

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



Rendimiento de forraje de tres cultivares de cereales de grano pequeño
en el Sureste de Coahuila, México

Por:

Ezequiel Perea Carreón

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo, Coahuila, México, agosto de 2021.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Rendimiento de forraje de tres cultivares de cereales de grano pequeño
en el Sureste de Coahuila, México

POR:

Ezequiel Perea Carreón

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



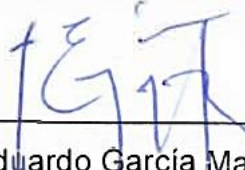
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Asesor principal



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coasesor



Dr. José Eduardo García Martínez

Coasesor



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Suplente



Dr. José Dueñez Alaníz

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México, agosto de 2021.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, agosto de 2021.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "Rendimiento de forraje de tres cultivos de cereales 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 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.

Ezequiel Perea Carreón



Nombre

Firma

RESUMEN

La avena (*Avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) son gramíneas forrajeras importantes para México las cuales proporcionan una buena fuente de forraje para todo tipo de ganado. El objetivo fue evaluar el rendimiento de forraje y sus componentes del rendimiento de tres cultivares de cereales de grano pequeño. El presente trabajo se realizó bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron los cultivares y el momento de corte (Días Después de la Siembra; DDS). Todos los cultivares tendieron a incrementar el rendimiento de forraje a mayor edad de la planta. A los 114 y 84 DDS se obtuvo el mayor y menor rendimiento promedio con 15,253 y 10,023 kg MS ha⁻¹, respectivamente. El cultivar avena presentó el mayor rendimiento a los 114 DDS con 18,384 kg MS ha⁻¹, sin embargo, obtuvo también el menor a los 84 DDS con 8531 kg MS ha⁻¹. La composición botánica y morfológica, registro que el tallo fue el componente de mayor aporte al rendimiento de forraje en promedio (51 %) seguida por la inflorescencia (29 %), hoja (15 %) y material muerto (5 %). El trigo mostro la mejor relación hoja:tallo (0.4) respecto a la cebada y avena. A los 84 DDS se registró la mayor R:H/T (0.4) y a los 114 DDS la menor (0.2). Los cultivares alcanzaron su mayor altura a los 99 y 114 DDS (93 cm), siendo inferior a los 84 DDS (88 cm). La avena fue en promedio la de mayor tamaño con 107 cm y el trigo la de menor con 75 cm. El área foliar disminuyó conforme pasaron los DDS siendo la avena y la cebada los que obtuvieron la mayor área foliar por tallo a los 84 DDS. El rendimiento de forraje se incrementó con la edad de la planta, junto con el tallo, la inflorescencia y el material muerto y la altura de planta, mientras la hoja, área foliar y por ende la relación hoja:tallo se redujeron.

Palabras clave: Avena, *Avena sativa* L., cebada, *Hordeum vulgare* L., trigo, *Triticum aestivum* L., días después de la siembra, rendimiento.

ABSTRACT

Oats (*Avena sativa* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) are important forage grasses for Mexico which provide a good source of forage for all types of livestock. The objective was to evaluate the forage yield and its components of the yield of three cultivars of small grain cereals. The present work was carried out under a completely randomized block experimental design, with three repetitions. The treatments were the cultivars and the cutting time (Days After Sowing; DDS). All cultivars tended to increase forage yield at a higher age of the plant. At 114 and 84 DDS the highest and lowest average yield was obtained with 15,253 and 10,023 kg DM ha⁻¹, respectively. The cultivar oats presented the highest yield at 114 DDS with 18,384 kg DM ha⁻¹, however, it also obtained the lowest at 84 DDS with 8531 kg DM ha⁻¹. The botanical and morphological composition, record that the stem was the component with the greatest contribution to the forage yield on average (51 %) followed by the inflorescence (29 %), leaf (15 %) and dead material (5 %). Wheat showed the best leaf: stem ratio (0.4) compared to barley and oats. At 84 DDS the highest R:H/T (0.4) was recorded and at 114 DDS the lowest (0.2). The cultivars reached their highest height at 99 and 114 DDS (93 cm), being lower than 84 DDS (88 cm). Oats were on average the largest with 107 cm and wheat the smallest with 75 cm. The leaf area decreased as the DDS passed, with oats and barley the ones that obtained the highest leaf area per stem at 84 DDS. The forage yield increased with the age of the plant, together with the stem, the inflorescence and the dead material and the height of the plant, while the leaf, foliar area and therefore the leaf-stem ratio decreased.

Keywords: Oats, *Avena sativa* L., barley, *Hordeum vulgare* L., wheat, *Triticum aestivum* L., days after sowing, yield.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por brindarme fuerza y paciencia en los momentos más difíciles de mi formación universitaria ante cualquier circunstancia.

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez por darme la oportunidad de realizar esta tesis con él, por el tiempo dedicado al asesorarme brindándome su confianza y amistad.

A mis maestros por darme su atención y transmitirme su conocimiento de forma acertada para mi formación profesional.

A mi Alma Mater por permitirme ingresar a esta universidad de gran prestigio y culminar mi educación.

DEDICATORIA

A mis Padres:

Amadora Carreón Juárez y Joel Perea Pérez

Por brindarme apoyo incondicional, amor y sacrificio, ya que sin ellos no hubiera llegado a ser lo que soy ahora, ayudándome a cumplir el sueño de ser un profesionalista. Han sido un gran ejemplo de superación, me han dado energía para luchar por lo que uno quiere y no rendirse nunca, siempre haciendo las cosas de la mejor manera posible.

A mi hermano:

Josué Perea Carreón

Por brindarme su apoyo moral y sus consejos para seguir adelante ante cualquier situación difícil, por todos los momentos de felicidad que hemos vivido juntos.

A mis amigos:

Emmanuel, Cristian, Estrella y Hugo

Por estar conmigo en cualquier circunstancia ayudándome a seguir adelante y a realizar mi tesis, los quiero, a pesar de la distancia y el tiempo nuestra amistad perdurara.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 OBJETIVOS	6
1.1.1 Objetivo general.....	6
1.1.2 Objetivos particulares	6
1.2 HIPÓTESIS.....	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Descripción de las especies en estudio	7
2.1.1 Generalidades de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	7
2.1.2 Generalidades de la avena (<i>Avena sativa</i> L.)	10
2.1.3 Generalidades del trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)	14
2.2 Factores climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes	18
2.2.1 Radiación solar	18
2.2.2 Temperatura	18
2.2.3 Precipitación o disponibilidad de humedad.....	19
2.3 Factores edáficos que afectan el crecimiento y producción de forraje.....	20
2.3.1 Suelo	20
2.3.2 Fertilización	20
2.3.3 pH.....	21
2.4 Factores de manejo que afectan a la producción de forraje	22
2.4.1 Frecuencia e intensidad de corte.....	22
2.4.2 Control de Malezas.....	24
2.4.3 Plagas y Enfermedades.....	25

III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Descripción del sitio de estudio.....	27
3.2 Manejo de los cultivos.....	28
3.3 Variables evaluadas.....	28
3.3.1 Rendimiento de forraje	28
3.3.2 Composición morfológica	28
3.3.3 Relación hoja:tallo	29
3.3.4 Altura de planta.....	29
3.3.5 Área foliar por tallo.....	30
3.4 Análisis de datos.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 Rendimiento de forraje.....	31
4.2 Composición Botánica y Morfológica	32
4.3 Relación hoja:tallo.....	37
4.4 Altura de la planta	38
4.5 Área foliar.....	39
V. CONCLUSIONES.....	41
VI. LITERATURA CITADA	42
VII. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales enfermedades y plagas que afectan al Trigo, Cebada y Avena.	25
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	54
Cuadro 3. Composición Botánica y Morfológica (%) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	55
Cuadro 4. Composición Botánica y Morfológica (kg MS ha ⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	56
Cuadro 5. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	57
Cuadro 6. Altura de planta (cm) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	58
Cuadro 7. Área foliar (cm ² AF tallo ⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estacionalidad de importaciones de avena forrajera (Fuente: SIAVI, 2017).....	14
Figura 2. Superficie sembrada (ha) de trigo grano y trigo forrajero verde en México, durante los años del 2015 al 2019 (Fuente: SIAP, 2019).....	17
Figura 3. Estadios de desarrollo y ubicación en los distintos órganos de la planta de la materia seca acumulada por la misma (Fischer, 1983).....	24
Figura 4. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, máxima y mínima semanal que se registraron durante el periodo experimental (26 de octubre de 2019 al 15 de febrero del 2020).....	27
Figura 5. Rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) de tres cereales cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	32
Figura 6. Cambios en la Composición Botánica y Morfológica (%) de tres cereales de grano pequeño cosechado a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.....	35
Figura 7. Cambios en la Composición Botánica y Morfológica (kg MS ha ⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.....	36
Figura 8. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.	37
Figura 9. Altura del cultivo (cm) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México..	39
Figura 10. Área foliar (cm ²) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México..	40

I. INTRODUCCIÓN

En México, la base de la alimentación de la ganadería bovina ocurre mediante la utilización de pastizales y praderas bajo corte y/o pastoreo (Velasco *et al.*, 2010). En la actualidad se presentan muchos problemas en cuanto a la producción de forrajes debido a las necesidades alimenticias de la población que se encuentra en continuo crecimiento, mientras que la superficie para la producción forrajera es cada vez menor. Por lo anterior cada vez cobra mayor importancia la evaluación e introducción de nuevos cultivares adaptados a las condiciones particulares de cada región, que además sean altamente rendidores con un alto valor nutricional y requieran de una menor cantidad de insumos para lograr tales objetivos (Medina, 2014).

Los cereales presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono (Cherney y Marten, 1982). El rendimiento se incrementa y la calidad declina conforme el cultivo madura, aunque en cereales la calidad puede mantenerse o mejorar cuando ocurre el desarrollo del grano (Khorasani *et al.*, 1997; González, 2007). De tal modo que a medida que la planta se va desarrollando, hay una pérdida del contenido de agua y de las materias nitrogenadas que abundan en las hojas, al mismo tiempo que va aumentando su contenido en celulosa (Duthil, 1980).

Para lograr una adecuada utilización del forraje es importante conocer el momento oportuno de cosecha desde el punto de vista del rendimiento, calidad y persistencia de las plantas (Hodgson, 1990). Por su parte, Fagundes *et al.* (2001) mencionan que la frecuencia e intensidad de pastoreo son los componentes principales que determinan el alto o bajo potencial de producción en una pradera. Existen dos características importantes que debe de cubrir un cultivar para la obtención de forraje. Una es producir la mayor cantidad de biomasa posible, y la otra es la calidad de la biomasa producida en términos de materia digestible (Cooper y Morris, 1986).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Analizar el comportamiento productivo y atributos forrajeros, de cereales de grano pequeño, para determinar sus características sobresalientes.

1.1.2 Objetivos particulares

- Identificar el punto óptimo de corte con mayor volumen de materia seca en función del aporte al rendimiento total de los componentes morfológicos de avena, cebada y trigo.
- Determinar la acumulación de forraje, relación hoja:tallo, altura, y área foliar de avena, trigo y cebada.

1.2 HIPÓTESIS

- A mayor madurez fisiológica de los cereales de grano pequeño mayor es el rendimiento de forraje.
- Al menos uno de los cultivos de cereales de granos pequeño presentará mejores características productivas.
- Al menos uno de los cortes después de la siembra presenta las mejores características forrajeras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de las especies en estudio

2.1.1 Generalidades de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)

La cebada es una planta monocotiledónea anual, originaria del sudeste de Asia y África septentrional. Están reportados en la literatura dos centros de origen, el primero corresponde a Etiopia y África del norte, de donde proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que el segundo comprende China, Japón, y el Tíbet, de donde proceden muchas de las variedades desnudas, de barbas cortas o imberbes. Existen 25 especies y recientemente las cebadas cultivadas se han clasificado dentro de tres especies, de las cuales la *Hordeum vulgare* de hileras intermedias, es la más importante. Requiere de un clima templado para desarrollarse. Las principales áreas de cultivo se encuentran en Europa y en la federación rusa, aunque también es un cultivo valioso y resistente en las zonas áridas y semiáridas de Asia, Medio Oriente y el norte de África (Poehlman, 1981). Requiere pocas unidades calor para su madurez fisiológica y se desarrolla a altitudes que van de 1,800 a 3,000 msnm. Las exigencias en cuanto al clima son pocas; sin embargo, crece mejor en ambientes frescos y moderadamente secos con precipitaciones de 400 a 600 mm anuales. Tolerancia a la salinidad, pero no los suelos encharcados y arcillosos. Puede desarrollarse en suelos poco profundos, pedregosos y bien drenados con pH de 6.0 a 8.5 (SAGARPA, 2017).

Debido a la gran diversidad de especies, tipos, variedades y líneas existentes en los cereales, es difícil especificar los requisitos del clima. La cebada se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo, las plantas pueden crecer en alta humedad. La temperatura adecuada para el cultivo de estas plantas varía entre 15 y 31 °C. La óptima depende de la etapa de desarrollo, de la variedad y del tipo de plantas (Bainotti *et al.*, 2006). Se han localizado mecanismos transportadores internos de

potasio y cloruro y otro externo de sodio en la plasmalema de raíces de cebada (Shannon, 1984).

2.1.1.1 Clasificación taxonómica de la cebada

Se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino ————— Vegetal
División ————— Tracheophyta
Subdivisión ————— Pterosidae
Clase ————— Angiospermae
Subclase ————— Monocotiledonea
Grupo ————— Glumiflora
Orden ————— Graminales
Familia ————— Poaceae
Género ————— *Hordeum*
Especie ————— *vulgare*

2.1.1.2 Descripción morfológica de la cebada

Raíz: Fasciculada, fibrosa y alcanza poca profundidad en comparación con otros cereales. Desarrolla un sistema de raíces adventicias al momento del amacollamiento.

Tallos: Son cilíndricos, huecos y gruesos, formando por ocho entrenudos los cuales son ligeramente más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos, los tallos llegan a medir en promedio de 20 cm en las variedades cortas bajo condiciones de sequía y 154 cm en variedades altas en condiciones de buen manejo.

Hojas: Por lo general son lisas y rara vez pubescentes, el ancho de estas va de 5 mm a 15 mm, están compuestas por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula que es lisa, corta y delgada. Los cultivares de primavera se caracterizan por presentar

hojas lisas; por otra parte, los cultivares de invierno presentan hojas rizadas y más angostas.

Inflorescencia: Las inflorescencias corresponden a espigas, las cuales se caracterizan por ser compactas y generalmente barbadadas. La espiga es una extensión del tallo, tiene un raquis en forma de zig-zag de 2.5 a 12.7 cm de longitud el cual cuenta con 10 a 30 nudos. La espiga está conformada por estructuras llamadas espiguillas, cada una integrada por el grano y dos glumas con barbas de longitud variable, lisa o aserrada, las cuales son alternas y están adheridas al raquis. Las variedades de 6 hileras (*Hordeum vulgare* L.) tienen 25 a 60 gramos por espiga mientras que las 2 hileras (*Hordeum distichum* L.) tienen de 15 a 30 (Warren y Martin, 1970).

Grano: El grano de la cebada es un fruto denominado cariósipide, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y cubierta seminal (testa), están estrechamente unidas, siendo generalmente inseparables; el fruto, por los tanto, es de carácter indehisciente. El grano está compuesto por pericarpio, endospermo y embrión, en el cual está localizado en la parte dorsal del mismo, y su color puede ser crema, blanco, negro, rojo o azul; los últimos colores son el resultado de pigmentos de antocianina (Warren y Martin, 1970).

2.1.1.3 Importancia económica mundial y nacional de la cebada

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

las dietas de pequeños rumiantes, ganado monogástrico y aves de corral (Blake *et al.*, 2011).

En México, la cebada es uno de los cultivos más importantes en la región de los Valles Altos que comprende los estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México (SIAP, 2015). En esta región la producción de cebada se destina principalmente para la industria maltera, mientras que los residuos derivados (paja y granos que no cumplen los requerimientos mínimos de calidad) se utilizan como complemento alimenticio en las dietas de ganado bovino, ovino o caprino (Reyes *et al.*, 2013). La agricultura y la ganadería son actividades comunes en el medio rural de los Valles Altos del país; sin embargo, la escasez de insumos forrajeros es un serio problema que enfrenta la mayoría de los productores ganaderos. La causa más común es la ausencia de especies forrajeras adaptadas a las distintas regiones agrícolas. A pesar de sus bondades, en México se utiliza muy poco en la producción de forraje en comparación con la superficie que se les dedica a otros cultivos forrajeros tales como la avena. Lo anterior debido a la ausencia de variedades diseñadas para la producción de forraje, y el desconocimiento de su valor nutritivo al momento de ser cosechada (Rico *et al.*, 2009).

2.1.2 Generalidades de la avena (*Avena sativa* L.)

La avena es una planta de crecimiento anual, ampliamente cultivada en países con climas templados y subtropicales. El origen de las avenas cultivadas es Asia Central. La historia de su cultivo es desconocida. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto. Debido a que fue considerada como una mala hierba de cereales como cebada y trigo, no llegó a tener mucha importancia como estos cultivos. Generalmente se cultiva en invierno en los lugares de climas fríos del hemisferio norte. Los principales países productores de avena son Rusia, Canadá, Estados Unidos y Finlandia (SAGARPA, 2017)

Es considerada una planta de estación fría y muy sensible a las altas temperaturas; es exigente en agua por contar con un coeficiente de transpiración elevado, aunque le puede perjudicar el exceso de humedad. Es una planta rústica, poco exigente en suelo; se adapta a terrenos muy diversos, aunque prefiere los profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal, pero sin exceso y que retengan la humedad; está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos cuyo pH este comprendido entre 5 y 7 (SAGARPA, 2017).

2.1.2.1 Clasificación taxonómica de la avena

Se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino ——— Plantae
División ——— Tracheophyta
Subdivisión ——— Pteropsida
Clase ——— Angiosperma
Subclase ——— Monocotiledónea
Orden ——— Gramin
Familia ——— Gramínea
Tribu ——— Aveneae
Género ——— *Avena*
Especie ——— *sativa*

2.1.2.2 Descripción morfológica de la avena

Raíz: Posee un sistema radicular potente, con raíces abundantes y profundas que las de los demás cereales.

Tallos: Los tallos son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al vuelco; tienen, en cambio, un buen valor forrajero. La longitud de éstos puede variar de medio metro

hasta metro y medio. Están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos.

Hojas: Las hojas son planas y alargadas. En la unión del limbo y el tallo tienen una lígula, pero no existen estipulas. La lígula tiene forma oval y color blanquecino; su borde libre es dentado. El limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos. Los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados.

Inflorescencia: La inflorescencia es en panícula. Es un racimo de espiguillas de dos o tres flores. Situadas sobre largos pedúnculos. La dehiscencia de las anteras se produce al tiempo de abrirse las flores. Sin embargo, existe cierta porción de lores que abren sus glumas y glumillas antes de la maduración de estambres y pistilos, como consecuencia de producen degeneraciones de las variedades seleccionadas (Charley, 2000).

Grano: Cada semilla está contenida en un fruto llamado cariósipide, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio; éste corresponde a la fusión de las paredes del ovario y se presenta unido a la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón (Taco, 2014).

2.1.2.3 Importancia económica mundial y nacional de la avena

La avena es una importante productora de grano en varios países, que también se utiliza como forraje para la alimentación de animales en pastoreo, heno o ensilado. Esta gramínea produce forraje de buena calidad cuando otros cultivos forrajeros de mejor calidad son escasos, por su amplio rango de adaptabilidad y su capacidad de producción en una gran variedad de climas, puesto que su cultivo es posible a una altitud que va desde los 0 hasta los 3000 msnm (Ramírez, *et al.* 2013). La avena ocupa

el quinto lugar en producción mundial de cereales, siendo el cereal de mayor importancia en climas templados y fríos del hemisferio norte. Su principal aprovechamiento es en la alimentación animal como forraje, en pastoreo, heno o ensilado, siendo en cualquier estado un forraje apetecible y digestible para el ganado. La productividad de la avena en unidades forrajeras es menor que el de otras especies de cereales de grano pequeño debido a su alto contenido de celulosa en el grano (López, 1991).

En México este cultivo es un insumo clave para la producción de alimento balanceado de uso pecuario, lo que, aunado a su amplio rango de adaptación en diferentes zonas productoras, lo coloca en diferentes zonas productoras, lo coloca como cultivo estratégico. No obstante, en el periodo 2003 – 2016 la producción decreció 5.89 por ciento. Durante la última década, su rendimiento ha tenido caídas importantes, especialmente en el periodo 2009 – 2011, para ubicarse en 9.9 ton/ha muy por debajo del máximo de las 15.5 ton ha⁻¹ que se obtuvieron en 2008; no obstante, en la actualidad se satisface la totalidad de la demanda nacional y se alcanzó un rendimiento de 15.26 ton ha⁻¹. El consumo nacional de avena forrajera en 2016 fue de 10.60 MMT, de las cuales México se abasteció con 98.83 % de la producción nacional y con 1.17 % de importaciones provenientes de Canadá y Estados Unidos. Las importaciones de avena indican que hay un mayor ingreso promedio en los meses de marzo, julio y noviembre (Grafico 1) (SAGARPA, 2017).

Es un importante cultivo forrajero en los Valles altos y región semiárida del centro y Norte-Centro de México. Se cultiva en condiciones de temporal y puede ser sembrado cuando las lluvias se retrasan o existe riesgo de heladas cuya intensidad afecta a los cultivos de maíz y frijol (Reyes *et al.*, 2013).

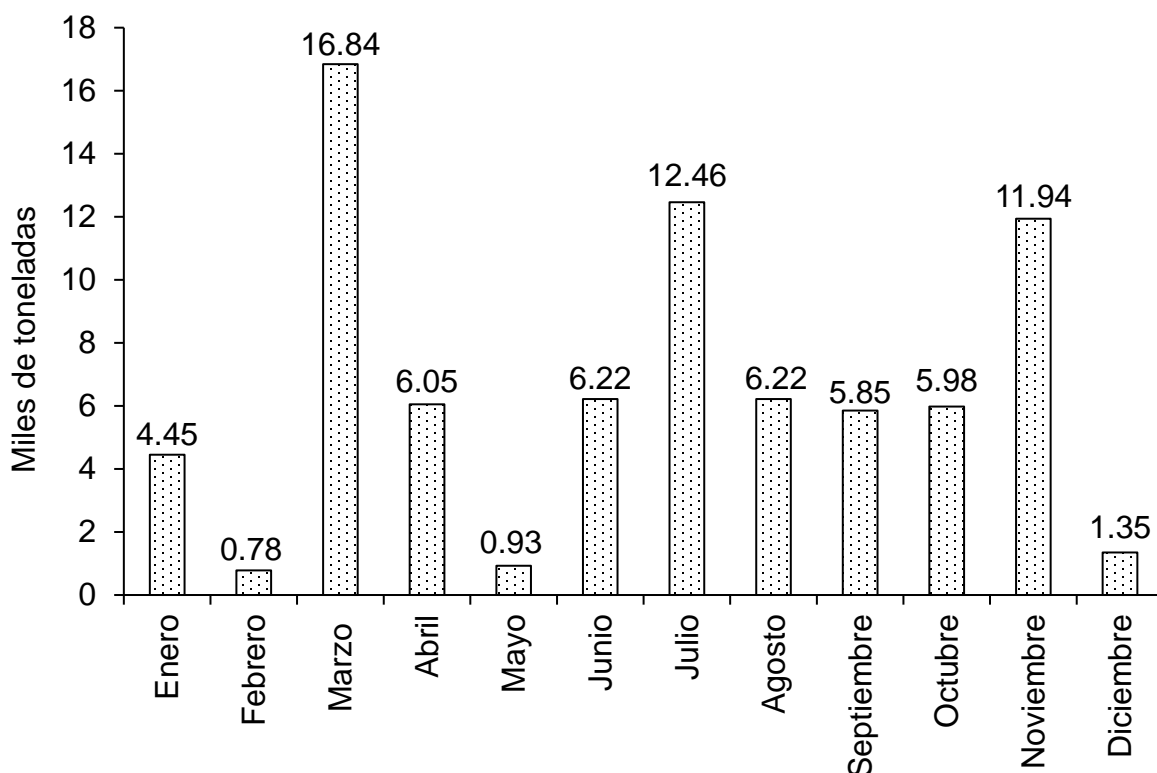


Figura 1. Estacionalidad de importaciones de avena forrajera, de los promedios del año 2011 al 2016 (Fuente: SIAP, 2019).

2.1.3 Generalidades del trigo (*Triticum aestivum* L.)

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es originario de la antigua Mesopotamia. En años recientes, el uso del cultivo de trigo para producción de forraje y grano es cada vez más generalizado en las empresas agropecuarias productoras de carne y leche de países como Argentina y Uruguay (Bainotti, 2006). Es una planta anual de crecimiento invierno-primaveral, que, debido a su gran diversidad genética, puede crecer y reproducirse en ambientes muy diferentes entre sí. Este cultivo se ampliamente en muchas partes del mundo, por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países (Moreno *et al.*, 2001). También es importante resaltar ciertos aspectos favorables del trigo respecto a otros cereales que lo vuelven una alternativa para la producción de forraje en ciertas regiones como son: mayor resistencia al frío, resistencia genética a enfermedades de la hoja,

excelente reacción al pastoreo y buena calidad y cantidad de forraje producido a lo largo del ciclo de cultivo (Bainotti y Gómez, 2006).

2.1.3.1 Clasificación taxonómica del trigo

Se ubica taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino ————— Plantae
División ——— Magnoliophyta
Subdivisión ——— Pteropsidae
Clase ————— Liliopsida
Subclase ——— Commelinidae
Orden ————— Poales
Familia ————— Poaceae
Tribu ————— Triticeae
Género ————— *Triticum*
Especie ————— *aestivum*

2.1.3.2 Descripción morfológica del trigo

Raíz: Es un órgano fibroso, formado por raíces adventicias, raíces permanentes y raíces primarias. Las raíces permanentes nacen después de emerger la planta en el suelo. Las raíces adventicias son los que nacen después de los nudos que están cerca de la superficie del suelo y su objetivo es darle suficiente sostén para la planta por las inclemencias del tiempo. Las raíces primarias hacen la absorción de nutrimentos y agua del suelo para completar el ciclo del cultivo.

Tallo: Es una caña cilíndrica, está formado por nudos y entrenudos huecos, la altura del tallo depende del clima y de la variedad del trigo, normalmente son de 60-120 cm. Existen trigos enanos que varía de 25-30 cm y trigos muy altos de 120 a 180 cm, los que tiene importancia económica y comercial son los trigos semi - enanos que van de

50 a 70 cm. en estado de plántula, los nudos están muy juntos y se encuentran cerca de la superficie del suelo, según se desarrolle la planta ésta cambia de tamaño y forma, además emite brotes que dan lugar a otros tallos a lo que se denomina macollos.

Hoja: La hoja del trigo es lanceolada y nace en los nudos, el número de hojas será proporcional al número de nudos obviamente formado por vainas y limbo, entre estas dos partes reciben el nombre de cuello, la separación del cuello y limbo existe una parte membranosa y se le nombra lígula la longitud de la hoja varia de 15–25 cm y de 0.5–1.0 cm de ancho.

Inflorescencia: La inflorescencia del trigo es una espiga formada por espiguillas dispuestas en forma alternada sobre un eje central denominado raquis. Las espiguillas contienen de dos a cinco florecillas que posteriormente darán lugar al grano el cual queda inserto entre la lema o cubierta externa del grano que en la mayoría de los casos presenta una prolongación conocida como barba o arista, y la palea o envoltura más unida al grano; las florecillas laterales de cada espiguilla tienen además una tercera cubierta llamada gluma (Villarreal, 2000).

Grano: Es un grano de forma ovoide, que se desarrolla después de la polinización alcanzando un tamaño normal de 0.3–0.4 cm, formado por una ranura en la parte ventral; en un extremo lleva germen y el otro tiene una pubescencia llamada brocha. El grano está formado por pericarpio de color rojo según las variedades y el resto en la parte del grano está formado por endospermo. El grano contiene un 70 % de almidón, 12 % de proteínas y un 1.7 % de grasa (Cruz, 1991; Rojas, 1998; Flores, 1994; Guzmán, 1997; Escalante, 1991).

2.1.3.3 Importancia económica mundial y nacional del trigo

En otras regiones del mundo el trigo es cultivado para la obtención de forraje bajo el sistema denominado trigo doble propósito (TDP), donde se tiene una primera producción de forraje y posteriormente un rebrote del cultivo para la obtención de

grano. Esta práctica se extiende cada vez más y también el trigo va tomando un lugar importante dentro de las especies forrajeras por lo que los genotipos desarrollados para este sistema de TDP se orientan más en la obtención de un forraje de alta calidad nutricional (Morant *et al.*, 2009).

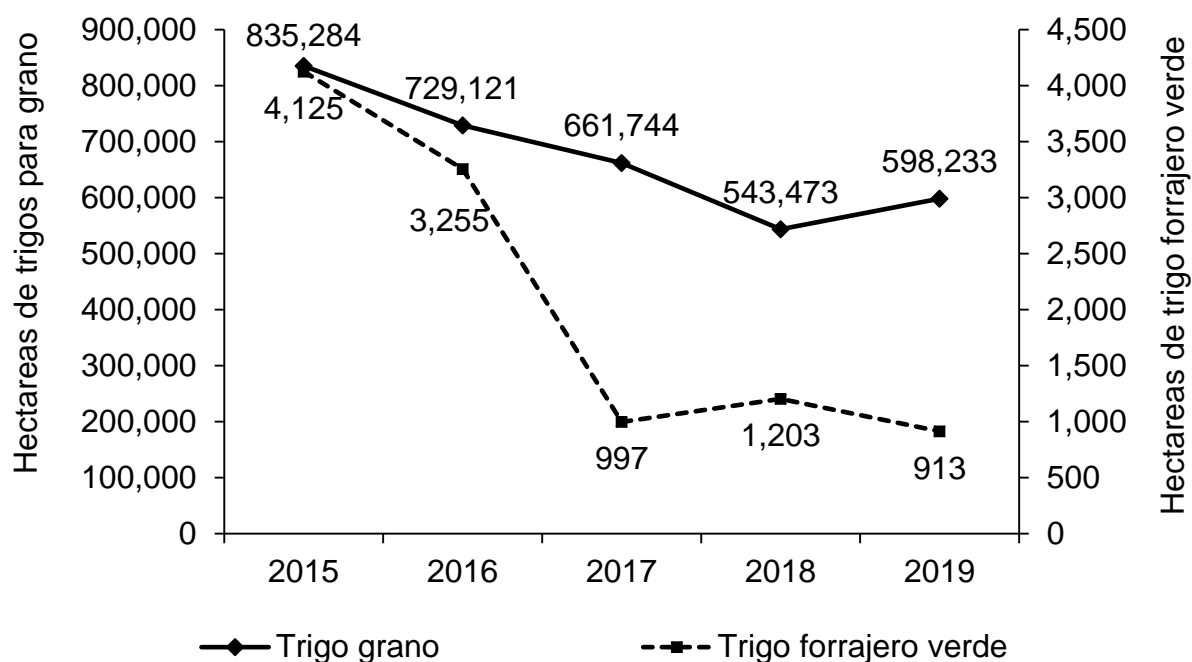


Figura 2. Superficie sembrada (ha) de trigo grano y trigo forrajero verde en México, durante los años del 2015 al 2019 (Fuente: SIAP, 2019).

En México, el trigo no es una especie cultivada específicamente para ser aprovechado como forraje, en México la superficie destinada a tal fin es mínima comparándola con otros cereales de mayor importancia en este rubro como lo es la avena. De acuerdo con datos de SIAP (2019) en el Estado de México solo se destinan 2 hectáreas al cultivo de trigo con fines forrajeros. Se observa que el cultivo de trigo como forraje en cuanto a superficie sembrada se ha mantenido e incluso disminuido en los últimos años y que su uso es principalmente en la alimentación humana (Figura 2).

2.2 Factores climáticos que afectan el crecimiento y producción de forrajes

2.2.1 Radiación solar

La radiación solar es el factor ambiental más importante que impulsa la fotosíntesis y la transpiración del dosel. Esta característica meteorológica se mide solo en un número limitado de estaciones meteorológicas. Por tanto, en muchas situaciones debe estimarse a partir de otras características meteorológicas, como la duración de la insolación y la temperatura, utilizando relaciones empíricas (Farhadi *et al.*, 2009).

La radiación solar proporciona energía para la fotosíntesis y evapotranspiración de cultivos y suelos (Pohlert, 2003; Donatelli *et al.*, 2003; Supit *et al.*, 1998). La radiación solar diaria es, por tanto, uno de los principales insumos en los modelos de crecimiento de cultivos (Brisson *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 1989), necesarios para el cálculo de la asimilación diaria bruta de CO², base para la producción y el rendimiento de materia seca (Boogaard *et al.*, 1998).

Soltani *et al.* (2004), investigó la sensibilidad de los rendimientos simulados de trigo, maíz y soja a la radiación diaria generada por interpolación lineal de medias mensuales. Sus resultados mostraron una diferencia de alrededor del 23 % con respecto a los rendimientos simulados sobre la base de la radiación medida. Llegaron a la conclusión de que solo en situaciones específicas, los datos de radiación promedio mensual se pueden utilizar como insumo en los modelos de simulación de crecimiento de cultivos.

2.2.2 Temperatura

La temperatura es una de las variables críticas que sustentan la vida en la tierra y las temperaturas cambiantes y variables la afectan además de generar pérdidas económicas. Se proyecta un aumento de las temperaturas a escala mundial, así como a nivel regional. La temperatura es un componente meteorológico clave que influye en

el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Wheeler *et al.*, 2000), y la investigación agronómica indica que las temperaturas más altas asociadas con el cambio climático serán perjudiciales para la producción de cultivos (Adger, 2001). La duración del llenado de grano en los cereales, por ejemplo, está determinada principalmente por la temperatura (Ferris *et al.*, 1998). Se cree que los efectos de breves períodos de exposición a altas temperaturas (31 °C) en antesis sobre el rendimiento del grano de trigo son equivalentes a un calentamiento de 2-3 °C en la temperatura media estacional. Los estudios han encontrado maíz y soja los rendimientos se ven influenciados por la temperatura máxima diaria durante ciertas etapas fenológicas (Hatfield *et al.*, 2011). Un aumento en los eventos de temperaturas extremas afectará claramente tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos (Wang y Frei, 2017).

En el rendimiento de semillas de soja se ve reducido bajo temperaturas elevadas entre un 16 % y un 40 %. Las altas temperaturas causan una reducción de componentes importantes del rendimiento, como las vainas fértiles, el número de semillas y el tamaño de las semillas, y la mala formación de las vainas se relaciona presumiblemente con el inicio retardado del crecimiento de las semillas (Custodio *et al.*, 2013).

2.2.3 Precipitación o disponibilidad de humedad

El elemento agua es uno de los elementos más vitales para la generación de la vida, así como para la generación de alimentos y el correcto desarrollo de los mismos, este elemento es el elemento y la variable principal al momento de llevar el manejo de cultivos. La cantidad de lluvia y su distribución en el tiempo en un sitio o región determinados pueden permitir que se alcancen rendimientos óptimos en los cultivos o pueden impedirlo. Así, los factores que más limitan la productividad ocurren cuando el volumen de agua debido a la lluvia o por irrigación es menor al requerimiento del cultivo, o cuando se tiene poca disponibilidad de agua en los momentos de demanda máxima en combinación con los suelos con baja capacidad para retener la humedad en forma disponible. De la misma forma, en suelos con baja capacidad para evacuar

los excesos de agua se puede afectar la productividad, incluso tan negativamente como ocurre cuando el agua disponible es deficitaria (Muñoz, 2009). Tanto el déficit como el exceso de agua suelen provocar situaciones de estrés en los cultivos. El exceso de agua por lo general se da en suelos mal drenados y en época de lluvias, causa anoxia en las raíces de las plantas afectando la respiración aerobia, disminuye la asimilación y distribución de carbono, la absorción de minerales y en consecuencia resulta en una menor producción de biomasa (Bainotti *et al.*, 2006).

2.3 Factores edáficos que afectan el crecimiento y producción de forraje

2.3.1 Suelo

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción de alimentos y materias primas de los cuales depende la sociedad mundial (CONABIO, 2016; Silva y Correa, 2009; OBIO, 2016; Montanarella, 2015).

2.3.2 Fertilización

La práctica de fertilización, según se requiera, puede realizarse antes de la siembra, en el momento de la siembra, o después de la misma (Robles, 1990). Aplicar nutrientes en forma balanceada y precisa es un requerimiento para el desarrollo sustentable de la agricultura que produce alimentos con el propósito de alcanzar la seguridad alimentaria. La nutrición específica del suelo y de los cultivos incrementa la productividad agrícola asegurando una máxima captación de nutrientes por las plantas y por lo tanto reduciendo las pérdidas de nutrientes al ambiente, entre los que se incluyen emisiones de óxido nitroso y de otros gases de efecto invernadero. Las

plantas, para su crecimiento saludable y productivo, requieren diecisiete elementos esenciales: carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni). Además, otros elementos tales como sodio (Na), cobalto (Co) y silicio (Si), también son esenciales para el crecimiento de algunas especies (Grasso y Díaz, 2020).

El fósforo (P) corresponde a aproximadamente el 0.2 % de la materia seca de las plantas (Schachtman *et al.*, 1998); es un componente clave para la producción de proteínas y ácidos nucleicos, así como para la activación enzimática y la transferencia de energía (Wang *et al.*, 2017). El nitrógeno y el P son los macronutrientes que limitan principalmente la producción fotosintética en ambientes acuáticos o terrestres. En consecuencia, el crecimiento de las plantas está directamente relacionado con la disponibilidad de P en el suelo (Elser *et al.*, 2007; Fay *et al.*, 2015). Si la disponibilidad de un elemento esencial para la nutrición de las plantas se encuentra en cantidad insuficiente, el crecimiento de estas plantas es limitado y así lo son tanto los rendimientos como la calidad de los productos cosechados (Grasso y Díaz, 2020).

2.3.3 pH

En los suelos el pH es una propiedad química de mucha importancia porque indica que tan ácida o alcalina es la solución del suelo, que es de donde las raíces y los microorganismos del suelo toman sus nutrientes. En suelos de pH bajo (<5.5) la presencia de iones de Al restringe la solubilidad-disponibilidad de fosfato, sulfato y molibdato. Igualmente, se restringe la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica del suelo. El efecto será más severo si el pH es aún más bajo. Si se conoce el valor del pH se puede hacer una predicción, al menos cualitativa, de la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Igualmente, se puede hacer una proyección general de los requerimientos de manejo de un suelo. Las plantas varían en su grado de tolerancia a la acidez del suelo y a las formas de aluminio. Por ejemplo, las plantas de yuca, café, pasto brachiaria, piña, te, hortensia, eucalipto y pinos, entre otros, toleran muy los

suelos ácidos ricos en Al intercambiable. Otras plantas son más susceptibles a estas condiciones y prefieren suelos moderadamente a ligeramente ácidos sin aluminio: por ejemplo, crisantemo, rosa, clavel, esparrago, vid, pasto angleton y leucaena. Plantas de alfalfa, soya, caña de azúcar crecen bien en suelos cercanos a la neutralidad (Osorio, 2012).

2.4 Factores de manejo que afectan a la producción de forraje

2.4.1 Frecuencia e intensidad de corte

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

De acuerdo con, la calidad de la hierba según la edad; hay que tener en cuenta este factor a la hora de deducir los efectos que tienen las distintas formas de efectuar el aprovechamiento del pastizal. Al pararse el desarrollo vegetativo de la planta esta fructifica y empieza a envejecer; no se forman más hojas, se incrementan los tallos como consecuencia de ello: aumenta el contenido en celulosa (debe ser inferior al 28–30 por 100), disminuye la digestibilidad, baja el contenido de agua, baja el valor energético, baja general el contenido en elementos nutritivos. En cambio, si algunas plantas se pastan muy jóvenes, los inconvenientes son los siguientes: tiene efecto laxante, porque en su composición hay 85 por 100 o más de agua y exceso de potasio. Como consecuencia, hay una eliminación excesiva de sales minerales, que se manifiesta en forma de trastornos digestivos. Escaso contenido de celulosa, lo que origina problemas de rumia. Provocan meteorismo en los animales que las consumen. En término medio, lo que respecta a la edad de la hierba en el que se compensan

influencias desfavorables derivadas de un aprovechamiento excesivamente temprano o tardío, coincide con el momento indicado anteriormente atendido a criterios fisiológicos, por lo que podemos concluir que el estado óptimo de aprovechamiento es poco antes de la espigazón para las gramíneas y en el inicio de la floración para las leguminosas (Navarro, 1972).

En las investigaciones sobre evaluaciones forrajeras, se aplican cortes de uniformización para caracterizar el desempeño de la planta; así, las plantas perennes se podan a frecuencias determinadas, a partir del concepto de inducción “repetida” de etapas (delimitadas por fases), de manera que se obtenga un nuevo desarrollo vegetal; de tal modo, las frecuencias de corte definen las edades de rebrote. En estudios de *Cynodon plectostachyus* (Estrella de África) después de los 90 días, se realizó un corte alto para evitar algunas plagas, el pasto se recupera rápidamente después del corte para ser cosechado de tres a cuatro veces en temporal y de once a trece veces bajo condiciones de riego, con intervalos de 28 a 32 días (Castrejón *et al.*, 2017).

Al considerar la producción de forraje habrá que tener en cuenta el ritmo de acumulación de materia seca y su distribución entre los distintos órganos de la planta. Ambos aspectos están estrechamente ligados a su fenología (Figura 3), pero, a su vez, resultan condicionados, en distinta medida, por los factores del medio antes mencionados: la acumulación de materia seca está más afectada por la disponibilidad de agua y de nutrientes que su distribución en los distintos órganos de la planta. Por otra parte, hay que distinguir las gramíneas pratenses, cuya materia seca se acumula en las hojas y en los tallos, de los cereales, en los que el grano puede representar un porcentaje importante de la materia seca acumulada (Pujol, 1998).

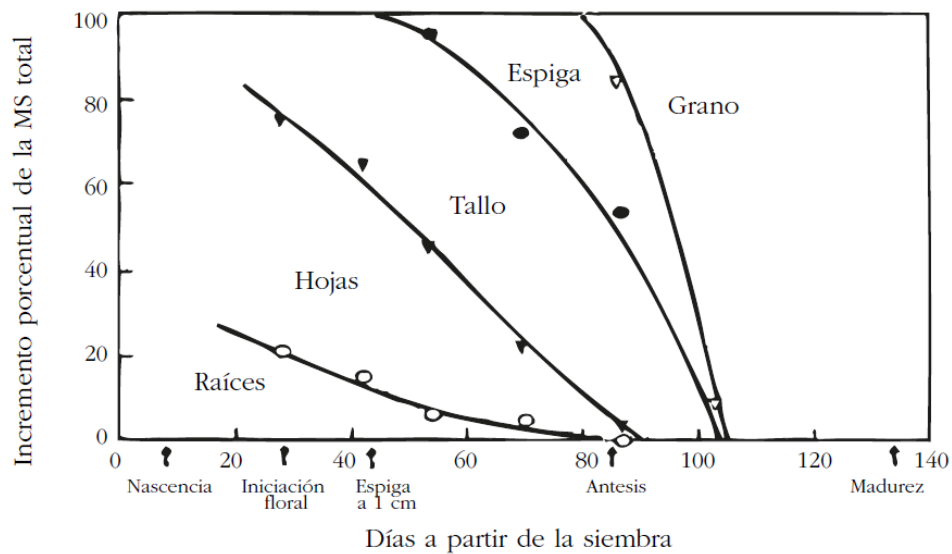


Figura 3. Estadios de desarrollo y ubicación en los distintos órganos de la planta de la materia seca acumulada por la misma (Fischer, 1983).

2.4.2 Control de Malezas

Las malezas son plantas de diferentes especies que suelen impedir las praderas y los lotes de pastos. Estas plantas compiten por luz, agua, espacio y nutrientes con las gramíneas y leguminosas deseables, lo que trae como consecuencia una disminución en la cantidad de forraje aprovechable, albergan plagas y enfermedades, obstruyen los canales y zanjas de riego y drenaje. El control de malezas se puede efectuar por métodos culturales, mecánicos y químicos. El control cultural puede realizarse por una adecuada fertilización, mezcla de gramíneas y leguminosas como también un corte a no menos de 10 cm del del suelo. Para el control mecánico podemos encontrar el arranque a mano el cual consiste en eliminar las malezas arrancándolas con raíz para erradicarlas; el uso del azadón, del barretón y el machete se pueden emplear con muy buenos resultados en ganaderías pequeñas o en aquellas donde se presentan focos no muy grandes de malezas (Nisperuza *et al.*, 1985)

Al realizar el control químico se utiliza 2,4-D (Éster butílico del ácido 2,4-diclorofenoxiacético) para Avena, Trigo y Cebada. Combate las malezas de hoja ancha actuando selectivamente por absorción (INECC, 2021).

2.4.3 Plagas y Enfermedades

Cuadro 1. Principales enfermedades y plagas que afectan al Trigo, Cebada y Avena.

Cultivar	Afectación	Resistencia	Nombre científico
Trigo	Enfermedades	Roya del tallo (roya negra)	<i>Puccinia graminis</i>
		Tizón foliar	<i>Steptoria tritici</i>
		Mancha amarilla de la hoja	<i>Pyrenophora trichostoma</i>
		Pudrición de raíz	<i>Rhizoctonia solani</i>
		Pudrición amarilla de la espiga	<i>Corynebacterium tritici</i>
	Plagas	Gusano del tallo del trigo	<i>Meromyza americana</i>
		Trips	<i>Haplothrips tritici</i>
		Pulgones de espiga	<i>Sitobion avenae</i>
		Carbón volador	<i>Ustilago nuda</i>
		Cenillilla	<i>Erysiphe graminis</i>
Cebada	Enfermedades	Roya de la hoja	<i>Puccinia hordei</i>
		Roya del tallo	<i>P. graminis</i> y <i>P. tritici</i>
		Mancha amarilla de la hoja	<i>Helminthosporium tritici-repentis</i>
		Mancha foliar de la cebada	<i>Septoria Paseerinii</i>
	Tizón Foliar	<i>Helminthosporium satibum</i>	
	Plagas	Pulgón amarillo	<i>Metopholophium dirhodum</i>
		Pulgón de la espiga	<i>Sitobion avenae</i>
Pulgón verde de los cereales		<i>Schizaphis graminum</i>	

	Oruga militar verdadera	<i>Pseudaletia spp.</i>
	Oruga desgranadora	<i>Protoleucania albilinea</i>
	Gallina ciega	<i>Diloboderus abderus</i> y <i>Cyclocephala spp.</i>
	Chinche pequeña	<i>Blissus leucopterus</i>
	Halo Bacteriano	<i>Pseudomonas coronafaciens</i>
	Fusariosis	<i>Gibberella</i> y <i>Fusarium spp.</i>
	Mancha De La Hoja	<i>Scolecotrichum graminis</i> var. <i>Avenae</i>
Enfermedades	Carbón Volador	<i>Ustilago avenae</i>
	Roya Del Tallo	<i>Puccinia Graminis Avenae</i>
	Roya Amarilla De La Avena	<i>Puccinia coronata</i>
	Gusano de Alambre	<i>Elateridae</i>
	Falso Gusano de Alambre	<i>Tenebrionidae</i>
	Gusanos Cortadores	<i>Phalaenidae</i>
Plagas	Gusano Soldado	<i>Pseudaletia unipuncta</i>
	Chinches de las plantas	<i>Blissus leucoptermus)</i>
	Trips	<i>Limothrips cerealium</i>

Fuente: Prescott *et al.* 1986; Rosales, 1999 y Cazares, 1999.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio de estudio

El trabajo se realizó durante las estaciones de otoño e invierno de 2020 en los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 8 km del centro de la ciudad de Saltillo, el sitio experimental se ubica en el área llamada el “el bajío”, localizado geográficamente a 25°21'16" latitud norte, 101° 2'16" longitud oeste y una altitud de 1783 msnm (Google Earth Pro, 2021). El clima es clasificado como templado semiseco y una precipitación promedio de 362 mm anuales (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN).

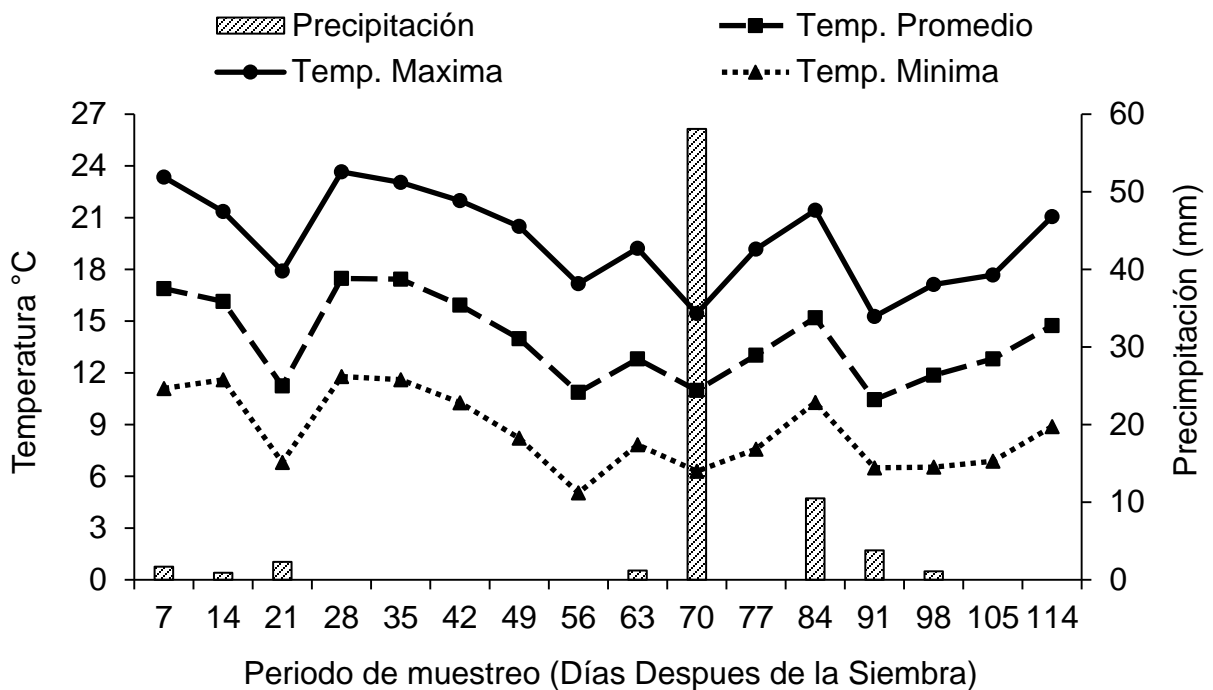


Figura 4. Distribución de la precipitación y temperatura promedio, máxima y mínima semanal que se registraron durante el periodo experimental (26 de octubre de 2019 al 15 de febrero del 2020). (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN).

3.2 Manejo de los cultivos

El establecimiento del cultivo se realizó en surcos de 40 m de longitud y 75 cm de ancho. Se instaló un sistema de riego por goteo con cintilla calibre 6000, con perforaciones cada 20 cm. Se utilizaron 3 surcos por cultivar, cada surco fue dividido en 3 secciones con una longitud de 13 m cada una delimitando cada sección con líneas físicas. Se realizaron cortes cada 15 días iniciando en el día 84 después de la siembra, cada corte se realizó a una altura 12 cm del suelo. Se establecieron 3 repeticiones por surco para los 3 cultivares.

3.3 Variables evaluadas

3.3.1 Rendimiento de forraje

El muestreo consistió en cortar el forraje de cada cultivar en una superficie de 0.25 m², utilizando un marco metálico de 50 x 50 cm, a una altura residual de 12 cm sobre el suelo, el material se almaceno en bolsas de papel identificadas con su respectiva información, posteriormente se trasladó el material al laboratorio de forrajes, este se sometió a un secado en una estufa por 72 horas, a peso constante. Después se pesó cada muestra en una balanza analítica, una vez registrado cada uno de los datos para la estimación en kg MS ha⁻¹ mediante la siguiente formula:

$$\frac{0.25 \text{ m}^2 \text{ (area de muestreo)}}{10,000 \text{ m}^2 \text{ (1 ha)}} \frac{\text{--- --- --- --- } g \text{ MS pesados}}{\text{--- --- --- --- } kg \text{ MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}}$$

3.3.2 Composición morfológica

Del forraje cosechado en 0.25 m² de los cultivares se obtuvo una muestra homogenizada aproximadamente de 10% del material. Esta se separó en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Al separar cada uno de los componentes se colocaron en bolsas de papel etiquetadas con su respectiva identificación, las cuales

fueron secadas en una estufa de aire forzado por 72 horas. Una vez secas las muestras se pesaron en una balanza analítica, para su posterior estimación en porcentaje y kg MS ha⁻¹ de aportación al rendimiento total del forraje de cada componente morfológico, para esto se utilizó la siguiente formula:

CBM en porcentaje

$$\begin{array}{rcl} \text{Peso total de la CBM} & \text{---} & 100 \% \\ \text{Peso del componente} & \text{---} & \% \text{ del componente} \end{array}$$

CBM en kg MS ha⁻¹

$$\begin{array}{rcl} \text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} & \text{---} & 100 \% \\ \text{kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} \text{ componente}^{-1} & \text{---} & \% \text{ del componente} \end{array}$$

3.3.3 Relación hoja:tallo

A partir de la información obtenida de la composición morfológica de hoja y tallo de los tres cultivares, se determinó la relación hoja:tallo, calculada mediante la siguiente formula:

$$R = H/T$$

R = Relación del peso de la hoja, respecto al peso 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 planta

Se registraron 10 alturas de plantas al azar por repetición usando reglas graduadas de 100 y 150 cm, colocando el punto 0 a ras de suelo y realizando la lectura en la punta de la inflorescencia.

3.3.5 Área foliar por tallo

En cada cosecha se seleccionaron 10 tallos por repetición, de estos se separaron en hojas y tallos, posteriormente el componente morfológico de hoja se acomodó en una hoja de papel para ser analizado en un equipo integrador de área foliar modelo CI-202 marca CID, y se registraron los datos en cm² de área foliar.

3.4 Análisis de datos

El diseño experimental se realizó en un diseño de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Para determinar el rendimiento por cultivar en diferente día de cosecha, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM del programa SAS 9.0 para Windows (SAS Institute, 2011), se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey a un nivel de error del 0.05.

Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

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_j = Efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Error estándar de la media.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En la Figura 5 se muestra el incremento del rendimiento de materia seca a medida que aumentan los días después de la siembra, de tres cereales de grano pequeño evaluados en la zona sureste de Coahuila de México. Se observó un incremento progresivo en la acumulación de materia seca conforme aumentó la edad del cultivo hasta llegar a los 114 días después de la siembra (DDS). Los mayores valores estadísticamente se presentaron a los 114 DDS con un promedio de 15,253 kg MS ha⁻¹. En promedio por cultivar la avena y cebada, fueron mayores al trigo, con 13,572 y 13,716 kg MS ha⁻¹, respecto al trigo con 10,916 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2, Anexos). La cebada fue mayor al resto de los cereales a los 84 DDS con 12,663 kg MS ha⁻¹, sin embargo, no presentó diferencias estadísticas en las tres edades de cosecha evaluadas ($p > 0.05$). En la avena y trigo los mayores y menores rendimientos se presentaron a los 114 y 84 DDS, respectivamente, con 18,384 y 13,003 kg MS ha⁻¹ (114 DDS) y 8,531 y 8,876 kg MS ha⁻¹ (84 DDS). A los 99 DDS la avena y cebada superaron al trigo con 13,802 y 14,111 kg MS ha⁻¹ y 10,868 kg MS ha⁻¹, para el caso del trigo. En el tercer muestreo (114 DDS) la avena fue superior (18,384 kg MS ha⁻¹) a la cebada (14,372 kg MS ha⁻¹) y al trigo (13,003 kg MS ha⁻¹).

Tomaso (2009) reporta que la cebada forrajera es el cereal de mayor producción inicial de materia seca por corte. En un aprovechamiento a finales de abril, la cebada supera a la avena, al centeno, al trigo y triticale. En este estudio, la comparación entre cultivares, dentro de cada fecha de cosecha, la cebada mantuvo su producción, en las tres fechas de aprovechamiento y únicamente fue superada por la avena a los 114 DDS. Álvarez (2017) por su parte, reporta que la variedad Esmeralda de cebada mostró ser la más precoz a los 77 días desde la siembra (DDS) hasta la etapa de grano lechoso-masoso, mientras que la variedad de trigo Baguette fue la más tardía, con 113 DDS hasta la etapa de grano lechoso-masoso, 35 días después con respecto a Esmeralda, siendo similar a la precocidad de la cebada y por lo tanto en rendimiento.

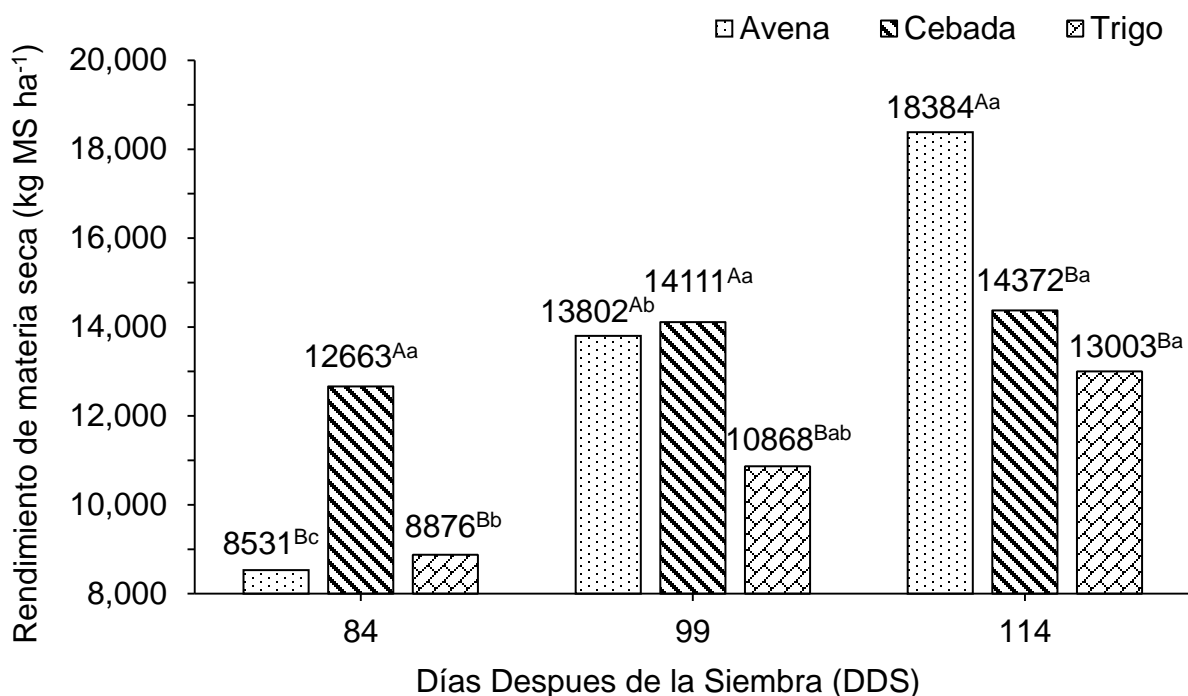


Figura 5. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Literales mayúsculas en un mismo DDS entre cultivares, y literales minúsculas en un mismo cultivar entre las diferentes DDS no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$).

4.2 Composición Botánica y morfológica

La distribución del rendimiento de los componentes morfológicos expresados en porcentaje y kg MS ha⁻¹ se muestran en las Figuras 6 y 7. El componente morfológico que más aportó en promedio al rendimiento total de forraje fue el tallo, seguido por la inflorescencia, hoja y material muerto con 6464, 3816, 1752 y 702 kg MS ha⁻¹, que representaron un 51, 29, 15 y 5 % respectivamente (Cuadros 3 y 4 Anexo). En promedio se registró mayor producción de tallo en la cebada con 7,656 kg MS ha⁻¹, con el 56 % de aportación al rendimiento, siendo similar ($p > 0.05$) en porcentaje a la aportación de tallo en el caso del trigo. Todos los componentes tuvieron diferencias entre momentos de corte ($p < 0.05$).

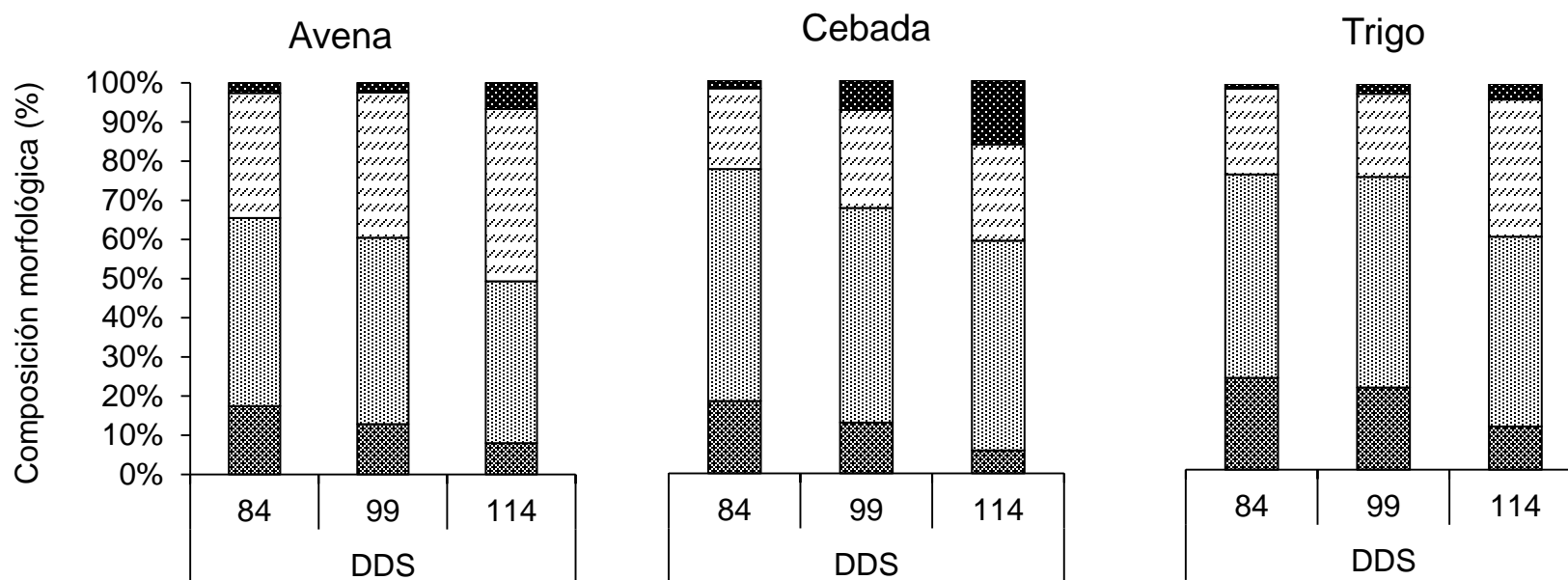
La hoja en la avena y cebada tuvieron mayor porcentaje de aportación a los 84 DDS con un 17 y 18 % ($p < 0.05$), mientras en el trigo fueron similares las aportaciones a los 84 y 99 DDS con 24 y 21 %, respectivamente ($p > 0.05$). Los porcentajes más bajos en los tres cultivares se registraron a los 114 DDS cuando la planta tenía mayor edad. En promedio el trigo con 19 % fue mayor a la avena con 8 % y a la cebada con 6 % (Cuadro 3; Anexos). No obstante, en la aportación en kg MS ha^{-1} , en la avena y trigo no hubo diferencias ($p > 0.05$), sus promedios fueron de 1,565 y 1,983 kg MS ha^{-1} , mientras en la cebada la mayor aportación de hoja al rendimiento total de forraje fue a los 99 DDS con 2,611 kg MS ha^{-1} , y el menor a los 114 DDS con 837 kg MS ha^{-1} . En promedio no hubo diferencias entre cultivares ($p > 0.05$; Cuadro 4 Anexos).

En el tallo no hubo diferencias estadísticas entre fechas al corte en la avena y cebada con promedios de 46 y 56 %, sin embargo, en el trigo el mayor porcentaje se presentó a los 99 DDS (55 %) y el menor a los 114 DDS (49 %). En promedio la cebada y el trigo con 56 y 52 %, respectivamente fueron mayores a la avena con 46 % ($p < 0.05$), pero en kg MS ha^{-1} , la cebada con 7,656 kg MS ha^{-1} , superó a la avena con 6,086 kg MS ha^{-1} , y al trigo con 5,651 kg MS ha^{-1} . Entre DDS la cebada y el trigo no presentaron diferencias ($p > 0.05$). En la avena los mayores rendimientos de tallos se registraron a los 99 y 114 DDS con 6,557 y 7,588 kg MS ha^{-1} y el menor a los 84 DDS con 4,111 kg MS ha^{-1} ($p < 0.05$; Cuadros 2 y 3 Anexos).

El material muerto en los tres cultivos se presentó en mayor cantidad a la máxima edad de evaluación (114 DDS), con mayor cantidad la cebada con 16 %, seguida por la avena (7 %) y el trigo (4 %). En contraparte el menor porcentaje se registró a los 84 y 99 DDS, con valores alrededor de 8 y 1 %. En promedio la cebada presentó mayor material muerto (9 %) y menor el trigo (3 %). Similarmente, en kg MS ha^{-1} , el material muerto tuvo mayor presencia a los 114 DDS en los tres cultivares y los menores a los 82 y 99 DDS. En promedio la cebada con 1,214 kg MS ha^{-1} superó a la avena (599 kg MS ha^{-1}) y al trigo (293 kg MS ha^{-1}), lo cual se presenta en los cuadros 2 y 3 de anexos.

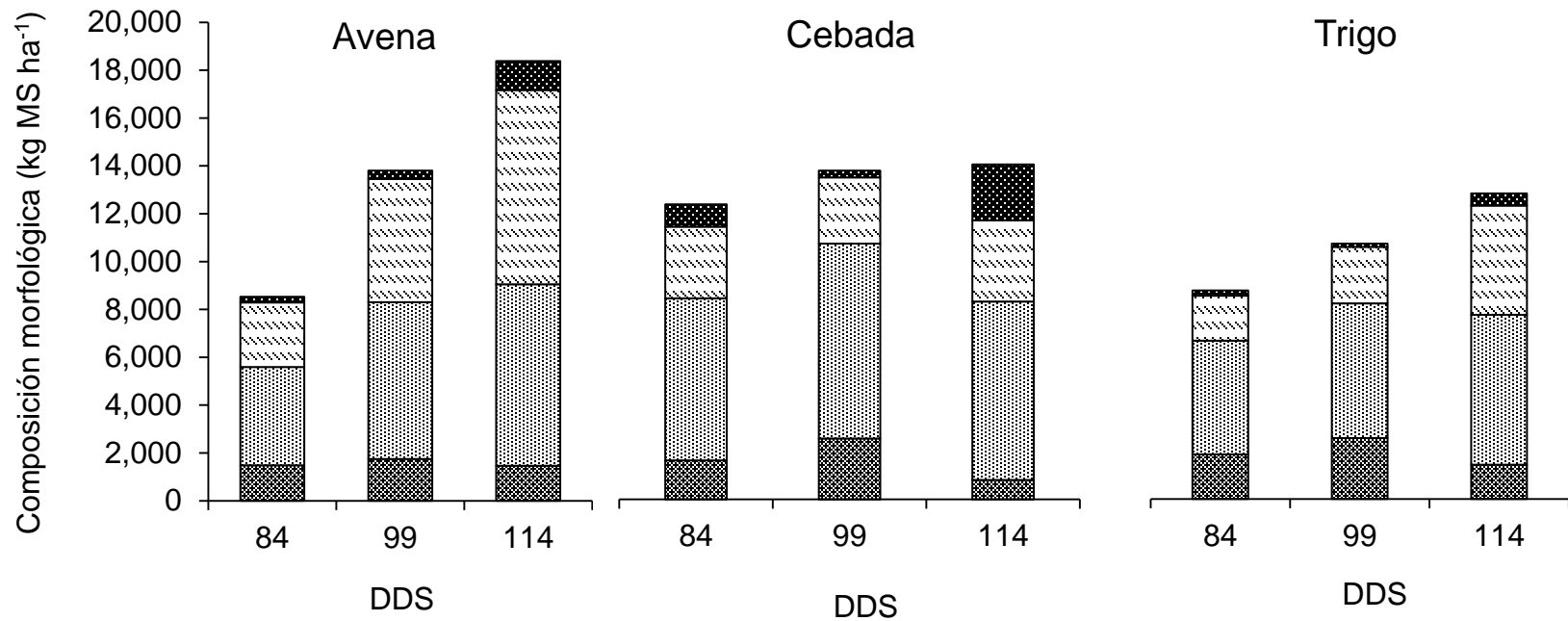
La inflorescencia estuvo presente en la misma proporción en las tres fechas evaluadas en la avena y cebada, con promedio de 38 y 23 %. Para el trigo el mayor porcentaje fue a los 114 DDS con 36 %, y los menores a los 84 y 99 DDS con 22 %, ambos. No obstante, en kg MS ha⁻¹ la cebada fue la única que no presentó diferencias entre fechas de muestreos con un promedio de 3,137 kg MS ha⁻¹. En la avena y trigo los mayores se mostraron a los 114 DDS y los menores a los 84 y 99 DDS. En promedio la avena fue mayor a la cebada y trigo, con 5323, 3137 y 2988 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

El proceso de maduración de la planta, presencia o ausencia de los componentes morfológicos son dependientes de su edad, lo cual es comúnmente llamada senescencia natural (Yoshida, 2003). Así mismo, de acuerdo con Wilson (2015), menciona que tanto el tallo como el material muerto se relacionan de manera positiva con el incremento en edad de la planta. En el caso de la cebada, la hoja se puede incrementar positivamente hasta los 63 DDS, y posterior a esto el tallo tiene mayor presencia (Wilson *et al.*, 2020). La aportación al rendimiento total por la hoja puede oscilar entre un 83 y 75 %, en tallo hasta un 20 %, material muerto 13 % e inflorescencia 11 % a los 63 DDS, respectivamente (Wilson, 2015). Juskiw *et al.* (2000), reportaron que la distribución del rendimiento de forraje a lo largo del desarrollo de la planta afecta la cantidad de biomasa producida, calidad del forraje, así mismo la fecha de corte afecta significativamente la cantidad de hoja, tallo, espiga y biomasa total. Sánchez *et al.* (2014), estipulan que a etapas fenológicas avanzadas se incrementa el peso de inflorescencia y tallos, disminuyendo la cantidad de hojas producidas, lo cual fue explicado en trigo, estableciendo que la producción de espiga aumenta hasta que la planta inicia el llenado de grano, debido por la traslocación de fotosintatos desde los tallos y hojas que resulta en senescencia y pérdida de estos componentes. Lo anterior concuerda con lo mencionado por Quirino *et al.* (2000) que estipulan que después de un periodo fotosintéticamente productivo, la contribución de fotosintatos desde las hojas hacia la planta disminuye y las hojas entran en su etapa final de desarrollo denominada senescencia programada. Esta etapa se caracteriza por la activa degradación de macromoléculas, principalmente de proteínas.



	Hoja	Tallo	Inflorescencia (Infl.)	Material Muerto (MM)
Hoja	17 ^{Cbc}	13 ^{Ccd}	8 ^{Bde}	24 ^{Ba}
Tallo	48 ^{Abc}	48 ^{Abc}	41 ^{Ac}	21 ^{Bab}
Infl.	32 ^{Bcd}	37 ^{Bab}	44 ^{Aa}	11 ^{Cde}
MM	3 ^{Dcd}	2 ^{Dbc}	7 ^{Bbc}	53 ^{Aab}
				55 ^{Aab}
				22 ^{Bcd}
				22 ^{Bcd}
				36 ^{Bab}
				1 ^{Cc}
				3 ^{Ccd}
				4 ^{Dbc}
				18 ^{Babc}
				13 ^{BCcd}
				6 ^{De}
				59 ^{Aa}
				55 ^{Aab}
				53 ^{Aab}
				21 ^{Bd}
				25 ^{Bcd}
				25 ^{Bcd}
				2 ^{Cbc}
				8 ^{Cb}
				16 ^{Ca}

Figura 6. Cambios promedio en la Composición Botánica y Morfológica (%) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Días Después de la Siembra (DDS). Mismas literales mayúsculas en cada columna y mismas literales minúsculas dentro de cada cultivar, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$)



	■ Hoja	■ Tallo	■ Inflorescencia (Infl.)	■ Material Muerto (MM)
Hoja	1482 ^{Cab}	1748 ^{Cab}	1465 ^{Bab}	1676 ^{Bab}
Tallo	4111 ^{Ac}	6557 ^{Aabc}	7588 ^{Aab}	6955 ^{Aab}
Infl.	2699 ^{Bcd}	5151 ^{Bb}	8118 ^{Aa}	3074 ^{Bcd}
MM	238 ^{Dbc}	346 ^{Dbc}	1213 ^{Bb}	958 ^{Bcb}
	1897 ^{BCab}	2593 ^{Ba}	1459 ^{Cab}	2611 ^{BCa}
	4843 ^{Abc}	5734 ^{Aabc}	6377 ^{Aabc}	8363 ^{Aa}
	1911 ^{Bd}	2405 ^{Bd}	4649 ^{Bbc}	2843 ^{Bcd}
	225 ^{Cbc}	180 ^{Cc}	517 ^{Dbc}	2390 ^{CBa}

Figura 7. Cambios en la Composición Botánica y Morfológica (kg MS ha⁻¹) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Días Después de la Siembra (DDS). Misma literales mayúsculas en cada columna y mismas literales minúsculas dentro de cada cultivar, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$).

4.3 Relación hoja:tallo

En la Figura 8 se muestran los datos de la relación hoja respecto al tallo de tres cultivares de cereales de grano pequeño evaluados en el sureste de Coahuila, México. Se presentaron diferencias entre cultivares y entre momentos de muestreos ($p < 0.05$). La producción de hoja respecto al tallo disminuyó a medida que la planta incrementó su edad en un promedio de 0.4 a los 84 DDS hasta un 0.2 a los 114 DDS. A los 84 DDS no hubo diferencias entre cultivares ($p > 0.05$). A los 99, 114 DDS y promedio, la mayor relación hoja:tallo se presentó en el trigo, con valores de 0.4, y los menores en la avena y cebada con 0.3, para ambos cultivos. Los valores de relación hoja:tallo siempre fueron menores a 1 (promedio general 0.3), lo que indica que hubo menor producción de hoja respecto al tallo, lo que se relaciona con la calidad del forraje (Juskiw *et al.*, 2000).

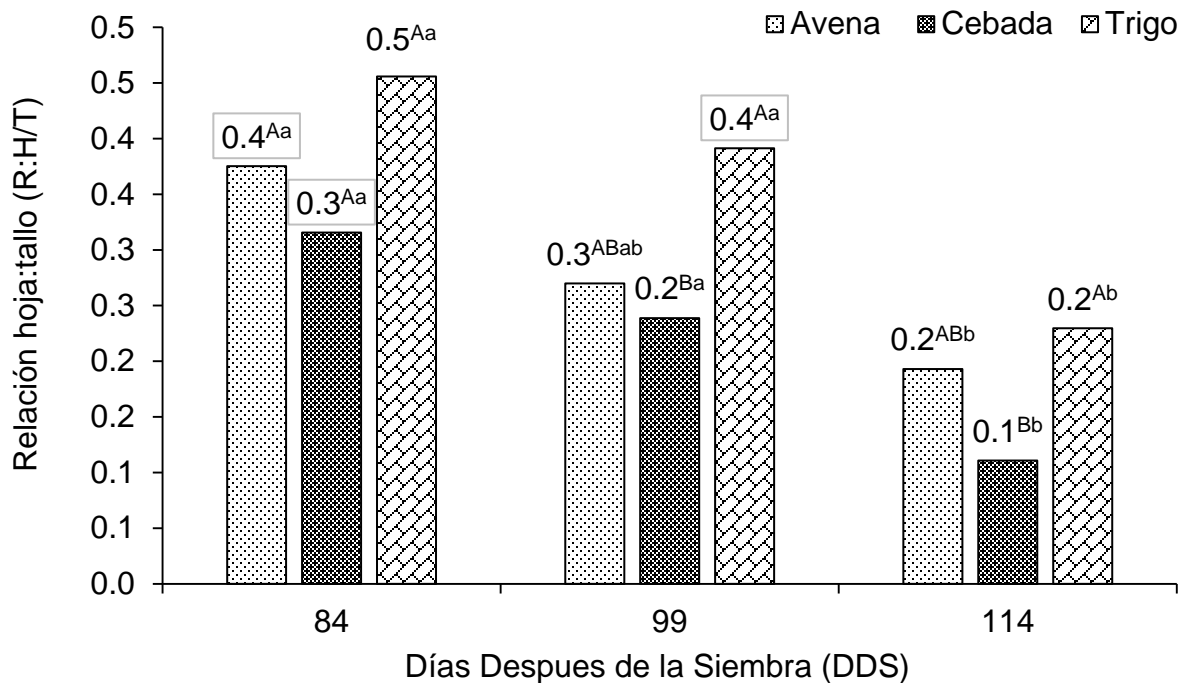


Figura 8. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Literales mayúsculas comparan cultivares dentro de cada DDS y literales minúsculas comparan cultivar para los diferentes DDS (Tukey; $p > 0.05$).

Álvarez (2017) indica un mayor peso de la hoja de la cebada en comparación de la avena y trigo, así mismo como un menor peso del tallo se obtiene una mejor relación hoja:tallo al momento del embuche, antítesis y grano lechoso-masoso, donde es el mejor punto de cosecha. Lo anterior coincide con el experimento de Juskiw *et al.* (2000), al realizar estudios de campo para evaluar la productividad de cebada, avena, triticale y centeno, encontrando que, con el avance de la madurez, la cantidad de hojas declina.

4.4 Altura de la planta

En la Figura 9 se muestran los cambios en la altura de planta de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferentes Días Después de la Siembra (DDS). Se presentaron diferencias estadísticas entre cultivares y días después de la siembra ($p < 0.05$) (Cuadro 16, anexos). La grafica muestra una tendencia positiva, indicando que la altura aumenta a mayor edad de la planta, como lo indica Juskiw *et al.* (2000), que a medida que la planta avanza en su desarrollo fenológico presenta mayor altura, mayor cantidad de espiga y por consecuencia menor peso de hoja. Las mayores alturas se registraron a los 99 y 114 DDS, con promedios de 93 cm para ambos momentos de cosecha y las menores a las 84 DDS con un promedio de 88 cm, a excepción de la cebada que no presentó diferencias estadísticas ($p > 0.05$), con un promedio de 92 cm (Cuadro 16; Anexos). La comparación entre cultivos mostró que la avena tuvo mayor crecimiento en todos los momentos de corte y el menor en el trigo con valores de 107 y 75 cm, respectivamente.

De acuerdo con Wilson *et al.* (2017), reporto de forma similar en distintas variedades de Avena a los 86 días después de la siembra una altura promedio de 100 cm. Así mismo el experimento de Iñigo (2010), en distintas variedades de trigo estipuló que la media de altura pre cosecha fue de 72 cm, mientras que la avena supero, tanto al trigo como a la cebada en los tres casos con un valor promedio de 107 cm (Cuadro16; anexos) siendo el cultivo de mayor crecimiento.

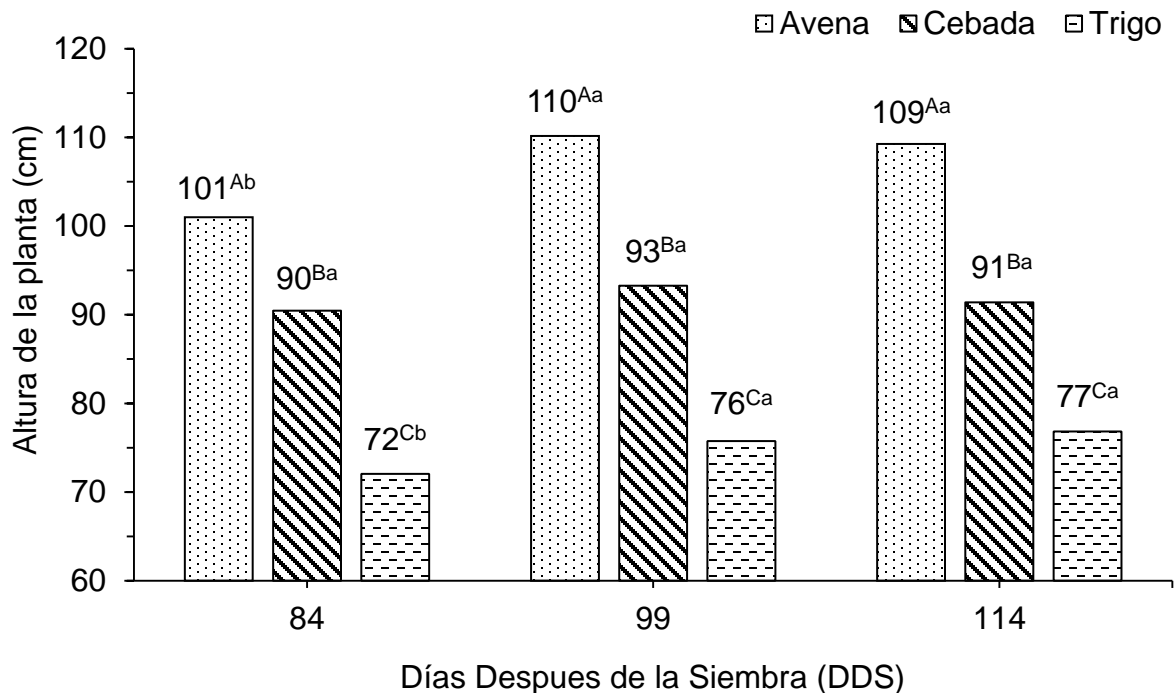


Figura 9. Altura del cultivo (cm) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Literales mayúsculas comparan cultivares dentro de cada DDS y literales minúsculas comparan cultivar para los diferentes DDS (Tukey; $p > 0.05$).

4.5 Área foliar

En la Figura 10 se muestran los cambios en el área foliar por tallo ($\text{cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$) de los tres cultivares de cereales de grano pequeño, los cuales se evaluaron en tres edades fenológicas de la planta. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), entre cultivares y entre días después de la siembra (DDS). La mayor área foliar por tallo promedio se registró en la avena y cebada con 274 y $271 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$ y la menor en el trigo con $177 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$. Lo anterior fue similar a los 84 DDS con 360 y $378 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$, respectivamente para avena y cebada, con valores menores en el trigo con $218 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$. A los 99 DDS la mayor área foliar por tallo se presentó en la avena con $260 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$, y los menores en la cebada y trigo con 218 y $189 \text{ cm}^2 \text{ AF tallo}^{-1}$. La comparación entre Días Después de la Siembra registró que los mayores

valores se presentaron a los 84 DDS con un valor promedio de 319 cm AF tallo⁻¹, y menores a los 99 y 114 DDS con 222 y 180 cm AF tallo⁻¹.

Wilson *et al.* (2018) comenta que en muchos trabajos realizados en pastos tropicales se ha observado que el punto óptimo de cosecha es cuando las plantas alcanzan el 95 % de intercepción luminosa y está relacionado con la mayor cantidad de hojas al rendimiento, y es el punto óptimo de crecimiento donde existe poca acumulación de material muerto, por lo que es importante realizar la cosecha a los 84 DDS donde el aporte del componente morfológico más rico en nutrientes como es la hoja se encuentre en una proporción más alta en comparación a los días posteriores.

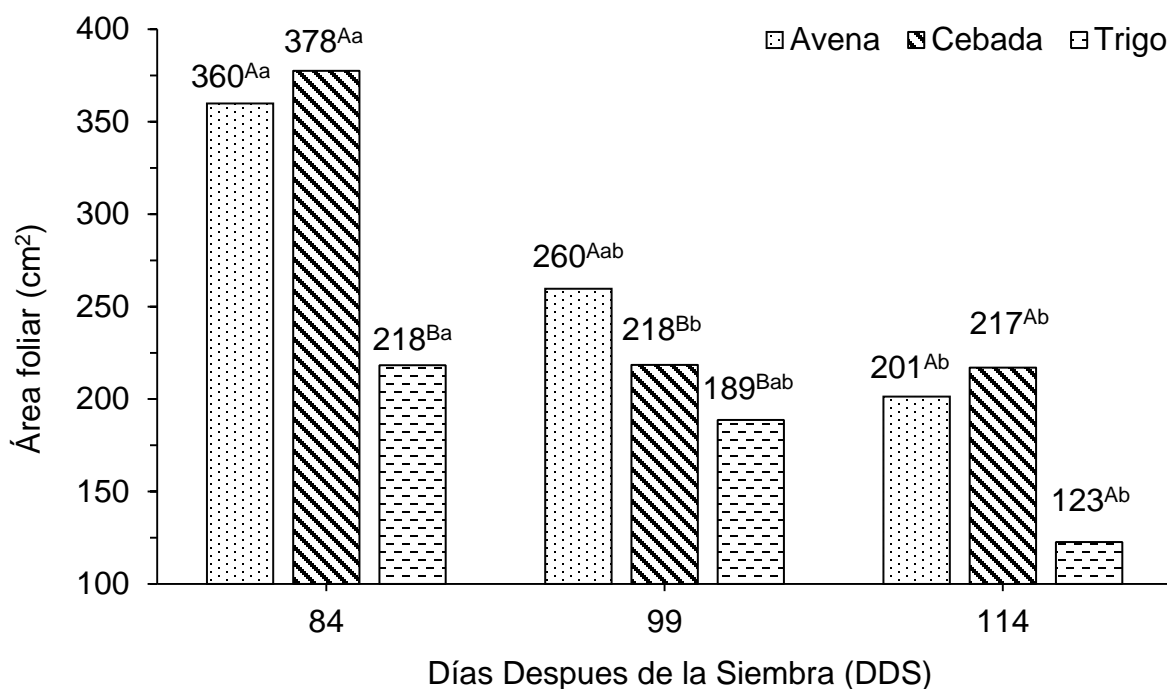


Figura 10. Área foliar por tallo (cm² AF tallo⁻¹) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México. Literales mayúsculas comparan cultivares dentro de cada DDS y literales minúsculas comparan cultivar para los diferentes DDS (Tukey; p>0.05).

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento de forraje se incrementó en la avena y trigo a mayor edad de la planta desde de los 84 a los 114 Días Después de la Siembra, no obstante, la cebada mantuvo su rendimiento a través de las fechas de corte.
- El componente morfológico que más apporto al rendimiento total fue el tallo, quien fue similar a través de los Días Después de la Siembra y entre cultivares, seguido por la inflorescencia que se incrementó con la edad de la planta y fue mayor en la avena, similarmente al material muerto que se incrementó conforme avanzó el estudio, teniendo mayor presencia en la cebada.
- La hoja en tercer lugar, disminuyo su aportación a través de los Días Después de la Siembra y fue similar entre los cultivos, lo cual se relacionó con una mayor relación hoja:tallo a los 84 DDS y menor a los 114 DDS.
- La altura de planta alcanzó su máximo valor a los 99 y 114 DDS en la avena y trigo, y la cebada no cambio esta característica. La avena tuvo mayor crecimiento que el trigo y la cebada, en contraste el área foliar por tallo descendió a medida que aumento la edad de la planta, similar en todos los cultivares. En general la avena y cebada tuvieron mayor área foliar por tallo respecto al trigo.
- La variable de rendimiento de forraje se relacionó con la altura de planta, rendimiento de tallo, inflorescencia y material muerto. En contraparte la relación hoja:tallo se relacionó con la producción de hoja y área foliar por tallo.

VI. LITERATURA CITADA

- Adger, W.N. 2001.** Scales of governance and environmental justice for adaptation and mitigation of climate change. *J. Int. Dev.* 13(7):921-931. <https://doi.org/10.1002/jid.833>
- 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>
- Bainotti, C., & Gómez D. 2006.** Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. INTA-EEA. P 3. Consulta: 2015. Sitio argentino de producción animal. Disponible:http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_evaluacin_de_cultivares_de_trigo_para_doble_pro.pdf.
- Bainotti, C., Ghida Daza, C., Amigone, M., Salines, J., Masiero, B., & Frascina, J. 2006.** Evaluación de cultivares de trigo como doble propósito. INTA No 71. 6 p. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_tritcale_mj17.pdf
- Blake, T.V., Blake, J.G., Bowman, P., & Abdel, H. 2011.** Barley feed uses and quality improvement. In: *Barley: Production, Improvement, and Uses*. Ullrich, S. E. (Ed.). Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 522-531 p.
- Boogaard, H.L., Van Diepen, C.A., Roetter, R.P., Cabrera, J.M.C.A., & Van Laar, H.H. 1998.** Crop growth simulation model and wofost Control Center 1.5. Wageningen (The Netherlands): DLO Winand Staring Centre. SC-DLO No. 52. 142 p. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/reports/309027>
- Brisson, N., Gary, C., Justes, E., Roche, R., Mary, B., & Ripoche, D. et al. 2003.** An overview of the crop model STICS. *European Journal of Agronomy*.18(4):309-332. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00110-7)

- Castrejón, F.A., Corona, L., Rosiles, R., Martínez, P., Moreno, A.V.L., Arzate, L.G., Olivos, P., Guzmán, S., García, A., Avilés, J.A., et al., 2017.** Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y algunas Arbóreas Forrajeras del Trópico Mexicano: Fracciones de Proteína (A, B1, B2, B3 y C), Carbohidratos y Digestibilidad in vitro. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1:42-44 p.
http://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/manuales_nutricion/Manual_Fracciones.pdf
- Cazares, M.J. 1999.** El Cultivo de la avena (*Avena sativa* L.). Monografía Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 67 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/719/T10150%20%20CAZARES%20PRECIADO%2C%20MANUEL%20DE%20JESUS%20%20MONOG..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Charley, H. 2000.** Tecnología de los alimentos, Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de Alimentos. México: Limusa/Noriega. 626 p.
- Cherney, J.H., & Marten, G.C. 1982.** Small grain crop forage potential: I. biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop. Sci.* 22(1): 227-231.
<https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200020007x>
- CONABIO. 2016.** Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. 2016. Biodiversidad Mexicana. En: Ecosistemas. Procesos ecológicos. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose.htm>; consulta: enero, 2016.
- Cooper, M., & Morris, D.W. 1986.** Agricultura forrajera. Buenos Aires, Argentina: el ateneo. 37-40 p.
- Cruz, G.R. 1991.** Evaluación del Modelo de Palacios Vélez para Simular el Balance de la Humedad del Suelo en el Cultivo de Trigo (*Triticum aestivum* L.) Variedad Seri M-82. 63 p.

- Custodio, R.P., Tacarindua, Tatsuhiko S., Koki H., Etsushi., & Ryoji S. 2013.** The effects of increased temperature on crop growth and yield of soybean grown in a temperature gradient chamber. *Field Crops Research*. 154(1):74-81. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.07.021>
- Donatelli, M., Bellocchi, G., & Fontana, F. 2003.** RadEst3.00: software to estimate daily radiation data from commonly available meteorological variables. *European Journal of Agronomy*. 18(3-4):363–367. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00130-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00130-2)
- Duthil, J. 1980.** Producción de forrajes. 3a ed., Ed. MUNDI-PRENSA, Madrid. 367 p. <http://unag2.metabiblioteca.com.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=6109>
- Elser, J.J., Bracken, M.E.S., Cleland, E.E., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillebrand, H., Ngai, J.T., Seabloom, E.W., Shurin, J.B., & Smith, J.E., 2007.** Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*. 10:1135-1142. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x>
- Escalante, Z.J.G. 1991.** Respuesta de Trigo (*Triticum aestivum* L.) Variedad Seri m – 82 al Riego en sus Diferentes Etapas Fenológicas. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 56 p.
- Fagundes, J.L., Da Silva, S.C., Pedreira, S.C.G., Carnevalli, A.R., De Carvalho, C.A.B., Sbrissia, F.A., & De Moura, P.L.F. 2001.** Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília. 36(1):187-195. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000100023>
- Farhadi, B., Sharifi, M.A., & Van Keulen, H. 2009.** Sensitivity analysis of performance of crop growth simulation models to daily solar radiation estimation methods in

Iran. Energy Conversion and Management. 50(1):2826-2836.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.06.028>

Fay, P.A., Prober, S.M., Harpole, W.S., Knops, J.M.H., Bakker, J.D., Borer, E.T., Lind, E. M., MacDougall, et al., 2015. Grassland productivity limited by multiple nutrients. *Nature Plants*. 1(1):1-5.

Ferris, R., Ellis, R.H., Wheeler, T.R, & Hadley, P.1998. Effect of high temperature stress at anthesis on grain yield and biomass of field-grown crops of wheat. *Ann. Bot.* 82(5):631-639. <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0740>

Fischer, R.A. 1983. Wheat: Proceedings of the Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments. IRRI. Los Baños, Filipinas. 129-154 p.
https://books.google.com.mx/books/about/Symposium_on_Potential_Productivity_of_F.html?id=6W8NDuMH-FkC&redir_esc=y

Flores, D.F. 1994. Evaluación de 17 Genotipos Criollos de Trigo (*Triticum aestivum* L.) para Rendimiento y sus Componentes en la Región de Navidad Nuevo León. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 58 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1221/EVALUACION%20DE%20GENOTIPOS%20CRIOLLOS%20Y%20MEJORADOS%20DE%20TRIGO%20HARINERO%20%28Triticum%20aestivum%20L.%29%20EN%20ZARAGOZA%20C%20COAH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Foster, E., & Prentice N. 1987. Barley. In: nutritional quality of cereal grains; genetic and agronomic improvement-agronomy. *Agronomy Monographs*, South Segoe Road, Madison, USA. 28 (1):337-396. DOI:10.2134/agronmonogr28

González, C. I. 2007. Producción y calidad forrajera de líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 82 p.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1397/T16483%20GONZALEZ%20DE%20LA%20CRUZ%2c%20ISMAEL%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grasso, A., & Diaz, M. 2020. Manual de buenas prácticas de manejo de fertilización. Fertilizar Asociación Civil. 1(1):8-10.

https://www.fertilizar.org.ar/subida/BMPN/BPMN_Fertilizar102018.pdf

Guzmán, C.R. 1997. Efecto de Ribacterias Aisladas de Malezas Sobre Trigo (*Triticum aestivum* L.) var. Pavón f-76 Bajo Condiciones Controladas. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2012/T08239%20GUZM%c3%81N%20CORCHADO%2c%20RENE%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hatfield, J.L., Boote, K.J., Kimball, B., Ziska, L., Izaurralde, R.C., Ort, D., Thomson, A.M., & Wolfe, D. 2011. Climate impacts on agriculture: implications for crop production Agron. J. 103(2):351-370. DOI:10.2134/agronj2010.0303

Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into practice. Ed. Harlow, England: Longman Scientific & Technical. 203 p.

INECC, 2021. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Archivo de documentos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc>. Fecha de consulta, abril 20, 2021.

Iñigo, P. I. 2010. Evaluación de variedades de triticale para distintos aprovechamientos: grano, forraje y biomasa energética y estudio comparativo con variedades de trigo. Tesis de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. Navarra, España. 105 p. <https://hdl.handle.net/2454/2266>

Juskiw, P.E., Helm J. H., & 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>

- Khorasani, G.R., Bedel, P.E., Helm, J.H., & Kennelly, J.J. 1997.** Influence of stage of maturation on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Can. J. Anim. Sci.* 77(1): 259-267. <https://doi.org/10.4141/A96-034>
- Linch, J., Epstein, E., & Lauchli, A. 1982.** Na⁺ -K⁺ relationship in salt-stressed barley. *En. Plant Nutrition 1982, Proc. 9th Int. Plant Nutrition Coll.* 1 Scaife A., Ed. Univ. de Warwick. 1(1):347-352.
- López, L. 1991.** Cultivos Herbáceos Vol. 1 Cereales. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Medina, G.A. 2014.** Manual de Cultivos Forrajeros. F.C.A. Universidad Autónoma del Estado de México. 116 p.
- Montanarella, L. 2015.** Agricultural policy govern our soils. *Nature.* 528(1) : 32-33. <https://www.nature.com/articles/528032a>
- Morant, A., Merchán, H. & Lutz, E. 2009.** Identificación de características forrajeras deseables para un idiótipo de trigo doble propósito. *Revista Argentina de Producción Animal.* 29(1):11-117.
- Moreno, I., & Ramírez, A. 2001.** El cultivo del trigo. Algunos resultados de su producción en cuba. *Cultivos Tropicales.* 22(4):55-67. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>
- Muñoz, F. 2009.** Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. *Carta trimestral. Cenicaña.* 31(1):16-18. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo2/5.pdf
- Navarro, A. 1972.** Los Pastos y su Aprovechamiento. Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura de España. 6-72. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1972_06.pdf
- Nisperuza, E., Ojeda, I., & Bruzon, H. 1985.** Cultivo de Pastos y Forrajes. Control de Malezas. *Servicio Nacional de Aprendizaje.* 6:7-15.

https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/451/vol9_control_maleza_s_op.pdf?sequence=12&isAllowed=y

OBIO. Observatorio Nacional de Biodiversidad. 2016. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. Suelos. Buenos Aires, Argentina. <http://obio.ambiente.gob.ar/suelos>

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. 42(1): 85.

Osorio, N.W. 2012. pH del Suelo y su Disponibilidad de Nutrientes. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal. 1(4): 1-4.

Poehlman, P.F. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Primera. ed. México. 453 p. <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000008063>

Pohlert T. 2003. Use of empirical global radiation models for maize growth simulation. Agric For Meteorol. 126(1-2): 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.05.003>

Prescott, J.M., Burnett, P.A., Saari, E.E., Ransom, J., Bowman, J., de Milliano, W., Singh, R.P., & Bekele, G. 1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México. 135 p. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1110?show=full>

Pujol, M. 1998. Gramíneas, Aplicaciones agronómicas. Edición de la Universidad Politécnica de Catalunya. 2(1):40-43.

Quirino B.F., Noh Y.S., Himelblau E. & Amasino R.M. 2000. Molecular aspects of leaf senescence. Trends in Plant science. 5(1):278-282. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01655-1](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01655-1)

Ramírez, O.S., & Domínguez, D.D. 2013. Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez

al corte. Revista Fitotecnia Mexicana. 36(4):395-403.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005

Reyes, L.T., Camacho C., & 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. p. 242.
<file:///C:/Users/perpe/Downloads/RastrojosmanejousoymercadosenelcentroysurdeMexico1.pdf>

Rico, M. C., Villa, V. M. Z., Tapia, M. A. T., & Sánchez, M. A. J. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 47(1), 27-40.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/download/1490/1485>

Robles, S.R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5° Ed. Limusa. México. 664 p.

Rojas, A.A. 1998. Crecimiento de Granos en Líneas de Trigo Macaronero (*Triticum aestivum* L.) Contrastes en la Altura de la Planta y su Precocidad y su Relación en el Rendimiento. Tesis Licenciatura, Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 86 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/700/T08274%20ROJAS%20AVENDA%c3%91O%20ADAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rosales, J.C. 1999. El cultivo de La Cebada (*Hordeum vulgare* L.) y sus principales Plagas y Enfermedades. Monografía Lic. Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 104 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/730/T10218%20ROSALES%20LEDESMA%2C%20JUAN%20CARLOS%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- SAGARPA. 2017.** Avena Forrajera Mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Primera edición. 20 p.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256424/B_sico-Avena.pdf
- SAGARPA. 2017.** Cebada Grano Mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017 2030, Primera edición. 12 p.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf>
- Sánchez, R. A., Gutiérrez H., Serna, A., Gutiérrez, R. & Espinoza A. 2014.** Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas. Rev Mex Cienc Pecu. 5(2):131-142.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v5n2/v5n2a1.pdf>
- Shannon, M.C. 1984.** Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. En: Salinity Tolerance in Plants, Staples RC, Toenniessen GH, Eds. John Wiley & Sons. Nueva York. 231-254 p.
- Schachtman, D.P., Reid, R.J., & Ayling, S.M., 1998.** Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Mol. Gen. Genet. 116, 447-453. doi: [10.1104/pp.116.2.447](https://doi.org/10.1104/pp.116.2.447)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015.**
www.siap.gob.mx.
- Silva, S., & Correa, F. 2009.** Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. Semestre Económico. 23(1):13-34. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
- SIAP, 2019.** Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta : <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430> (Fecha de consulta 6 de enero de 2021).
- Soltani, A., Meinke., H. de Voil, P. 2004.** Assessing linear interpolation to generate daily radiation and temperature data for use in crop simulations. Eur J Agron. 21(2):48-133. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00044-3)

- Supit, I., & Van Kappel, R.R. 1998.** A simple method to estimate global radiation. *Sol Energy*. 63(3):147–60. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(98\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(98)00068-1)
- Taco, L. 2014.** Estudio de la “Avena” y Propuesta Gastronómica [Tesis Lic., Universidad Tecnológica Equinoccial] Repositorio Institucional - Universidad Tecnológica Equinoccial. 114 p. http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/11938/58621_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tomaso, J. G. 2009.** Cereales forrajeros de invierno. marzo 22, 2021, de Sitio Argentino De Producción Animal Sitio. 41 p. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_in_vierno/58-cereales_5.pdf
- Ullrich, S. E. 2011.** Significance, adaptation, production, and trade of barley. In: *Barley: Production, improvement, and uses*. Ullrich, S. E. (Ed.). Wiley-Blackwell Publishing Ltd. Iowa, USA, 3-13. <https://www.wiley.com/en-us/Barley%3A+Production%2C+Improvement%2C+and+Uses-p-9780470958629>
- Velasco Z. M. E., Hernández G. A., Perezgrovas G. R. A., Sanchez M. B. 2010.** Los forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. 267 p.
- Villarreal, M. 2000.** Efectos de la Producción del Trigo (*Triticum aestivum* L.) en el Mundo, México y en la Región 5 Manantiales. Monografía Licenciatura. Repositorio institucional - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 86 p.
- Wang, D., Lv, S., Jiang, P., & Li, Y. 2017.** Roles, regulation, and agricultural application of plant phosphate transporters. *Front. Plant Sci.* 8(1):1-14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00817>

- Wang, Y., & Frei, M. 2011.** Stressed food—the impact of abiotic environmental stresses on crop quality agricultura. *Ecosyst. Environ.* 141(3-4):271-286.
[DOI:10.1016/j.agee.2011.03.017](https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.017)
- Warren, H.L., & Martin, J.H. 1970.** Cereal crops. 4 reimpression. The McMillion. Londres Inglaterra. 8(1): 478-543.
- Wheeler, T.R., Craufurd, P.Q., Ellis, R.H., Porter, J.R., & Vara Prasad, P.V. 2000** Temperature variability and the yield of annual crops agriculture. *Ecosyst. Environ.* 82(1-3): 159-167.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1074.7312&rep=rep1&type=pdf>
- Williams, J.R., Jones, C.A., Kiniry, J.R. & Spanel, D.A. 1989.** The epic crop growth-model. *TASAE.* 32, 497-511.
- Wilson, 2015.** Rendimiento y calidad de forrajes de cereales de grano pequeño. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco México. pp 69.
- Wilson, G. C., López Z. N., Álvarez V. P., Ventura R. J., Ortega C. M., & Venegas A. M. 2020.** Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en Triticale 118 (X Triticosecale Wittmack). *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas.* 24(1): 221-229.
<https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2372>
- Wilson, C.Y., Hernández, A., Ortega, M.E., López, C., Bárcena, R., Zaragoza, J. L., & Aranda, 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 UNCuyo,* 49(2): 79-92. Recuperado a partir de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9635/20172-cp06-wilson-garcia.pdf

Wilson, C.Y., López, N.E., Ortega, M.E., Ventura, J., Villaseñor H.E., & Hernández A. 2018. Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en dos variedades de avena. *Interciencia*. 43(1): 630-636.

Yoshida, S. 2003. Molecular regulation of leaf senescence. *Current Opinion in Plant biology*. 6, 79-84. DOI:[10.1016/s1369526602000092](https://doi.org/10.1016/s1369526602000092)

VII. ANEXOS

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra			\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
	84	99	114				
Avena	8531 ^{Bc}	13802 ^{Ab}	18384 ^{Aa}	13572 ^A	0.005	1299	3781
Cebada	12663 ^{Aa}	14111 ^{Aa}	14372 ^{Ba}	13716 ^A	0.045	1501	4370
Trigo	8876 ^{Bb}	10868 ^{Bab}	13003 ^{Ba}	10916 ^B	0.017	756	2201
\bar{x}	10023 ^b	12852 ^{ab}	15253 ^a	12709	0.001	2377	2835
Sig.	0.05	0.03	0.05	0.03			
EEM	1527	1730	2116	1519			
DMS	4443	5035	6157	4420			

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 3. Cambios promedio en la composición Botánica y Morfológica (%) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Comp.	Cultivar	Días Después de la Siembra				\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
		84	99	114					
Hoja	Avena	17 ^{Da}	13 ^{CDab}	8 ^{HGb}	13 ^F	0.0179	1.8	5.3	
	Cebada	18 ^{Da}	13 ^{DEb}	6 ^{HGc}	12 ^F	0.0066	1.8	5.3	
	Trigo	24 ^{Da}	21 ^{CDa}	11 ^{FGb}	19 ^E	0.0152	2.3	6.7	
Tallo	Avena	48 ^{Ba}	48 ^{Aa}	41 ^{CDa}	46 ^B	0.2000	3.4	10.1	
	Cebada	59 ^{Aa}	55 ^{Aa}	53 ^{Aa}	56 ^A	0.3000	3.2	9.5	
	Trigo	53 ^{ABab}	55 ^{Aa}	49 ^{ABb}	52 ^A	0.1000	1.7	5.1	
MM	Avena	3 ^{Eb}	2 ^{Fb}	7 ^{HGa}	4 ^{HG}	0.0486	1.2	3.4	
	Cebada	2 ^{Eb}	8 ^{Fb}	16 ^{Fa}	9 ^{FG}	0.0150	2.5	7.4	
	Trigo	1 ^{Eb}	3 ^{Fb}	4 ^{Ha}	3 ^H	0.0329	0.5	1.5	
Infl	Avena	32 ^{Ba}	37 ^{Ba}	44 ^{CBa}	38 ^C	0.1593	4.4	12.8	
	Cebada	21 ^{Da}	25 ^{Ca}	25 ^{Ea}	23 ^{DE}	0.1836	3.3	9.6	
	Trigo	22 ^{Db}	22 ^{CDb}	36 ^{Da}	26 ^D	0.0027	1.7	5	
\bar{x}	Hoja	20 ^a	16 ^b	8 ^c	15	<.0001	2.18	2.6	
	Tallo	53 ^a	52 ^a	48 ^b	51	<.0001	2.8	3.4	
	MM	2 ^b	4 ^b	9 ^a	5	0.0004	3.07	3.6	
	Infl	25 ^b	28 ^b	35 ^a	29	<.0001	4.3	5.2	
Sig.		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001				
EEM		2.5	3.2	2.3	1.6				
DMS		7.6	9.5	6.8	4.9				

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 4. Cambios en la composición Botánica y Morfológica (kg MS ha⁻¹) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Comp.	Cultivar	Días Después de la Siembra			\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
		84	99	114				
Hoja	Avena	1482 ^{DEFa}	1748 ^{CDa}	1465 ^{EDa}	1565 ^{CDE}	0.4030	238	694
	Cebada	1676 ^{DEFb}	2611 ^{Ca}	837 ^{Ec}	1708 ^{CDE}	0.0017	205	596
	Trigo	1897 ^{DEFa}	2593 ^{Ca}	1459 ^{EDa}	1983 ^{CD}	0.1225	407	1187
Tallo	Avena	4111 ^{BCb}	6557 ^{ABa}	7588 ^{Ea}	6086 ^{AB}	0.0117	584	1700
	Cebada	6955 ^{Aa}	8363 ^{Aa}	7650 ^{Aa}	7656 ^A	0.0288	802	2336
	Trigo	4843 ^{Ba}	5734 ^{Ba}	6377 ^{ABa}	5651 ^B	0.0631	584	1702
MM	Avena	238 ^{Fb}	346 ^{Db}	1213 ^{Aa}	599 ^E	0.0030	118	345
	Cebada	958 ^{EFab}	294 ^{Db}	2390 ^{CDEa}	1214 ^{DE}	0.0338	508	1480
	Trigo	225 ^{Fb}	180 ^{Db}	517 ^{Ea}	293 ^F	0.0076	52	152
Infl	Avena	2699 ^{CDEb}	5151 ^{Bb}	8118 ^{Aa}	5323 ^B	0.0175	995	2895
	Cebada	3074 ^{BCDa}	2843 ^{Ca}	3494 ^{CDa}	3137 ^C	0.5532	671	1953
	Trigo	1911 ^{DEFb}	2405 ^{Cb}	4649 ^{BCa}	2988 ^{ABC}	0.0012	263	767
\bar{x}	Hoja	2229 ^a	1773 ^{ab}	1254 ^b	1752	0.0090	509	607
	Tallo	6070 ^a	6118 ^a	7205 ^a	6464	0.0065	1290	1539
	MM	223 ^b	510 ^b	1373 ^a	702	0.0002	477	569
	Inflorescencia	2649 ^b	3379 ^b	5420 ^a	3816	0.0001	1184	1412
Sig.		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001			
EEM		669	670	762	565			
DMS		1988	1990	2264	1678			

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 5. Relación hoja:tallo (R:H/T) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra			\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
	84	99	114				
Avena	0.4 ^{Aa}	0.3 ^{ABab}	0.2 ^{ABb}	0.3 ^{AB}	0.0753	0.0519	0.151
Cebada	0.3 ^{Aa}	0.3 ^{Ba}	0.1 ^{Bb}	0.2 ^B	0.0141	0.0377	0.11
Trigo	0.5 ^{Aa}	0.4 ^{Aa}	0.2 ^{Ab}	0.4 ^A	0.0326	0.0507	0.147
\bar{x}	0.4 ^a	0.3 ^b	0.2 ^c	0.3	<.0001	0.048	0.05
Sig.	0.2142	0.0399	0.0246	0.0384			
EEM	0.0599	0.0523	0.0395	0.031			
DMS	0.174	0.152	0.115	0.090			

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro6. Altura de planta (cm) de tres cereales de grano pequeño cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra			\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
	84	99	114				
Avena	101 ^{Ab}	110 ^{Aa}	109 ^{Aa}	107 ^A	0.0036	1.4	4.1
Cebada	90 ^{Ba}	93 ^{Ba}	91 ^{Ba}	92 ^B	0.0437	2.7	8.0
Trigo	72 ^{Cb}	76 ^{Ca}	77 ^{Ca}	75 ^C	0.0018	0.7	1.9
\bar{x}	88 ^b	93 ^a	93 ^a	91	<.0001	2.5	3.1
Sig.	0.0002	0.0008	0.0005	0.0003			
EEM	1.8	2.8	2.4	2.1			
DMS	5.1	\$8.2	7.1	6.1			

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa

Cuadro 7. Área foliar ($\text{cm}^2 \text{AF tallo}^{-1}$) de tres cereales de grano pequeño, cosechados a diferente edad de la planta, en el Sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Días Después de la Siembra			\bar{x}	Sig.	EEM	DMS
	84	99	114				
Avena	360 ^{Aa}	260 ^{Aab}	201 ^{Ab}	274 ^A	0.0283	35.5	103.3
Cebada	378 ^{Aa}	218 ^{Bb}	217 ^{Ab}	271 ^A	0.0036	23.8	69.2
Trigo	218 ^{Ba}	189 ^{Bab}	123 ^{Ab}	177 ^B	0.0510	29.5	85.8
\bar{x}	319 ^a	222 ^b	180 ^b	240	<.0001	36.5	43.6
Sig.	0.005	0.006	0.063	0.002			
EEM	25.9	11.6	35.8	14.1			
DMS	75.2	33.9	104.2	41.1			

Literales mayúsculas en una misma columna y literales minúsculas en una misma fila, no son diferentes estadísticamente (Tukey; 0.05). Sig. = Significancia ($p < 0.05$). EEM = Error estándar de la media. DMS = Diferencia Mínima Significativa.