbón desnudo. Las semillas resultan infectadas durante la floración y son la fuente primaria de inóculo en el siguiente cultivo, el hongo sobrevive dentro de la semilla y cuando esta germina, el micelio del hongo se propaga hacia arriba dentro de la planta hasta la yema apical y el primordio seminal. La aparición de la enfermedad comienza desde la época de la floración y se manifiesta antes que las espigas salgan de la vaina que la rodea. La infección solo es visible tras la emergencia de las espigas. Las espigas infectadas salen antes que las demás y es fácilmente reconocible ya que la espiga es sustituida por una masa de esporas de carbón tipo hollín. Las teliosporas que se forman en semillas infectadas sistemáticamente, infectan a su vez a las semillas

nuevas adyacentes o cercanas. Germinan en un día e infectan los tejidos internos de las nuevas semillas infectadas, y así se diseminan ciclo a ciclo a través del grano. La forma de combatirlo es a través del uso de semilla de calidad y la desinfección de la semilla (Poehlman, 1981).



Figura 4. Espiga de cebada afectada por *Ustilago nuda* (Poehlman, 1981).

2.3.5 Escaldadura

La mancha foliar denominada “escaldadura” es causada por el hongo *Rhynchosporium secalis*, ataca a todos los órganos de la planta; se presenta como manchas aisladas o agrupadas, de forma romboidal y de color verde oliváceo claro a verde grisáceo (Figura 5). Esta enfermedad se puede transmitir por la semilla y por el rastrojo infectado que queda en el campo, para combatirlo hay que usar variedades resistentes y semilla de calidad desinfectada (Santoyo y Quiroz, 2010).



Figura 5. Hoja de cebada afectada por escaldadura (Santoyo y Quiroz, 2010).

2.4 Factores que afectan la productividad de los forrajes

2.4.1 Intervalo o frecuencia de corte

Diversos estudios en especies forrajeras indican que una forma de incrementar el rendimiento de biomasa aérea es aplicando cortes sucesivos al follaje para promover el rebrote al eliminar la dominancia apical (Hunt, 1990). Al respecto, en estudios de crecimiento foliar en gramíneas y leguminosas se ha observado que los cortes sucesivos en una pradera influyen en el rendimiento de la biomasa aérea, el cual se incrementa conforme avanza la edad del rebrote. Otro aspecto importante es la velocidad del rebrote entre defoliaciones o cortes sucesivos, lo que nos ayuda a entender el efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha, sobre el rendimiento de la biomasa aérea (Keles *et al.*, 2013).

Para efectuar el corte, deberá existir un balance entre calidad, rendimiento y duración de la pradera; por lo que, los cortes varían entre etapas fenológicas relacionando muy estrechamente con las condiciones climáticas que perseveran en cada estación del año (Baron y Kibite, 1987). En especies forrajeras de clima templado para la alimentación animal, su frecuencia de corte se define estacionalmente, con base en la velocidad de crecimiento de la planta, para lograr los máximos rendimientos anuales de forraje y mantener su persistencia; en primavera – verano los cortes se efectúan cada 28 d, otoño 35 d e invierno cada 42 días entre cortes (Del Pozo, 1983).

Hernández (1996), considera importante establecerla frecuencia de corte para las diferentes estaciones del año, debido a que la velocidad de crecimiento de forraje es estacional, por lo que las tasas de crecimiento serán diferentes y por consiguiente afectan directamente el rendimiento de forraje. La severidad de cosecha es de gran importancia para el crecimiento y persistencia de las especies forrajeras, porque afecta directamente las reservas de carbohidratos y el índice de área foliar remanente, indispensables para iniciar un nuevo rebrote (Pérez *et al.*, 2004).

2.4.2 Intensidad de corte

En plantas forrajeras, en la que los meristemos apicales permanecen al alcance del corte o pastoreo, durante una gran parte del período vegetativo y estado reproductivo, como consecuencia de la elongación de sus tallos, el rebrote posterior a la defoliación, se produce desde las yemas de la corona y meristemos axilares de los tallos más bajos. Su activación requiere cierto tiempo, por lo que el rebrote es demorado, ya que la activación de las yemas de la corona, se maximiza cuando la planta está en estado reproductivo, situación que no se alcanza, normalmente, en condiciones de pastoreo (Del Pozo, 1983).

2.4.3 Densidad de plantas

El aumento en el área foliar en el tiempo depende de la densidad de plantas, del número de tallos por cada planta, del desarrollo del tallo y de la potencialización individual de cada hoja. La densidad de plantas presentes afecta la disponibilidad de luz. Al incrementarse la densidad de plantas, se produce un sombreado entre las mismas perjudicando el ingreso de luz hacia el dosel, lo que afectaría la morfogénesis y expansión del área foliar. El desarrollo de ramas y el número de brotes por planta son los componentes del área foliar más afectados por la disponibilidad de luz. En los cereales, la competencia lumínica severa afecta el desarrollo del eje primario y la demografía de las plantas de alfalfa bajo alta competencia lo que afecta el rendimiento de biomasa foliar (Chapman and Lemaire, 1993).

2.4.4 Precipitación o disponibilidad de humedad

Los momentos más sustanciales en los que no debe faltar el agua son después de la siembra y durante el amacollamiento, encañe y crecimiento del grano. Las necesidades hídricas del triticale oscilan en torno a los 400-900mm/año. El déficit de riego es definido como la aplicación de agua a un nivel por debajo de las necesidades hídricas totales del cultivo. Se ha utilizado con éxito en cultivos hortícolas y anuales en las regiones secas, sin embargo, no ha sido ampliamente evaluado para la producción

de forraje en la industria láctea (Neal *et al.*, 2010). Una característica que se busca en los forrajes es el uso eficiente del agua definido genéricamente como la relación de un nivel dado de un producto físico a un nivel dado de agua consumida (Purcell y Currey, 2003). Parsons (1989), menciona que los cereales por lo general requieren cantidades de precipitación entre 600 a 850 mm/año; por lo tanto, se pueden adaptar a zonas con lluvias que registren de 300 a 400 mm/año.

El estrés hídrico durante el periodo del encañado y del espigado puede reducir sustancialmente el rendimiento de la cebada. Las necesidades críticas de agua del cultivo, se localizan, por tanto, desde el final del estado de zurrón, cuando la espiga está en la vaina, hasta la fase de espigado y comienzo de maduración. Las aristas o barbas de la espiga juegan un papel importante en el comportamiento de la planta frente a la sequía. Durante el periodo de maduración, al aumentar el intercambio de calor sensible y disminuir la evapotranspiración. En las espigas aristadas la fotosíntesis tiene lugar durante un periodo más largo, propiciando, en consecuencia, un mayor tamaño del grano (Pearsons, 1989).

2.5 Factores que influyen en la capacidad de rebrote de las especies forrajeras

Las plantas forrajeras perennes y algunas anuales amacolladas, tienen la capacidad de regenerar su tejido vegetal después de cada corte o apacentamiento, si la temperatura del aire y suelo, fertilidad del suelo, y disponibilidad de agua no sean restrictivos para el crecimiento. a este nuevo crecimiento se le llama rebrote, un nuevo ciclo de crecimiento o acumulación de materia seca con el tiempo (Hunt, 1990; Silva y Nascimento Jr., 2007).

La importancia de conocer la forma en que se comporta el rebrote de una, especie para entender el grado de persistencia de la pradera a través de los años. Esto conlleva a conocer la posibilidad de que una pradera presente un máximo en producción de materia seca por unidad de superficie, ya que se obliga a la planta a producir más de una fase lineal. La limitante del rebrote son las primeras fases de la

curva de acumulación de forraje, ya que, si la planta o el rebrote no superan estas fases, puede morir y, por tanto, la producción de forrajes disminuye (Lemaire, 2001).

La reducción instantánea de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas son sujetas a defoliación. además, la cantidad y tipo de tejido removido son afectados, la capacidad de rebrote será también afectada negativamente. Sí las condiciones ambientales son las adecuadas, se puede influir de manera positiva la velocidad de rebrote, definiendo éste como el período de tiempo que requiere la planta para llegar al nivel de biomasa que tuvo antes de la cosecha o remoción del tejido (Briske *et al.*, 1996). Así, también, se puede influir en el potencial de rebrote, que determina cuanto tiempo tarda la planta en ser cosechada nuevamente y que varía dependiendo de la especie forrajera. La respuesta de la planta a la defoliación, puede considerarse como metas de restauración y mantenimiento de patrones de crecimiento homeostático, cuando todos los recursos se utilizan en forma balanceada, para lograr el crecimiento óptimo de la planta (Mendoza, 2008).

2.5.1 Frecuencia e intensidad de cosecha

La frecuencia de cosecha o también llamada severidad de defoliación, determina la cantidad o el porcentaje de biomasa cosechada con respecto a la cantidad total de forraje presente. También, se entiende por frecuencia de corte al intervalo de tiempo que ha pasado entre un corte y otro, o el número de cortes que se efectúan en un tiempo determinado, ya que estos establecen el rendimiento de forraje por unidad de superficie (Mendoza *et al.*, 2010). De acuerdo con Mendoza (2008), al realizar la cosecha con intervalos de corte muy reducidos provoca una disminución en las especies deseables, y una invasión por maleza.

2.5.2 Reserva de carbohidratos

Para lograr un potencial en praderas comerciales la cosecha debe realizarse cuando la planta ha restituido sus reservas de carbohidratos y producido las yemas

para el próximo crecimiento. Las plantas emplean las reservas de carbohidratos para el crecimiento inicial, cuando el área foliar residual es nula o insuficiente para producir los foto-asimilados para crecimiento (Briske *et al.*, 1996). Los carbohidratos de reserva y nitrógeno en los órganos de reserva de las plantas (raíces y corona) se consideran importantes para iniciar el proceso de rebrote. Después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por translocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemas de crecimiento, de esta forma, en algunas especies, los cortes severos reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando una tasa de rebrote lenta y en consecuencia que la pradera sea invadida por maleza (Hernández, 1996),

Los carbohidratos están constituidos por compuestos nitrogenados elaborados, almacenados y utilizados por la planta como alimento para mantenimiento y desarrollo de hojas y raíces. Esos carbohidratos llamados “carbohidratos disponibles totales” son aquellos utilizados para proporcionar energía a la planta. Inmediatamente después de una defoliación moderada a severa la planta inicia una fase transitoria con variación en sus patrones de disponibilidad y distribución de C y nutrientes, para reestablecer el balance previo existente entre el tallo y la raíz; así la disponibilidad de recursos modifica la prioridad de asignación, pues pueden alterar la relación raíz: parte aérea y la magnitud de los recursos entre estos órganos (Briske *et al.*, 1996).

De acuerdo con López y Richards (1994) las reservas de carbohidratos, la cantidad y tipo de tejidos removidos (tejido remanente y meristemas de crecimiento), son los factores más importantes, que determinan el impacto de la defoliación en la planta y las características que regulan la posterior recuperación. Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales. Los primeros forman parte de la pared celular y entre éstos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y pectina. Los segundos como glucosa y fructosa, disacáridos como sacarosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos se almacenan en órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferiores del tallo, también llamados carbohidratos de reserva (Smith, 1970).

El rebrote en las plantas forrajeras se ha atribuido, principalmente, a los carbohidratos no estructurales; sin embargo, se ha observado la movilización específica de componentes de N del tejido residual, después de la defoliación, a zonas de crecimiento en varias especies forrajeras. La cantidad de carbohidratos de reserva usados en el rebrote, depende de la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento (Maroso *et al.*, 2007).

2.5.4 Índice de área foliar

El índice de área foliar se ha relacionado con la intercepción de la radiación solar y la acumulación de materia seca, en cada rebrote. El índice de área foliar es producto de la cantidad de hojas, elongación del tallo y las distribuciones de las hojas en el tallo (Chapman y Lemaire, 1993). Este índice varía entre plantas y especies forrajeras y su relación con el crecimiento es modificad por densidad de plantas, tamaño de macollos y altura de las plantas. Conforme aumenta el índice de área foliar se reduce la tasa de crecimiento debido al sombreado mutuo entre las hojas de las plantas (Lemaire, 2001).

Al respecto, se ha indicado que conforme se aumenta el índice de área foliar (IAF) se incrementa la cantidad de luz interceptada, y con ello, la tasa de crecimiento (Difante *et al.*, 2008). Se ha demostrado en diversos estudios que la mayor área foliar se registra cuando se cosecha a 6 y 8 semanas, en comparación con la cosecha a 4 semanas. Por tanto, los cortes frecuentes disminuyen la capacidad de rebrote, la altura de la planta, su área foliar y rendimiento de forraje (Mendoza *et al.*, 2010).

Hodgson (1990), define el índice de área foliar (IAF) como la relación entre la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. Cuando prácticamente toda la luz incidente es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima y el IAF es el óptimo. Puede ocurrir que la superficie de hojas sea excesiva. Chapman y Lemaire,

(1993), menciona que el ambiente afecta el crecimiento y desarrollo de la hojas, a su vez adopta más importancia, si se considera que algunas características de la hoja, se relacionan con su capacidad fotosintética, ya que la fotosíntesis declina con la edad de la hoja, después de su expansión total y el peso de la hoja está influenciado por la intensidad de la luz y ésta cambia según las condiciones ambientales; así mismo, existe una alta correlación entre el peso específico de la hoja y la fotosíntesis y éstas cambian con variaciones en la intensidad de luz, en todos los estados de madurez.

El IAF es una variable muy importante si se considera ésta para tener el máximo rendimiento de materia seca, ya que Parsons and Penning (1988) mencionan que cuando 95% de luz incidente es interceptada por el dosel y la tasa media de acumulación de forraje alcanza su máximo, se da un equilibrio entre los procesos de máximo crecimiento y senescencia que permite una mayor acumulación y calidad de forraje, debido a la mayor cantidad de hoja presente. Por lo anterior, de manera práctica se ha relacionado la RI y el IAF con la altura, permitiendo definir fechas óptimas para el corte del forraje, con buena calidad nutricional, además de permitir el rebrote de las plantas.

2.5.5 Meristemas de crecimiento

Un factor propio de las plantas, importante para el crecimiento, son los meristemas (tejidos embrionarios, formados por células indiferenciadas, capaces de originar, mediante divisiones continuas, otros tejidos y órganos especializados), ya que son los sitios de donde se origina el nuevo tejido vegetal o rebrote. La cantidad de tejido vegetal en cada rebrote puede ser afectado por las temperaturas del invierno (Briske, 1996). Mayor cantidad de materia seca acumulada, en cada rebrote, está asociada a mayor cantidad de meristemas activos. El rebrote rápido se debe a la presencia de regiones meristemáticas activas de los tallos, que permanecen en la planta después de una defoliación, lo cual acelera la expansión foliar (Briske, 1996). Los meristemas son regiones celulares de las plantas, formados por células que, perpetuamente, son embrionarias, pero cuya multiplicación y diferenciación se forma

del resto de los tejidos. Se pueden distinguir entre meristemos primarios, de los que depende el crecimiento en longitud y meristemos secundarios, que producen engrosamiento de los tallos y raíces. Sin embargo, la activación de las zonas meristemáticas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas y, dependiendo del balance, se va a inducir la formación de hojas jóvenes, que son capaces de producir auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radicular (Bidwell, 1979).

El meristemo, generalmente, está rodeado de hojas y el meristemo apical contiene un número de células relativamente pequeño que da origen, por división celular, a todas las demás células de la porción aérea de la planta, por lo que la mayoría de estos meristemos apicales contienen dos zonas principales: la túnica que da origen al tejido epidérmico y el cuerpo, que origina la masa de tejido interno de tallos y hojas (Del Pozo, 1983). La velocidad de rebrote, se considera una característica distintiva de las especies tolerantes a la defoliación; entre las características más importantes se consideran a los meristemos activos de tallos remanentes (Bidwell, 1979).

Si la cosecha se realiza muy cercana al suelo, las especies rastreras se favorecen en relación a las erectas, pero si la cosecha no es cercana al suelo son las especies erectas las que responden más rápido. Esto se ha atribuido a que, conforme van creciendo las plantas los puntos de crecimiento se alejan del suelo, lo que origina que la recuperación sea más favorecida por las reservas almacenadas, que por el área foliar, lo cual no sucede en pastos rastreros en los que es más difícil efectuar una cosecha, que implique dejar sin área foliar remanente a la pradera. El potencial para rebrotar de las plantas forrajeras es modificado por factores ambientales y el potencial genético (Hernández-Garay *et al.*, 2012). En particular, la capacidad de rebrote de las gramíneas forrajeras perennes reactiva la reproducción vegetativa a partir del tejido meristemático localizado en la base de los tallos, en tanto que, en las leguminosas, el rebrote depende del tejido meristemático localizado en la base de los entrenudos. En

ambos casos, la reactivación de este tejido está influenciado por las fitohormonas, como auxinas y citoquininas (Tomlinson y O'Connor, 2004).

2.5.6 Radiación solar e intercepción luminosa

Rojas *et al.* (2016) han indicado que según aumenta el índice de área foliar, incrementa la cantidad de luz interceptada y, con esto, la tasa de crecimiento y altura de la planta. Con el aumento en el área foliar se tiene una mayor intercepción de luz; pero, las hojas en los estratos inferiores reciben menor calidad de luz, por lo que provocan reducción en el crecimiento y en la tasa de asimilación neta; por ello, el mayor rendimiento de los forrajes coincide con el mayor índice de área foliar y altura de la planta (Ayala *et al.*, 2009).

En especies templadas, y en gramíneas tropicales se ha observado que el punto óptimo de cosecha es cuando las plantas alcanzan el 95 % de intercepción luminosa y está relacionado con la mayor aportación de hojas al rendimiento, y es el punto óptimo de crecimiento donde existe poca acumulación de material muerto (Wilson *et al.*, 2017). Por otra parte, Teixeira *et al.*, (2007) y Hernández *et al.*, (2012) consignan que la capacidad que posee una pradera para producir forraje depende de las condiciones ambientales como temperatura, principalmente, y el grado de intercepción de la radiación solar por las hojas. Da Silva y Nascimento (2007) mencionan que después de que se alcanza el índice de área foliar óptimo, las hojas que se encuentran abajo del dosel vegetal reciben poca intercepción de luz, convirtiéndose en hojas amarillentas y senescentes, las cuales llegan a morir y, en tal caso, se puede tener un crecimiento negativo. Por lo anterior, la radiación interceptada puede ser utilizada como indicador para una cosecha adecuada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo durante del 07 de diciembre 2019 al 07 de marzo del 2020, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, en el área experimental conocida como “El Bajío”. Las coordenadas del sitio experimental son 25° 23’ de Latitud Norte y 101° 00’ de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremosos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2019).

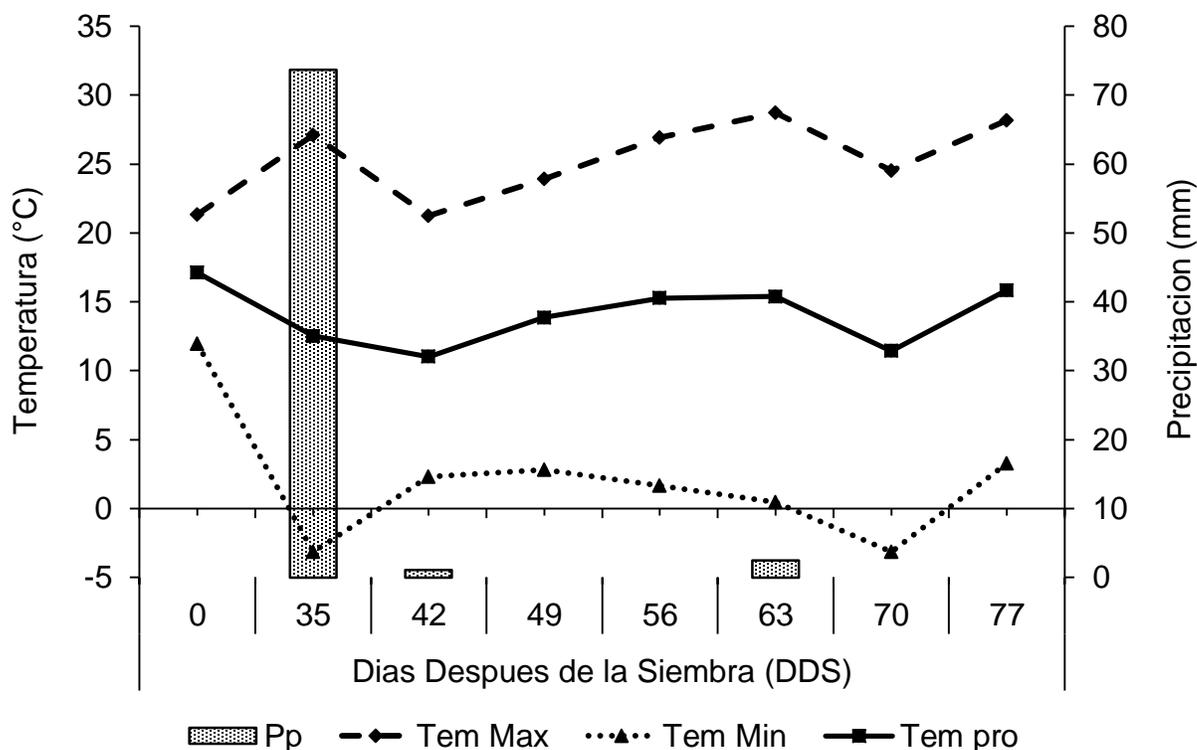


Figura 6. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, máxima y mínima semanal registradas durante el periodo experimental (07 de diciembre 2019 – 07 marzo 2020). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM) Observatorio Atmosférico.

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron cortes sucesivos semanales durante siete semanas después de la siembra, en dos cereales de grano pequeño; cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Gabyan 95 y triticale (*Triticosecal* Wittmack) cultivar TCLF19P29-V2, a una altura de 12 cm sobre el suelo, a partir de los 35 DDS cuando las plantas ya estaban plenamente establecidas, hasta los 77 DDS. Se utilizó un área experimental de 180 m² (22.5 x 8.0 m). Las unidades experimentales fueron camas de 30 m² (15 x 2.0 m) establecidas el 12 de diciembre de 2019, en la que se realizó siembra con el método al voleo, con riego por goteo con cintilla superficial, calibre 6000.

3.3 Variables medidas

3.3.1 Rendimiento de forraje

Para determinar esta variable, se cortó el forraje dentro de un cuadrante de 0.25 m² (50 x 50 cm) en cada una de las repeticiones y se depositó en bolsas de papel previamente identificada con el número de semana, repetición y cultivar. Las bolsas se depositaron a una estufa para su secado a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar el peso constante y se registró el peso de la materia seca, y su estimación en gramos de materia seca por hectárea (kg MS ha⁻¹).

3.3.2 Composición morfológica

Se uniformizó la muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje y se tomó una sub-muestra de aproximadamente 10 %, la cual fue separada en hojas, tallos, material muerto e inflorescencia, y cada componente se secó en la estufa de aire forzado y se determinó su peso seco y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹, con las siguientes formulas:

CBM en porcentaje		
Peso total de la CBM	----	100 %
Peso del componente	----	<u>% del componente</u>
CBM en kg MS ha ⁻¹		
kg MS ha ⁻¹ corte ⁻¹	----	100 %
<u>kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ componente⁻¹</u>	----	% del componente

3.4 Análisis estadístico

Para determinar el efecto de edad de rebrote, y cultivar, se llevó a cabo un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2009) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ = Media general de la población estudiada

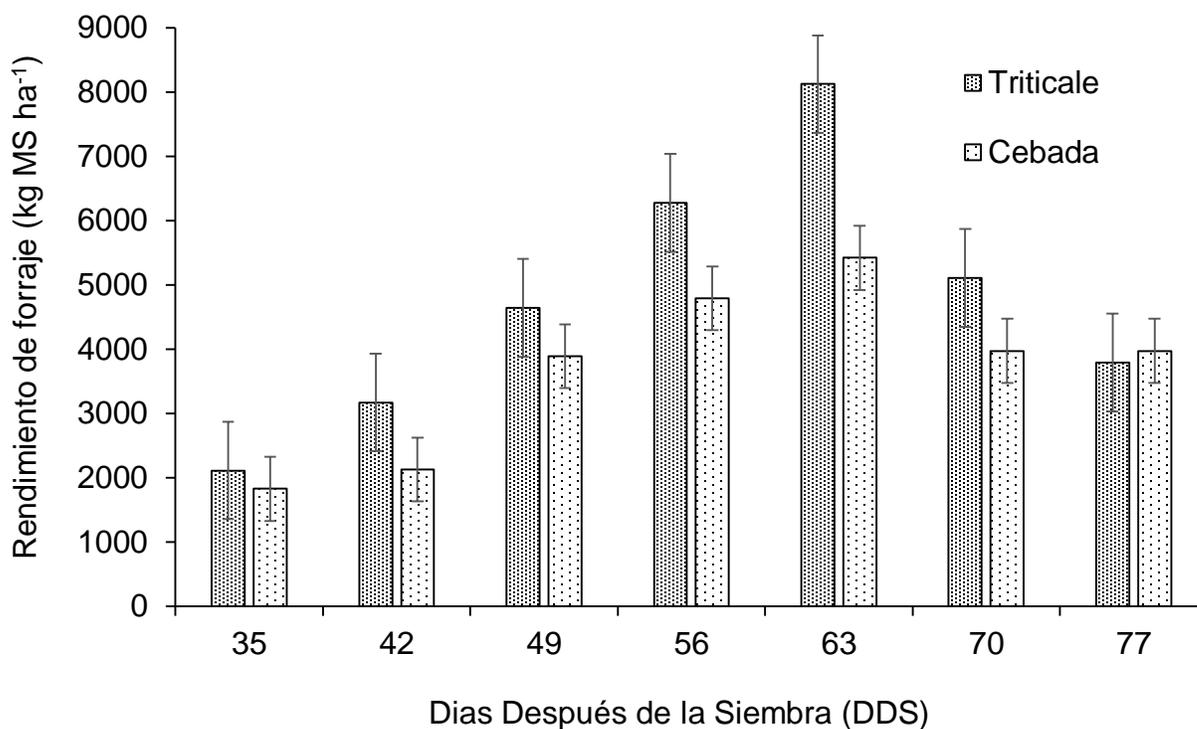
α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 7, se muestra el rendimiento de forraje de dos cultivares de cereales de grano pequeño, cosechados en diferentes Días Después de la Siembra (DDS). Se encontraron diferencias estadísticas entre cultivares y días después de la siembra ($p < 0.05$). Los promedios por cultivar no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), con un promedio general de $4,231 \text{ kg MS ha}^{-1}$ (Cuadro 1; Anexos). Únicamente a los 63 DDS, el triticale supero a la cebada con un rendimiento de $8,124 \text{ vs } 5,420 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente ($p < 0.05$). Independientemente del cultivar, en el promedio de DDS se encontró que a los 63 DDS fue mayor el rendimiento con $6,772 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y los menores a los 35 y 42 DDS con $1,969$ y $2,650 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente. La cebada a partir de los 56 a los 77 DDS, fueron superiores a los 35 DDS. El triticale presento el mayor rendimiento de forraje a los 63 DDS con $8,124 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y los menores valores fueron al inicio de experimento (35 y 42 DDS) con $2,112$ y $1,826 \text{ kg MS ha}^{-1}$. De acuerdo con, García *et al.* (2017) mencionan que los cambios semanales en la acumulación de forraje total de tres cebadas evaluadas presentaron un incremento progresivo desde los 43 DDS hasta un máximo rendimiento de materia seca a los 84 DDS para la var. Esperanza x O'Connor de $5253 \text{ kg MS ha}^{-1}$, Esperanza x CP de $4,280 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y Lenetah de $3,021 \text{ kg MS ha}^{-1}$ en el estado fisiológico de espigado. En un segundo ciclo el máximo crecimiento lo registraron a los 106 DDS cuando las plantas se encontraban en estado de inicio masoso, para Esperanza x O'Connor fue la que obtuvo el mayor rendimiento de materia seca con $13,155 \text{ kg MS ha}^{-1}$, seguida de Esperanza x CP con $12,488 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y Lenetah con $5,745 \text{ kg MS ha}^{-1}$.



Triticale	2112 ^{Ae}	3170 ^{Ade}	4641 ^{Ac}	6276 ^{Ab}	8124 ^{Aa}	5108 ^{Abc}	3793 ^{Accd}
Cebada	1826 ^{Ac}	2131 ^{Abc}	3894 ^{Aab}	4793 ^{Aa}	5420 ^{Ba}	3974 ^{Aa}	3974 ^{Aa}

Figura 7. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cosechada a diferente edad de la planta. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente (Tukey; $p < 0.05$).

4.2 Composición Morfológica

En la Figura 8 y 9, se muestra la aportación de los componentes morfológicos al rendimiento total de los cultivares triticale (*Tricosecasle* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), cosechados a diferentes Días Después de la Siembra (DDS). Independientemente del momento de la cosecha, en los promedios por cultivar, no se encontraron diferencias estadísticas en la producción de hoja en su aportación al rendimiento en kg MS ha⁻¹ ni en porcentaje (Cuadros 5 y 6 de Anexos). En la aportación en porcentaje en promedio el triticale fue de 29 % y la cebada de 38 % (Cuadro 6 de

Anexos). La mayor producción de hoja se registró en a los 63 DDS en ambos cultivares ($p < 0.05$), el triticale produjo 2,238 kg MS ha⁻¹ de hoja, mientras en la cebada 2,382 kg MS ha⁻¹, siendo similar a lo que se produjo a los 56 DDS. Así mismo, en ambos cultivares los menores valores se registraron a los 35 DDS con 830 kg MS ha⁻¹ en el triticale, siendo similar al 42, 49 70 y 77 DDS ($p > 0.05$) y en la cebada a los 35 DDS se produjeron 769 kg MS ha⁻¹ sin diferencias con el rendimiento a los 42 y 49 DDS.

El tallo se incrementó en promedio desde los 35 hasta los 63 DDS con 883 y 3,611 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p < 0.05$). En la cebada y en triticale los menores se presentaron a los 35 DDS con un promedio de 883 kg MS ha⁻¹, y los mayores en el triticale a los 63 DDS con 4,681 kg MS ha⁻¹ y para el caso de la cebada a los 49 DDS con 2,734 kg MS ha⁻¹. Independiente de la fecha de cosecha, en promedio el triticale superó a la cebada con 594 kg MS ha⁻¹, así mismo, únicamente a los 63 DDS se presentaron diferencias entre cultivares siendo mayor el triticale con 4,681 kg MS ha⁻¹, a la cebada con 2,542 kg MS ha⁻¹. La aportación al rendimiento total de forraje de tallo en porcentaje no mostró diferencias significancias entre cultivares y días después de la siembra ($p > 0.05$). En el material muerto, no se presentaron diferencia en los promedios por cultivar en su aportación en kg MS ha⁻¹ y porcentaje ($p < 0.05$). La comparación entre DDS mostró que la mayor presencia de material muerto se registró a los 56 DDS en el triticale con 1,159 kg MS ha⁻¹, siendo mayor a la cebada con 771 kg MS ha⁻¹. En promedio por DDS la menor presencia fue a los 70 y 77 DDS con 132 y 215 kg MS ha⁻¹, respectivamente, similarmente a la aportación en porcentaje con 3 y 2 %, respectivamente (Cuadro 9 y 10 de Anexos).

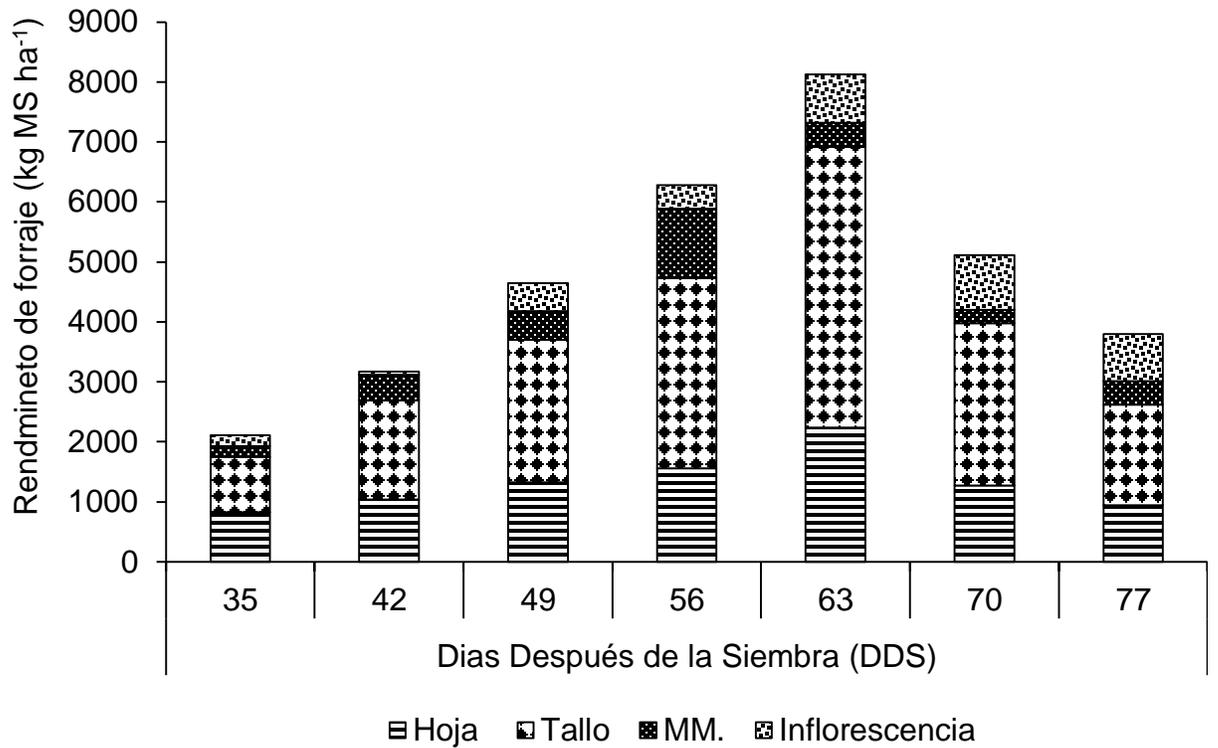
La inflorescencia por su parte, en los promedios por cultivar fue superior el triticale a la cebada con valores de 510 y 151 kg MS ha⁻¹, respectivamente ($p < 0.05$), y a los 42 DDS (50 vs 0 kg MS ha⁻¹), no así en la aportación en porcentaje donde no hubo diferencia con un promedio de 7 % ($p > 0.05$). En el triticale a los 42 DDS fue menor al resto de las fechas de cosecha. En la cebada de los 35 a los 56 DDS no se presentó inflorescencia, respecto a los 63, 70 y 77 DDS con 142 y 457 kg MS ha⁻¹, en las dos últimas dos momentos de cosecha. En la aportación en porcentaje, la

inflorescencia, en el triticale fue menor al resto DDS a los 42 DDS con un 1 % ($p < 0.05$), mientras que la cebada el porcentaje fue nulo de los 35 a los 56 DDS y mayor a los 70 y 77 DDS con 10 % de aportación, ambos (Cuadro 12; Anexos).

De acuerdo con García *et al.* (2017), el tallo y el material muerto en cebada se relacionan de manera positiva con la edad de la planta y la hoja aumenta progresivamente hasta una edad de 63 DDS, para posterior incremento del tallo y material muerto y la presencia de espiga. Las líneas Esp X O'Connor, Esp x CP y Lenetah, producen 1362, 1130 y 1028 kg MS ha⁻¹ de hoja a los 63 DDS, con un porcentaje de contribución al rendimiento total de 75, 78 y 83 %, siendo menores los rendimientos a lo de este trabajo, pero mayores los porcentajes de aportación (45 %; Cuadro 6 Anexos). García *et al.* (2020), establecieron que los mayores rendimientos de hoja en triticale se encontraron a los 63 y 77 DDS con 784 y 273 kg MS ha⁻¹, rendimientos menores a este estudio (2,238 y 949 kg MS ha⁻¹, Cuadro 5 Anexos). Para el trabajo de referencia la espiga apareció de los 91 hasta los 126 DDS con un rendimiento de 550 y 3,843 kg MS ha⁻¹, síntoma de decremento de la calidad del forraje (Pérez-Amaro *et al.*, 2004). De acuerdo con Keles *et al.* (2013), mencionan que el triticale se puede aprovechar en etapa de amacollamiento y encañe, donde presentan excelentes características morfológicas.

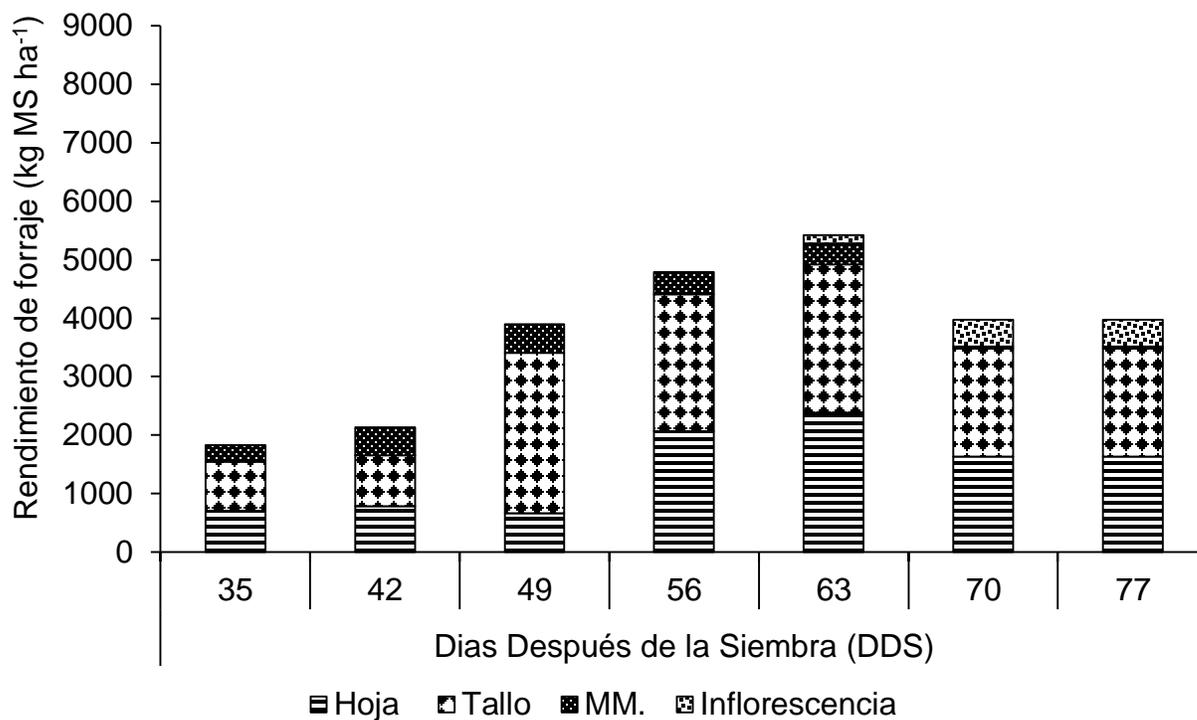
Juskiw *et al.* (2000) encontraron que la distribución de la materia seca de un periodo a otro de cosecha afecta el rendimiento total de forraje y su calidad, por lo que el momento de corte, determina significativamente la cantidad de hoja, tallo, espiga y material muerto en un cultivo de cereal. Además, en los cultivos de invierno los componentes morfológicos pueden ser afectados por bajas temperaturas, principalmente las hojas y convirtiéndose a material muerto, ocasionando pérdidas en la actividad fotosintética, área foliar clorótica y muerte del órgano (Fraschina *et al.*, 2000). Así mismo una disminución de cantidad de hoja posterior a los 70 DDS puede estar relacionado con el auto sombreado de la propia planta, ya que hojas inferiores mueren al encontrarse por debajo del punto de compensación de luz (Chapman y Lemaire, 1993). De la misma forma, a una etapa fenológica final de la planta se incrementa la presencia

de espiga y tallos, la planta en su inflorescencia inicia el llenado del grano (Niu *et al.*, 1998; Juskiw *et al.*, 2000).



	35	42	49	56	63	70	77
Hoja (%)	40 ^{Aa}	33 ^{Aa}	29 ^{Aa}	25 ^{Aa}	28 ^{Aa}	26 ^{Aa}	27 ^{Aa}
Tallo (%)	43 ^{Aa}	51 ^{Aa}	51 ^{Aa}	51 ^{Aa}	58 ^{Aa}	53 ^{Aa}	43 ^{Aa}
MM. (%)	9 ^{Aab}	14 ^{Aab}	10 ^{Aab}	18 ^{Aa}	5 ^{Aab}	4 ^{Ab}	4 ^{Ab}
Inflor. (%)	8 ^{Aa}	1 ^{Aa}	10 ^{Aa}	6 ^{Aa}	10 ^{Aa}	17 ^{Aa}	21 ^{Aa}

Figura 8. Cambios en la Composición Morfológica de triticale cosechado a diferente edad de la planta. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente (Tukey; $p < 0.05$). MM: Material muerto. Inflor: Inflorescencia.



Component (%)	35 DDS	42 DDS	49 DDS	56 DDS	63 DDS	70 DDS	77 DDS
Hoja (%)	39 ^{Aa}	39 ^{Aa}	17 ^{Aa}	46 ^{Aa}	45 ^{Aa}	43 ^{Aa}	42 ^{Aa}
Tallo (%)	47 ^{Aab}	38 ^{Ab}	70 ^{Aa}	46 ^{Aab}	46 ^{Aab}	47 ^{Aab}	4 ^{Aab}
MM. (%)	14 ^{Aab}	23 ^{Aa}	13 ^{Aab}	8 ^{Bbc}	7 ^{Abc}	1 ^{Ac}	1 ^{Bc}
Inflor. (%)	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	0 ^{Aa}	2 ^{Ba}	10 ^{Aa}	10 ^{Aa}

Figura 9. Cambios en la Composición Morfológica de Cebada (*Hordeum vulgare* L.), cosechada a diferente edad de la planta. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente. MM: Material muerto. Inflor: Inflorescencia.

V. CONCLUSIONES

Ambos cultivares, tanto cebada como triticale tuvieron similar comportamiento productivo, únicamente a los 63 días después de la siembra el triticale supero a la cebada. Conforme aumento la edad de la planta el rendimiento se incrementó, así como los componentes morfológicos, presentándose a los 63 días después de la siembra el momento óptimo para la cosecha, dada sus características morfológicas y de rendimiento total. Tanto, la hoja como el tallo, se incrementaron hasta los 63 días después de la siembra. La hoja se produjo en la misma cantidad en ambos cultivares. El tallo a los 63 y el material muerto a los 56 días después de la siembra, fue mayor el triticale frente a la cebada. Así mismo la inflorescencia de los 35 a los 56 días después de la siembra, fue mayor el triticale respecto a la cebada. En general el componente que más aportó al rendimiento fue el tallo con un 49 %, seguido por la hoja con 34 %, el material muerto con 9 % y la inflorescencia con 7 %.

VI. LITERATURA CITADA

- Ayala W. y Carámbula. 2009.** El valor agronómico del género Lotus. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Uruguay. 424 p.
- Baron, V.S., Kibite, S. 1987.** Relationships of maturity, height and morphological traits with whole-plant yield and digestibility of barley cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 67(1): 1009–1017.
- Bidwell, R.G.S. 1979.** *Plant Physiology*. Macmillan Publishers Limited. 458 p.
- Briske, D.D., Boutton, T.W., Wang, Z. 1996.** Contribution of flexible allocation priorities to herbivore tolerance in C4 perennial grasses: an evaluation with 13 Clabelling. *Oecologia* 105(1):151–159.
- Cash, S.D., L.M.M. Stuber, D.M. Wichman and P.F. Hensleigh. 2004.** Forageyield, quality and nitrate concentration of barley grown under irrigation Montana State University. Cebada: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>
- Chapman, D.F., Lemaire, G. 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia, pp. 95–104.
- Cherney, J.H., Marten, G.C. 1982.** Small grain crop forage potential: II. Interrelationships among biological, chemical, morphological, and anatomical determinants of quality. *Crop Sci.* 22(1):240–245.
- Colín, R. M., Zamora Villa, V.M., Torres Tapia, M.A., Jaramillo Sánchez, M.A. 2009.** Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 47(1):27-40.

- Da Silva, S. C.; Do Nascimento, J. D. 2007.** Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. Rev. Bras. Zootec. 36(1):122-38.
- Del Pozo, M. 1983.** La Alfalfa. Su cultivo y aprovechamiento. Editorial Mandí-Prensa, Madrid, España. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola\(2020\)](https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola(2020))
- Difante, G. S., D. Nascimento Jr., C. Da Silva S., V. Batista-Euclides P., A. de Moura Z., B. Adese. 2008.** Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 37(2):89-196.
- Fraschina, J., Bainotti, C., Salines, J., Formica, B. 2000.** Evaluación de variedades de trigo en siembra directa. Hoja Informativa nº 336 Jornada de Actualización en Trigo. EEA INTA Marcos Juárez. 253 p.
- García, C. Y.W, Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., & Aranda Osorio, G. 2017.** Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, 49(2):79-92.
- García, W. CY. 2015.** Rendimiento de y calidad de forraje de cereales de grano pequeño. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo. 79 p.
- García, W. C. Y., López Zerón, N. E., Álvarez Vázquez, P., Ventura Ríos, J., Ortega Cerrilla, M. E., & Venegas Ayala, M. I. 2020.** Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en Triticale 118 (*X Triticosecale Wittmack*). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 11(24): 221-229.

- Hernández G.A. 1996.** La importancia del manejo del pastoreo en la producción de forraje y leche en clima templado de Nueva Zelanda. Segundo Reencuentro de Zootecnistas. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. pp:71-90.
- Hernández Garay, A., Martínez Hernández, P. A., Zaragoza Esparza, J., Vaquera Huerta, H., Osnaya Gallardo, F., Joaquín Torres, B. M., & Velazco Zebadúa, M. 2012.** Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. Revista fitotecnia mexicana, 35(3), 259-266.
- Hernández, M. O. L. 2006** Productividad Forrajera de Nuevas Líneas de Cebada Imberbe. Tesis de Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de Ingeniero Agronomo En Produccion. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 78 p.
- Hodgson, J., 1990.** Grazing management. Science into practice. Longman Scientific and Technical, Harlow, England. 203 p.
- Hunt, R. 1990.** Hunt, Roderick. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold Ltd., 53 -156 p.
- INFOAGRO, 2012.** Información Agropecuaria. La cebada. Infoagro<https://www.infoagro.com>. Consulta: 12 de febrero 2021.
- Juskiw, P.E., Helm, J.H., Salmon, D.F. 2000.** Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. Crop Sci. 40(1):148–158.
- Keles, G., Ates, S., Coskun, B., Koc, S. 2013.** Re-growth yield and nutritive value of winter cereals, in: Proceedings of the 22nd International Grassland Congress. pp. 15–19.

- Lemaire, G. 2001.** Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant population in grazed sardes. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil; 39-40 p.
- López, C. C. 2011.** Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. Trop. Subtrop. Agroecosystems 14(1):907–918.
- López, C. C., Richards R.A. 1994.** Variation in temperate cereals in rainfed environments II. Phasic development and growth. Field Crops Res. 37(1):63–75.
- Lozano, del R.J.A., Colín, R.M. y Zamora, V.V. 2009.** Rendimiento de forraje y patrones de producción en triticales de diferentes hábitos de crecimiento en la región lagunera. Cereales de grano pequeño. Departamento de Fitomejoramiento, Saltillo, Coahuila. 183 p.
- Maroso, R. P., S. Meredith SB., and M. Carneiro C. 2007.** Rebrotas de Lotus spp. de diferentes hábitos de crecimiento. Revista Brasileira de Zootecnia. 36(5):1524-1531.
- McDonald, P. R. A. Eduards y J.F.D. Greenhalgh. 1975.** Nutricional animal 2ª. Edición. Editorial acribia. Zaragoza, España. 56 p.
- Mendoza, P. S-I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A-R., Escalante, E. J. A-S., Zaragoza, R. J-L. Y Ramírez, R. O. 2010.** Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias; 1:287-296.
- Mendoza, S.I. 2008** Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Ganadería. 123 p.

- Moore, E. L. 2005.** Alternative forage crops when irrigation water is limited. Drought Management Factsheet. British Columbia, Canadá. 6:1-6.
- Neal, J.S., Fulkerson, W.J., and Hacker, R.B. 2010.** Differences in water use efficiency among annual forages used by the dairy industry under optimum and deficit irrigation. *Agricultural Water Management*. 98:759-774.
- Niu, J.Y., Gan, Y.T., Zhang, J.W., Yang, Q.F. 1998.** Postanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. *Crop Sci*. 38, 1562–1568.
- Parsons, A. J. and Penning, P. D. 1988.** The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *USA, Grass Forage Sci*. 43(1):15-27.
- Pearsons, D. (1989).** Manual de edición Agropecuaria en Triticale, Cebada, Avena. México: Segunda edición Editorial Trillas. 45 p.
- Pérez-Amaro, J. A.; Moya, E. G.; Quiroz, J. F. E; Carrillo, A. R. Q.; Pérez, J. P. y Hernández, G. A. 2004.** Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto 'mulato' (*Brachiaria* híbrido, cv.). México. *Tec. Pecu. Mex*. 42(3):447-458.
- Poehlman, P.F. 1981.** Mejoramiento genético de las cosechas, Primera. ed. México. 25 p.
- Ponce-Molina L., Garófalo J., Campaña D. y Noroña P. 2019.** Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. Boletín Divulgativo No.--. INIAP. Quito-Ecuador. 69 p.
- Purcell, J., & Currey, A. 2003.** Gaining acceptance of water use efficiency—framework, terms and definitions. National Program for Sustainable Irrigation (NPSI), Final Report, 7-15.

- Quiroz, J., Sandaña P., Calderini D.F. 2010.** Rendimiento y producción de biomasa de trigo, cebada y triticale bajo riego y seco durante el llenado de grano en condiciones. Tesis de Maestría. Escuela de Graduados, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Universidad Austral de Chile. 86 p.
- Rojas, G.A.R., Hernández-Garay, A., Cansino, S. J., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Mendoza Pedroza, S. I., Álvarez Vázquez, P., & Joaquín Torres, B. M. 2016.** Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(8):1855-1866.
- SAS, Institute. 2009.** SAS/STAT® 9.2. User Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- 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.
- SIAP, 2017.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap>. Consultada el 22 de febrero del 2020.
- Smith, D. 1970.** Influence of temperature on the yield and chemical composition of five forage legume species. Agr. J. 62(1):520-523.
- Suttie, J.M. 2003.** Conservación de heno y paja: para pequeños productores y en condiciones pastoriles. FAO. <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s00.HTM> (revisado 08 de mayo, 2015).
- Teixeira, E. I., M. Derrick J., B. Hamish E., and F. Andrew L. 2007.** The dynamics of Lucerne (*Medicago sativa* L.) yield components in response to defoliation frequency. European Journal of Agronomy. 26(1):394-400.

- Tomlinson, K. W., & O'connor, T. G. 2004.** Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. *Functional Ecology*, 18(4):489-496.
- Zamora, D. M. 2008.** Adabella: variedad de cebada maltera para valles altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica en México*, 34(4):478-489.
- Zamora, V.V., Lozano-del-Río, J.A., López, B.A., Reyes, V.M., Diaz, S.H., Martínez, R.J., Fuentes, R.J. 2002.** Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Revista científica Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*, 40(3):242-258.

VI. ANEXOS

Cuadro 4. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr>F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	2112 ^{Ae}	3170 ^{Ade}	4641 ^{Ac}	6276 ^{Ab}	8124 ^{Aa}	5108 ^{Abc}	3793 ^{Acd}	4746 ^A	<.0001	510	1459
Cebada	1826 ^{Ac}	2131 ^{Acb}	3894 ^{Aab}	4793 ^{Aa}	5420 ^{Ba}	3974 ^{Aa}	3974 ^{Aa}	3716 ^A	0.0003	630	1802
\bar{x}	1969 ^d	2650 ^d	4267 ^c	5535 ^b	6772 ^a	4541 ^c	3883 ^c	4231	<.0001	296	847
Pr>F	0.31	0.39	0.26	0.35	0.05	0.45	0.91	0.12			
EEM	259	707	325	897	475	919	714	233			
DMS	911	2484	1142	3151	1669	3231	2511	821			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 5. Cambios en la producción de hoja (kg MS ha⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	830 ^{Ab}	1041 ^{Ab}	1322 ^{Aab}	1556 ^{Aab}	2238 ^{Aa}	1277 ^{Ab}	949 ^{Ab}	1316 ^A	0.002	320	915
Cebada	707 ^{Ab}	788 ^{Ab}	671 ^{Ab}	2069 ^{Aa}	2382 ^{Aa}	1631 ^{Aab}	1631 ^{Aab}	1411 ^A	0.001	378	1081
\bar{x}	769 ^c	914 ^c	996 ^c	1813 ^{ab}	2310 ^a	1454 ^{bc}	1290 ^{bc}	1364	0.000	266	761
Pr > F	0.59	0.62	0.29	0.27	0.79	0.31	0.30	0.11			
EEM	155	406	446	464	258	170	334	104			
DMS	547	1428	1568	1631	907	598	1176	368			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6. Cambios en la aportación de hoja (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	40 ^{Aa}	33 ^{Aa}	29 ^{Aa}	25 ^{Aa}	28 ^{Aa}	26 ^{Aa}	27 ^{Aa}	29 ^A	0.01	7	21
Cebada	39 ^{Aa}	39 ^{Aa}	17 ^{Aa}	46 ^{Aa}	45 ^{Aa}	43 ^{Aa}	42 ^{Aa}	38 ^A	0.14	11	33
\bar{x}	40 ^a	36 ^a	23 ^a	35 ^a	36 ^a	34 ^a	34 ^a	34	0.04	7	20
Pr > F	0.13	0.01	0.37	0.24	0.13	0.23	0.63	0.15			
EEM	4	1	12	12	5	6	14	3			
DMS	15	6	42	45	17	23	52	12			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; $P < 0.05$). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 7. Cambios en la producción de tallo (kg MS ha⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	925 ^{Ad}	1649 ^{Acd}	2380 ^{Abc}	3172 ^{Ab}	4681 ^{Aa}	2697 ^{Abc}	1672 ^{Acđ}	2454 ^A	<.0001	501	1433
Cebada	842 ^{Ab}	866 ^{Ab}	2734 ^{Aa}	2336 ^{Aab}	2542 ^{Bab}	1851 ^{Aab}	1851 ^{Aab}	1860 ^B	0.0162	617	1765
\bar{x}	883 ^d	1258 ^{cd}	2557 ^b	2754 ^{ab}	3611 ^a	2274 ^{bc}	176 ^{bcd}	2157	<.0001	358	1025
Pr > F	0.183	0.261	0.698	0.605	0.079	0.188	0.324	0.004			
EEM	86	432	383	1174	479	381	407	36			
DMS	303	1519	1348	4126	1685	1341	1431	127			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 8. Cambios en la aportación de tallo (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la plantan, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	43 ^{Aa}	51 ^{Aa}	51 ^{Aa}	51 ^{Aa}	58 ^{Aa}	53 ^{Aa}	43 ^{Aa}	50 ^A	0.38	8	22
Cebada	47 ^{Aab}	38 ^{Ab}	70 ^{Aa}	46 ^{Aab}	46 ^{Aab}	47 ^{Aab}	47 ^{Aab}	49 ^A	0.02	9	26
\bar{x}	45 ^a	45 ^a	61 ^a	48 ^a	52 ^a	50 ^a	45 ^a	49	0.06	6	18
Pr > F	0.5	0.2	0.1	0.7	0.6	0.2	0.1	0.2			
EEM	3	8	6	16	7	4	5	3			
DMS	13	29	22	58	27	15	18	12			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 9. Cambios promedio de material muerto (kg MS ha⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	176 ^{Ab}	430 ^{Aab}	475 ^{Aab}	1159 ^{Aa}	404 ^{Aab}	230 ^{Ab}	395 ^{Aab}	176 ^A	0.0091	275	785
Cebada	276 ^{Aab}	477 ^{Aa}	489 ^{Aa}	388 ^{Ba}	353 ^{Aab}	353 ^{Ab}	35 ^{Ab}	276 ^A	0.0007	115	329
\bar{x}	226 ^b	453 ^{ab}	482 ^{ab}	773 ^a	378 ^{ab}	132 ^b	215 ^b	226	0.0023	161	460
Pr > F	0.73	0.35	0.50	0.02	0.49	0.18	0.37	0.1446			
EEM	177	174	261	117	230	83	297	100			
DMS	623	614	917	411	809	293	1045	353			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 10. Cambios en la aportación de material muerto (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	9 ^{Aab}	14 ^{Aab}	10 ^{Aab}	18 ^{Aa}	5 ^{Aab}	4 ^{Ab}	4 ^{Ab}	9 ^A	0.011	4	13
Cebada	14 ^{Aab}	23 ^{Aa}	13 ^{Aab}	8 ^{Bbc}	7 ^{Abc}	1 ^{Ac}	1 ^{Bc}	9 ^A	0.0003	3	11
\bar{x}	11 ^b	19 ^a	11 ^b	13 ^{ab}	6 ^{bc}	3 ^c	2 ^c	9	<.0001	2	7
Pr > F	0.749	0.651	0.406	0.005	0.168	0.350	0.068	0.250			
EEM	7.7	9.6	4.9	0.8	1.7	2.2	0.7	2.16			
DMS	27	33	17	2	6	7	2	7			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P< 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 11. Cambios promedios de Inflorescencia (kg MS ha⁻¹) de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	182 ^{Aa}	50 ^{Ab}	464 ^{Aa}	389 ^{Aa}	802 ^{Aa}	904 ^{Aa}	777 ^{Aa}	510 ^A	0.02	304	871
Cebada	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	142 ^{Aa}	457 ^{Aa}	457 ^{Aa}	151 ^B	0.03	373	168
\bar{x}	91 ^b	25 ^b	232 ^a	195 ^a	472 ^a	681 ^a	617 ^a	330	0.02	298	551
Pr > F	0.73	0.35	0.50	0.02	0.49	0.18	0.37	0.04			
EEM	177	174	261	117	230	83	297	100			
DMS	623	614	917	411	809	293	1045	253			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 12. Cambios en la aportación de inflorescencia (%) al rendimiento de forraje de dos cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra (DDS)							\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	35	42	49	56	63	70	77				
Triticale	8 ^{Aa}	1 ^{Ab}	10 ^{Aa}	6 ^{Aa}	10 ^{Aa}	17 ^{Aa}	21 ^{Aa}	10 ^A	0.03	7	21
Cebada	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	0 ^{Bb}	2 ^{Bab}	10 ^{Aa}	10 ^{Aa}	3 ^A	0.02	8	24
\bar{x}	4 ^b	1 ^b	5 ^b	3 ^b	6 ^b	14 ^a	16 ^a	7	0.01	7	20
Pr > F	0.50	0.53	0.50	0.35	0.01	0.37	0.13	0.30			
EEM	8	1	10	3	0.70	10	6	3			
DMS	28	5	35	13	2	35	23	12			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, y diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia estadística (Tukey; P < 0.05). EEM= error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.