

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



Evaluación del rendimiento y sus componentes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Noreste de Coahuila, México

Por:

MARÍA LUISA PÉREZ GÓMEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, abril del 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Evaluación del rendimiento y sus componentes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Noreste de Coahuila, México

POR:

MARÍA LUISA PÉREZ GÓMEZ

TESIS PROFESIONAL

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOTECNISTA

Aprobada por:

 _____ Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez Director de Tesis	 _____ Dr. Antonio Flores Naveda Asesor
 _____ Dr. Josué Israel García López Asesor	 _____ Dr. Neymar Camposeco Montejo Asesor
 _____ Dr. José Duénez Alanís Coordinador de la División de Ciencia Animal	



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, abril 2022.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, abril de 2022.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Evaluación del rendimiento y sus componentes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Noreste de Coahuila, México**" 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 que 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.

MARÍA LUISA PÉREZ GÓMEZ



Nombre

Firma

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) Es una gramínea que se cultiva en casi todos los climas, siendo uno de los cereales cultivables más antiguo con más de 15,000 años bajo el cuidado del hombre y los granos se utilizaron para la panificación incluso antes que el trigo. El objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Gabyan-95, a diferentes días de rebrote (DDR). Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se midieron las variables de Rendimiento de Forraje (RF), Composición Morfológica (CM), Altura de la Planta (AP), Relación Hoja:Tallo (R:H/T) y peso de tallo individual (PTI). Los resultados mostraron que a los 105 DDR se presentó el mayor RF con 6,784 kg MS ha⁻¹. En promedio la CM, la hoja obtuvo un 78%, seguida por el tallo con un 51%, material muerto con 12.6% y la inflorescencia con un 28.6 %. Sin embargo, en la aportación en kg MS ha⁻¹, el tallo tuvo mayor aportación con un 3629, la hoja con un 1600, material muerto 810 e inflorescencia con un 888 kg MS ha⁻¹. La AP en la primera semana de muestreo a los 70 DDR con un 31 cm, incrementándose hasta los 105 DDR, con 78 cm y decayó a los 112 con un 65 cm. La R:H/T el valor más alto fue a los 70 DDR (3.9) y se reduce a los 112 DDR (0.2), es cuando la planta termina el ciclo de producción. En conclusión, los días de rebrote afectaron positivamente al rendimiento de forraje total y por componentes, altura e inversamente la relación de la hoja respecto al tallo y la aportación de cada componente morfológico al rendimiento total.

Palabras clave: *Hordem vulgare* L., Rendimiento de forraje, composición morfológica y altura de planta.

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a grass that is cultivated in almost all climates, being one of the oldest cultivable cereals with more than 15,000 years under the care of man and the grains were used for baking even before the wheat. The objective of this work was to determine the productive performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) var. gabyan-95, at different regrowth days (DDR). A completely randomized block experimental design with three replications was used. Forage Yield (RF), Morphological Composition (CM), Plant Height (AP), Leaf:Stem Ratio (R:H/T) and individual stem weight (PTI) were measured. The results showed that at 105 DDR the highest RF was presented with 6,784 kg DM ha⁻¹. On average the CM, the leaf obtained 78%, followed by the stem with 51%, dead material with 12.6% and the inflorescence with 28.6%. However, in the contribution in kg DM ha⁻¹, the stem had a higher contribution with 3629, the leaf with 1600, dead material 810 and inflorescence with 888 kg DM ha⁻¹. The AP in the first week of sampling at 70 DDR with a 31 cm, increasing to 105 DDR, with 78 cm and decayed at 112 with a 65 cm. The R:H/T the highest value was at 70 DDR (3.9) and is reduced to 112 DDR (0.2), this is when the plant ends the production cycle. In conclusion, the days of regrowth positively affected the total forage yield and by components, height and inversely the relationship of the leaf with respect to the stem and the contribution of each morphological component to the total yield.

Keywords: *Hordeum vulgare* L, forage yield, morphological composition and plant height.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y la capacidad de poder seguir adelante alcanzando mis metas, y por estar siempre conmigo en todo momento de mi vida.

A mis padres: María Gómez Díaz y Miguel Pérez Hernández; a ustedes por darme todo el amor y cariño para poder lograr mis sueños y el apoyo incondicional que me brindaron durante mis estudios, sé que no fue fácil, pero gracias a ustedes logre mi meta.

A mi ALMA TERRA MATER; por ser mi segundo hogar, que me brindo un techo y me dio refugio para salir adelante, y gracias por ser la madre de mi profesión.

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez; por su valioso tiempo y por depositar su confianza en mí, por dedicarme el tiempo necesario para poder lograr y sacar adelante este trabajo de investigación, así como mis asesores; **Al Dr. Antonio Flores Naveda, Dr. Josué Israel García López y al Dr. Neymar Camposeco Montejo,** que hicieron su valiosa aportación para la realización de este trabajo.

A mis amigos, quiero agradecer a todos mis amigos lo cual considero parte de mi familia por estar siempre conmigo en la alegría y en los momentos difíciles. También agradezco a todos mis compañeros de la carrera por todas las experiencias vividas, las desveladas que pasábamos para salvar el semestre a pesar por todo nuestro esfuerzo pudimos terminar nuestro objetivo.

DEDICATORIA

A mis padres

María Gómez Díaz y Miguel Pérez Hernández; por haberme dado la vida, por darme todo el apoyo, por estar siempre conmigo en los buenos y malos ratos y sobre todo por su confianza, cariño, y amor depositado a lo largo de mi vida. Por el esfuerzo que realizaron para darme la oportunidad de estudiar gracias por ser los mejores padres.

A mis abuelos

En especial a mi abuelita Juana Hernández Núñez por darme siempre ese ánimo a seguir adelante y sus buenos consejos que me da para poder alcanzar mis metas gracias a ti logre lo que siempre he querido ser una profesionalista.

A Juan Gómez Sánchez y María Guadalupe Díaz Ruíz por esos buenos consejos que me llevaron hasta estos momentos de mi vida.

A mis hermanos (as)

Normita, Lich, Sarita (†), Vale, Leo (†), Miguelito, Juanita, Rubencito; a cada uno de ustedes les agradezco todo el apoyo que me brindaron para poder lograr mis sueños, aunque algunos de ustedes se nos adelantaron, pero desde el cielo siempre estuvieron conmigo.

A mis sobrinos

Nicole, Sharon, Max, Dylan; a ustedes que son mi alegría, mi felicidad gracias por hacerme la tía más feliz del mundo.

A todos mis familiares

Tíos, tías, gracias a todos los que creyeron en mí por todos aquellos consejos que me dieron y por darme siempre ese ánimo para poder continuar. Y también quiero agradecer a don Manuel, doña Rita (†), maestra Julita, maestro Carlos, doña Vita, don Vicente y a doña Josefa por brindarme sus apoyos y consejos por la confianza que me tuvieron durante el tiempo que pase a vivir en sus casas de todo corazón les agradezco demasiado, y a todas las personas que estuvieron conmigo durante la carrera.

A MI UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Por todos y cada uno de los bellos momentos 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 y una infinidad de experiencias.

ÍNDICE 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 Marco mundial de la cebada	3
2.2 Descripción de la especie en estudio.....	4
2.2.1 Descripción genética-taxonómica.....	4
2.2.2 Descripción morfológica	5
2.3 Condiciones ecológicas y edáficas de adaptación	7
2.3.1 Suelo	7
2.3.2 Temperatura	7
2.3.2 Humedad	7
2.3.3 Altitud.....	8
2.4 Importancia económica de la cebada	8
2.5 Usos de la cebada como forraje	9
2.6 Plagas y enfermedades del cultivo de la cebada	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Ubicación geográfica del área de estudio	14
3.2 Diseño experimental y de tratamientos	15
3.3 Variables evaluadas.....	15
3.3.1 Rendimiento de forraje	15

3.3.2 Composición morfológica (CB)	15
3.3.3 Relación Hoja:Tallo.....	16
3.3.4 Altura de la planta.....	16
3.3.6 Análisis de datos.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Rendimiento de forraje.....	18
4.2 Composición morfológica (CM).....	19
4.3 Relación hoja:tallo (R: H/T).....	22
4.4 Altura de planta.....	23
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. LITERATURA CITADA	26
VII. ANEXOS	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Producción mundial de la cebada por países (en miles de toneladas).....	3
Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....	5
Cuadro 2.3 Enfermedades del cultivo de la cebada.....	10
Cuadro 6.1 Rendimiento de forraje (RF), Relación hoja:tallo (R:H/T), y Altura de Planta (AP), evaluados en cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.	30
Cuadro 6.2 Aportación de los componentes morfológicos (%) al rendimiento total de forraje de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.), var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.	31
Cuadro 6.3 Análisis de varianza de los componentes morfológicos, expresados en porcentaje (kg MS ha ⁻¹) y aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espiga de la cebada afectada por <i>Ustilago nuda</i> (Poehlman, 1981).....	11
Figura 2. Plantas que presentan síntomas severos de virosis (Ponce <i>et al.</i> , 2019). .	11
Figura 3. Hoja de cebada afectada por escaldadura (Santoyo y Quiroz, 2010).	12
Figura 4. Hoja con presencia de roya de la hoja (<i>Puccinia hordei</i>) (Ponce <i>et al.</i> , 2019).	13
Figura 5. Hoja con presencia de roya amarilla (<i>Puccinia striiformis</i>) (Ponce <i>et al.</i> , 2019).	13
Figura 6. Distribución de la precipitación. Temperatura máxima y mínima quincenal registradas durante el periodo experimental (04 de septiembre – 17 de abril del 2021). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM) Observatorio Atmosférico.	14
Figura 7. Rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) en cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México. RMS = Rendimiento de Materia Seca. Medias con las mismas letras sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey; P< 0.05).	18
Figura 8. Cambios en la composición morfológica (CM) de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) variedad Gabyan-95 cosechada a diferente edad de rebrote. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente.	21
Figura 9. Relación hoja: tallo de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) variedad Gabyan-95 cosechada a diferente edad de rebrote. R:H/T= Relación Hoja:Tallo. Misma letra minúscula en la misma fila no son diferentes estadísticamente (p>0.05).	22
Figura 10. Altura de planta (cm) de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) variedad Gabyan- 95 cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente letra minúscula entre cortes, indican diferencias estadísticas (p<0.05). AP = Altura de planta.	24

I. INTRODUCCIÓN

En el marco mundial, la cebada (*Hordeum vulgare* L.) Es una gramínea que se cultiva en casi todos los climas, siendo uno de los cereales cultivables más antiguo con más de 15,000 años bajo el cuidado del hombre y los granos se utilizaron para la panificación incluso antes que el trigo. En la actualidad la cebada se encuentra distribuida por todo el mundo, por ser más tolerante a la alcalinidad, sequía y a las heladas que otras gramíneas. Por otro lado, este cultivo presenta desarrollo más rápido, ya que produce forrajes y/o grano en un tiempo relativamente corto y su costo es mucho menor en comparación con otros cereales (Oltjen y Bolsen, 1980; Cherney *et al.*, 1983; Mc Cartney y Vaage, 1994) e industrial (Kent, 1987).

En México, la cebada es unos de los cultivos más importantes en la región de los valles altos localizados en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México. En esta región la producción de cebada está destinada principalmente para la industria maltera, mientras que los residuos derivados (paja y granos que no cumplen los requerimientos mínimos de calidad) se utilizan como complemento alimenticio de los animales (Reyes *et al.*, 2013).

Es un cultivo conocido fundamentalmente por su utilidad industrial, es innegable que puede llegar a convertirse en una importante alternativa forrajera anual de invierno dada a su precocidad y rusticidad sobre todo se desarrolla variedades con alta producción de biomasa y calidad nutritiva. Una cebada para forraje deberá ser de barba suave o preferentemente imberbe, de espiga cubierta (Flores, 1977). En México, se ha utilizado poco en la producción de forraje en comparación con la superficie que se dedica en otros países, de los cuales existen algunos programas de mejoramiento genético de esta especie como alternativa forrajera, orientados al uso de grano en la alimentación animal, y calidad de materia seca (Colín *et al.*, 2007).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Determinar el comportamiento productivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días de rebrote, en el sureste de Coahuila.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de materia seca y componentes morfológicos de cebada (*Hordeum Vulgare* L.).
- Evaluar semanalmente el crecimiento del cultivo de la cebada en relación de los días después del rebrote (DDR)
- Evaluar la relación hoja:tallo, la altura de la planta de la cebada (*Hordeum Vulgare* L.).

1.2 HIPÓTESIS

- ✓ El rendimiento de materia seca que aumenta a medida que avanza la madurez de la planta de cebada.
- ✓ La hoja es el componente morfológico que más aporte hace al rendimiento del forraje, seguida por el tallo, material muerto e inflorescencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco mundial de la cebada

El cultivo de la cebada se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura, y fue el alimento más antiguo del hombre. Poehlman (1981), cita que Vavilov describe dos centros de origen, uno de ellos es; Etiopia y África del norte, aquí provienen muchas de las variedades cubiertas con barba larga, y el otro el centro de; China, Japón y el Tíbet, proceden las variedades desnudas, barbas cortas o sin barbas y tipos de granos cubierto por caperuzas. No obstante, se supone que donde se cultivó primero fue en el sudoeste de Asia (más o menos 5000 años A. C.), en esta región aún pueden hallarse las cebadas silvestres; *Hordeum spontaneum* y *Hordeum ithuburensense* (Colin *et al.*, 2007). En cuanto a la producción, de acuerdo con el Cuadro 1.1, la información de los Estados Unidos Americanos (por sus siglas en inglés USDA), se observa una caída de 3 millones de toneladas en la producción mundial para la campaña 2018/19.

Cuadro 1.1 Producción mundial de la cebada por países (en miles de toneladas).

País	2014/15	2017/16	2016/17	2017/18f	2018/19f
Unión europea	60.609	62.095	59.978	59.064	57.250
Rusia	20.026	17.083	17.547	20.183	16.500
Canadá	7.117	8.257	8.839	7.900	8.800
Australia	8.646	8.993	13.506	8.900	7.800
Ucrania	9.450	8.751	9.874	8.695	7.600
Turquía	4.000	7.400	4.750	6.400	7.400
Kazajistán	2.412	2.675	3.231	3.305	4.200
Argentina	2.900	4.940	3.300	3.740	4.000
EE.UU.	3.953	4.750	4.353	3.090	3.333
Irán	3.200	3.200	3.000	3.100	3.100
Marruecos	1.638	3.400	620	2.000	2.500
Etiopía	1.953	2.047	2.025	2.100	2.170

China	1.810	1.870	1.752	1.800	1.850
India	1.831	1.613	1.440	1.750	1.770
Bielorrusia	1.988	1.849	1.253	1.420	1.700
Argelia	1.300	1.300	1.000	968	1.400
Otros	9.151	9.552	10.699	9.856	9.881
Total mundial	141.984	149.775	147.167	144.271	141.254

Fuente: E-malt.com/USDA.

Para la industria un 20 a un 25% de la producción de este cereal se emplea como fuente de malta, este producto sirve para la elaboración de cerveza, también para obtener varios extractos y productos alimentarios. Para el consumo humano, este cereal está restringido únicamente a la cebada perla, hojuelas para sopas, así como harina para la alimentación de infantes. También, el cultivo de cebada se puede utilizar como cobertura vegetal para evitar la erosión del suelo durante el invierno (Shands y Dicson 1955).

2.2 Descripción de la especie en estudio

2.2.1 Descripción genética-taxonómica

Se encuentra especies diploide como tetraploides, sin embargo, a diferencia del trigo y de la avena, el cultivo de la cebada son especies diploides. Especies diploides ($2n = 14$), especies cultivadas: *Hordeum vulgare*, *H. distichum*, *H. irregulares*. Especies silvestres. *H. spontaneum*, *H. agriocrithon*, *H. pucillum*. Especies tetraploide ($4n = 28$) y especies silvestres. *H. murium*, *H. bulbosum*, *H. jubatum*, *H. nodosum*. La cebada taxonómicamente pertenece a la familia de las gramíneas. El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. En el cuadro 2.1 se presenta explícitamente la descripción taxonómica del cultivo de cebada (*Hordem vulgare* L.) (Méndez, 2004).

Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica de la cebada (*Hordeum vulgare* L.).

<i>Reino</i>	<i>Vegetal</i>
<i>División</i>	<i>Tracheophyta</i>
<i>Subdivisión</i>	<i>Pterosidea</i>
<i>Clase</i>	<i>Angiosperma</i>
<i>Subclase</i>	<i>Monocotiledónea</i>
<i>Grupo</i>	<i>Glumiflora</i>
<i>Orden</i>	<i>Graminales</i>
<i>Familia</i>	<i>Poaceae</i>
<i>Género</i>	<i>Hordeum</i>
<i>Especie</i>	<i>Vulgare</i>

Fuente: Méndez (2004).

2.2.2 Descripción morfológica

La cebada tiene un hábito de crecimiento anual, con tendencia a convertirse en perenne bajo condiciones especiales. La raíz del sistema radicular de la cebada sirve para extraer agua y nutrientes. También funciona como un mecanismo de anclaje, que evita el acame de la planta, siendo este el problema más frecuente en cereales, principalmente si no se controla la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada. La raíz de este cultivo es más superficial que la raíz del trigo y se desarrolla mejor en presencia de aluminio intercambiable.

La cebada se diferencia en dos tipos de raíces:

Raíz primaria: Este sistema radicular es derivado del embrión, luego que se lleva a cabo la germinación de la semilla, brotan de este de cinco o seis raíces que, permanecen en las primeras semanas hasta el ahijado o amacollamiento y al estado adulto edad de la planta en la que estas desaparecen.

Raíz permanente o secundaria: Son tipos de fasciculado que, salen del nudo del ahijamiento o corona, alcanzan longitudes mayores a un metro, su desarrollo depende de la humedad, textura, estructura del suelo y de la variedad.

Tallo: También es conocido como caña o colmo, presenta forma cilíndrica y canales circulares longitudinales, está formado por haces vasculares; xilema conformada por traqueidas y floema en cual transporta sustancias nutritivas y por células parenquimatosas con granos de clorofila. También presenta epidermis cutinizada con estomas, nudos y entrenudos. El desarrollo de este componente morfológico se da por el meristemo intercalar, por ello la cebada y sus fines crece más que otros pastos (Arias, 1995).

Hojas: Son tipo monofilas (sintetizan clorofila y transpiran), se originan de los tejidos meristemáticos de crecimiento del tallo, son enteras, de color verde claro, la cebada suele tener un color más claro que el trigo. La hoja presenta las siguientes partes: Vaina: Estructura que envuelven completamente al tallo, son más desarrolladas que en otras especies. Limbo o laminar foliar: Formada por haces de fibras vasculares cuya epidermis trata de proteger y regular la evapotranspiración, formado por el parénquima y colénquima que lleva la clorofila, el limbo es simétrico. Lígula: Es una prolongación membranosa en la hoja, corta, trunca y glabra, que abraza el tallo. Aurícula: Parte de la hoja que abraza el tallo, es glabra y puede estar pigmentado con la lígula.

Flor: Es compuesta, autógena, se forma en un eje del raquis, cada flor se abre de la fecundación y son progenitoras por las glumelas, con tres estambres, un pistilo y dos estigmas plumosos, dos lodículos y un ovario. El conjunto de flores forma inflorescencias en racimo simple.

Fruto: Es una cariósida con glumas adheridas, salvo en el caso de la cebada desnuda. Biológicamente el fruto es el ovario desarrollado y la semilla es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro; en la cebada el ovario se desarrolla al igual que el óvulo formando una sola estructura. (Arestegui, 1992; Forero, 2000).

2.3 Condiciones ecológicas y edáficas de adaptación

2.3.1 Suelo

El tipo de suelo donde la cebada presenta mejor son aquellos que tienen como características poseer buen drenaje y presentar textura mediana, los francos-arenosos y franco-limoso (FAO, 1994). En las primeras etapas es sensible a los excesos de humedad, por lo tanto, es poco recomendable cultivarse en suelo de textura muy pesada, arenosa y arcillosa. El nivel óptimo de pH del suelo fluctúa entre 6.0 a 8.5, siendo susceptible a los suelos ácidos pH 5.2 y es tolerante a los suelos alcalinos (Beratto, 2001). Castañeda *et al.* (2004) indica que la cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad.

2.3.2 Temperatura

Según Álvarez y Cesar (2006), la cebada tiene pocas exigencias en cuanto al clima, tiene mejor crecimiento en los climas frescos y moderadamente secos; para alcanzar la madurez fisiológica requiere menos unidades de calor y esto alcanza altas latitudes y altitudes tolera las bajas temperaturas ya que puede llegar a soportar hasta -10°C. Las temperaturas a considerar son:

- Temperatura mínima: -10 a 4°C
- Temperatura óptima: 20°C
- Temperatura máxima: 28 a 30°C
- Temperatura para la germinación es de 3 a 4 °C
- Temperatura óptima es de 20°C y la máxima de 28°C a 30°C.

2.3.2 Humedad

Prospera bien en las regiones secas. En los estudios realizados se muestra que la cebada tiene un coeficiente de transpiración superior al trigo, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es inferior. Este cultivo tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final. El periodo máximo de

exigencia de agua es en el encañado y espigado (AGROFORO, 2003). Cuando se lleva a cabo el riego de este cultivo, se debe aplicar de acuerdo de las necesidades de la planta. Se afirma que este cultivo de cebada es poco menos exigente que el cultivo de trigo y para el número de riego que se debe aplicar depende del clima y del suelo (Robles, 1990). El riego de este cultivo se debe aplicar de acuerdo a las necesidades de la planta; pero en términos generales, se puede afirmar que la cebada es un poco menos exigente que trigo. El número de riego depende del clima y del suelo principalmente. La cebada tiene la ventaja de que exige más agua al principio de su desarrollo que al final, por lo que es menor frecuente que en el trigo el riego de saturado (Guerrero, 1992).

2.3.3 Altitud

La cebada puede cultivarse a elevadas latitudes y altitudes. Desde el nivel del mar hasta los 4.500 m de altitud en el Himalaya, desde países tropicales como Colombia hasta zonas cercanas al Círculo Polar Ártico en Norteamérica y Europa (Von Bothmer *et al.*, 2003).

2.4 Importancia económica de la cebada

Pocos cultivos tienen la importancia social como la cebada, ya que en la producción de este cultivo dependen económicamente más de 36,000 familias en zonas temporales de nuestro país. La cebada tiene ventajas que en países de invierno benigno se puede producir durante todo el año debido a su amplia adaptación, lo cual se considera de invierno y primavera, considerando las características que presenta este cultivo en cuanto a su rusticidad, y tomando en cuenta que aproximadamente el 80% del área agrícola en nuestro país es temporal. El aprovechamiento de la cebada es de gran importancia para su establecimiento sobre todo en aquellas áreas en las que otros cultivos no prosperan (Hernández, 1987).

2.5 Usos de la cebada como forraje

El principal uso del cultivo de la cebada es la alimentación animal o uso forrajero. Este cereal proporciona mayor cantidad de proteínas y mejor balance de aminoácidos, también proporciona cantidades considerables de hidratos de carbono a los que proporcionan otros cereales empleados en las raciones alimentarias (Ramírez, 1977). Bajo condiciones normales del crecimiento del cultivo de la cebada que produce alto rendimiento y buen peso por unidad de volumen es satisfactoria para uso como forraje (Poehlman, 1981). Uno de los principales problemas que enfrentan en la actualidad los ganaderos, es la falta de insumo para alimentar el ganado durante las épocas críticas como el periodo invernal, 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 (Hughes *et al.*, 1974; Flores *et al.*, 1984 y Colín *et al.*, 2004). El ensilado de esta especie es el método más práctico de utilizarlos en la alimentación del ganado.

Echeverri (1958), dice que las características más importantes de un cultivo forrajero de invierno son los siguientes:

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

Es conveniente que en el cultivo de las cebadas forrajera se rompan fácilmente las barbas durante la trilla, en los países en donde se usa mucho la cebada para la alimentación de los animales (Poehlman, 1981).

El momento óptimo de corte del cultivo de la cebada es en el inicio de floración. La cebada destinada para forraje debe segarse cuando las hojas y tallos aun estén verdes, de lo contrario el heno resulta poco apetecible para los animales. En las regiones semiáridas puede obtenerse en buen heno de cebada cortándolo en poco más tarde que en las regiones húmedas (Orcarberro y Briceño, 1983). El rendimiento depende de muchas características, tales como son la capacidad de amacollamiento, el desarrollo radicular y la formación potencial de semillas (Rojas, 1977).

2.6 Plagas y enfermedades del cultivo de la cebada

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

Cuadro 2.3 Enfermedades del cultivo de la cebada.

Nombre común	Nombre científico
Carbón volador	<i>Ustilago nuda</i>
Virus de enanismo amarillo	<i>(Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)</i>
Escaldadura	<i>Rhynchosporium secalis</i>
Roya de la hoja	<i>Puccinia hordei</i>
Roya amarilla	<i>Puccinia graminis</i>

Fuente: Gonzáles *et al.* (2013).

Carbón volador

Esta enfermedad también es conocido como carbón desnudo, la aparición de esta enfermedad comienza desde la época de 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 los demás y es fácilmente reconocible ya que la espiga es sustituida por una masa de esporas de carbón tipo

hollín. El control de carbón volador se logra mediante el tratamiento de las semillas infectadas con carboxina y sus derivados de carboxanilida antes de sembrar, el mejor método para esta enfermedad es el uso de semilla certificada y con el tratamiento de agua caliente. (Poehlman, 1982).



Figura 1. Espiga de la cebada afectada por *Ustilago nuda* (Poehlman, 1981).

Virus del enanismo amarillo (Barley Yellow Dwarf, BYDV)

El virus que lo produce ataca a una amplia variedad de gramíneas hospedante, incluyendo a la cebada, este virus puede producir enanismo ya que afecta la elongación de los entrenudos, y causar la pérdida de color de la hojas, después el ápice, por los márgenes hacia la base (Figura 2). La principal esperanza que se tiene para controlarla es el uso de variedades resistentes la mayoría de las variedades comerciales se cultivan en estados unidos. (Ponce *et al.*, 2019).



Figura 2. Plantas que presentan síntomas severos de virosis (Ponce *et al.*, 2019).

Escaldadura

La escaldadura es una enfermedad foliar de la cebada y del centeno, 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 3). Este hongo sobrevive como micelio sobre desechos vegetales, en pastos y cereales infectados. El control de esta enfermedad es el uso de variedades resistentes y por medio de rotaciones, en las cuales se incluyen cultivos diferentes de cebada y centeno (Santoyo y Quiroz, 2010).



Figura 3. Hoja de cebada afectada por escaldadura (Santoyo y Quiroz, 2010).

Royas

Las royas son las enfermedades más conocida y destructiva de los cultivos de los cereales.

Roya de la hoja: La roya de hoja en la cebada es producida por *Puccinia hordei*, se caracteriza debido a que las plántulas tienen circular o ligeramente elíptica y su distribución no sigue ningún patrón, el color de las plántulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado (Figura 4). Este patógeno puede reducir el rendimiento hasta un 50%. Control más eficiente de las royas se logra por medio del uso de variedades

resistentes y la erradicación del hospedante alternativo, los fungicidas asperjados Triadimefol (baiteton) y Botrizol (Indian) al follaje pueden ser usados para proteger eficazmente los cultivos amenazados por nuevas razas patogénicas. (Ponce *et al.*, 2019).



Figura 4. Hoja con presencia de roya de la hoja (*Puccinia hordei*) (Ponce *et al.*, 2019).

Roya amarilla: la roya amarilla es producida por el hongo *Puccinia striiformis* *wesdend. F. sp.hordei* y puede atacar, tanto al follaje como a las espigas, se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo o estriado en dirección de las nervaduras de las hojas (Figura 5). Como posible medida de control se sugiere mantener los cultivos limpios y asperjar fungicidas, sin embargo, las variables tolerantes ofrecen, un medio más realista para minimizar las pérdidas (Ponce *et al.*, 2019).



Figura 5. Hoja con presencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis*) (Ponce *et al.*, 2019).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo el ciclo otoño-invierno de 2020 (04 de septiembre – 17 de abril del 2021), en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 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 msnm. El clima del lugar es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos promedian temperaturas superiores a 18 °C y algunos días con temperaturas mínimas inferiores a 0 °C. Y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2020). De acuerdo a los resultados de laboratorio, el suelo presento una textura migajón arcilla-arenoso, con una densidad aparente de 1.25 g cm³, pH 7.38, y un porcentaje de materia orgánica de 3.026. Las condiciones de temperatura máxima, mínima y precipitación acumulada se presentan en la Figura 3.1.

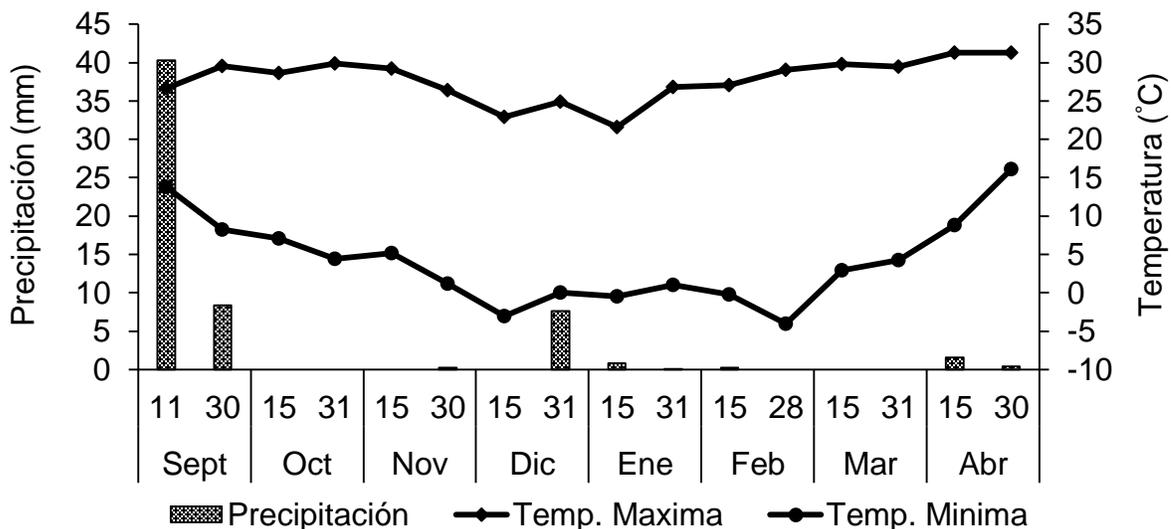


Figura 6. Distribución de la precipitación. Temperatura máxima y mínima quincenal registradas durante el periodo experimental (04 de septiembre – 17 de abril del 2021). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos (RUOA UNAM) Observatorio Atmosférico.

3.2 Diseño experimental y de tratamientos

Se usó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron cortes sucesivos que se realizaron semanalmente en un periodo de siete semanas de rebrote. El área experimental conto de 450 m², donde se establecieron varios cultivos de cereales. Para este trabajo solo se consideró la cebada var. Gabyan 95. El área experimental fue dividida en camas de 12 m de largo por 1.5 m de ancho, establecidas el 04 de septiembre del 2020, a una densidad de siembra de 120 kg SPV ha⁻¹. Se utilizó un sistema de riego por goteo con cintilla superficial, calibre 6000. Para iniciar el estudio se realizó el primer corte a los 70 días de rebrote (DDR). Para realizar el corte se utilizó una hoz cortando el follaje a una altura de 12 cm al nivel del suelo. Posteriormente, del 23 de enero al 17 de abril se practicaron cortes con la misma intensidad de defoliación para evaluar productivamente la pradera.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Rendimiento de forraje

Para determinar el rendimiento de forraje, se cortó material vegetal fresco 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 parcela, y su calculó a rendimiento de materia seca por hectárea, mediante a siguiente formula:

$$\frac{0.25 \text{ m}^2 \text{ (área de muestreo)} \text{ ----- g MS pesados}}{10000 \text{ m}^2 \text{ (1 ha)} \text{ ----- kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}}$$

3.3.2 Composición morfológica (CB)

De la muestra para estimar rendimiento de forraje se llevó a cabo una homogenización y se tomó una sub-muestra de aproximadamente 10 % de la muestra total, la cual fue separada en hojas, tallos, material muerto, e inflorescencia.

Finalmente se pesaron en una báscula analítica, para su posterior estimación en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹ de aportación al rendimiento total de forraje, mediante la siguiente formula:

CBM (%)

$$CM (\%) = \frac{[\text{Peso total del componente}]}{\text{Peso total de la CM}} \times [100]$$

CBM en Kg MS ha⁻¹

$$\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} = \frac{[\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1} \text{ componente}^{-1}]}{\text{kg MS ha}^{-1} \text{ estación}^{-1}} \times [100]$$

3.3.3 Relación Hoja:Tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica de los componentes hoja y tallo, fueron utilizados para estimar la relación hoja:tallo la cual se calculó mediante la siguiente formula:

R: H/T

Dónde:

R = Relación del peso de la hoja, respecto a la del tallo.

H = Peso de la hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso del componente tallo (kg MS ha⁻¹)

3.3.4 Altura de la planta

Antes de realizar cada corte se determinó la altura de 10 plantas seleccionadas al azar por repetición, con el uso de una regla de madera graduada a 100 cm, con 1 mm de precisión, donde 0 cm se colocó a ras de suelo y a partir de ahí se tomó la altura de las plantas seleccionadas de las cuales posteriormente se obtuvo el promedio.

3.3.6 Análisis de datos

Para determinar el efecto de edad de rebrote, se llevó a cabo un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

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

B_{ij} = Efecto del i -ésimo bloque

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 cebada variedad Gabyan-95, cosechada a diferentes días de rebrote (DDR), en el Sureste de Coahuila. Se registraron diferencias altamente significativas ($<.0001$; Cuadro de Anexos 6.1). El mayor rendimiento de materia seca se presentó a los 105 días de rebrote con $6,784 \text{ kg MS ha}^{-1}$, y el menor a los 77 DDR con $763 \text{ kg MS ha}^{-1}$, siendo similar estadísticamente al rendimiento registrado a los 70 DDR ($885 \text{ kg MS ha}^{-1}$). En general los rendimientos se incrementaron desde los 84 hasta los 105 DDR, para descender a los 112 DDR.

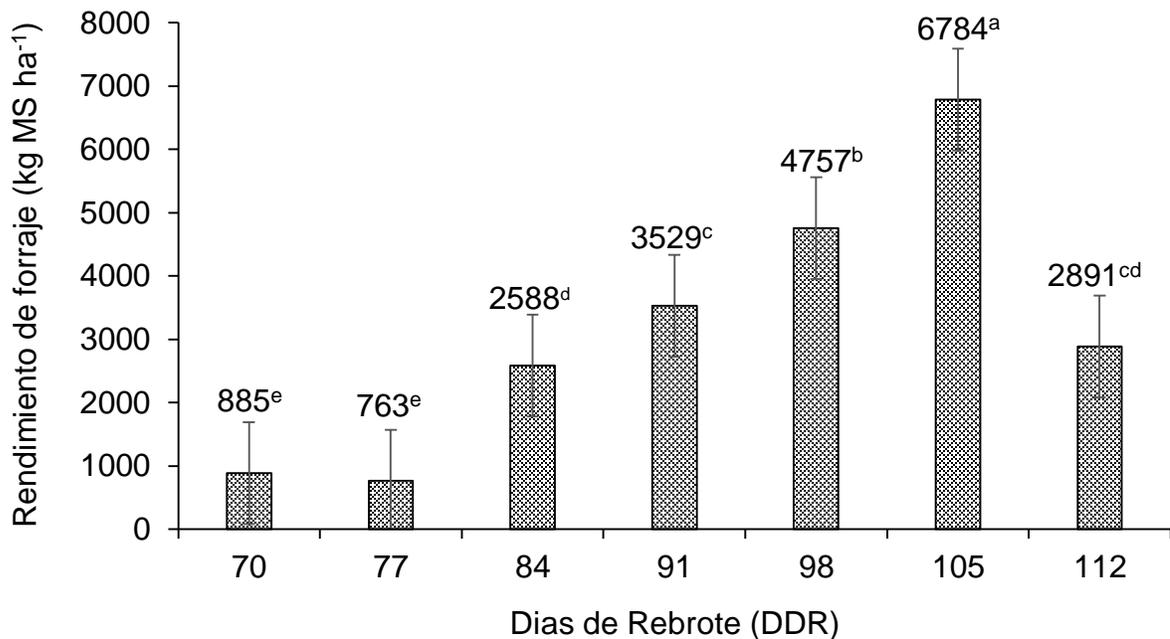


Figura 7. Rendimiento de forraje (kg MS ha^{-1}) en cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México. RMS = Rendimiento de Materia Seca. Medias con las mismas letras sobre las columnas, son estadísticamente iguales (Tukey; $P < 0.05$).

Wilson *et al.* (2017) especifica en un ciclo de producción de invierno primavera se presenta un crecimiento progresivo en la acumulación de forraje desde los 43 Días Después de la Siembra (DDS) hasta alcanzar los máximos rendimiento de materia seca a los 84 DDS. El máximo crecimiento lo registra a los 105 DDS, cuando las plantas se encuentran en estado de inicio masoso. La var. Esperanza x O'Connor fue la que obtuvo mayor rendimiento de materia seca con 13,155.48 kg MS ha⁻¹.

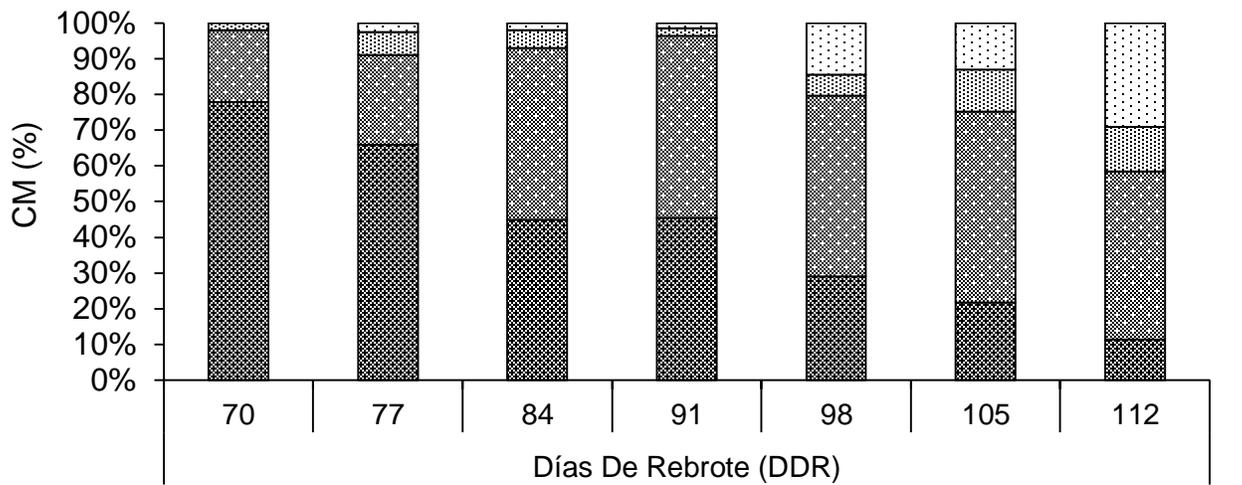
4.2 Composición morfológica (CM)

En la Figura 8, se presentan los cambios en la aportación al rendimiento total de los componentes de cebada var. Gabyan-95, cosechada a diferentes Días de Rebrote, en el ciclo otoño e invierno, en el Sureste de Coahuila, En promedio, la hoja y el tallo aportaron la cantidad en porcentaje al rendimiento total (42 %), seguidos por la inflorescencia con 8 % y el material muerto con 6 % (Cuadro 6.2 de Anexos). La hoja tuvo la mayor aportación a los 70 y 77 (DDR) con el 78 y 66 %, respectivamente, y una menor a los 112 DDR con 11 %, con diferencias altamente significativas ($p < .0001$). El tallo a diferencia de la hoja su mayor aportación se presentó a partir de los 84 hasta los 112 DDR, con valores entre 20 y 53 %, a los 70 y 105 DDR, respectivamente, con diferencias altamente significativas ($p < .0001$). En cuanto al material no se presentaron diferencias estadísticas entre DDR, con un promedio de 6 % ($p > 0.05$). No así la inflorescencia la cual se presentó en mayor porcentaje de aportación a los 112 DDR con 28 % del rendimiento total y cero presencias a los 70 DDR. La comparación entre componentes muestra que la hoja fue mayor al resto a los 70 y 77 DDR con 78 y 66 %, y similar estadísticamente al tallo a los 84 y 91 DDR. A los 98 y 105 días el tallo tuvo mayor presencia con 50 y 53 %, respecto al resto de los componentes. Al final del estudio, a los 112 DDR no se presentaron diferencias estadísticas entre componentes ($p > 0.05$).

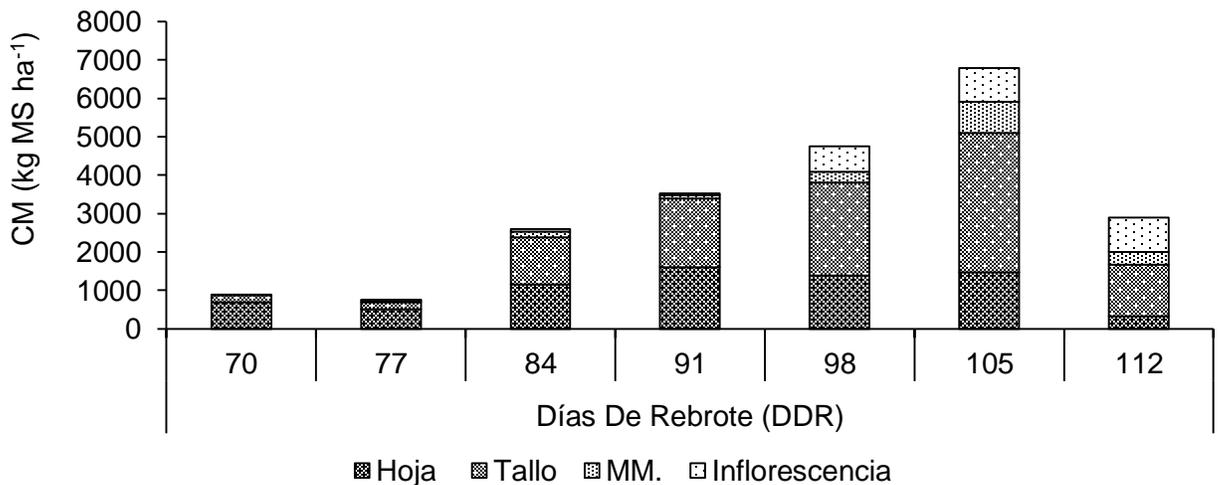
En el caso de la producción de materia seca por componente, se presentaron diferencias estadísticas entre componentes y DDR ($p < 0.05$). La mayor producción de hoja se presentó de los 84 a los 105 DDR con valores entre 1,148 y 1,600 kg MS ha⁻¹

y los menores al inicio y al final del estudio, a los 70, 77 y 112 DDR, con 689, 503 y 320 kg MS ha⁻¹, respectivamente. El tallo registro su mayor producción a los 105 DDR con 3,629 kg MS ha⁻¹. La menor producción de tallo fue a los 70 y 77 DDR con 178 y 191 kg MS ha⁻¹. La mayor y menor presencia de material muerto se registró a los 70 y 105 DDR con 17 y 810 kg MS ha⁻¹. Así mismo, la inflorescencia se presentó en mayor cantidad al final del estudio, a los 105 y 112 DDR con 880 y 883 kg MS ha⁻¹, superando aun a los 112 DDR a la hoja, como el componente más componente en la producción de forraje con un porcentaje de aportación de 28 vs 11 %, respectivamente. La mayor producción de los componentes morfológicos correspondió con la mayor producción de forraje total (Figura 4.1), donde esta se debió en su mayoría al tallo con 53 %, de aportación.

De acuerdo con Wilson *et al.* (2017) reporto que el componente hoja presenta un aumento progresivo hasta los 35 a los 63 Días Después de la Siembra (DDS). En las líneas Esp x O'Connor obtuvo un rendimiento promedio de 1,362 kg MS ha⁻¹ y Esp x CP 1,130 kg MS ha⁻¹, mientras que en la var. Lenetah presentó menor rendimiento con 1,028 kg MS ha⁻¹ ($p < 0,05$). La aportación al rendimiento total de la hoja para las mismas fechas fue de 75, 78 y 83 %, en cuento al tallo fue de 20, 19 7 8 %, y en material muerto de 5, 3 y 9%. En un segundo ciclo de producción invierno-primavera la dinámica de crecimiento del componente morfológico hoja se incrementó hasta los 77 DDR. A partir de estas fechas los componentes tallo y material muerto fueron los que obtuvieron el máximo valor al rendimiento total. La presencia de la espiga para las tres variedades inicio a los 84 DDS. Por su parte, Rojas *et al.* (2016) y Da Silvia *et al.* (2007), encontraron que la distribución de biomasa durante el periodo de cosecha puede afectar el rendimiento y la calidad de forraje. Así mismo, estipulan que la edad de la planta a la cual se cosecha, tienen un efecto significativo en la cantidad de hoja, tallo, inflorescencia y biomasa total. También, las bajas temperaturas pueden ocasionar perdidas de actividades fotosintéticas, perdida de espiga ya diferenciada con la consecuente esterilidad del tallo, daños en nudos y entrenudos basales.



	70	77	84	91	98	105	112
Hoja	78 ^{Aa}	66 ^{Aa}	45 ^{Ab}	45.6 ^{Ab}	29 ^{ABc}	21.6 ^{Bcd}	11 ^{Ad}
Tallo	20 ^{Bb}	25 ^{Bb}	48 ^{Aa}	51 ^{Aa}	50.6 ^{Aa}	3.32 ^{Aa}	47 ^A
MM	2 ^{Ca}	6.3 ^{Ca}	5 ^{Ba}	2.3 ^{Ba}	5 ^{Ca}	11.6 ^{Ba}	12.6 ^{Aa}
Infl.	0.0 ^{Cb}	2.3 ^{Cb}	2 ^{Bb}	1.3 ^{Bb}	14.6 ^{BCab}	13.3 ^{Bab}	28.6 ^{Aa}



	70	77	84	91	98	105	112
Hoja	689 ^{Ab}	503 ^{Ab}	1148 ^{Aa}	1600 ^{Aa}	1391 ^{ABa}	1463 ^{Ba}	320 ^{Ab}
Tallo	178 ^{Bd}	191 ^{Bd}	1238 ^{Ac}	1798 ^{Ac}	2412 ^{Ab}	3629 ^{Aa}	1347 ^{Ac}
MM	17 ^{Cb}	52 ^{BCab}	145 ^{Bab}	80 ^{Bab}	279 ^{Bab}	810 ^{Ba}	340 ^{Aab}
Infl.	0.0 ^{Cb}	17 ^{Cb}	55 ^{Bab}	50 ^{Bab}	673 ^{Bab}	880 ^{Aa}	883 ^{Aa}

Figura 8. Cambios en la composición morfológica (CM) de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Gabyan-95 cosechada a diferente edad de rebrote. Literales minúsculas diferentes en cada fila y mayúsculas diferentes en cada columna son diferentes estadísticamente.

4.3 Relación hoja:tallo (R: H/T)

En la Figura 9 se presenta la relación de la hoja respecto al tallo (R:H/T), de cebada (*Hordeum vulgare* L.), cosechada a diferentes edades de rebrote, en el sureste de Coahuila. Se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) entre días después del rebrote. A mayor edad de rebrote de la cebada, esta afecta negativamente la relación hoja tallo. Se observó que la relación hoja.tallo disminuye conforme aumenta la edad de la planta. El mayor valor que se obtuvo fue a los 70 DDR con 3.9, lo que significa que se produjo 2.9 veces más de hoja respecto al tallo. De esta manera los valores fueron disminuyendo hasta 0.2 a los 112 DDR, lo que significa que el tallo se produjo en mayor cantidad que la hoja. Una mayor disminución de la relación hoja:tallo se observó a partir de los 84 DDR.

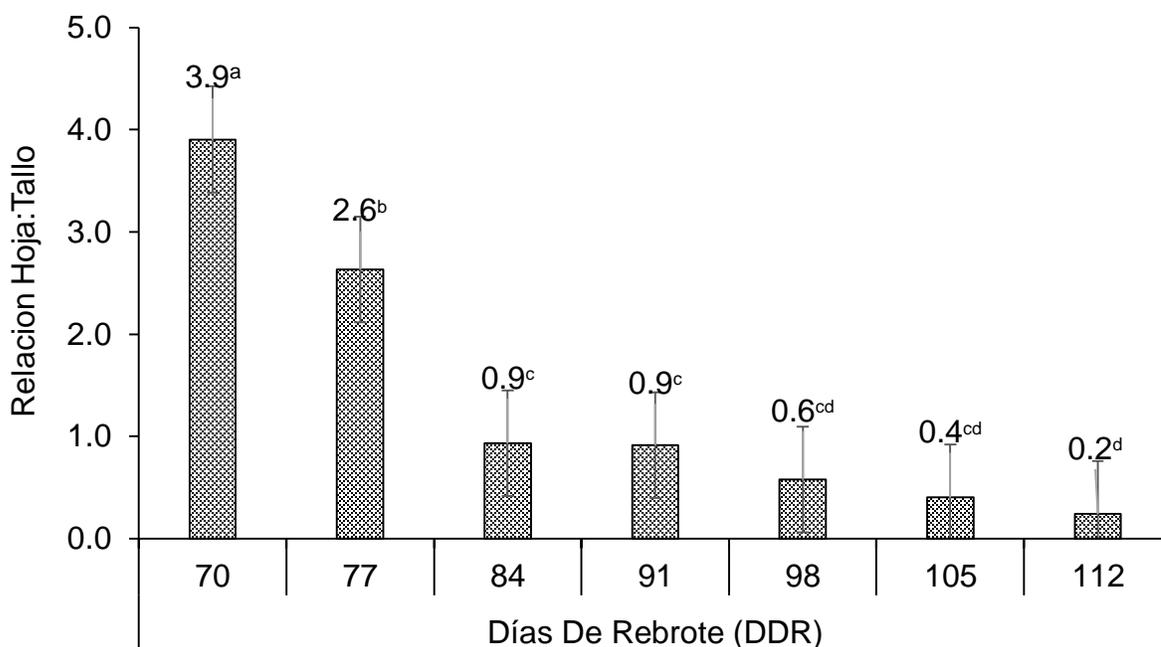


Figura 9. Relación hoja: tallo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Gabyan-95 cosechada a diferente edad de rebrote. R:H/T= Relación Hoja:Tallo. Misma letra minúscula en la misma fila no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$).

Juskiw *et al.* (2000), reporta al realizar tres estudios de campo para evaluar la productividad de cebada, avena y triticale encontró que conforme avanza la madurez de la planta la cantidad de hoja declinada y la espiga se incrementa. Los resultados obtenidos por estos autores fueron en cebada 18 % de hoja, 50% tallos y 31% de inflorescencia. En cuanto a avena 18% de hojas, 44.5 % tallos y 37 % de inflorescencia. En el triticale obtuvo 22% de hoja 43% tallos y 35% de inflorescencia.

4.4 Altura de planta

En la Figura 10, se muestra los cambios en la altura de la planta de cebada (*Hordeum vulgare* L.), cosechada a diferentes días de rebrote, en el sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias altamente significativas entre días de rebrote ($p < 0.0001$). El promedio general fue de 52 cm (Cuadro 6.1 Anexos). La gráfica muestra una tendencia positiva desde los 70 DDR se observa un aumento de la altura conforme avanzan la edad del rebrote. La mínima altura de planta estadísticamente se registró a los 70 y 77 DDR con crecimientos de 31 y 38 cm, respectivamente. La mayor altura se presentó cuando la planta tenía 105 DDR con 78 cm, lo que correspondió con el mayor rendimiento total y de los componentes morfológicos de la planta (Figura 4.1 y 4.2). De acuerdo con Wilson *et al.* (2017), encontraron la mayor altura en la estación de invierno a los 84 días después de la siembra con 88, 81 y 55 cm esto fue para el ciclo invierno primavera 2012-2013 en la var. Esp x O'Connor, Esp x CP y Lennetah, respetivamente. Para el mismo ciclo, pero 2013-2014 los valores oscilaron entre 106, 105 y 73 cm para la misma variedad. Las máximas alturas en cebada en el segundo ciclo evaluados estos autores encontraron a los 98 DDR con 133 y 112 cm.

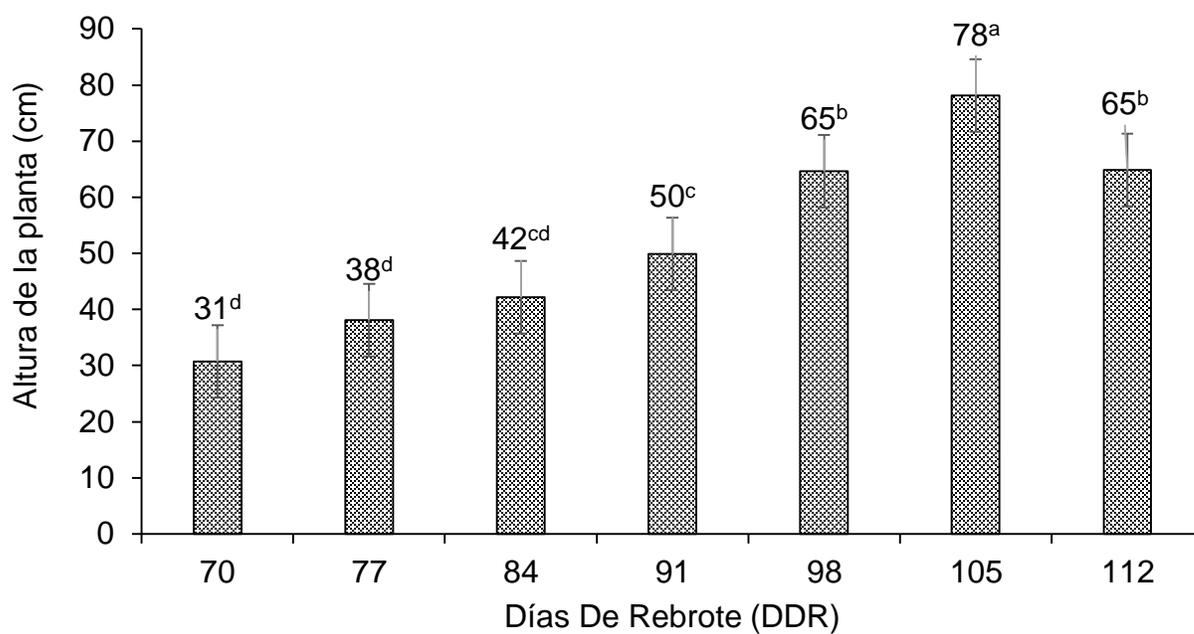


Figura 10. Altura de planta (cm) de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Gabyan-95 cosechada a diferente edad de rebrote. Diferente letra minúscula entre cortes, indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$). AP = Altura de planta.

V. CONCLUSIONES

La edad de rebrote a la que fue cosechada la cebada (*Hordem vulgare* L.) var. Gabyan-95, afecto positivamente al rendimiento total de forraje, el rendimiento de sus componentes morfológicos y altura de planta, los cuales se incrementaron desde los 70 hasta los 105 días de rebrote. Así mismo en la aportación al rendimiento total en porcentaje el tallo, material muerto e inflorescencia, se incrementaron a mayores días de rebrote. Por el contrario, la hoja y su relación respecto al tallo disminuyeron conforme la planta se cosecho a mayor edad de rebrote.

VI. LITERATURA CITADA

- AGROFORO. 2003.** Perfil de la cebada. En línea. Disponible en <http://www.agroforo.com/Servicios/Perfiles%20de%20cultivos/Cebada/cebada1.htm>.
- Álvarez B. y César A. 2006.** Análisis económico de un sistema productivo bajo riego por goteo. Argentina, Gobierno de la provincia de Catamarca. 28 p.
- Arestegui, A. 1992.** Botánica Agrícola. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Arias, G. 1995.** Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en América del Sur. FAO. Dirección de producción y producción vegetal. Red de cooperación técnica en producción de cultivos alimenticios.157 p. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/45923>
- Beratto E. 2001.** Cebada y Avena. 11 ed. Chile, Sociedad Química y Minera de Chile S.A. p 577-591.
- Castañeda, S. M. C. C. L., Moreno, J. M., León, T. B. C., & Hernández, A. L. 2004.** Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. Revista fitotecnia mexicana, 27(2): 167-175.
- Cebada cervecera, (2018).** (<https://cebadacervecera.com.ar/cebada-produccion-mundial-por-paises/>). (26, marzo,2021).
- Colín R., M., V.M. Zamora V., A.J. Lozano del R., G. Martínez Z. y M.A. Torres T. 2007.** Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada para el norte y centro de México. Téc Pecu. Méx. 45 (3): 249-262. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345301>

- 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. 97 p.
- Colín, R.M., A.J. Lozano, G. Martínez, V.M. Zamora, J.T. Santana y M.V. Méndez, 2004.** Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento de forraje. Resultados de investigación 2003. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cherney, J.H., G.C. Marten, and R.D. Goodrich. 1983.** Rate and extent of cell wall digestion of total forage and morphological components of oats and barley. Crop Sci. 23: 213-216.
- 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: 122-38.
- Echeverri, S.A.1958.** Anotaciones para un programa de mejoramiento de pastoreo y forrajes. Agricultura Tropical. 14:181- 190.
- FAO, 1994.** Requerimiento Agroecológico de cultivos.
- Forero, Daniel Gonzalo. 2000.** Almacenamiento de Granos. UNAD, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá. **22 pg.**
- Flores, M. J. A. 1977.** Bromatología animal. Edición Limusa. Tercera edición. México DF. México.1096 pág.
- Flores, L.A., G. Lizárraga del C., y F.J. Peñuñuri, M. 1984.** Evaluación en la Producción de Forraje, Valor Nutritivo y Calidad del Ensilaje en Diferentes Especies de Cereales. Técnica Pecuaria en México. Suplemento 11.
- Guerrero, A. 1992.-** Cultivos herbáceos extensivos. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 122-159pp.

- Hernández, S.A. 1987.** Introducción al mejoramiento genético de cereales de grano pequeño. SARH-INIFAP. México. 48p.
- Hughes, H.D., M.E. Heath y D.S. Metcalfe. 1974.** Forrajes, Ed. CECSA, México p.343-373.
- Juskim, P.E., J.H. Helm, and D.F. salmon, 2000.** Postheading biomass distribution for monocrops and mixture of small grain cereals. crop sci. 40: 138-147.
- Kent, N.L. 1987.** Tecnología de los Cereales. Tercera Edición. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 221 p.
- Mc Cartney, D.H., and A.S. Vaage. 1994.** Comparative yield and feeding value of barley, oat and triticale silages. Can. J. Anim. Sci. 74: 91-96.
- Oltjen, J.W. and Bolsen, K.K. 1980.** Wheat, barley, oat and corn silages for growing steers. J. Anim. Sci. 51: 958 – 965.
- 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.
- 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. QuitoEcuador. 69 p.
- Ramirez, P.F. 1977.** Memoria de la II Reunión Técnica de la Unidad de Cereales (trigo, avena, triticale, y laboratorio de calidad). SARH – INIA. Puebla. México.
- Reyes, L. T.; Camacho C. y Guevara, F. 2013.** Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. INIFAP. Libro técnico núm. 7. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. 242 p.

- Robles, S. R., 1990.** Producción de granos y forrajes. 5ta Edición. Editorial Limusa. México. Pág. 267-284.
- Rojas García, A. R.; Hernández Garay, A.; Ayala, W.; Mendoza Pedroza, S. I.; Cancino, S. J.; Vaquera Huerata, H.; Santiago Ortega, M. A. 2016.** Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 48(2): 57-68.
- Rojas, G. E. 1977.** Variedades mexicanas de las cebadas. INIA. Folletos de divulgación. No. 49.
- RUOA, UNAM.** <https://www.ruoa.unam.mx/index.php?page=estaciones&id=10> (28 febrero 2021)
- Shands y Dickson.1955.** Economic botany. The New York Botanical Garden. New York. Vol. 7.1-26
- Wilson García, C. Y., Hernández Garay, A., Ortega Cerrilla, M. E., López Castañeda, C., Bárcena Gama, R., Zaragoza Ramírez, J. L., & Aranda Osorio, G. 2017.** Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, 49(2), 79-92.*
- Von Bothmer, R., Sato, K., Komatsuda, T., Yasuda, S. and Fischbeck, G. (2003).** The domestication of cultivated barley. pp. 9-27, in R von Bothmer, T van Hintum, H Knüppfer, K Sato (eds). *Diversity in Barley (Hordeum vulgare).* Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands

VII. ANEXOS

Cuadro 6.1 Rendimiento de forraje (RF), Relación hoja:tallo (R:H/T), y Altura de Planta (AP), evaluados en cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.

DDR	RMS (kg MS ha ⁻¹)	R:H/T	AP (cm)
70	885 ^e	3.9 ^a	31 ^d
77	763 ^e	2.6 ^b	38 ^d
84	2588 ^d	0.9 ^c	42 ^{cd}
91	3529 ^c	0.9 ^c	50 ^c
98	4757 ^b	0.5 ^{cd}	64 ^b
105	6784 ^a	0.4 ^{cd}	78 ^a
112	2891 ^{cd}	0.2 ^d	65 ^b
\bar{x}	3171	1.3	52
Pr > F	<.0001	<.0001	<.0001
EEM	286	0.213	4.1
DMS	819	0.609	11.7

Misma letra minúscula en una misma columna no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). Sig= significancia. EEM= error estándar de media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6.2 Aportación de los componentes morfológicos (%) al rendimiento total de forraje de cebada (*Hordeum vulgare* L.), var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.

DDR	Componentes Morfológicos				Total	Pr > F	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	MM	Inflorescencia				
70	78 ^{Aa}	20 ^{Bb}	2 ^{Ca}	0 ^{Cb}	100	<.0001	1.6	4.6
77	66 ^{Aa}	25 ^{Bb}	6 ^{Ca}	2 ^{Cb}	100	0.0001	6.0	17.2
84	45 ^{Ab}	48 ^{Aa}	5 ^{Ba}	2 ^{Bb}	100	0.0003	5.8	16.4
91	45 ^{Ab}	51 ^{Aa}	2 ^{Ba}	1 ^{Bb}	100	0.0003	6.2	17.5
98	29 ^{ABc}	50 ^{Aa}	5 ^{Ca}	14 ^{BCab}	100	0.0053	7.8	22.2
105	21 ^{Bcd}	53 ^{Aa}	11 ^{Ba}	13 ^{Bab}	100	0.0009	5.5	15.6
112	11 ^{Ad}	47 ^{Aa}	12 ^{Aa}	28 ^{Aa}	100	0.1108	13.0	36.9
\bar{x}	42 ^A	42 ^A	6 ^B	8 ^B	100	<.0001	2.3	6.5
Pr > F	<.0001	<.0001	0.55	0.01				
EEM	4.7	5.1	7.2	8.0				
DMS	13.4	14.6	20.5	22.8				

Misma literal minúscula en la misma columna y misma literal mayúscula en la misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). EEM= Error estándar de media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6.3 Análisis de varianza de los componentes morfológicos, expresados en porcentaje (kg MS ha⁻¹) y aportación al rendimiento total de forraje de una pradera de cebada (*Hordeum vulgare* L.) var. Gabyan-95, cosechada a diferentes días después del rebrote (DDR), en el sureste de Coahuila, México.

DDR	Componentes Morfológicos				Total	Pr > F	EEM	DMS
	Hoja	Tallo	MM	Inflorescencia				
70	689 ^{Ab}	178 ^{Bd}	17 ^{Cb}	0 ^{Cb}	885 ^e	<.0001	25	72.8
77	503 ^{Ab}	191 ^{Bd}	52 ^{BCab}	17 ^{Cb}	763 ^e	0.0002	49	141
84	1148 ^{Aa}	1238 ^{Ac}	145 ^{Bab}	55 ^{Bab}	2588 ^d	<.0001	107	303
91	1600 ^{Aa}	1798 ^{Ac}	80 ^{Bab}	50 ^{Bab}	3529 ^c	0.0002	208	589
98	1391 ^{ABa}	2412 ^{Ab}	279 ^{Bab}	673 ^{Bab}	4757 ^b	0.0072	1189	1128
105	1463 ^{Ba}	3629 ^{Aa}	810 ^{Ba}	880 ^{Aa}	6784 ^a	0.0006	354	1000
112	320 ^{Ab}	1347 ^{Ac}	340 ^{Aab}	883 ^{Aa}	2891 ^{cd}	0.1393	416	1178
\bar{x}	1016 ^B	1542 ^A	246 ^C	365 ^C	3171	<.0001	113	322
Pr > F	<.0001	<.0001	0.07	0.007	<.0001			
EEM	159	208	274	299	286			
DMS	456	595	783	854	819			

Misma literal minúscula en la misma fila y misma literal mayúscula en la misma columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). EEM= Error estándar de media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.