

Rendimiento de forraje de avena variedad Chihuahua

Eliseo Sosa-Montes¹
Sergio Iban Mendoza Pedroza^{2§}
José Isidro Alejos de la Fuente¹
Jorge Armando Villarreal González³
Dennise Brizeida Velasco Estrada¹
Estefany Rodríguez Rosales¹

¹Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Zootecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56230. Tel. 595 9521500. (eliseososa@yahoo.com.mx; alejos.jose@colpos.mx; denniise.denniise@gmail.com; fannyrdz25@gmail.com). ²Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. Tel. 595 9520200. ³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia. Carretera Tecamachalco-Cañada Morelos km 7.5, Tecamachalco, Puebla. CP. 75460. Tel. 249 42220178. (villagon7@gmail.com).

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

Resumen

Por su importancia como forraje en México y para conocer el rendimiento de materia seca (MS) y de sus componentes morfológicos, se estudió la parte aérea de *Avena sativa* L., variedad Chihuahua. Se evaluaron las variables dependientes MS, rendimiento de MS (RMS), radiación interceptada (RI); rendimientos de hoja (H), tallo (T), panícula (P), material muerto (MM) y malezas (M), y relación hoja/tallo (H/T). Las cosechas se realizaron cada 15 días de edad, de 30 días a 150 días. Esta investigación se llevó a cabo en el campo experimental 'Predio Nuevo' del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto 2018 a enero 2019. Las unidades experimentales fueron pequeñas áreas limitadas por un cuadro de 0.25 m² en cada parcela, para cada edad, con tres repeticiones. Todas las relaciones entre variables dependientes y edad fueron sigmoides crecientes o decrecientes. El máximo RMS se alcanzó a los 120 días: 5 355 kg ha⁻¹. Los rendimientos para esta edad fueron: H (776 kg ha⁻¹), T (2 225 kg ha⁻¹), P (1 790 kg ha⁻¹), MM (304 kg ha⁻¹) y M (259 kg ha⁻¹). La intersección de H y T se consideró el punto de mejor calidad del rendimiento (82.5 días): 4 340 kg ha⁻¹. Los rendimientos en este punto fueron: H (1 607 kg ha⁻¹), T (1 658 kg ha⁻¹), P (572 kg ha⁻¹), MM (200 kg ha⁻¹) y M (303 kg ha⁻¹). En conclusión, la edad de cosecha para maximizar el rendimiento de la parte aérea y del grano fue 120 días y para obtener mejor calidad fue 82.5 días.

Palabras clave: *Avena sativa* L., composición morfológica, radiación interceptada.

Recibido: abril de 2020

Aceptado: mayo de 2020

La falta de forraje durante el invierno constituye uno de los problemas más severos de los productores de leche y carne con sistema de producción en pastoreo. El forraje de *Avena sativa* L. tiene un buen rendimiento y valor nutritivo (Mamani y Cotacallapa, 2018), y se usa como un cultivo de invierno (Zartash *et al.*, 2018).

El cultivo de avena (*Avena sativa* L.), tiene gran importancia en México, ya que es un insumo clave para la producción de alimento balanceado de uso pecuario, lo que, aunado a su amplio rango de adaptación, tanto en zonas altas, frías y lluviosas, como en ambientes semiáridos; lo coloca como cultivo estratégico. Según datos del SIAP, la superficie sembrada de avena forrajera en México es de 124 741 ha, obteniendo una producción de 3 103 472 t, con un rendimiento promedio de 24.9 t ha⁻¹ en fresco (SIAP, 2018).

Como forraje, la avena tiene alta digestibilidad, alta cantidad de energía metabolizable y su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales de grano pequeño; mientras que el grano, presenta alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y vitamina B (INFOAGRO, 2010).

De 1961 a la fecha el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha liberado 21 variedades de avena y publicada información respecto a su origen genético y características vegetativas, su adaptación a diferentes ambientes, y el desarrollo de variedades de ciclo corto (90 días) con buen rendimiento de forraje y grano, y con tolerancia a la roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp.) (Espitia *et al.*, 2007).

La avena se utiliza en cualquier etapa de crecimiento para el consumo animal, desde germinados en la alimentación de especies menores, hasta en estado lechoso-masoso de grano. Esto, trae consigo la necesidad de conocer la capacidad de producción de materia seca del cultivo, para determinar el momento óptimo de corte que permita incrementar su rentabilidad (Espitia *et al.*, 2007).

La descripción del crecimiento de una planta, o de un cultivo, a lo largo de su ciclo de vida o de producción, así como la evaluación de tratamientos capaces de modificar la acumulación de biomasa de un vegetal requieren indicadores objetivos que puedan ser validados estadísticamente. Las técnicas de análisis del crecimiento son herramientas útiles para estos fines. Pueden aplicarse en múltiples situaciones, pero su empleo en cultivos intensivos presenta aspectos particulares para ser tenidos en cuenta, acerca de los cuales la información disponible es relativamente escasa y dispersa (Di Benedetto y Tognetti, 2016).

Localidad y fecha

La investigación se llevó a cabo del 24 de agosto de 2018 al 21 de enero de 2019, en el Campo Experimental denominado 'Predio Nuevo' del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' latitud norte, 98° 53' longitud oeste y 2 240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636.5 mm, régimen de lluvias en verano (junio a octubre) y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo del área es franco arenoso y ligeramente alcalino, pH 7.8, con 2.4 g (100 g)⁻¹ de materia orgánica (Wilson *et al.*, 2018).

Tratamientos y unidad experimental

Las praderas fueron establecidas en agosto de 2018, la siembra se realizó al voleo. No hubo fertilización y en la época de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en tres parcelas experimentales, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron pequeñas áreas limitadas por un cuadro de 0.25 m² en cada parcela, para cada edad. El primer corte fue a la edad de 30 días y posteriormente, se realizaron los cortes cada 15 días, hasta llegar a la edad de 150 días.

Rendimiento de materia seca, radiación interceptada y materia seca de la planta

Para obtener el rendimiento de materia seca (RMS), parte aérea, de cada parcela, en cada edad, se establecieron aleatoriamente dos cuadros fijos de 0.25 m², en cada unidad experimental y se cosechó el forraje a ras de suelo. El forraje de cada cuadro se depositó en bolsas de papel etiquetadas, se lavó, se colocó en estufa de aire forzado, a 55 °C durante 72 h y se registró el peso seco.

Para la radiación interceptada (RI), se utilizó un sensor lineal, el cual se colocó de manera horizontal arriba del dosel vegetal, con orientación oriente-poniente y se registró la luz incidente fuera del dosel, en fotones, a la que se le asignó un valor de 100. Inmediatamente después, el sensor se colocó debajo del dosel con la misma orientación y se registró la incidencia de luz que restada de 100 se consideraron los fotones de luz interceptada. La RI se expresó en moles de fotones interceptados (100 moles de fotones incidentes)⁻¹. La MS de la parte aérea se expresó en g (100 g)⁻¹. Tanto H/T como RI y MS se graficaron contra la edad de la planta en días.

Composición botánica y morfológica (componentes del rendimiento) y relación hoja/tallo

A cada edad, de las muestras de forraje cosechado para determinar el rendimiento, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 g kg⁻¹. Cada submuestra, se separó en la especie de interés (avena) y no deseada (malezas) para determinar la composición botánica. El peso de la especie de interés y de malezas (M) fue igual al RMS en kg ha⁻¹.

La planta de avena se separó en sus componentes morfológicos (hojas, tallos, material muerto y panícula), para conocer todos los componentes del rendimiento. Estos componentes se secaron en una estufa de aire forzado, a 55 °C por 72 h y se determinó su peso seco.

Los rendimientos de hoja, tallo, material muerto y panícula en kg ha⁻¹, se denominaron H, T, MM y P, respectivamente. Su suma más M, en cada edad, resultó casi igual al RMS mencionado con anterioridad. Tanto RMS, H, T, MM y P, así como M, todos ellos en kg ha⁻¹, se graficaron contra la edad de la planta en días. El cociente de los rendimientos H/T se consideró la relación hoja/tallo y se graficó también contra la edad de la planta en días.

Datos climatológicos

La temperatura máxima mensual osciló entre 22 °C y 27 °C, en tanto que la temperatura mínima mensual osciló entre 2 °C y 14 °C. Las mayores temperaturas se presentaron en el mes de febrero, fuera del período experimental, y resultaron mayores a 27 °C. Las menores temperaturas, de 2 °C, se registraron en diciembre y enero. La precipitación acumulada de agosto de 2018 a enero de 2019 fue de 437.23 mm, de los cuales 326.33 mm se presentó en dos meses, agosto y septiembre de 2018 con 191 mm y 135.33 mm, respectivamente.

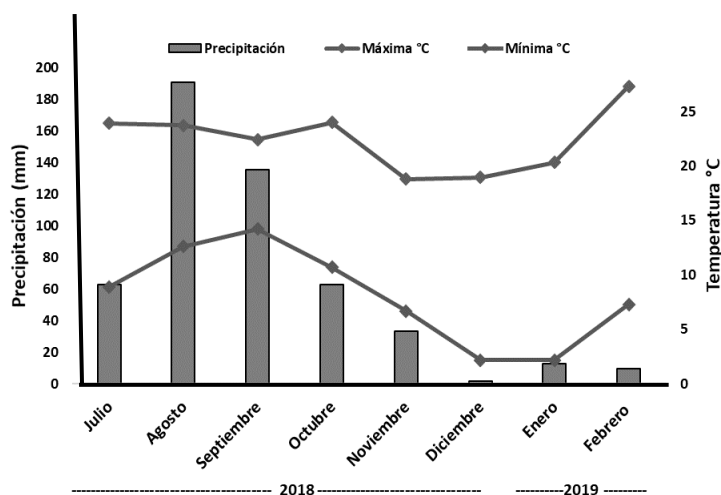


Figura 1. Temperaturas media mensual, máxima y mínima y precipitación acumulada, que incluye el periodo de estudio (julio 2018-febrero 2019). Las barras indican precipitación y las líneas, temperaturas. El eje horizontal es el mismo para las tres variables.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del programa estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1999), bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La comparación de medias de cada variable dependiente al avanzar la edad se realizó mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Se realizaron las regresiones logísticas entre las variables dependientes y la edad en días empleando el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, 2011).

Rendimiento de materia seca, radiación interceptada y materia seca de la planta

En la Figura 2, se presenta el rendimiento de materia seca (RMS), parte aérea, en kg ha^{-1} , a diferente edad de la planta. Se observó un incremento progresivo en RMS conforme avanzó la edad. También se presentan en esta figura la radiación interceptada (RI) en moles de fotones interceptados ($100 \text{ moles de fotones incidentes}^{-1}$) y la materia seca (MS), de la parte aérea en g (100 g)^{-1} . Las tres variables fueron funciones logísticas crecientes, dependientes de la edad de la planta. Los coeficientes logísticos de estas tres variables para edad fueron distintos de cero ($p < 0.05$).

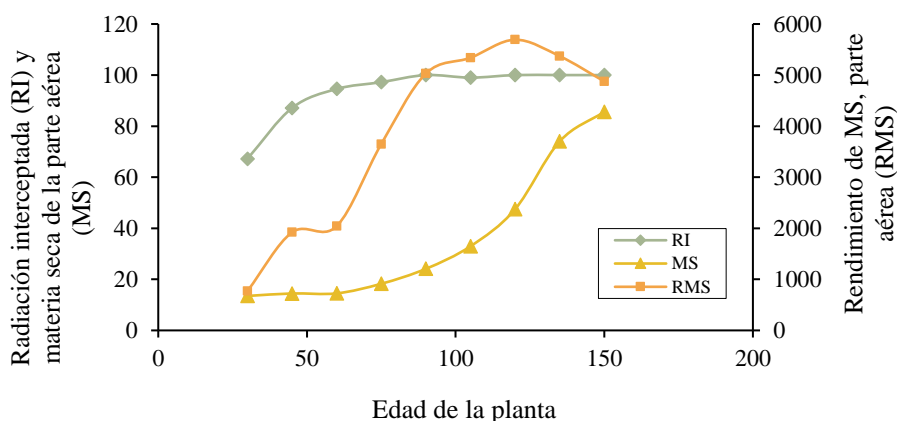


Figura 2. En el eje vertical izquierdo se leen, radiación interceptada (RI) en mol de fotones interceptados ($100 \text{ mol de fotones incidentes}^{-1}$), materia seca de la parte aérea (MS) en g (100 g^{-1}) y en el eje vertical derecho se lee rendimiento de MS de la parte aérea (RMS), en kg ha^{-1} de avena sativa, variedad Chihuahua. El eje horizontal, de 30 días a 150 días de edad, es el mismo para las tres variables.

Se presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en el RMS entre 30, 45, 60 y 75 días, con 772, 1 921, 2 042 y 3 649 kg ha^{-1} respectivamente; sin embargo, a partir del día 90 las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$). El máximo RMS ($5\,355 \text{ kg ha}^{-1}$) se obtuvo a la edad de 120 días (Figura 2), en el estado lechoso-masoso. Wilson *et al.* (2018) demostraron que el mayor rendimiento para avena variedad Turquesa se obtuvo a los 112 días después de la siembra con $6\,702 \text{ kg ha}^{-1}$ en estado lechoso-masoso. Zartash *et al.* 2018, reportaron aproximadamente $5\,000 \text{ kg ha}^{-1}$ a los 160 días después de la siembra. Se reportaron $6\,074 \text{ kg ha}^{-1}$ de rendimiento en grano de avena Chihuahua a los 164 días después de la emergencia en el ciclo verano-otoño (Hernández-Campuzano *et al.*, 2018).

Contrariamente Sánchez *et al.* (2014) reportaron $2\,887 \text{ kg ha}^{-1}$ para avena Chihuahua cosechada a los 86 días de edad. En otros estudios también se observó que el mayor rendimiento se alcanza entre las etapas de floración y de grano lechoso, para después disminuir en la etapa lechoso-masoso (FAO, 2004). En este estudio se registraron: $5\,371 \text{ kg ha}^{-1}$ a los 135 días y $4\,877 \text{ kg ha}^{-1}$ a los 150 días (Figura 2). Esta disminución de rendimiento se puede explicar porque a mayor edad, disminuye la cantidad de hojas, debido a la translocación de nutrientes. Lo anterior, confirma que la mayor cantidad de biomasa se obtiene en etapas anteriores a la madurez fisiológica. En cereales de invierno, justamente antes de la antesis, se alcanza el mayor índice de área foliar (Zartash *et al.*, 2018). El aumento del RMS al avanzar la edad de la planta (Figura 2) concuerda con Dumont *et al.* (2005) y Zartash *et al.* (2018).

Da Silva y Hernández-Garay (2010), reportaron que, en pastos tropicales y templados, el punto óptimo de cosecha se alcanza con una RI de 95 moles de fotones interceptados ($100 \text{ moles de fotones incidentes}^{-1}$). En este trabajo la RI a los 82.5 días de edad fue 98.6 moles de fotones interceptados ($100 \text{ moles de fotones incidentes}^{-1}$), con rendimiento de hojas (H) de $1\,607 \text{ kg ha}^{-1}$ (Cuadro 1). El máximo RMS se obtuvo cuando se interceptó toda la radiación incidente, a la edad de 120 días. Sin embargo, a esta edad la planta presentó un valor muy bajo de H, 776 kg ha^{-1} , menos de la mitad del rendimiento de hojas a los 82.5 días (Cuadro 1). Por lo tanto, si se busca

calidad, es más recomendable realizar el corte del forraje de avena a los 82.5 días, con una RI elevada (Figura 2), una relación hoja tallo de 1.07, un H de 1 607 kg ha⁻¹ y un RMS de 4 340 kg ha⁻¹ (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de las variables dependientes a los 82.5 días y a los 120 días de edad, para mejorar la calidad y maximizar el rendimiento, respectivamente. Los datos se refieren al cultivo de avena, variedad Chihuahua.

Variable dependiente	Para mejorar la calidad (82.5 días de edad)	Para maximizar el rendimiento (120 días de edad)
RMS	4 340	5 355
RI	98.6	99.5
MS	21.2	53.5
T	1 658.3	2 224.6
H	1 607.4	776.2
P	572.1	1 789.9
MM	199.8	304.3
M	302.9	259.3
H/T	1.07	0.35

RMS= rendimiento de materia seca en kg ha⁻¹; RI= radiación interceptada en mol de fotones interceptados (100 mol de fotones incidentes)⁻¹; MS= materia seca de la parte aérea en g (100 g)⁻¹; T= rendimiento de tallo en kg ha⁻¹; H= rendimiento de hoja en kg ha⁻¹; P= rendimiento de panícula en kg ha⁻¹; MM rendimiento de material muerto en kg ha⁻¹; M= rendimiento de maleza en kg ha⁻¹ y H/T= relación hoja/tallo.

El mayor valor de MS fue 86 g (100 g)⁻¹ y se obtuvo al final del ciclo de cultivo (150 días), presentando diferencias significativas ($P < 0.05$) desde el día 60 de edad en adelante (Figura 2). Para henificar la avena es recomendable cortarla con una humedad no mayor a 25 g (100 g)⁻¹. Una vez empacada, es muy difícil su desecación posterior y aumenta la posibilidad del desarrollo de hongos. Estos, pueden producir toxinas y pérdidas severas de producción y rentabilidad (Gagkaeva *et al.*, 2017).

A los 135 días se registraron 26 g (100 g)⁻¹ de humedad, 74 g (100 g)⁻¹ de MS (Figura 2). Sin embargo, no se recomienda esperar hasta esa edad para hacer el corte de forraje pues se cosecharía una cantidad muy baja de hojas, tan solo 622 kg ha⁻¹. Además, el contenido de fibra de la avena podría ser elevado. Esto causaría disminuciones en consumo, digestibilidad y tasa de pasaje, y por lo tanto disminuiría el desempeño productivo de los animales (Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2013). Por tanto, se sugiere que el animal consuma el forraje de avena en fresco, a los 82.5 días de edad, con 21.2 g (100 g)⁻¹ de MS.

Composición botánica y morfológica (componentes del rendimiento), malezas y relación hoja/tallo

La Figura 3, muestra los rendimientos de hoja, tallo y panícula (H, T y P, respectivamente), de la avena variedad Chihuahua a diferentes edades. Las variables T y P aumentaron de acuerdo con un patrón logístico y la variable H aumentó inicialmente para después de 75 días de edad disminuir hasta llegar a valores muy bajos al término del ciclo de cultivo. Otros investigadores reportaron

que T y P aumentan en forma logística al avanzar los días después de la siembra (Wilson *et al.*, 2018). Entre cosechas, los valores crecientes de T fueron diferentes ($p < 0.05$) y los valores decrecientes de H también lo fueron ($p < 0.05$).

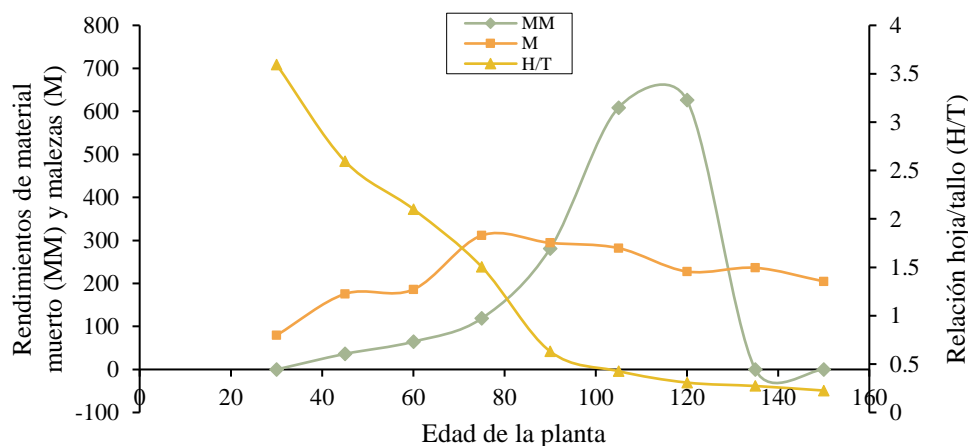


Figura 3. En el eje vertical se leen, rendimientos de tallo (T), hoja (H) y panícula (P) en en kg ha^{-1} , de Avena sativa, variedad Chihuahua. El eje horizontal, de 30 días a 150 días de edad, es el mismo para las tres variables.

Se reportó disminución del rendimiento y cantidad de proteína en las últimas etapas fenológicas del cultivo de avena (Espitia *et al.*, 2012; Mamani y Cotacallapa, 2018), lo cual puede relacionarse con una disminución de hojas. Las hojas de los estratos inferiores no alcanzan el punto de compensación de luz, disminuye su actividad fotosintética y en consecuencia se mueren (Wilson *et al.*, 2018). La presencia de panícula en el cultivo comenzó a ser significativa ($p < 0.05$) a partir del día 75 cuando incrementó de 7.4 kg ha^{-1} a $1\ 137 \text{ kg ha}^{-1}$ en el día 90. A partir, de esta fecha se mantuvo en crecimiento constante hasta llegar a su mayor valor de $2\ 048 \text{ kg ha}^{-1}$ a los 150 días de edad de la planta (Figura 3). En estudios realizados en Rusia con cruces de las variedades Chihuahua y Anatolischer se encontraron en promedio 41 días del brote al inicio de panícula y 121 días del brote a la madurez (Koshkin *et al.*, 2016).

El rendimiento de malezas, M, (Figura 4) aumentó ($p < 0.05$) del día 30 (79.3 kg ha^{-1}) al día 75 (311.5 kg ha^{-1}) de edad de la planta. Después del día 75 se aplicó un deshierbe manual, por lo que en el día 90 se observó un valor menor (294.3 kg ha^{-1}) que se mantuvo constante hasta el día 150 (204.8 kg ha^{-1}). En general, las malezas se controlan manualmente durante el ciclo de cultivo de avena (Hernández-Campuzano *et al.*, 2018) y no se encontraron datos de rendimientos de malezas en la literatura consultada.

El material muerto, MM, (Figura 4) aumentó de forma significativa ($p < 0.05$) al avanzar la edad de la planta. A los de 120 días se registró la mayor cantidad de este componente, con 626.2 kg ha^{-1} . Cabe señalar que a partir del día 135 después de la siembra, el material muerto ya no se contabilizó como componente morfológico, pues por el estado de madurez de la planta a esa edad, ya no se pudo diferenciar del resto de los componentes del rendimiento y se reporta como 0 kg ha^{-1} . Los datos de material muerto coinciden con los reportados para la variedad Turquesa de 43 días a 119 días de edad (Wilson *et al.*, 2018).

La relación hoja tallo (H/T) se muestra en la Figura 4. Hubo diferencias significativas entre los días 30, 45, 60, 75 y 90 de edad ($p < 0.05$). A la edad de 75 días se registró una H/T de 1.50 (Figura 4), y un RMS de 3 649 kg ha⁻¹ (Figura 2), resultados que concuerdan con los de Wilson *et al.* (2018), quienes reportaron que, para avena variedad Turquesa, los mayores H, combinados con la mayor H/T se encontraron a los 77 días después de la siembra. En este estudio a la edad de 82.5 días la relación H/T fue 1.07, y a los 120 días, para máximo rendimiento fue 0.35. Este último valor coincide con el valor aproximado de 0.45 reportado para la variedad Chihuahua cosechada a 86 días después de la siembra (Sánchez *et al.*, 2014).

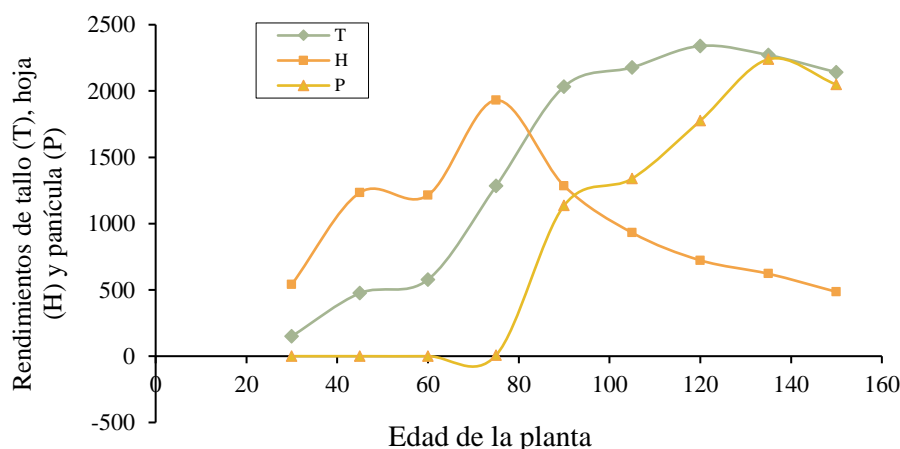


Figura 4. En el eje vertical izquierdo se leen, rendimientos de material muerto (MM) y malezas (M), ambas en kg ha⁻¹ y en el eje vertical derecho se lee la relación hoja/tallo (H/T), de Avena sativa, variedad Chihuahua. El eje horizontal, de 30 días a 150 días de edad, es el mismo para las tres variables.

Ramírez-Ordóñez *et al.* (2013) indican que existe una disminución de tipo cuadrática en la cantidad de proteína cruda del forraje, hacia estados de mayor madurez de la planta. La avena forrajera cosechada en estado lechoso-masoso mostró un rendimiento de 6 420 kg ha⁻¹ con calidad nutritiva (Albert *et al.*, 2016; Mamani y Cotacallapa, 2018). A los 82.5 días de edad, cuando se cruzan las líneas H y T (Figura 3), inicia la formación de panícula. En este punto, H no disminuye demasiado (y tampoco lo hace la proteína) y T no aumenta demasiado (y tampoco lo hace la fibra). A esta edad el RMS es ya bastante alto (4 340 kg ha⁻¹), comparado con el RMS a los 120 días (5 355 kg ha⁻¹). Adicionalmente, H/T a 82.5 días, es el triple (1.07) de la H/T a 120 días de edad (0.35).

Conclusiones

Los rendimientos de materia seca total, de tallos, de panícula y de material muerto de la avena variedad Chihuahua, crecen en forma logística, conforme aumenta la edad de la planta, mientras que el rendimiento de hojas y la relación/hoja tallo disminuyen con la edad.

La mejor etapa fenológica para maximizar la cantidad de forraje cosechada es el estado lechoso-masoso del grano; es decir, a 120 días de edad de la planta. Sin embargo, si el propósito es obtener mayor cantidad de hojas, para asegurar la calidad nutritiva y digestibilidad del forraje, el momento óptimo de corte es a 82.5 días, con rendimiento de materia seca total de 4 340 kg ha⁻¹, rendimiento de hoja de 1 607 kg ha⁻¹, rendimiento de panícula de 572 kg ha⁻¹ y relación hoja tallo de 1.07, con una radiación interceptada por el cultivo, muy cercana al total de la radiación incidente.

Literatura citada

- Albert, G.; Alonso, N.; Cabrera, A.; Rojas, L y Rosthoj, S. 2016. Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo. *Compendio de Ciencias Veterinarias*. 6(1):7-10.
- Da Silva, S. C. y Hernández-Garay, A. 2010. Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. 1ª edición. México. 43-62 pp.
- Di Benedetto, A. y Tognetti, J. 2016. Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Rev. Investig. Agropec. (RIA)*. 42(3): 258-282.
- Dumont, L. J. C.; Anrique, G. R. y Alomar, C. D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agric. Téc.* 65 (4): 388-396.
- Espitia, R. E.; Villaseñor, M. H. E.; Tovar, G. R.; de la O, O. M. y Limón, O. A. 2012. Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(4):771-783.
- Espitia; R. E.; Villaseñor, M. H. E.; Huerta, E. J.; Salmerón, Z, J. J.; González, I. R. M. y Osorio, A. L. 2007. Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agric. Téc. Méx.* 33(1):95-98.
- FAO. 2004. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Fodder Oats, a World Overview. Agriculture Department. Plant Production and Protection, Series No. 33. J. M, Suttle, S. and Reynolds, G. (Eds.). www.fao.org/docrep/008/y5765e/y5765e00.htm.
- Gagkaeva, T. Y.; Gavrilova, O. P.; Orina, A. S.; Blinova, E. V. and Loskutov, I. G. 2017. Response of wild Avena species to fungal infection of grain. *The Crop Journal*. 5(6):499-508.
- García E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Hernández-Campuzano, A. V.; Martínez-Rueda, C. G.; Estrada-Campuzano, G. y Domínguez-López, A. 2018. Efecto de la fertilización nitrogenada y del genotipo sobre el rendimiento y el contenido de nitrógeno y β -glucanos en el grano de la avena (*Avena sativa* L.). *Rev. Investig. Agropec. (RIA)*. 44(2):88-95.
- INFOAGRO. 2010. Información del Sistema Agropecuario. Cultivo de avena. Información agronómica. Info Agro Systems. Madrid, España, www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm.
- Koshkin, V. A.; Loskutov, I. G.; Kosareva, I. A.; Blinova, E. V. and Matvienko, I. I. 2016. Research of oat lines differing for genes of photoperiodic sensitivity. *Russian Agric. Sci.* 42:411-415.
- Mamani, P. J. y Cotacallapa, G. F. H. 2018. Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 20(4):385-400.
- Ramírez-Ordóñez, S.; Domínguez-Díaz, D.; Salmerón-Zamora, J. J.; Villalobos-Villalobos, G. y Ortega-Gutiérrez, J. A. 2013. Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(4):395-403.
- Sánchez, G. R. A.; Gutiérrez, B. H.; Serna, P. A.; Gutiérrez, L. R. y Espinoza, C. A. 2014. Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 5(2):131-142.
- SAS. 1999. User's guide. Statistics, version 8. 6th edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA. 956 p.

- SIAP. 2018. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas. Resumen por cultivo. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/ResumenDelegacion.do>.
- SPSS. 2011. Statistical Package for the Social Sciences. Institute. SPSS-X. User's Guide. Version 8, Chicago IL. USA.
- Wilson, G. C. Y.; López, Z. N. E.; Ortega, C. M. E.; Ventura, R. J.; Villaseñor, M. H. E. y Hernández, G. A.[†] 2018. Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en dos variedades de avena. *Interciencia*. 43(9):630-636.
- Zartash, F.; Qaiser, A.; Amna, K.; Sajjad, H.; Muhammad, A. A.; Ghulam, A.; Haseeb, Y.; Shahrish, N.; Muhammad, I.; Muhammad, I. S.; Muhammad, N.; Umair, F.; Shahzad, U. K.; Kashif, J.; Azhar, A. K.; Mukhtar, A.; Muhammad, A. K. and Shakeel A. 2018. Resource use efficiencies of C3 and C4 cereals under split nitrogen regimes. *Agronomy*. 8(69):1-16. DOI: 10.3390/agronomy8050069.