

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



**Análisis de crecimiento de centeno (*Secale cereale* L.) para  
producción de forraje, en el Sureste de Coahuila, México**

Por:

**Misael Rodríguez Arteaga**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Parcial Para  
Obtener El Título De:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, septiembre 2022.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Análisis de crecimiento de centeno (*Secale cereale*) para producción de forraje, en el  
Sureste de Coahuila, México

POR:

**Misael Rodríguez Arteaga**

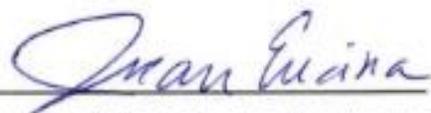
TESIS PROFESIONAL

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

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Perpetuo Álvarez-Vázquez  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Antonio Encina-Domínguez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Joel Ventura-Ríos  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Alan Emmanuel Fuentes-Huerta  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Duñez Alanís  
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre 2022.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, septiembre 2022.

### DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "**Análisis de crecimiento de centeno (*Secale cereale* L.) para producción de forraje, en el Sureste 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.

Misael Rodríguez Arteaga

---

Nombre



---

Firma

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de forraje y componentes morfológicos para determinar el momento óptimo de corte para forraje de centeno (*Secale cereale* L.). El experimento se estableció con un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables a evaluar fueron Rendimiento de Forraje (RF), Composición Botánica-Morfológica (CBM), Relación Hoja:Tallo (R:H/T) y Altura de la Planta (AP). Se realizaron cortes sucesivos a intervalos de siete días, desde los 35 a los 98 Días Después de la Siembra (DDS). Los datos registrados de cada medición fueron analizados con el procedimiento PROC GLM de SAS con una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). El mayor RMS fue a los 91 y 98 DDS con  $6,180 \text{ kg MS ha}^{-1}$ , y la menor se presentó a los 35 DDS con un valor de  $244 \text{ kg MS ha}^{-1}$ . En la CBM, la hoja sobresalió en cuanto al rendimiento, con una aportación mayor y menor de 83 y 29 %, a los 49 y 98 DDS. El tallo presentó un comportamiento ascendente con un valor del 10 % a los 35 (DDS), y el valor más alto de 34 % a los 84 DDS. Por otra parte, el material muerto se presentó a los 42 DDS, con un valor registrado del 4% siendo el valor máximo de 10 % a los 98 y 91 DDS. La inflorescencia se presentó a partir los 56 DDS con un 4 % mostrando mayor incidencia a los 98 y 91 DDS, con 32 %. Por otra parte, la maleza se presentó en los 35 y 42 DDS, con 10 y 7 %. La aportación promedio en materia seca fue de 1374, 861, 664, 275 y 7  $\text{kg MS ha}^{-1}$ , correspondiente a la hoja, tallo, inflorescencia y maleza. La relación hoja:tallo disminuyó de acuerdo a una mayor edad de las plantas. Se registró un valor de 10.6 a los 35 DDS y 1.7 y 0.9 a los 92 y 98 DDS, respectivamente. Así mismo, el mayor valor registrado de altura se presentó a los 98 DDS con 124 cm. Por los resultados presentados, el punto óptimo de cosecha en centeno evaluado a diferentes edades fenológicas se presenta entre los 91 y 98 DDS, momento en el cual se presenta el mayor rendimiento y donde el componente de mayor aportación es la hoja.

**Palabras clave:** Producción de forraje, composición morfológica, punto óptimo de cosecha.

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate forage yield and morphological components to determine the optimum cutting time for rye (*Secale cereale* L.) forage. The experiment was established in a completely randomized block design with three replications. The variables to be evaluated were Forage Yield (FY), Botanical-Morphological Composition (BMC), Leaf:Stem Ratio (R:L/S ) and Plant Height (PH). Successive cuts were made at intervals of seven days, from 35 to 98 Days After Planting (DAP). The recorded data of each measurement were analyzed with the SAS PROC GLM procedure with a comparison of means with Tukey's test ( $P \leq 0.05$ ). The highest RMS was at 91 and 98 DAP with 6,180 kg DM ha<sup>-1</sup>, and the lowest occurred at 35 DAP with a value of 244 kg DM ha<sup>-1</sup>. In the BMC, the leaf stood out in terms of yield, with a higher and lower contribution of 83 and 29 %, at 49 and 98 DAP. The stem presented an ascending behavior with a value of 10% at 35 (DAP), and the highest value of 34 % at 84 DAP. On the other hand, the dead material appeared at 42 DAP, with a registered value of 4%, the maximum value being 10% at 98 and 91 DAP. The inflorescence appeared after 56 DAP with 4 % showing a higher incidence at 98 and 91 DAP, with 32 %. On the other hand, weeds appeared at 35 and 42 DAP, with 10 and 7 %. The average contribution in dry matter was 1374, 861, 664, 275 and 7 kg DM ha<sup>-1</sup>, corresponding to the leaf, stem, inflorescence and weed. The leaf:stem ratio decreased according to a higher age of the plants. A value of 10.6 was recorded at 35 DDS and 1.7 and 0.9 at 92 and 98 DAP, respectively. Likewise, the highest recorded height value was presented at 98 DAP with 124 cm. Based on the results presented, the optimal harvest point for rye evaluated at different phenological ages occurs between 91 and 98 DAP, at which time the highest yield occurs and where the component with the greatest contribution is the leaf.

**Keywords:** Forage production, morphological composition, optimum harvest point.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres **Roberto Rodríguez García y Regina Arteaga Vilchis**; a ustedes por darme todo su apoyo, amor y cariño para lograr mi sueño, por el sacrificio y apoyo que me han brindado durante todo el periodo de mis estudios.

A mi familia, mis seres queridos y a mis hermanos, al igual doy mil gracias a mi abuela María Marciala García Posadas que en paz descanse, quien me apoyo en todo, en las buenas y en malas dándome consejos de cómo sobre llevar las cosas, de antemano agradezco a todos los que me dieron apoyo moral y económico, por ustedes soy la persona que soy el día de hoy.

A mi ALMA TERRA MATER: por ser mi segundo hogar, por darme un espacio es sus aulas al igual que darme toda la sabiduría y por todos los bellos momentos que he pasado desde que llegué a refugiarme a tu lado, gracias UAAAN.

Al Dr. Perpetuo Álvarez-Vázquez; por darme la confianza de poder hacer las cosas y animarme a creer en mí mismo, por ser un ejemplo a seguir, por dedicarme todo el tiempo y paciencia necesario para poder sacar el trabajo de investigación adelante.

A mis coasesores de tesis: Dr. Juan Antonio Encina-Domínguez, Dr. Joel Ventura-Ríos y al Ing. Alan Emmanuel Fuentes-Huerta, por hacer valiosas aportaciones que posibilitaron la presentación de este trabajo para culminar con el último escalón de mi aprendizaje en la carrera profesional.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**Roberto Rodríguez García y Regina Arteaga Vilchis** por haberme dado la oportunidad de seguir con mis estudios, de darme todo el apoyo económico, emocional y moral, gracias por darme su confianza, su esfuerzo y dedicación, sé que es difícil dedicarle tiempo a cada uno de mis hermanos y a mí, pero con lo poco que me pudieron dar, estoy muy agradecido por todos los esfuerzos que han hecho por mí durante toda la vida, gracias por las buenas enseñanzas y por guiarme a un camino mejor en la vida.

### **A MI ABUELA**

**María Marciala García Posadas** que en paz descanse quien gracias a sus consejos de vida pude entrar en razón y orientarme por un camino mejor para ser un ser humano de bien hoy puedo por medio de este escrito darte las gracias y decirte que lo logre.

### **A TODOS MIS FAMILIARES**

A mis hermanos y hermanas quienes a lo largo de este proceso estuvieron apoyándome moralmente dándome valiosos consejos acompañándome desde lejos también agradecer a la gente cercana, gracias a todos los que creyeron en mí y a los que no también, por todos aquellos consejos que de corazón me decían.

### **A MIS AMIGOS**

Por todos y cada uno de los buenos momentos que pasamos durante nuestra formación profesional agradezco todos los consejos y apoyo que nos brindamos además del tiempo de convivencia durante la carrera, no está demás desearles todo el éxito del mundo durante su vida también agradecer a todas aquellas personas que conocí a lo largo de mi formación ya que de algún modo directa o indirectamente contribuyeron a mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
<b>1.2 HIPÓTESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Generalidades del centeno .....	3
2.2 Descripción del centeno.....	4
2.2.1 Clasificación taxonómica .....	4
2.2.2 Descripción morfológica .....	4
2.2.3 Crecimiento y desarrollo del centeno.....	10
2.3 Condiciones de adaptación del centeno .....	11
2.3.1 Requerimientos de clima .....	11
2.3.2 Requerimiento de suelo.....	11
2.3.4 Condiciones para la germinación.....	11
2.4 Manejo del cultivo y usos.....	12
2.4.1 Control de maleza.....	12
2.4.2 Enfermedades del centeno.....	12
2.4.3 Uso del centeno en la alimentación animal .....	13
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1 Sitio experimental .....	14
3.2 Diseño experimental y tratamientos.....	15

3.3 Variables evaluadas.....	15
3.3.1 Rendimiento de forraje .....	15
3.3.2 Composición Botánica - Morfológica (CMB) .....	15
3.3.3 Relación hoja:tallo .....	16
3.4 Análisis estadísticos.....	16
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
4.1 Rendimiento de forraje.....	17
4.2 Composición botánica - morfológica.....	18
4.3. Altura de la planta .....	22
4.4 Relación Hoja:Tallo.....	23
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>26</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes morfológicos de una planta completa de centeno. <a href="https://www.botanical-online.com/botanica/centeno-caracteristicas">https://www.botanical-online.com/botanica/centeno-caracteristicas</a> .....	5
<b>Figura 2.</b> Estratificación de la raíz de una gramínea. <a href="https://lahuertadelosrobles.wordpress.com/2015/01/27/manda-raices/">https://lahuertadelosrobles.wordpress.com/2015/01/27/manda-raices/</a> .....	6
<b>Figura 3.</b> Componente del tallo y hoja del centeno. <a href="https://www.alamy.es/las-cosechas-del-campo-meridional-exclusivo-de-las-plantas-forrajeras-la-agricultura-2-sur-de-cultivos/">https://www.alamy.es/las-cosechas-del-campo-meridional-exclusivo-de-las-plantas-forrajeras-la-agricultura-2-sur-de-cultivos/</a> .....	7
<b>Figura 4.</b> Apariencia de la inflorescencia del centeno tipo espiguilla distica. <a href="https://es.pngtree.com/freepng/Designed-agriculture-grain-rye-ear-spike-vector_5141310.html">https://es.pngtree.com/freepng/Designed-agriculture-grain-rye-ear-spike-vector_5141310.html</a> .....	8
<b>Figura 5.</b> Espiguilla de una gramínea. <a href="https://botanipedia.org/index.php?title=ESPIGUILLA">https://botanipedia.org/index.php?title=ESPIGUILLA</a> .....	9
<b>Figura 6.</b> Componentes del fruto de una gramínea. <a href="https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0u.htm">https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0u.htm</a> .....	10
<b>Figura 7.</b> Medias semanales de la temperatura máxima (T <sub>máx</sub> , °C), mínima (T <sub>min</sub> , °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 11 de agosto al 12 de octubre del 2019. ....	14
<b>Figura 8.</b> Rendimiento de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de centeno cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo otoño del 11 de agosto al 12 de octubre del 2019. ....	18
<b>Figura 9.</b> Composición botánica y morfológica de centeno ( <i>Sereale cecale</i> ) cosechado a diferentes edades de la planta en el sureste de Coahuila, México.....	21
<b>Figura 10.</b> Altura de la planta (AP; cm) ( <i>Secale cereale</i> ) cosechada a diferentes días después de la siembra, bajo condiciones edafoclimáticas del sureste de Coahuila, México.....	22
<b>Figura 11.</b> Relación hoja tallo (R:HT) de centeno cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo otoño del 11 de agosto al 12 de octubre del 2019, bajo condiciones edafoclimáticas del Sureste de Coahuila, México.....	24

## ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS

<b>Cuadro 1.</b> Variables productivas de centeno ( <i>secale cereale</i> ) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.....	31
<b>Cuadro 2.</b> Composición Morfológica (%) de centeno ( <i>secale cereale</i> ) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.....	<u>32</u>
<b>Cuadro 3.</b> Composición Morfológica (kg MS ha <sup>-1</sup> ) de centeno ( <i>secale cereale</i> ) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.....	33

## I. INTRODUCCIÓN

En los países en desarrollo la demanda de cereales ha crecido con mayor rapidez que la producción y es probable que incrementen sus importaciones (FAO, 2015). Se considera que, en el año 2030, estos países podrán importar anualmente 265 millones de toneladas de cereales, es decir el 14 % de su utilización. Rusia, Polonia y Alemania producen más del 70 % de la producción mundial de centeno. El consumo de cereales secundarios ha crecido muy rápido en especial por el uso creciente como alimento en los países en desarrollo. En un futuro, su consumo puede crecer con mayor rapidez en referencia a los cultivos tradicionales como arroz, trigo y maíz (Michalska *et al.*, 2008; FAO, 2015).

México resalta en los pronósticos globales en importaciones de cereales secundarios como el centeno y estará aumentando sus importaciones en un 15 % lo que significa 23.8 millones de toneladas, entre 2015/2016 y 2024/25 (USDA, 2015). Además, desde el punto de vista nutricional las proteínas de centeno están reconocidas por ser superiores a las del trigo y otros granos de cereal, debido al mejor balance de aminoácidos esenciales y esto la cantidad de lisina que posee (21.2 g/100 g de Nitrógeno total), comparado con las del trigo que cuenta con una cantidad de 17.9/100 g de nitrógeno total (Arendt y Zannini, 2013).

Las zonas áridas son de las más importantes de producción agrícola a nivel mundial, dentro de las características de estas áreas son la indisponibilidad de recursos (agua, altas y bajas temperaturas e intrusión salina entre otras) (Mazuela, 2013; Martínez *et al.*, 2016 y Andrade *et al.*, 2017). El 60 % de los alimentos a nivel mundial se producen en zonas áridas, en la república mexicana, una de las zonas de relevancia en la producción de alimentos es el noreste de México, integrada por los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, y Chihuahua (Martínez *et al.*, 2016 y Andrade *et al.*, 2017). Por lo que, la búsqueda de cereales secundarios alternativos para producción de forraje, es de suma importancia sobre todo cuando se trata de producirlos en ambientes áridos y salinos como en el noreste de México donde

existen factores adversos como condiciones edáficas y climáticas que merman la productividad de los cultivos (Stoskopf, 1985; Francois, 1989; Murillo *et al.*, 2001; Liuckkonen *et al.*; 200; Bushuk 2004).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

- Evaluar el rendimiento de forraje y componentes morfológicos de centeno (*Secale cereale*) para determinar el momento óptimo de corte para forraje.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Determinar los cambios morfológicos del centeno (*Secale cereale*) a diferentes días de cortes en el Sureste de Coahuila, México.
- Determinar la altura de la planta, área foliar, peso de hoja y tallo individual, peso de raíz y su relación con la parte aérea, a diferentes días después de la siembra.

## **1.2 HIPÓTESIS**

- El rendimiento de biomasa seca aumenta a medida que avanza la madurez fisiológica del centeno.
- Los cambios en la composición morfológica del cultivo tienen una estrecha relación con la edad de la planta.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del centeno

A nivel mundial se siembran entre 7 y 9 millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 2,2 t/ha de centeno. Los mayores productores son Rusia, Alemania, Polonia, la República de Belarús (ubicada entre Rusia y Polonia), y Ucrania. El centeno es una planta de uso más reciente que el trigo. Su aprovechamiento data de 2.000 a 3.000 años a. de C. (Mellado *et al.*, 2008). Su origen geográfico y distribución mundial se reporta como Anatolia ubicada en el medio oriente y que pertenece a Turquía, su cultivo se extendió en toda Europa, en especial en las regiones de clima frío.

En la península Ibérica es un cultivo frecuente en las regiones occidentales con suelos pobres (Canals *et al.*, 2009). No obstante López (1991), menciona que el origen del centeno (*Secale cereale* L.) parece ser incierto, aunque lo más cercano es Asia Menor. En un principio se le relacionaba con malas hierbas como el *Secale ancestrale* o *S. montanum*, que crece junto a las variedades de cereales domésticos como el trigo y la cebada, a los que fue invadiendo, sobre todo en las zonas de clima frío y suelos pobres. Algunos autores opinan que fue en Turquestán donde aparece por primera vez como cereal principal (300 a. de C.) y se extiende hacia el norte y oeste de Europa entre la edad de bronce y la de hierro. Se difunde a través del curso de Danubio y de los Balcanes hacia el norte de Europa.

Al norte de los Alpes se expande durante el imperio romano. Su mayor extensión en Europa tiene lugar durante la edad media (López, 1991). Hay otras fuentes que registran que el centeno se originó en el área del monte Ararat y el lago Van en el este de Turquía, evidencia lingüística sugiere que la introducción del centeno cultivado en Europa meridional y occidental y Asia central eran independientes (Sencer y Haekes, 1980). Khush (1962), concluyo que el centeno cultivable probablemente llego a Europa por dos rutas una a través del Cáucaso del norte y la otra a través de Asia central. Por su parte Bushuk (1976) propuso que el centeno cultivado se distribuyó desde el

Suroeste de Asia a Rusia, y de allí a Polonia y Alemania, de dónde se extendió gradualmente por la mayor parte de Europa y eventualmente a Norteamérica y Sudamérica occidental. Se distribuye en una gran variedad de países tales como Canadá, Estados Unidos de America, México, Brasil, China, Polonia, Alemania, Federación de Rusia, Egipto, Marruecos, entre otros, por lo que, se ha distribuido prácticamente por todos los continentes, y por una inmensa variedad de países con diferentes características edáficas y climatológicas (FAOSTAT, 2014).

## 2.2 Descripción del centeno

### 2.2.1 Clasificación taxonómica

El centeno es una planta monocotiledónea anual de la tribu *Triticeae* familia *Poaceae*. La única especie cultivada es *Secale cereale* L. Su nombre común es centeno y su nombre científico es *Secale cereale* L. (Leonard y Martin, 1967).

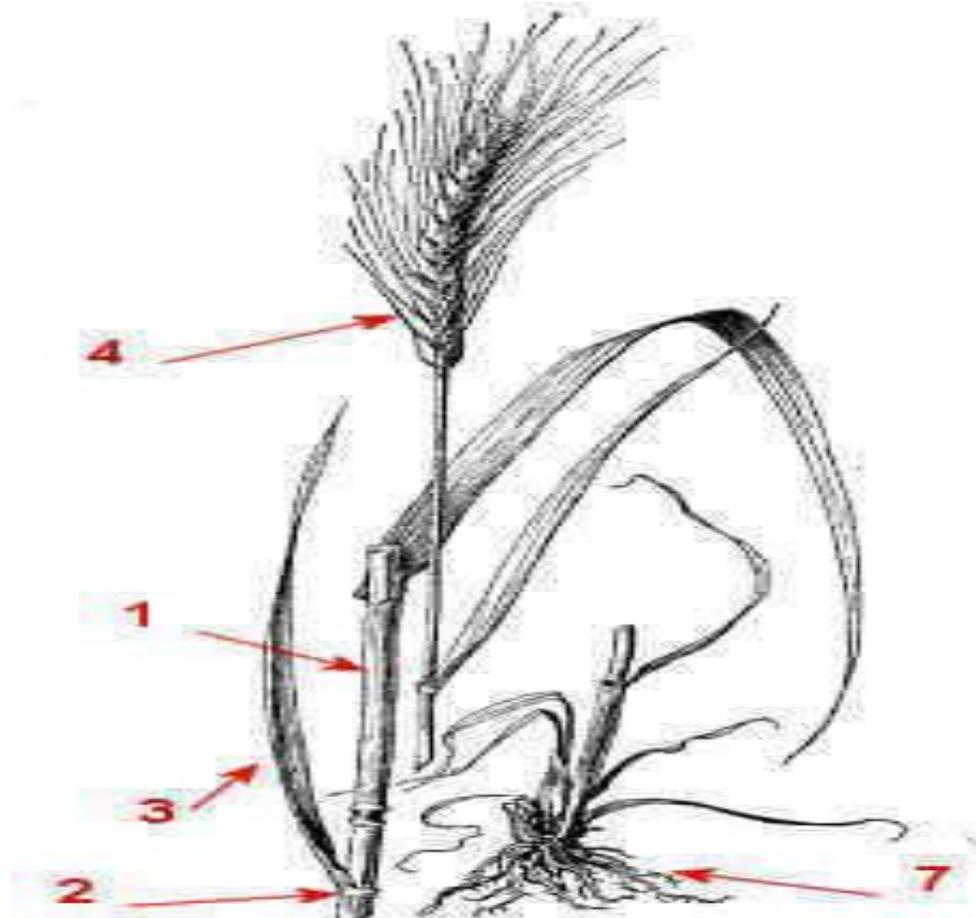
#### Cuadro 1. Clasificación taxonómica del centeno (*Secale cereale* L.)

Reino	Plantae
División	<i>Magnoliophyta</i> .
Tribu	<i>Triticeae</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Genero	<i>Secale</i>
Especie	<i>Secale cereale</i> L.

### 2.2.2 Descripción morfológica

**Las hojas (3):** son ásperas, de color verde azul, largas, y más angostas que las hojas de trigo. Las vainas foliares son pubescentes. Las lígulas son cortas y

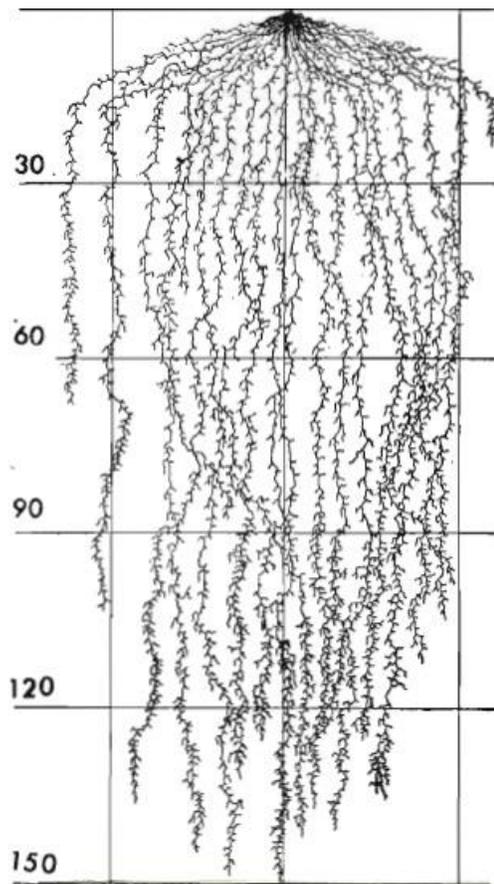
redondeadas y las aurículas son blancas, muy cortas, y no abrazan al tallo como ocurre, con la planta de cebada (Mellado *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Componentes morfológicos de una planta completa de centeno.  
<https://www.botanical-online.com/botanica/centeno-caracteristicas>

**Las raíces (7):** Fasciculadas, es decir, raíz formada por un haz de raíces de calibre similar ramifican cerca de la superficie del suelo: no obstante, algunas pueden penetrar hasta los 2 m<sup>2</sup>, lo que contribuye a su rusticidad. En plantas de centeno se ha determinado que la superficie total del sistema radicular, incluyendo los pelos radiculares de 639 m (130 veces mayor que la superficie área de la planta). Para comprender los datos de superficie radical debemos tener en cuenta que en una planta de centeno el número de pelos radicales por centímetro cuadrado alcanza 2500 cm (Mellado *et al.*, 2008). Russel (1977), informa la presencia de 12.5 millones de pelos

radiculares; los cuales medidos longitudinalmente alcanzan una longitud total de hasta 80 km, mientras que en el trigo fue de hasta 50 km. La mayor parte de las raíces (75%-90%) se encuentra en la capa de 30-35 cm superiores del suelo.



**Figura 2.** Estratificación de la raíz de una gramínea.

<https://lahuertadelosrobles.wordpress.com/2015/01/27/manda-raices/>.

**El tallo (1):** La altura de planta de algunas variedades puede superar los 180 cm. Aunque los tallos son más largos que los del trigo, su caña hueca, fuerte y flexible le otorga cierto grado de resistencia al acame como en las gramíneas. Es hueco y consiste de tres a siete entrenudos separados por nudos. La habilidad del centeno de tolerar el acame, como otros cereales, está relacionada a la altura de la planta, la fuerza del sistema radicular y el peso de la espiga. La altura de la planta es una característica compleja bajo el control de muchos genes y efectos ambientales. Sin

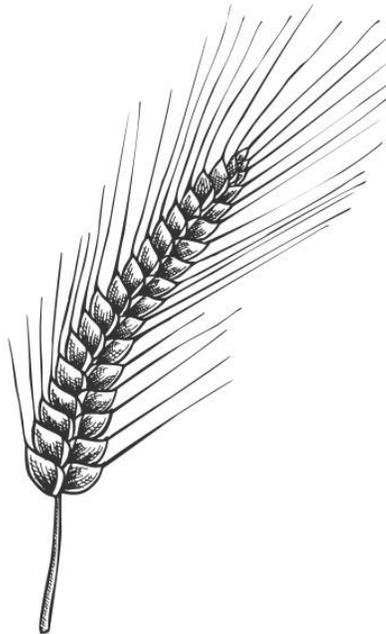
embargo, existen genes mayores que pueden disminuir la altura de la planta. Se ha demostrado que la síntesis de ácido giberélico (GA) está relacionada con la expresión de altura; así niveles altos en (GA) están asociados con plantas más altas, mientras que niveles reducidos en GA se asocian con enanismo. En base a esta respuesta, se han identificado mutantes enanos naturales o inducidos en centeno y se han clasificado en dos grupos: (1) GA- sensibles y (2) los genotipos GA- insensibles (Schlegel, 2013).



**Figura 3.** Componente del tallo y hoja del centeno. <https://www.alamy.es/las-cosechas-del-campo-meridional-exclusivo-de-las-plantas-forraieras-la-agricultura-2-sur-de-cultivos/>

**La espiga (4):** La inflorescencia es una espiga de unos 20 a 30 cm de largo, y la espiguilla es multiflora (Rosa *et al*, 2005). De acuerdo a Schlegel (2013), cada tallo reproductivo forma una espiga. Esta inflorescencia es compuesta y de tipo imperfecta (sin la espiguilla superior). La espiga terminal mide en promedio 10-15 cm de largo y es más delgada y nudosa que la del trigo. La longitud del raquis es de 9.8 cm y el número de espiguillas por espiga es 32.4, para esto se consideraron más de 50,000 plantas. El pedúnculo está cubierto con vellos cortos y finos debajo del collar. La

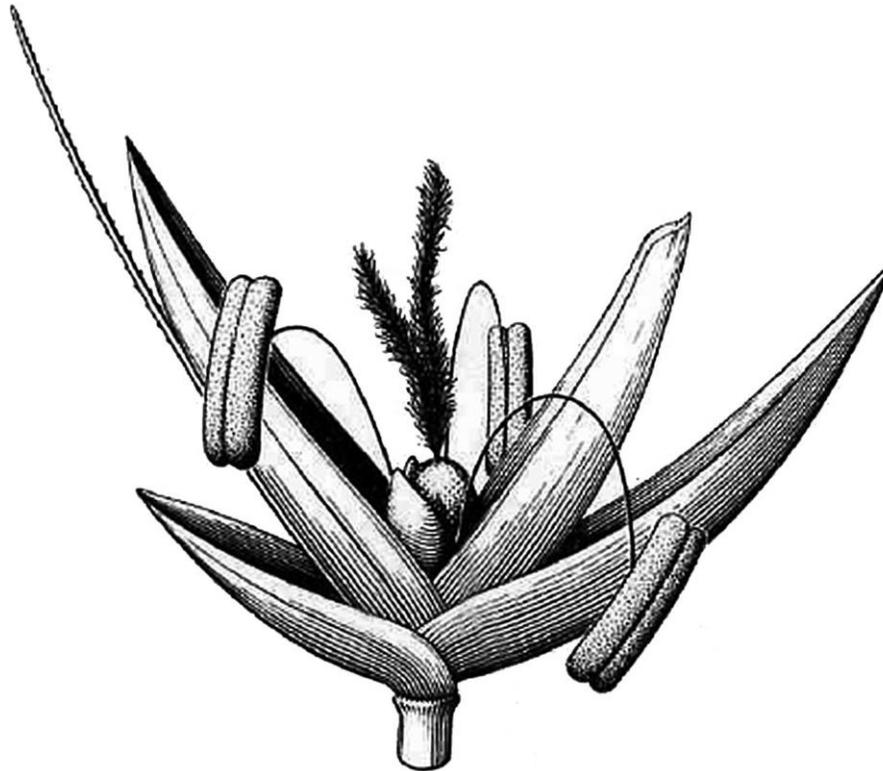
pubescencia es más gruesa en la parte superior del pedúnculo y decrece hacia abajo por 2-7.5 cm. Un gen dominante controla la velloidad del pedúnculo. Está localizado en la parte distal del brazo largo del cromosoma 5R (Schlegel *et al*, 1993). El raquis es la espina dorsal de la espiga, que lleva las espiguillas laterales. El entrenudo del raquis es ligeramente cóncavo en el lado las espiguillas. Las raquillas del centeno no son ramosas, pero hay algunas variedades de centeno con raquillas hereditariamente ramosas (Schlegel, 2013).



**Figura 4.** Apariencia de la inflorescencia del centeno tipo espiguilla distica.  
[https://es.pngtree.com/freepng/Designed-agriculture-grain-rye-ear-spike-vector\\_5141310.html](https://es.pngtree.com/freepng/Designed-agriculture-grain-rye-ear-spike-vector_5141310.html).

**Las espiguillas:** Son solitarias y sésiles en cada nudo del raquis y dispuestas en zigzag, es decir, en cada nudo, hay una espiguilla con dos flores o, más raramente, con tres flores (Dobrovolskaya *et al*, 2009; Schlegel, 2013). Las espiguillas están insertas en el raquis por lo que las glumas vacías y lemas tienen un exterior (abaxial) e interior (adaxial) margen con respecto a los raquis. El raquis termina en una espiguilla apical, que normalmente es rudimentaria y estéril. Cada espiguilla está provista de un par de glumas puntiagudas bastante estrechas (Langer, 1991). Cada espiguilla por lo

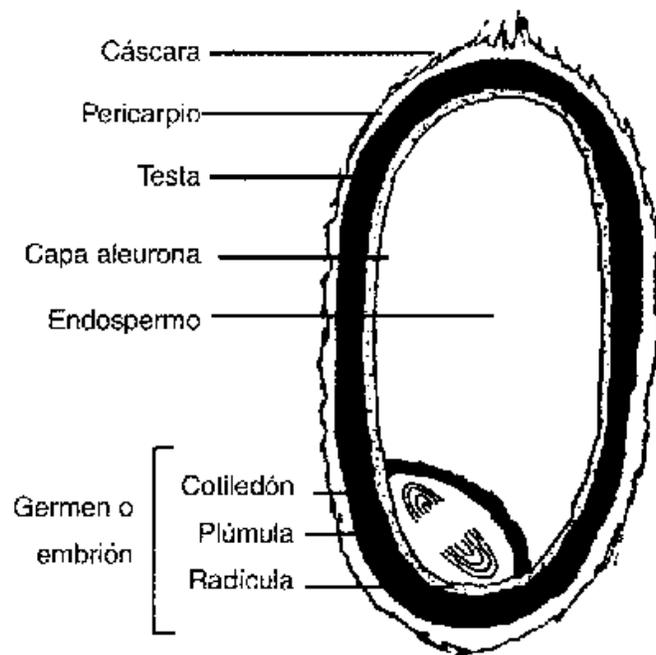
general consiste de sólo dos flósculos fértiles, con flósculos supernumerarios vestigial o ausente (Langer, 1991; Schlegel, 2013). Los flósculos fértiles tienen un lemma que termina en una arista fuerte, y una palea un poco en forma de barco, más pequeña (Langer, 1991). Al igual que en otros cereales de grano pequeño, una hoja modificada subtiende la espiguilla basal (Schlegel, 2013).



**Figura 5.** Espiguilla de una gramínea.  
<https://botanipedia.org/index.php?title=ESPIGUILLA>

**Grano (6):** La anatomía de la cariósida es similar en apariencia a otros cereales como el trigo y la cebada. La semilla consiste de un embrión unido a través del escutelum al endospermo harinoso y a los tejidos de aleurona. El endospermo y la aleurona están encerrados por los restos de la epidermis nuclear y la capa rodea todo el núcleo y se adhiere a él. La cariósida se cubre con el cepillo, ubicado principalmente en el extremo distal del núcleo. El tejido del endospermo está rodeado por células de aleurona que forman una capa gruesa. Dentro de la aleurona se

encuentra el endospermo harinoso que representa el orgánulo más predominante del grano de centeno maduro, como en todos los granos de cereales, y puede explicar el 80% de su peso total (Arendt y Zannini, 2013). El endospermo del grano de centeno es más suave que el del trigo duro (Wrigley, 2010).



**Figura 6.** Componentes del fruto de una gramínea.  
<https://www.fao.org/3/w0073s/w0073s0u.htm>

### 2.2.3 Crecimiento y desarrollo del centeno

El ciclo de vida de un centeno de invierno dura en promedio 290 días. En climas templados, el periodo vegetativo dura de 120-150 días (su periodo vegetativo otoñal dura 45-50 días, mientras que los periodos vegetativos primaverales y de verano duran 75-100 días) sin embargo esto puede variar según condiciones ambientales y variedades del cultivo (Schlegel, 2013). El ciclo del centeno es comparable al del trigo, aunque más corto, es decir que, en condiciones equivalentes, la siega del centeno tiene lugar antes que la del trigo (De la vega, 1969).

## **2.3 Condiciones de adaptación del centeno**

### **2.3.1 Requerimientos de clima**

Es un cereal con mayor resistencia a climas fríos, a plagas, enfermedades y escasez de agua, además de que se cultiva en suelos menos fértiles además de que puede crecer en áreas semiáridas (Serna, 2010). El centeno es resistente a las heladas, porque se adapta mejor que el trigo en zonas frías, hasta los 1800 m de altitud (Mela, 1966), por lo que siempre ha estado más extendido en regiones montañosas de inviernos duros. En este sentido, se ha aclimatado donde los fríos y heladas pueden dañar a otros cereales. Además de la vernalización de la planta requiere de 14 horas de luz y una temperatura de 5 a 10 °C para inducir a la floración (Mellado *et al.*, 2008).

### **2.3.2 Requerimiento de suelo**

Por su rusticidad, se adapta a cualquier tipo de suelo. Además, es resistente a la acidez y al aluminio, aunque se indica que el aluminio soluble es el factor limitante más importante para el crecimiento de las plantas en suelos ácidos, y que las concentraciones de aluminio limita la producción de forraje (Grauer y Horst, 1990). Sobre todo, se adapta en suelos ácidos, arenosos y poco profundos. Reid (1976) señala que los cultivares de centeno generalmente son más tolerantes a la acidez del suelo que las variedades de triticale y mucho más que las variedades de trigo.

### **2.3.4 Condiciones para la germinación**

La temperatura óptima para la germinación de la semilla es de 12.8 a 18.3 °C, y ocurre después que el grano ha absorbido agua en cantidad equivalente al 56 % del peso del grano (Leonardo y Martin, 1967). Cuando el grano se deposita en el suelo se inicia un proceso de imbibición de la semilla, como preparación a la etapa de germinación. El grano germinado presenta tres raíces seminales y un coleoptilo o estructura que protege a la primera hoja. Las hojas nuevas tienden a presentar un tinte púrpureo y esta

coloración se constituye en una característica diferencial al momento diferencial de la emergencia, respecto a las plántulas de otros cereales como el trigo, el triticale o la avena (Mellado *et al.*, 2008).

## **2.4 Manejo del cultivo y usos**

### **2.4.1 Control de maleza**

El centeno compite bien con las malezas, dado que ejerce un cierto efecto inhibitorio de tipo alelopático, producido por ácidos Hidroxámicos, sobre las malezas que crecen a su alrededor. Esta propiedad se aprovecha para usar este cultivo como protector de suelo y controlador de malezas (Zasada *et al.*, 2005). Respecto a la permanencia de estas sustancias en el suelo (Yenish *et al.*, 1995) indican que los ácidos hidroxámicos del centeno persisten más allá de la duración del residuo del centeno en la superficie del suelo, estimándose su duración entre 120 y 160 días. Además, de que con un contenido alto de ácidos hidroxómicos en el centeno se constituye en un excelente medio de defensa contra las plagas (Argandoña *et al.*, 1980). Crovetto (2006) señala que en la zona maicera de Estados Unidos de América. es común sembrar centeno vía aérea sobre el maíz aún no cosechado, lo que ayuda a mantener una mayor actividad biológica del suelo durante los fríos meses de otoño, a la vez que produce una reducción significativa de malezas de hoja ancha debido a los efectos alelopáticos.

### **2.4.2 Enfermedades del centeno**

Es tolerante a la enfermedad de mal del pie (*Gaeumannomyces graminis var. tritici* J Walker), pero no corta el ciclo como lo hacen otros cultivos. La septoriosis del nudo y de las glumas producidas por el hongo patógeno *Septoria nodorum* es una enfermedad de importancia secundaria en Chile y que produce manchas necróticas en las hojas, glumas y nudos (BASF Chile, 2000). Tollenaar (1982) detectó la enfermedad llamada estría café del centeno (*Scolecotrichum graminis* = *Cercosporidium graminis*)

en una siembra ubicada en la provincia de Cautin (Región de la Araucanía). Se trata de una enfermedad poco frecuente en este cereal. el centeno también puede ser afectado por nematodos. Por otro lado, es resistente al virus del enanismo amarillo de la cebada (VEAC) y al áfido ruso (*Diuraphis noxia*), patología y plaga de mucha importancia en trigos harineros y candeales, y en cebada.

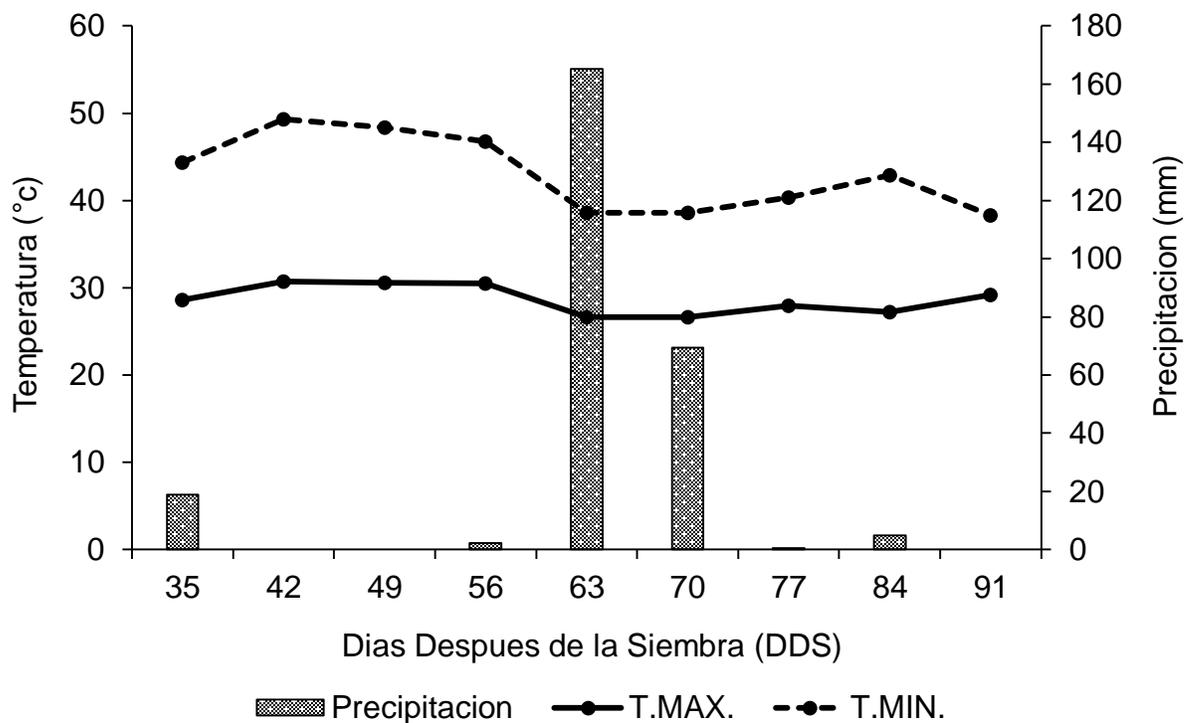
### **2.4.3 Uso del centeno en la alimentación animal**

La planta se puede utilizar en la alimentación animal como forraje verde. Para este propósito son aconsejables los cultivares con mayor crecimiento otoñal. El centeno es menos palatable que otros cereales, como la avena; (Leonard y Martín, 1967). En el año 1967 en INIA Carillanca se evaluó la producción de ensilaje de un centeno forrajero producido por la empresa de mejoramiento SEMILLAS BAER. La cantidad de ensilaje alcanzo a 17.8 t/ha de *Avena strigosa* comparada con 11.5 t ha<sup>-1</sup> de la (*Avena strigosa* Schreb) y 12.3 t ha<sup>-1</sup> de la variedad de avena Rubia (*Avena sativa* L.) (INIA, 1970). Los autores agregan que probablemente el valor nutritivo del ensilaje de centeno es más bajo que el de avena debido a la alta proporción tallo-hoja del centeno.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio experimental

El experimento se realizó a finales de verano e inicios de otoño del 11 de agosto al 12 de octubre del 2019, iniciando el primer muestreo a los 35 Días Después de la Siembra (DDS), en el campo experimental conocido como el “Bajío” dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 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 templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2019). Las temperaturas máximas y mínimas y precipitación acumulada mensual desde la siembra hasta el final del experimento, se presentan en la Figura 7.



**Figura 7.** Medias semanales de la temperatura máxima (T<sub>máx</sub>, °C), mínima (T<sub>min</sub>, °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 11 de agosto al 12 de octubre del 2019.

## **3.2 Diseño experimental y tratamientos**

Se utilizaron camas de 10 m largo por 1.5 m de ancho, en un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. El establecimiento del experimento se llevó a cabo el 19 de agosto de 2019, en la que se realizó una siembra con el método al voleo, y un riego subterráneo con cintilla, calibre 6000, a una densidad de siembra de 70 kg SPV ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos fueron cortes sucesivos semanales en un periodo de diez semanas iniciando a los 35 y culminando a los 91 días después de la siembra (DDS).

## **3.3 Variables evaluadas**

### **3.3.1 Rendimiento de forraje**

Para determinar el rendimiento de forraje, se cortó el material vegetal en un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm) por repetición y se depositó en bolsas de papel previamente identificadas con el número de semana, repetición y parcela. Las bolsas se depositaron en una estufa de aire forzado, marca Felisa Modelo FE-243A, para su secado a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca, y su estimación en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### **3.3.2 Composición Botánica - Morfológica (CMB)**

Esta variable se evaluó con una submuestra de entre 10 y 20 % del forraje cosechado y se separó en los componentes: hoja, tallo, inflorescencia, maleza y material muerto. Las muestras se secaron a 55 °C en una estufa de aire forzado, marca Felisa Modelo FE-243A, hasta obtener un peso constante, posteriormente se pesaron. Con los datos de peso seco se obtuvo la contribución de los componentes hoja, tallo, inflorescencia, maleza y material muerto al rendimiento total en kg ha<sup>-1</sup>.

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

$$\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \left[ \frac{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} \text{ componente}^{-1}}{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}} \right] \times [ 100 ]$$

### 3.3.3 Relación hoja:tallo

Los datos obtenidos a partir de la composición botánica y morfológica (hoja y tallo) fueron utilizados para estimar la relación hoja: tallo mediante la siguiente fórmula:

$$R: H/T$$

Dónde:

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

H = Peso de la hoja (kg MS ha<sup>-1</sup>).

T = Peso del componente tallo (kg MS ha<sup>-1</sup>)

### 3.4 Análisis estadísticos

Los datos fueron analizados con los procedimientos 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:

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

Dónde:

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

$\mu$  = Media general de la población estudiada

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque.

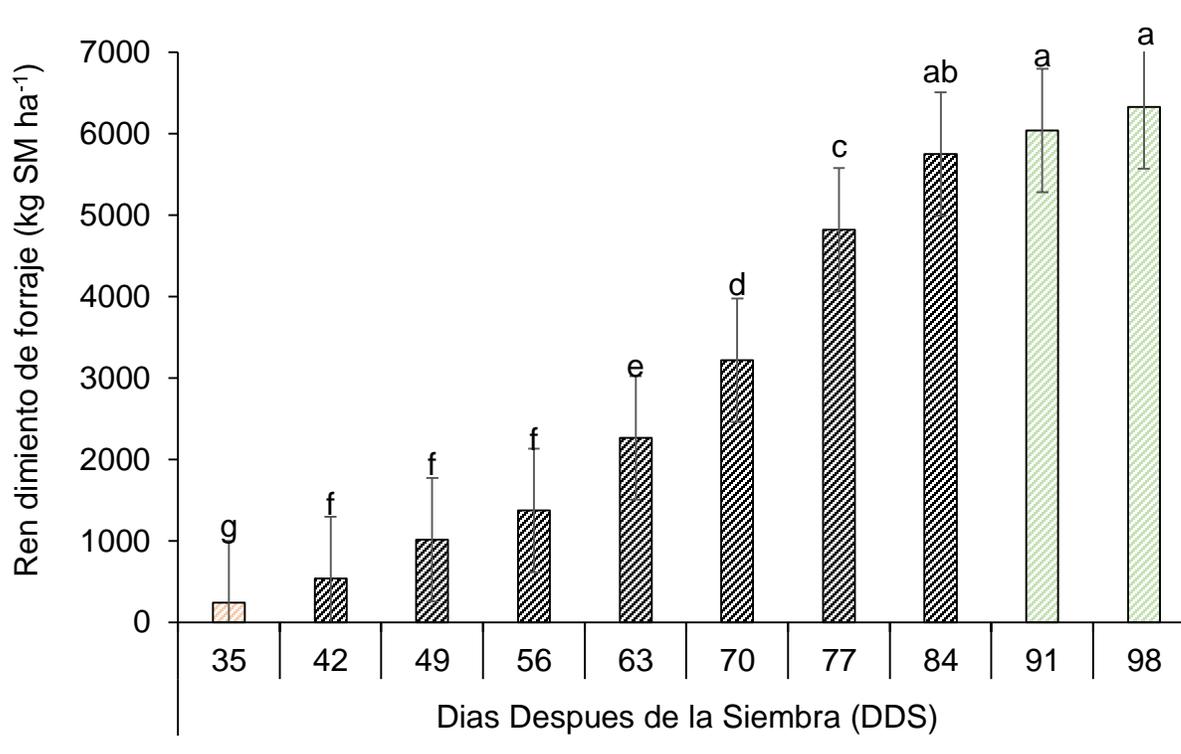
$\varepsilon_{ij}$  = Error estándar de la media

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 8 se presentan los rendimientos de forraje en kg MS ha<sup>-1</sup>, de centeno (*Secale cereale* L.), cosechado a diferentes edades de la planta en la región sureste de Coahuila. Se registraron diferencias altamente significativas entre el rendimiento de materia seca a diferentes edades que fue cosechada el centeno ( $p < .0001$ ; Cuadro 1 Anexos). El rendimiento de materia seca presento un comportamiento ascendente con el aumentó la edad de la planta desde los 35 DDS con 244 kg MS ha<sup>-1</sup>, el cual fue el menor rendimiento hasta los 98 DDS con un rendimiento de 6,326 kg MS ha<sup>-1</sup>. Los días en los cuales se presentaron los mayores rendimientos fue a los 91 y 98 DDS, con un promedio de 6,180 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo similares estadísticamente al rendimiento registrado a los 84 DDS con (5,748 kg MS ha<sup>-1</sup>;  $p > 0.05$ ).

Por otra parte, Pagliaricci *et al.* (1998), en los resultados de su investigación que obtuvo son similares a este estudio donde la producción de materia seca el centeno obtuvo un rendimiento de 3,500 kg S ha<sup>-1</sup>) a los 65 DDS y a los 95 DDS 5,000 kg MS ha<sup>-1</sup>. además de que registraron otros datos a los 125 DDS 6,000 kg MS ha<sup>-1</sup> y a 155 DDS 4,300 kg MS ha<sup>-1</sup>. Por su parte Tomazo, *et al.*, (2009). en los resultados obtenidos de su investigación encontró que el centeno en periodo de invierno produce más MS con un porcentaje inicial al 35% (5.500 kg MS ha<sup>-1</sup>) en comparación con el triticale con un 32% (5.00 kg MS ha<sup>-1</sup>).



**Figura 8.** Rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) de centeno cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

#### 4.2 Composición botánica - morfológica

En la Figura 9 se muestra la aportación de los componentes morfológicos al rendimiento total, de centeno cosechado a diferentes días después de la siembra (DDS), en el Sureste de Coahuila, México. En la comparación de cada componente entre los diferentes días después de la siembra (DDS), se observó que la hoja tuvo su menor rendimiento a los 35 DDS con 196 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $p > 0.05$ ), mientras que a partir de los 70 DDS con 1922 kg MS ha<sup>-1</sup>, presento los mayores rendimientos de materia seca hasta los 91 DDS con 2021 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $p > 0.05$ ). El tallo por su parte, entre los 35 y 49 DDS, registró los menores valores, con rendimientos entre 24 y 136 kg MS ha<sup>-1</sup>, en contraste con una mayor producción a los 84 DDS con 1980 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente similar a los reportado a los 77 DDS con 1519 kg MS ha<sup>-1</sup>. En la inflorescencia no hubo cambios estadísticos respecto a los menores rendimiento, de los 35 a los 70 DDS con valores entre 0 y 143 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que a los 91 y 98

DDS, la producción de la inflorescencia fue mayor con 1959 y 2048 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No obstante, la maleza se presentó de forma inversa a los componentes mencionados, ya que, su mayor registro se mostró a los 42 DDS con 41 kg MS ha<sup>-1</sup>, siendo similar estadísticamente a lo reportado en los 35 DDS con 24 kg MS ha<sup>-1</sup> ( $p>0.05$ ). En el material muerto no se presentaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) con un promedio de 522 kg MS ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2 de Anexos).

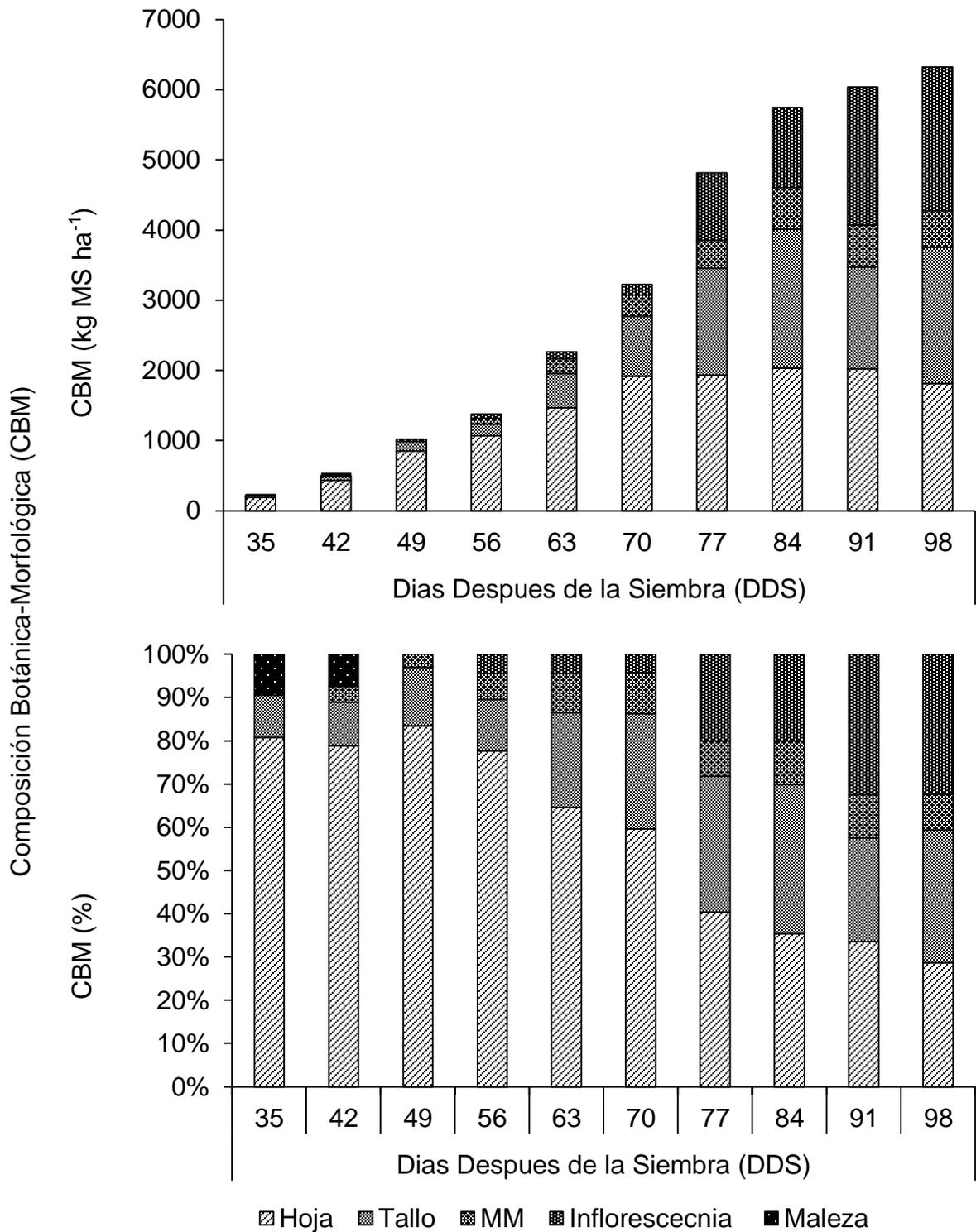
Por otra parte, el análisis de varianza entre componentes dentro de cada DDS, mostró en el promedio por componente y en todos los DDS de los 35 a los 91, que la hoja fue la de mayor producción con un promedio de 1374 kg MS ha<sup>-1</sup>, no obstante, a los 77 DDS con 1519 kg MS ha<sup>-1</sup>, y a los 84 DDS con 1980 kg MS ha<sup>-1</sup>, el tallo fue similar estadísticamente a la hoja ( $p>0.05$ ), de la misma forma a los 98 DDS la inflorescencia con 1959 kg MS ha<sup>-1</sup>. La inflorescencia también fue la de mayor producción a los 98 DDS con 2048 kg MS ha<sup>-1</sup>. En contraste, los menores rendimientos correspondieron al tallo, material muerto, inflorescencia y maleza en los 35, 42 y 49 DDS. A los 56 DDS el menor fue el material muerto, inflorescencia y maleza, mientras que a los 70 DDS, la inflorescencia y maleza, y a los 63, 77, 84, 91, 98 DDS únicamente la maleza presentó los menores valores con valores de 0 kg MS ha<sup>-1</sup>.

La comparación entre DDS en los diferentes componentes denoto en la hoja un descenso en el porcentaje de aportación, con la mayor aportación a los 49 DDS con 83 % siendo similar estadísticamente ( $p>0.05$ ), a los porcentajes presentados a los 35, 42 y 56 DDS, que fueron a edades tempranas de cosecha de la planta, descendiendo a mayor edad de la planta hasta sus menores aportaciones a partir de los 77 a los 98 DDS con valores decrecientes de 40 hasta 29 %. Por el contrario, el tallo alcanzó un mayor porcentaje de aportación al rendimiento total de 35 % a los 84 DDS, siendo similar estadísticamente ( $p>0.05$ ) a los 70, 77, 91 y 98 DDS. Contrario a la hoja, este incremento a mayor edad de la planta, a los 35 y 42 DDS fue menor su aportación con 10 %. Por su parte la inflorescencia, su mayor porcentaje de inflorescencia se obtuvo al final del experimento a los 91 y 98 DDS con 33 y 32 % de aportación, y se registró nula presencia de los 35 a 49 DDS, cuando la planta fue joven, siendo similar

estadísticamente de los 56 a los 70 DDS. La maleza solo se presentó al inicio del experimento (35 y 42 DDS) con valores de 9 y 7 %, debido a que la planta todavía no cubría totalmente el suelo y dejaba espacios que eran aprovechados por especies indeseables, por lo que de los 49 a los 98 DDS tuvo nula presencia. En el material muerto no hubo diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ), no obstante, se observó un ligero incremento en el porcentaje de presencia de 0 a 10 %, al final del trabajo de investigación.

Así mismo, la aportación en porcentaje de cada componente morfológico al 100 % del rendimiento total; la hoja representó un 58 % promedio de la producción total, mientras que la maleza la menor con el 2 % promedio. De los 35 a los 77 DDS la hoja fue la única con mayor porcentaje con valores entre un 40 y 83 %. A los 84 DDS fue similar estadísticamente ( $p>0.05$ ) a lo que aportó el tallo con 35 %, y a los 91 DDS fue similar a la inflorescencia con 33 %. No obstante, a los 98 DDS fue mayor el tallo y la inflorescencia con 31 y 32 %, respectivamente. Las menores aportaciones al inicio del experimento a los 35 y 42 DDS, fueron la maleza, tallo, material muerto e inflorescencia con valores entre 0 y 10 %. A los 49 DDS, solamente el material muerto (3 %), la maleza (0 %) y la inflorescencia (0 %). A los 56, 77, 91 y 98, la mínima aportación la registro la maleza (0 %). A los 63 y 70 DDS fue la maleza y la inflorescencia con 0 y 4 %, respectivamente, para que a los 84 DDS solo fuera el material muerto y la maleza con 10 y 0 %.

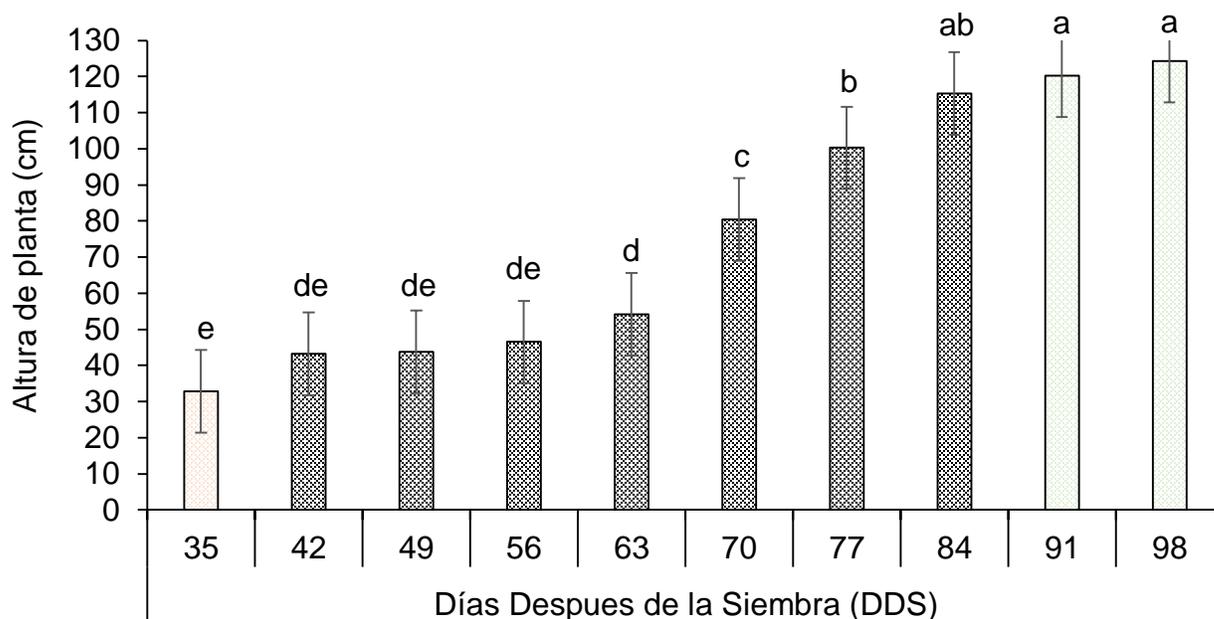
De acuerdo con Yoshida (2003), la presencia o ausencia de los componentes morfológico en una planta depende de la edad de esta, a los cual se le denomina senescencia natural. Wilson (2015), menciona que tanto el componente tallo como la presencia de material muerto, se relacionan positivamente con el incremento de la edad fenológica del cultivo. Por su parte, Juskiw *et al.* (2000), reportan que la distribución de los componentes morfológicos en el rendimiento total de forraje a lo largo del desarrollo de la planta afecta la cantidad de biomasa producida, calidad del forraje, ya que el porcentaje de hoja disminuye, el tallo y los demás componentes se incrementan.



**Figura 9.** Composición botánica y morfológica de centeno (*Sereale cecale*) cosechado a diferentes edades de la planta en el Sureste de Coahuila, México.

### 4.3. Altura de la planta

En la Figura 10 se aprecia el comportamiento de la altura de las plantas de centeno (*Secale cereale* L.) cosechado a diferentes intervalos de corte, bajo condiciones de edafoclimáticas del Sureste de Coahuila, México. Se registraron diferencias altamente estadísticas ( $p < .0001$ ) entre los días del ciclo de crecimiento de las plantas. Se observa una tendencia positiva en el crecimiento sin mucha variabilidad durante los 35, 42, 49, 56, 63 DDS con alturas registradas de 33, 43, 44, 47 y 57 cm. respectivamente. A los 70 DDS la planta creció más de 50 % de 33 cm a los 35 DDS hasta 80 cm a los 70 DDS. La mayor altura registrada se presentó a los 98 DDS con 124 cm siendo similar el dato obtenido a los 84 DDS con 115 cm mientras que la menor altura registrada fue a los 35 DDS con 33 cm, siendo similar estadísticamente a los registrado a los 42, 49 y 56 DDS. Por otra parte, los resultados de investigación (Murillo *et al.*, 2001), indican un registró del promedio de alturas el cual fue de 101.93 cm, además de que registró una altura de 120 cm la cual fue la mayor y la menor altura de 90 cm.

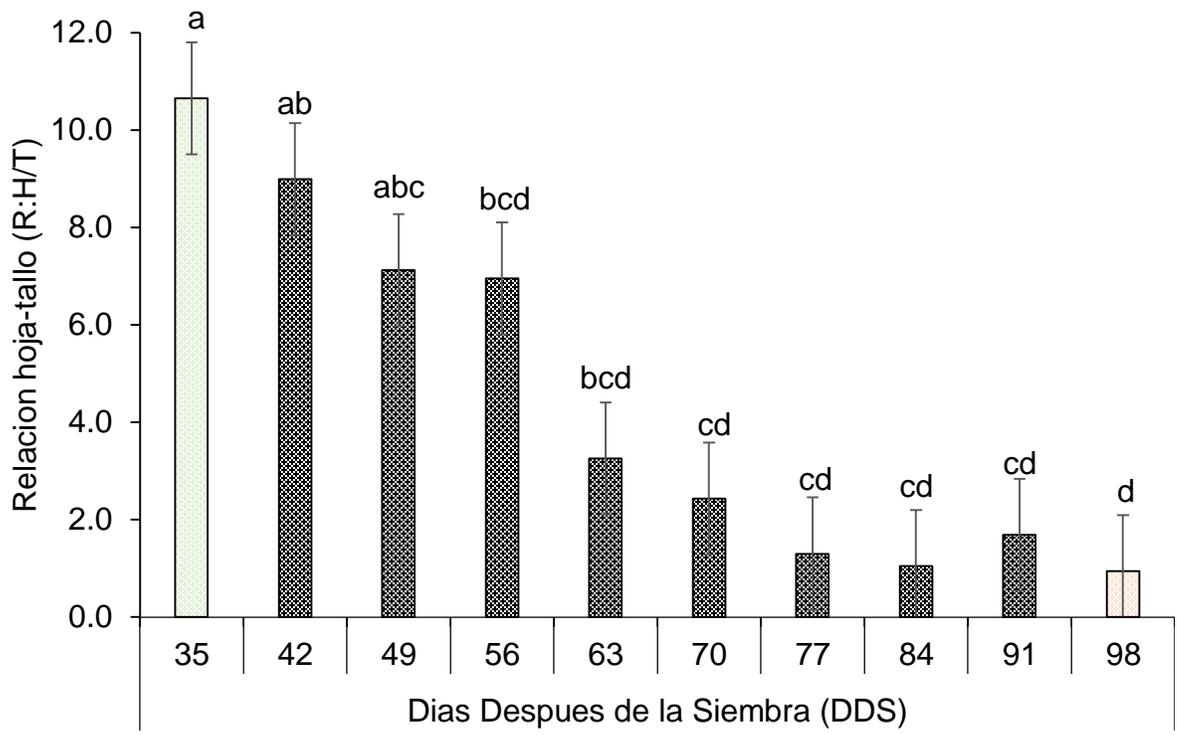


**Figura 10.** Altura de la planta (AP; cm) (*Secale cereale*) cosechada a diferentes días después de la siembra, bajo condiciones edafoclimáticas del Sureste de coahuila, Mexico.

#### 4.4 Relación Hoja:Tallo

La relación hoja:tallo que existe entre la cantidad de hoja respecto al tallo en un cultivo de centeno (*Secale cereale* L.), cosechado a diferentes edades de la planta, en el Sureste de Coahuila, se presenta en la Figura 11. Se presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), en la R:H/T, a través de la edad de la planta. Se observó un decremento conforme aumentó la edad de las plantas con un promedio de 10.6 que fue registrado a los 35 días después de la siembra y fue disminuyendo hasta los 98 DDS, con 0.9 además de que se observaron valores similares estadísticamente ( $p > 0.05$ ) a partir de los 70 a los 98 DDS. Estos valores obtenidos muestran que el componente hoja en un inicio es el que más aporta al rendimiento de materia seca total, pero conforme el cultivo avanza en sus etapas fisiológicas la hoja decrece y disminuye la correlación hoja-tallo, por lo que presenta mayor aporte al rendimiento el componente tallo, el peso de la hoja es mayor al peso del tallo hasta los 91 DDS, y el tallo solo supera a la hoja, a los 98 DDS, con 1,815 vs 1941 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 2; anexos), por lo que a esta edad se reporta una relación hoja:tallo de 0.9.

Venecian *et al.* (1994). demostró que el cultivo de centeno presenta un buen ritmo de crecimiento, en las primeras etapas fenológicas de crecimiento activo y este entra en decremento en los meses de mayo a agosto periodo con variaciones de cierta magnitud, lo que puede permitir extender el período de aprovechamiento más allá del mes de agosto, sobre todo considerando que en este período la composición de la planta es poco favorable (pobre relación hoja/tallo). De acuerdo con Álvarez (2017), algunos cereales como el trigo y la avena, la mejor relación hoja:tallo se obtiene antes del embuche, antesis y etapa de grano lechoso, donde se puede considerar con mejor punto de cosecha.



**Figura 11.** Relación hoja tallo (R:HT) de centeno cosechado a diferente edad de la planta, bajo condiciones edafoclimaticas del Sureste de Coahuila, Mexico

## V. CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de forraje de centeno cosechado a diferentes edades de la planta en el sureste de Coahuila, México, se registró a los 91 y 98 días Después de la Siembra, a lo que correspondieron las mayores alturas. No obstante, las características morfológicas no son deseables, ya que se registró una mayor aportación de tallo e inflorescencia al rendimiento total de forraje, y la relación hoja:tallo disminuyó hasta un valor de 0.9. Entre los 70 y 77 días después de la siembra se consideran como el momento óptimo de cosecha, donde hay un rendimiento total aceptable y el aporte de hoja oscila entre un 40 y 60 %, el tallo entre 27 y 31 %, el material muerto entre 8 y 9 %, la inflorescencia en un 20 % y hay nula presencia de maleza 0 %.

## VI.LITERATURA CITADA

- Álvarez, R.C. 2017.** Rendimiento y calidad del forraje de cuatro cereales de grano pequeño en tres etapas de crecimiento y dos niveles de nitrógeno en el valle de Toluca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 76 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/154797864.pdf>
- Andrade B. G., García L. A Cervantes D. L., Aíl C. C., Borboa F. J. y Rueda P. E. 2017.** Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México: control de fitopatógenos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(1), 127-142.
- Argandoña, V.H., J.G. Luza, H.M Niemeyer, y L.J. Corcuera. 1980.** Role of hydroxamic acids in resistance of cereals to aphids. *Phytochemistry* 19:1665-1668.
- Arendt, E.K. and Zannini, E. 2013.** *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries.* Cambridge:Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 485 pp.
- Amigone, M., Chiacchiera, S., Bertram, N., Kloster, A., Conde, M., y Masiero, B. 2010.** Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. *INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez. Información para extensión*, 133, 11pp.
- Bushuk, W. 1976.** *Rye: Production, chemistry, and technology.* St Paul: Am Ass Cereal Chemists. 239 pp.
- BASF Chile. 2000.** *Manual de enfermedades del trigo y otros cereales.* Editado por BASF Chile S.A., Santiago, Chile. 55 p.
- Canals, R., Zubiri, E., y Peralta, J. 2009.** UNAVARRA. Obtenido de [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Seca\\_cere\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Seca_cere_p.htm)

- Crovetto, C. 2006.** No tillage. The relationship between no tillage, crop residues, plants and soil nutrition. 216 p. Trama Impresores S.A., Hualpén, Chile.
- Dobrovolskaya, O., Martinek, P., Voylokov, A. V., Korzun, V., y Börner, A. 2009.** Microsatellite mapping of genes that determine supernumerary spikelets in wheat (*T. aestivum*) and rye (*S. cereale*). Theor. Appl. Genet. 119: 867–874.
- De la vega, J.I. 1969.** Los cereales. Ediciones Mundi-Prensa S.A. Madrid, España. 346 p
- Elliott, F. 1964.** Citogenética y mejoramiento de plantas. Compañía Editorial Continental, México D.F., México. p. 245.
- FAO, 2010.** Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Informe resumido. 160 p.
- Grauer, U., y Horst, W. 1990.** Effect of pH and nitrogen source on aluminium tolerance of rye (*Secale cereale* L.) and yellow lupin (*Lupinus luteus* L.). Plant and Soil 127;13-21.
- Juskiw, P.E., Helm J. H., y Salmon D. F. 2000.** Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small cereal grains. Crop. Sci. 40(1):138 p. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.401138x>
- Khush, G. 1962.** Cytogenetic and evolutionary studies in Secale. Interrelationships of the wild species, II (16), 484-496.
- López Bellido, L. 1991.** Cereales. cultivos herbáceos España: mundi-prensa. vol. 1.
- Leonard, W., y J. M. 1967.** Cereal Crop. New York, USA: The McMillan Company. pp. 449-603.
- Langer, R.H.M. 1991.** Agricultural Plants 2nd ed. Cambridge University Press. New York, USA. 391 p.

- Mellado, M. Z., Matus, I. T., y Madariaga, R. B. 2008.** Antecedentes sobre el Centeno en Chile y otros países. Chillán: Trama Impresores S.A. No. 182. en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7243> (Consultado: 31 agosto 2022).
- Mela, P. 1966.** El suelo y los cultivos de secano. 2ª ed.. Ediciones Agrociencia, Zaragoza, España. p. 439-455
- Michalska, A., Amigo B.M., Zielinski, H. y Del Castillo, M. D. 2008.** Effect of bread making on formation of Maillard reaction products contributing to the overall antioxidant activity of rye bread. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 123132.
- Mazuela, Á. P. 2013.** Agricultura en zonas áridas y semiáridas. *Idesia (Arica)*. 31(2): 3-4.
- Murillo, B., Escobar, A., Fraga, H., y Pargas, R. 2001.** Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(2), 145-153.
- Martínez R. F., Cervantes D. L., Aíl C. C., Hernández M. L., Sánchez, C. L., y Rueda P. E. 2016.** Hongos Fito patógenos Asociados Al Tomate (*Solanum Lycopersicum*L.) En La Zona Árida Del Noroeste De México: La Importancia De Su Diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18).
- Russell, R. S. 1977.** *Plant Root Systems*. McGraw-Hill, New York. 298 p.
- Rosa, E., Bianco, C., Mercado, S. y Scappini, E. 2005.** Poáceas de San Luis. Distribución e importancia económica. Argentina.
- Pagliaricci, HR, González, S., Ohanian, AE y Pereyra, TW. 2000.** Caracterización del crecimiento y la producción de cereales forrajeros invernales en Córdoba, Argentina. *Agricultura Técnica*, 60 (3); 224-235.
- Reston. Murillo, B., Escobar, A., Fraga, H., y Pargas, R. 2001.** Rendimiento de grano y forraje de líneas de triticale y centeno en Baja California Sur, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24(2);145-153.

- Reid, D. 1976.** Genetic potentials for solving problems of soil mineral stress: Aluminum and manganese toxicities in the cereal grains. In M. Wright (ed.) Plant adaptation to mineral stress in problems soils. Proceedings of a workshop held at the National Agricultural Library, Beltsville, Maryland, USA. pp 55-64.
- Sencer, H., y J. H. 1980.** On the origin of cultivated rye. Biol Linn Soc(13), 299313.
- Stoskopf, N.C. 1985.** Cereal grain crops. Reston Publishing Company, Inc.,
- Serna-Saldivar, S.O. 2010.** Cereal grains. Properties, processing, and nutritional attributes. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL. 747 p.
- Schlegel, R.H.J. 2013.** Rye: Genetics, breeding and cultivation. CRC Press. New York, USA. 382 p
- Schlegel, R., Kynast, R., Schwarzacher, T., Römheld, V., and Walter, A. 1993.** Mapping of genes for copper efficiency in rye and the relationship between copper and iron efficiency. Plant Soil 154: 61–65.
- Tomaso, J. C. 2009.** Cereales forrajeros de invierno. Agromercado. 149(1), 4-11.
- Tollenaar, H. 1982.** Algunas enfermedades de plantas observadas en el país, que no están incluidas en Flora Fungosa Chilena. Agricultura Técnica (Chile) 42:355-357.
- Veneciano, J. H., Funes, M. O., y Corral, A. Z. 1994.** Curvas de crecimiento de cereales forrajeros de invierno III. Centeno (*Secale cereale* L.). 7(2); 1-9.
- Wilson, C.Y., López, N.E., Ortega, M.E., Ventura, J., Villaseñor H.E., y Hernández A. 2018.** Acumulación de forraje, composición morfológica e interceptación luminosa en dos variedades de avena. Interciencia. 43(1): 630-636.

**Yenish, J.P., A.D. Worsham, y W.S. Chilton. 1995.** Disappearance of DIBOA-glucoside, DIBOA, and BOA from rye (*Secale cereale* L.). *Weed Science* 43:18-20.

**Yoshida, S. 2003.** Molecular regulation of leaf senescence. *Current Opinion in Plant biology*. 6(1);79-84. DOI:10.1016/s1369526602000092

**Zasada, A., F. Meyer, M. Halbrendt, y C. Rice. 2005.** Activity of hydroxamic acids from *Secale cereale* against the plantparasitic nematodes *Meloidogyne incognita* and *Xiphinema americanum*. *Phytopathology* 95:1116-1121

## VII. ANEXOS

**Cuadro 1.** Variables productivas de centeno (*Sereale cecale* L.) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.

DDS (Días)	RMS (kg MS ha <sup>-1</sup> )	AP (cm)	R:H/T
35	244 G	33 E	10.6 A
42	541 G	43 DE	9.0 AB
49	1015 F	44 DE	7.1 ABC
56	1377 F	47 DE	7.0 ABCD
63	2264 E	57 D	3.3 BCD
70	3220 D	80 C	2.4 CD
77	4817 C	100 B	1.3 CD
84	5748 B	115 AB	1.1 CD
91	6033 AB	120 A	1.7 CD
98	6326 A	124 A	0.9 D
Promedio	3159	76	4.4
Sig.	<.0001	<.0001	<.0001
EEM	161	5.86	2.0
DMS	472	17.1	6.1

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ( $p>0.05$ ). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS = Diferencia mínima Significativa. DDS = Días Después de la Siembra. RMS = Rendimiento de Materia Seca. R:H/T = Relación:Hoja/Tallo. AP = Altura de planta.

**Cuadro 2.** Composición Morfológica (kg MS ha<sup>-1</sup>) de centeno (*Secale cereale* L.) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.

DDS	Hoja	Tallo	MM	Infló.	Maleza	Sig.	EEM	DMS
35	196 <sup>Ea</sup>	24 <sup>Db</sup>	0 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Cb</sup>	24 <sup>ABb</sup>	<.0001	21.4	60.4
42	432 <sup>DEa</sup>	51 <sup>Db</sup>	18 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Cb</sup>	41 <sup>Ab</sup>	<.0001	62.7	176.8
49	849 <sup>CDEa</sup>	136 <sup>Db</sup>	30 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Cb</sup>	0 <sup>Bb</sup>	<.0001	63.0	177.7
56	1069 <sup>BCDa</sup>	164 <sup>CDb</sup>	82 <sup>Abc</sup>	61 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	34.2	96.6
63	1467 <sup>ABCa</sup>	492 <sup>CDb</sup>	210 <sup>Abc</sup>	96 <sup>Cbc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	153.3	432.5
70	1922 <sup>Aa</sup>	855 <sup>BCb</sup>	300 <sup>Abc</sup>	143 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0.0001	229.6	647.7
77	1935 <sup>Aa</sup>	1519 <sup>ABa</sup>	399 <sup>Ac</sup>	964 <sup>Bb</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	180.9	510.4
84	2032 <sup>Aa</sup>	1980 <sup>Aa</sup>	589 <sup>Ab</sup>	1147 <sup>Bab</sup>	0 <sup>Bb</sup>	0.0014	424.6	1197.9
91	2021 <sup>Aa</sup>	1451 <sup>ABab</sup>	603 <sup>Abc</sup>	1959 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0.0005	366.0	1032.6
98	1815 <sup>ABab</sup>	1941 <sup>ABab</sup>	522 <sup>Abc</sup>	2048 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0.0031	507.3	1431.1
Promedio	1374 <sup>a</sup>	861 <sup>b</sup>	275 <sup>cd</sup>	642 <sup>bc</sup>	7 <sup>d</sup>	<.0001	252.3	532.3
Sig.	<.0001	<.0001	0.014	<.0001	<.0001			
EEM	282.6	235.9	229.4	231.5	8.6			
DMS	827.4	690.8	12.0	677.7	25.3			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ( $p>0.05$ ). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS = Diferencia mínima Significativa.

**Cuadro 3.** Composición Morfológica (%) de centeno (*secale cereale*) cosechado a diferentes edades de la planta (DDS), en el Sureste de Coahuila, México.

<b>DDS</b>	<b>Hoja</b>	<b>Tallo</b>	<b>MM</b>	<b>Infló.</b>	<b>Maleza</b>	<b>Sig.</b>	<b>EEM</b>	<b>DMS</b>
35	81 <sup>ABa</sup>	10 <sup>Db</sup>	0 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Cb</sup>	9 <sup>Ab</sup>	<.0001	4.6	12.9
42	79 <sup>ABa</sup>	10 <sup>Db</sup>	4 <sup>Ab</sup>	0 <sup>Cb</sup>	7 <sup>Ab</sup>	<.0001	4.4	12.6
49	83 <sup>Aa</sup>	14 <sup>CDb</sup>	3 <sup>Ac</sup>	0 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	3.5	9.9
56	78 <sup>ABa</sup>	12 <sup>CDb</sup>	6 <sup>Abc</sup>	5 <sup>Ccd</sup>	0 <sup>Bd</sup>	<.0001	2.1	5.9
63	65 <sup>BCa</sup>	22 <sup>BCDb</sup>	9 <sup>Abc</sup>	4 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	6.0	17.0
70	60 <sup>Ca</sup>	27 <sup>ABb</sup>	9 <sup>Abc</sup>	4 <sup>Cc</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	6.5	18.3
77	40 <sup>Da</sup>	31 <sup>ABab</sup>	8 <sup>Ac</sup>	20 <sup>Bb</sup>	0 <sup>Bc</sup>	<.0001	4.1	11.5
84	35 <sup>Da</sup>	35 <sup>Aa</sup>	10 <sup>Ab</sup>	20 <sup>Bab</sup>	0 <sup>Bb</sup>	0.0039	7.3	20.8
91	33 <sup>Da</sup>	24 <sup>ABCab</sup>	10 <sup>Abc</sup>	33 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0.0016	6.1	17.4
98	29 <sup>Dab</sup>	31 <sup>ABa</sup>	8 <sup>Abc</sup>	32 <sup>Aa</sup>	0 <sup>Bc</sup>	0.0071	7.8	22.2
Promedio	58 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>	7 <sup>cd</sup>	12 <sup>c</sup>	2 <sup>d</sup>	<.0001	3.0	8.61
Sig.	<.0001	<.0001	<.0421	<.0001	<.0001			
EEM	5.7	4.43	4.12	3.72	1.29			
DMS	16.7	12.98	12.08	10.91	3.78			

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no son diferentes ( $p>0.05$ ). EEM = Error Estándar de la Media. Sig. = significancia. DMS = Diferencia mínima Significativa.