

## **Análisis del crecimiento de tres líneas de cebada para producción de forraje, en el valle de México**

### **Growth analysis of three lines of barley for forage production, in the valley of Mexico**

Claudia Yanet Wilson García <sup>1</sup>, Alfonso Hernández Garay <sup>1</sup>,  
María Esther Ortega Cerrilla <sup>1</sup>, Cándido López Castañeda <sup>1</sup>, Ricardo Bárcena Gama <sup>1</sup>,  
José Luis Zaragoza Ramírez <sup>2</sup>, Gilberto Aranda Osorio <sup>2</sup>

Originales: *Recepción*: 01/06/2015 - *Aceptación*: 08/08/2016

#### **RESUMEN**

Los objetivos del estudio fueron construir curvas de acumulación de forraje, y determinar el momento óptimo de corte para forraje de tres líneas de cebada, durante dos ciclos de crecimiento. Los cortes se iniciaron a los 43 días después de la siembra (DDS) y hasta que se alcanzó la máxima acumulación de materia seca. La acumulación de forraje, composición morfológica, índice de área foliar, altura de planta e interceptación luminosa se evaluaron semanalmente. Los datos de los experimentos se analizaron con SAS, para un diseño experimental de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. La radiación interceptada y el índice de área foliar pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte. El momento óptimo de corte en el segundo ciclo de cultivo fue a los 70 DDS, con valores de interceptación luminosa de 94, 95 y 91%, con índices de área foliar de 7, 5 y 3 y alturas de 88, 82 y 59 cm para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah ( $p < 0,05$ ), en el estado de elongación del tallo. El período óptimo de desarrollo para corte de forraje verde o henificado en cebada es la etapa de elongación del tallo, debido a que en esta etapa se registró la mayor cantidad de hojas, interceptación luminosa e índice de área foliar. Desde el punto de vista de rendimiento total se recomienda cosechar en el inicio del estado masoso del grano que es cuando se tiene la mayor cantidad de forraje y grano.

#### **Palabras clave**

composición morfológica • altura de planta • radiación interceptada • etapa fenológica

---

1 Colegio de Postgraduados, Programa de Recursos Genéticos y Productividad. Ganadería; Km. 36.5, Carretera México. Texcoco, Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. México. hernan@colpos.mx

2 Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Zootecnia; Km. 38.5, Carretera México. Texcoco, Texcoco de Mora, Estado de México. C. P. 56227. México.

## ABSTRACT

The objectives of the research were to generate forage accumulation curves, and to determine the optimal cutting time for forage for three lines of barley, during two growth cycles. Cuttings started 43 days after sowing (DAS), and until the maximum accumulation of dry matter was reached. Forage accumulation, morphological composition, leaf area index, plant height and light interception were evaluated weekly. Data from the experiments were analyzed using SAS software, using a randomized block design and a split-plot arrangement with three replicates. Intercepted radiation and leaf area can be used to determine the optimal cutting time. The optimal cutting time in the second growth cycle was 70 DAS, with intercepted radiation values of 94, 95, and 91%, leaf area indices of 7, 5, and 3, and heights of 88, 82 and 59 cm for Esp x O'Connor, Esp x CP and Lenetah ( $p < 0.05$ ), respectively, at the stem elongation stage. The optimum period or optimum phenological stage for cutting of green forage or haying is the stem elongation stage, due to high values of leaves number, light interception and leaf area index recorded in this phenological stage. Since a point of view of total dry matter yield it is recommended to harvest at the beginning of grain dough stage, when the grain yield and dry matter yield are the highest.

### Keywords

morphological composition • plant height • light interception • phenological stage

## INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es uno de los cereales forrajeros que se utiliza en muchas partes del mundo para la alimentación en sistemas ganaderos de producción de carne y leche (15). Además debido a su alto rendimiento, la cebada es utilizada para compensar las deficiencias de los forrajes perennes cuyo rendimiento es muy bajo, como consecuencia de las condiciones climáticas que se presentan en invierno e inicios de primavera (12). Tiene la ventaja sobre otros cereales de ser más vigorosa, resistente a la sequía, salinidad y puede cultivarse en suelos marginales (14, 20). Este cultivo presenta rápido desarrollo, por lo cual produce forraje y grano en menor tiempo, en comparación con otros cultivos del mismo ciclo, y presenta buena calidad forrajera dependiendo de la etapa de desarrollo en que se realice el corte (4, 11).

Los cereales forrajeros de invierno presentan diferencias en sus curvas de crecimiento, es por eso que antes de sembrar, se deben seleccionar las especies y variedades de acuerdo con las necesidades de cada sistema de producción (22).

El análisis de crecimiento vegetal, es una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa. Además, si en cada etapa de crecimiento se determina la composición morfológica del cultivo, es probable definir el número y el rendimiento por hectárea de hojas, tallos, material muerto o espigas presentes, los cuales pueden utilizarse como indicadores de calidad del forraje cosechado.

En diversos estudios se establece que la calidad de un forraje se encuentra relacionada con el área foliar y con la

cantidad de radiación interceptada por el cultivo. Además, si los parámetros mencionados se relacionan con la altura de la planta, esta puede ser utilizada como indicador de fechas óptimas de cosecha. Al respecto, algunos autores en especies templadas (10), y en gramíneas tropicales (1, 6, 7) mencionan que el punto óptimo para cosecharlas es cuando alcanzan el 95% de intercepción luminosa, debido a que en ese punto es la hoja el órgano mayoritario y con mejor calidad de la planta, y es por tanto el punto óptimo de crecimiento en el cual se evita la acumulación de materia muerta.

En México, la superficie sembrada con cebada en 2013 fue de 355.782 ha, de la cual el 90 % fue para producción de malta (21).

Los estudios hechos han sido enfocados a la evaluación de producción de grano.

Los principales usos de la cebada forrajera es en forma de paja incluida en dietas (fuente de fibra) o en la elaboración de ensilados en etapas avanzadas de madurez y existe escasa información sobre el desempeño productivo forrajero en etapas de desarrollo tempranas, cuando puede ser utilizada como forraje verde (pastoreo o corte) o henificada.

Debido a que las hojas se asocian a la calidad de la planta completa, es importante determinar el momento de corte en el cual hay una mayor cantidad, de esta forma los productores podrán decidir si la cosecha es en una etapa de madurez temprana o retrasar la cosecha, dependiendo de las necesidades del productor ya sea menor rendimiento con mayor calidad o mayor rendimiento con menor calidad. Esto es válido en el estado vegetativo hasta elongación del tallo y a partir de ahí lo importante es la acumulación en el tallo y translocación a los granos.

Por lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron realizar las curvas

de acumulación de forraje y determinar el momento óptimo de corte para forraje de tres líneas de cebada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó dos experimentos en condiciones de campo en el ciclo de invierno-primavera 2012-2013 (EIP1) e invierno-primavera 2013-2014 (EIP2), en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México (19°29' L N, 98°54' L W y 2250 m s. n. m.).

La textura del suelo del área de estudio es franco-arenoso (23), ligeramente alcalino (pH: 7,8) con 2,4% de materia orgánica. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15°C; la temperatura promedio más baja es de 11,6°C en el mes de enero y la más alta de 18,4°C en el mes de mayo (9).

### Forrajes

Se utilizó dos líneas  $F_6$  de cebada seleccionadas por su alto vigor inicial, resistencia a sequía, rendimiento de grano, biomasa y adaptadas a las condiciones del Valle de México, proporcionadas por el Postgrado en Genética, Colegio de Postgraduados (13); Cebada  $F_6$  (2H) Esperanza x O'Connor CPRSC-6-2M-1MR-2M-OMR (Esp x O'Connor) (2 hileras), Cebada  $F_6$  (6H) Esperanza x CP CPRSC-5-2M-2MR-7M-OMR (Esp x CP) (6 hileras) y la variedad Lenetah (2 hileras), proporcionada por la Colección de Cereales de Grano Pequeño (CIho 15229 H0971D SD, Order: 197878, Idaho, USA) como testigo. Estos materiales genéticos se eligieron con base a su buen comportamiento agronómico como productores de biomasa.

La preparación del terreno consistió de un barbecho y dos rastreos.

En los dos experimentos la siembra se realizó en forma manual en suelo seco.

La siembra del EIP1 se realizó el 5 de diciembre de 2012 y la de EIP2 el 4 de diciembre de 2013; La densidad de siembra utilizada fue de 100 kg ha<sup>-1</sup>, con una densidad de población aproximada de 210 plantas por m<sup>2</sup>.

Las parcelas se distribuyeron aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se aplicó una dosis de fertilización de 40-40-00 en la siembra y 40 unidades de nitrógeno al inicio de la etapa de amacollamiento (25), utilizando a la urea como fuente de nitrógeno y superfosfato de calcio triple como fuente de fósforo. Se aplicaron 9 riegos durante el experimento.

### **Variables**

#### *Acumulación de forraje (AF)*

A partir del día 43 después de la siembra y hasta que los cultivos alcanzaron la máxima acumulación de materia seca se realizaron cortes semanales.

Para el caso del ciclo EIP1 solo se muestreó hasta los 84 DDS porque se presentó una helada que provocó la muerte de las plantas.

La unidad experimental consistió de cinco surcos de 2 m de longitud, separados a 0,30 m. El muestreo para determinar las curvas de acumulación de forraje, se hizo en un área de 0,45 m<sup>2</sup> a una altura de corte de 12 cm, en los surcos centrales de cada unidad experimental.

El forraje cosechado se lavó y se colocó en bolsas de papel, para su secado en una estufa con circulación de aire forzado a una temperatura de 55°C hasta peso constante. Las cosechas realizadas a los 70 y 106 DDS en el EIP2 coincidieron con las etapas de elongación del tallo e inicio del estado masoso del grano (25).

#### *Composición morfológica (CM)*

La composición morfológica se evaluó con una submuestra del 20 % del forraje cosechado y se separó en los componentes: hoja, tallo, espiga y material muerto.

Las muestras se secaron a 55°C hasta peso constante y posteriormente se pesaron. Con los datos de peso seco se obtuvo la contribución de los componentes hoja, tallo, espiga y material muerto al rendimiento total en kg ha<sup>-1</sup>.

#### *Índice de área foliar (IAF)*

De la submuestra del 20% que se utilizó para composición morfológica se tomaron las hojas de cada muestra y se le determinó el área foliar con un integrador modelo LI-3100 (LI-COR, inc.).

Con los datos obtenidos de área foliar y la superficie de muestreo, se estimó el índice de área foliar.

#### *Altura de planta*

Antes de cada muestreo se realizaron 20 mediciones al azar en cada unidad experimental; con una regla de 1,00 mm de precisión.

#### *Intercepción luminosa (IL)*

Antes de cada corte se tomaron 5 lecturas al azar de radiación interceptada para cada unidad experimental con el Ceptómetro modelo LP-80 (Decagon Devices, Inc.). Las mediciones se realizaron a las 12:00 horas.

#### *Análisis estadístico*

Los datos de los dos experimentos se analizaron con los procedimientos GLM de SAS (24), para un diseño experimental de bloques al azar en arreglo en parcelas divididas con tres tratamientos correspondientes a las tres líneas de cebadas y tres repeticiones.

Las curvas ajustadas de crecimiento con su modelo y coeficientes respectivos para cada línea evaluada se obtuvieron con el programa Curve Expert Professional 2.2 (5).

*Datos climatológicos*

Los datos de temperaturas del aire (mínima, media y máxima) y precipitación pluvial de los experimentos EIP1 e EIP2 se obtuvieron de la Estación Meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, localizada a 2 km del lugar donde se realizaron los experimentos (tabla 1).

La temperatura máxima y mínima promedio del aire en el EIP1 fue similar al EIP2 durante el ciclo de las plantas; las temperaturas extremas fueron más frecuentes en los meses de diciembre y enero, reflejando en un mayor número de heladas en ese período (tabla 1).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Acumulación total de forraje**

En la figura 1 (pág.84) y figura 2 (pág.85),

se presentan los cambios semanales en la acumulación de forraje total de las tres cebadas evaluadas en los ciclos EIP1 y EIP2.

En el EIP1 se presentó un incremento progresivo en la acumulación de forraje desde los 43 DDS hasta alcanzar los máximos rendimientos de materia seca a los 84 DDS que fueron para Esperanza x O'Connor, de 5253,3 kg ha<sup>-1</sup>, Esperanza x CP de 4280,7 kg ha<sup>-1</sup> y Lenetah de 3021,4 kg ha<sup>-1</sup> (p ≤ 0,05) en el estado fisiológico de espigado, esta fue la última fecha de muestreo, debido a la helada que causó la muerte de las plantas.

En el EIP2 el máximo crecimiento fue a los 106 DDS cuando las plantas se encontraban en estado de inicio masoso. Esperanza x O'Connor fue la que obtuvo el mayor rendimiento de materia seca con 13.155,48 kg ha<sup>-1</sup>, seguida de Esperanza x CP con 12.488,29 kg ha<sup>-1</sup> y Lenetah con 5.745 kg ha<sup>-1</sup> (p ≤ 0,05).

En el EIP1 al no completarse las fases de desarrollo de las plantas debido a la helada, el modelo con mejor ajuste fue de tipo exponencial con R<sup>2</sup> ≥ 0,93.

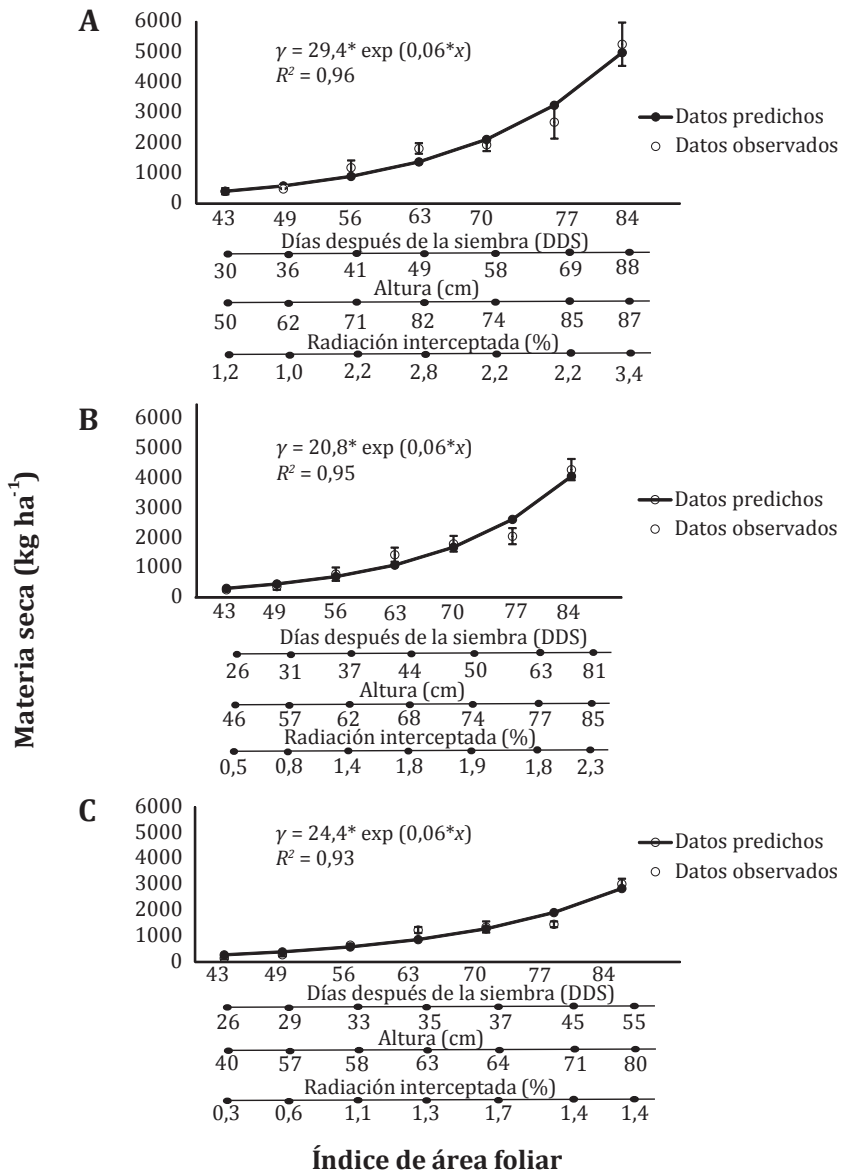
**Tabla 1.** Promedio mensual de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y número de heladas durante los dos períodos experimentales. Estación Meteorológica Universidad Autónoma Chapingo.

**Table 1.** Monthly average of maximum and minimum temperatures, precipitation and number of frosts during the two experimental periods. Universidad Autónoma Chapingo Meteorological Station.

Mes	Temperaturas (°C)				Precipitación (mm)		Heladas (número)	
	*EIP1	EIP1	**EIP2	EIP2	EIP1	EIP2	EIP1	EIP2
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima				
Diciembre	23,5	3,1	23,6	4,4	0	0,9	25	17
Enero	22,6	4,4	21,4	2,2	0	2,6	18	25
Febrero	26	4,4	25,6	4	2,8	2,4	15	12
Marzo	24,9	5	26,5	7,2	1,6	27,7	18	5
Abril	27,9	9,1	27,3	8,4	23	20,1	3	3
Media	25,0	5,2	24,9	5,2	-	-	-	-
Total	-	-	-	-	27,4	53,7	79	62

\* EIP1: ciclo de invierno-primavera 2012-2013; \*\* EIP2: ciclo de invierno-primavera 2013-2014.

\* EIP1: winter-spring cycle 2012-2013; \*\* EIP2: winter-spring cycle 2013-2014.

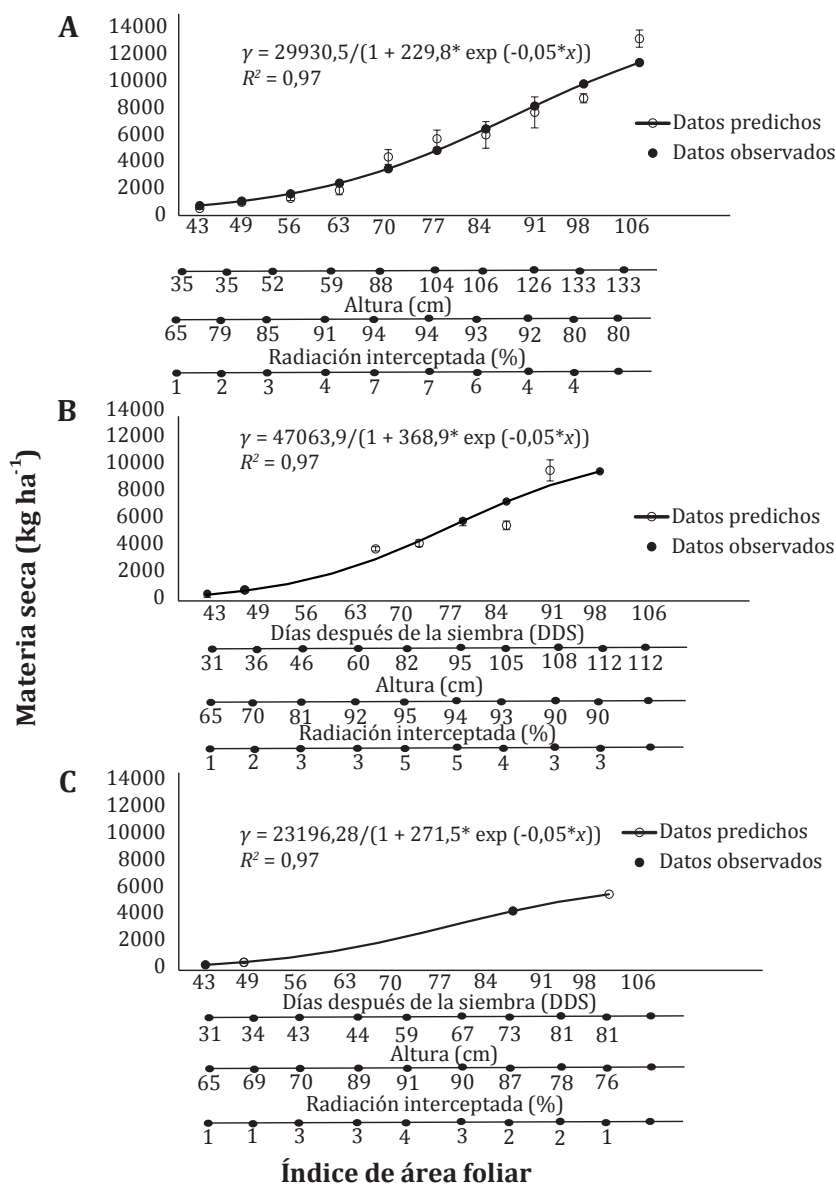


Las barras  $\pm$  representan 1 desviación estándar ( $n = 3$ ).

$\pm$  bars represent 1 standard deviation ( $n = 3$ ).

**Figura 1.** Curvas de acumulación total de forraje, altura de planta, radiación interceptada e índice de área foliar de las cebadas Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B) y Lenetah (C), en el experimento EIP1.

**Figure 1.** Total forage accumulation curves, plant height, intercepted radiation and leaf area index of barley Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B), and Lenetah (C), in the EIP1 experiment.



**Figura 2.** Curvas de acumulación de forraje, altura de planta, radiación interceptada e índice de área foliar de las cebadas Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B) y Lenetah (C), en el experimento EIP2.

**Figure 2.** Total forage accumulation curves, plant height, intercepted radiation and leaf area index of barley Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B), and Lenetah (C), in the EIP2 experiment.

Mientras que para el EIP2 al completarse todas las fases de crecimiento, las tres cebadas presentaron curvas de crecimiento de tipo sigmoidal, con  $R^2 \geq 0,97$ ; coincidiendo con otros autores (17), quienes señalan, que la mayoría de las plantas presentan este tipo de comportamiento.

Los bajos rendimientos en el EIP1 comparado con el EIP2 probablemente se debieron al mayor número de heladas que se presentaron en ese ciclo (tabla 1, pág. 83) provocando daños en el aparato fotosintético de las plantas y por lo tanto menor acumulación de materia seca.

La mayor acumulación de forraje en el EIP2 probablemente está relacionado a que las temperaturas fueron mayores y por lo tanto el crecimiento y desarrollo de las plantas fue mejor, ya que como se indica en la bibliografía, la temperatura es uno de los factores que más incide en el crecimiento y desarrollo de las plantas, afectando los procesos de crecimiento, expansión foliar, tasa de asimilación neta, tasa de aparición de hojas y tasa relativa de crecimiento, así como el proceso de desarrollo.

En cuanto a los máximos rendimientos encontrados en el EIP2 a los 106 DDS (Zadocks, 83) coinciden con lo reportado en la literatura (3) quienes al evaluar 36 genotipos de cebadas en tres localidades diferentes reportan rendimientos superiores a  $11 \text{ ha}^{-1}$ .

### **Altura, intercepción luminosa e Índice de área foliar**

Para el EIP1 a los 84 DDS las alturas encontradas fueron de 88, 81 y 55 cm para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah; sin embargo, para el experimento EIP2 para la misma fecha fueron de 106, 105 y 73 cm para las mismas variedades.

Las máximas alturas de planta, en el EIP2 se encontraron a los 98 DDS con 133 y 112 cm para Esp x O'Connor y Esp x Cp

y a los 91 DDS con 81 cm para Lenetah ( $p < 0,05$ ).

Las máximas radiaciones interceptadas en el EIP2 se encontraron a los 70 DDS con 94, 95 y 91% para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah; mientras que para el EIP1 fueron de 82, 74 y 64%, respectivamente; lo que indica que las cebadas no alcanzaron las máximas radiaciones posiblemente relacionado con las menores temperaturas y al mayor número de heladas presentes. Para efectos prácticos se señala que existe una correlación positiva entre la RI y la altura de los cultivos (6).

En el EIP1, los máximos IAF se encontraron en las fechas 63 y 70 DDS con 2,8, 1,8 y 1,3 para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah ( $p < 0,05$ ). En el EIP2 los IAF se incrementaron conforme avanzó la edad de las plantas y fue a los 70 DDS para todas las cebadas evaluadas que se observaron los máximos valores con 7, 5 y 4 para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah ( $p < 0,05$ ).

En el ciclo EIP1 las máximas intercepciones encontradas no coinciden con los máximos IAF y estos fueron variables a través de los muestreos como respuesta a los factores del clima, principalmente temperatura y se vio reflejado en las menores alturas encontradas en comparación con el ciclo EIP2.

En el EIP2 los máximos IAF para las tres cebadas coinciden con las máximas intercepciones luminosas encontradas y mayores alturas para todas las fechas en comparación con el EIP1. De manera general, en ambos ciclos, la línea Esp x O'Connor la que presentó la mayor acumulación de forraje y los máximos IAF y RI.

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 aportación de hojas al rendimiento, y es el



punto óptimo de crecimiento donde existe poca acumulación de material muerto; con niveles de 14 a 18% de proteína cruda y digestibilidades de un 60 a 70% (6).

La validez y el uso potencial del criterio de intercepción de la luz como una estrategia de defoliación fueron ratificados (17).

Según estos autores, el IAF crítico es cuando el 95% de luz incidente es interceptada por el dosel, la tasa media de acumulación de forraje alcanza su máximo, es decir, el equilibrio entre los procesos de máximo crecimiento y senescencia permite una mayor acumulación de forraje. Así mismo, de manera práctica se ha relacionado la RI y el IAF con la altura, permitiendo definir fechas óptimas de corte para forraje.

En este trabajo en el EIP1, no se encontraron las máximas radiaciones interceptadas esperadas, debido a las bajas temperaturas y a la presencia de heladas; sin embargo, en el EIP2 la fecha óptima de corte fue a los 70 DDS con radiaciones interceptadas de 94, 95 y 91%, alturas de 88, 82 y 59 cm e IAF de 7, 5 y 3 para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah en la etapa de elongación del tallo (12, 25).

Al evaluar el rendimiento del rebrote en cebada, centeno, trigo, avena y triticale en las etapas de amacollamiento y elongación del tallo, reportaron que los cereales de invierno pueden ser pastoreados hasta la etapa de elongación del tallo, sin causar grandes reducciones en el rendimiento del rebrote y forraje total. Esto sugiere que definir la etapa fenológica de la planta es importante para la primera cosecha sin afectar la persistencia el vigor de los rebrotes (2).

### **Componentes morfológicos**

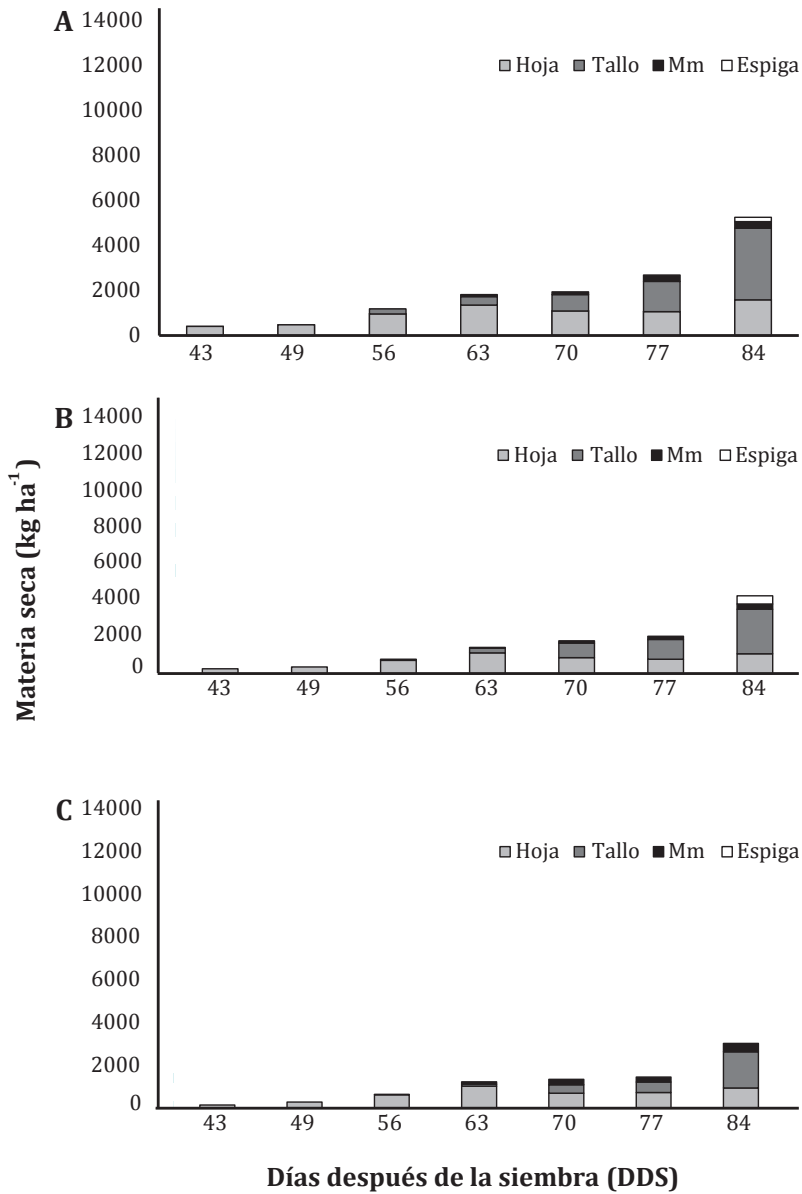
En EIP1 y EIP2 la morfología de la planta varió ( $p < 0,01$ ), en las diferentes fechas de

muestreo. Así mismo, se observó que los componentes tallo y material muerto están correlacionados de manera positiva con el incremento en la edad de las plantas (figura 3 (pág. 88) y figura 4 (pág. 89).

En el componente hoja, para el EIP1, aumentó progresivamente hasta los 63 DDS, posteriormente se incrementó el tallo y material muerto en las tres cebadas. A los 63 DDS las líneas Esp x O'Connor (1,362 kg ha<sup>-1</sup>) y Esp x CP (1,130 kg ha<sup>-1</sup>) presentaron la mayor cantidad de hojas, mientras que Lenetah (1,028 kg ha<sup>-1</sup>) fue la menor ( $p < 0,05$ ); para esta fecha la contribución de hoja al rendimiento total fue de 75, 78 y 83%, para tallo de 20, 19 y 8% y material muerto 5, 3 y 9%, respectivamente. En contraste, a los 84 DDS la aportación de hoja fue de 30, 25 y 31%, tallo de 61, 57 y 56%, material muerto de 5, 7 y 13% y espiga de 4, 11 y 0%.

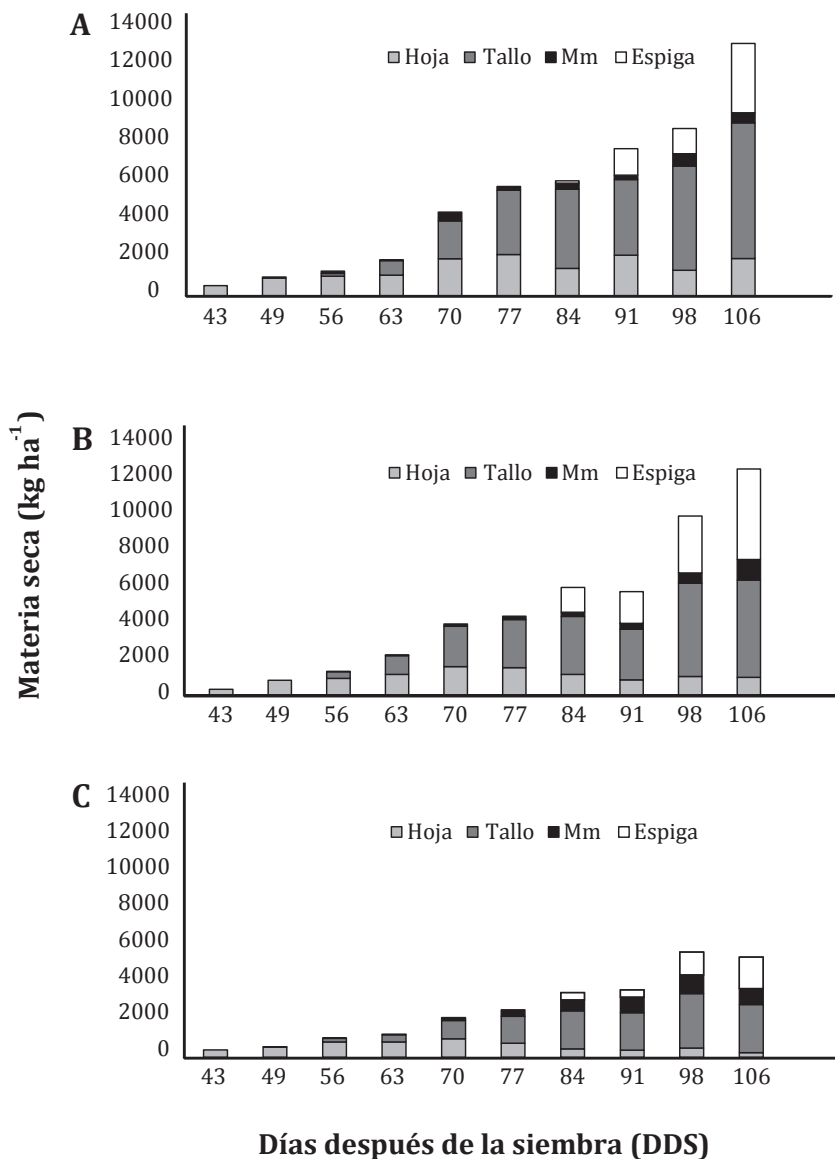
En el EIP2 la dinámica de crecimiento del componente morfológico hoja se incrementó hasta los 77 DDS para Esp x O'Connor (2,142 kg ha<sup>-1</sup>) y hasta los 70 DDS en Esp x Cp (1,593 kg ha<sup>-1</sup>) y Lenetah (1,061 kg ha<sup>-1</sup>); a partir de estas fechas los componentes tallo y material muerto fueron los que presentaron una mayor contribución al rendimiento total; la aportación de espiga al rendimiento para las tres variedades inició a los 84 DDS.

La contribución de hoja al rendimiento total en las fechas mencionadas fue de 38, 41 y 46%, tallo de 45, 56 y 46%, material muerto de 4, 3 y 8% para Esp x O'Connor, Esp x CP y Lenetah, respectivamente; aunque en la última fecha de muestreo (106 DDS) se encontraron los máximos rendimientos totales, la hoja solo contribuyó con 14, 8 y 5%, mientras que el tallo con 54, 43 y 58%, material muerto con 4, 9 y 16 % y la espiga con 27, 40 y 31% para las mismas variedades ( $p < 0,05$ ).



**Figura 3.** Cambios morfológicos de cebadas Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B) y Lenetah (C) en diferentes estadios de crecimiento, en el EIP1.

**Figure 3.** Morphological changes of Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B), and Lenetah (C) at different growth stages in EIP1.



**Figura 4.** Cambios morfológicos de cebadas Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B) y Lenetah (C) en diferentes estadios de crecimiento, en el EIP2.

**Figure 4.** Morphological changes of Esp x O'Connor (A), Esp x CP (B), and Lenetah (C) at different growth stages in EIP2.

Rojas García *et al.* (2016) y Da Silva *et al.* (2007), encontraron que la distribución de la biomasa durante el período de cosecha puede afectar el rendimiento y la calidad del forraje para producción de ensilado en cultivos de cereales y que la densidad de siembra, siembra en monocultivos y asociaciones y fecha de muestreo tienen un efecto significativo en la cantidad de hoja, tallo, espiga y biomasa total.

La menor proporción de hojas, tallos, material muerto y espigas y la variación de estos componentes en las fechas evaluadas en el EIP1 en comparación con el EIP2, puede estar relacionado con las bajas temperaturas y mayor presencia de heladas en este ciclo.

Al respecto, se menciona que el daño por bajas temperaturas puede ocasionar pérdida de la actividad fotosintética, área foliar clorótica y muerte de sectores de la lámina de la hoja (especialmente la porción distal), pérdida de la espiga ya diferenciada, con la consecuente esterilidad del tallo, daño en nudos y entrenudos basales, aunque no supone una interrupción de la nutrición de la parte superior de la planta, pero genera una zona de debilitamiento del tallo y por lo tanto predispone al acame (8).

En el EIP2 la disminución de la proporción de hojas a partir del día 70 y 77 puede estar relacionado con que las hojas de los estratos inferiores mueren por que se encuentran por debajo del punto de compensación de luz, ya que la senescencia en hojas se presenta por la pérdida gradual en la actividad fotosintética que conduce a la degeneración y muerte del tejido, en este caso principalmente por la edad de las plantas.

Así mismo, en etapas fenológicas avanzadas se incrementa el peso de espigas y tallos, disminuyendo el de hojas,

lo cual se ha explicado fisiológicamente en trigo, estableciendo que el peso seco de la espiga se incrementa a medida que la planta inicia el llenado de grano, debido en parte, a la translocación de fotosintatos desde los tallos y hojas que resulta en senescencia y pérdida de estos componentes (11, 16).

## CONCLUSIONES

Los materiales genéticos estudiados presentaron fases similares de crecimiento y etapas de desarrollo, en las condiciones evaluadas para cada ciclo de producción.

La radiación interceptada y el IAF pueden ser criterios utilizados para determinar el momento óptimo de corte, siempre y cuando no existan daños en la producción de forraje por factores climáticos adversos.

El momento óptimo de corte en el EIP2 se observó a los 70 DDS con valores de radiación interceptada de 94, 95 y 91%, IAF de 7, 5 y 3 y alturas planta de 88, 82 y 59 cm, para Esp x O'Connor, Esp x Cp y Lenetah en la etapa de elongación del tallo.

La etapa óptima de desarrollo para corte de forraje verde o henificado en cebada es la etapa de elongación del tallo, debido a que en esta etapa se registró la mayor cantidad de hojas, IL e IAF.

Desde el punto de vista de rendimiento total se recomienda cosechar en el inicio del estado masoso del grano que es cuando se tiene la mayor cantidad de forraje y grano.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Berone, G. D. 2016. Leaf expansion and leaf turnover of perennial C4 grasses growing at moderately low temperatures. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 48(2): 69-82.
2. Calzada-Marín, J. M.; Quiroz, J. F. E.; Hernández-Garay, A.; Ortega-Jiménez, E.; Mendoza-Pedroza, S. I. 2014. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) en clima cálido subhúmedo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5(2): 247-60.
3. Colín-Rico, M.; Zamora-Villa V. M.; Lozano-Del Río, A. J.; Martínez-Zambrano, G.; Torres-Tapia, M. A. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 45(3): 249-262.
4. Colín-Rico, M.; Zamora-Villa, V. M.; Torres-Tapia, M. A.; Jaramillo-Sánchez, M. A. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la Región Lagunera de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 47(1): 27-40.
5. Curve Expert Computer Software. 2014. Vers 2.2 N.p. D.d. Web.
6. Da Silva, S. C.; Do Nascimento, J. D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 122-38.
7. Da Silva, S. C.; Hernández-Garay, A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En: Los forrajes y su impacto en el trópico. UNACH. Chiapas, México.
8. Frascina, J.; Bainotti, C.; Salines, J.; Formica, B. 2000. Evaluación de variedades de trigo en siembra directa. EEA INTA Marcos Juárez; Report N° 336 Hoja Informativa Jornada de Actualización en Trigo.
9. García, E. 1988. 4° ed. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México: Instituto de geografía, UNAM. 217 p.
10. Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into practice. Harlow, England: Longman Scientific & Technical.
11. Juskiw, P. E.; Helm, J. H.; Salmon, D. F. 2000. Postheading biomass distribution for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.* 40(1): 148-58.
12. Keles, G. Ates, S.; Coskun, B.; Koc, S. 2013. Re-growth yield and nutritive value of winter cereals. Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Grassland Congress. Sídney Australia.
13. López-Castañeda, C. 2011. Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Trop. Subtrop. Agroecosystems.* 14: 907-18.
14. López-Castañeda, C.; Richards, R. A. 1994. Variation in temperate cereals in rainfed environments II. Phasic development and growth. *Field Crops Res.* 37(1): 63-75.
15. Maloney, T. S.; Oplinger, E. S.; Albrecht, K. A. 1999. Small grains for fall and spring forage. *J. Prod. Agric.* 12(3): 488-94.
16. Niu, J. Y.; Gan, Y. T.; Zhang, J. W.; Yang, Q. F. 1998. Postanthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. *Crop Sci.* 38(6): 1562-1568.
17. Parsons, A. J.; Penning, P. D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science.* 43(1): 15-27.
18. Rojas García, A. R.; Hernández Garay, A.; Ayala, W.; Mendoza Pedroza, S. I.; Cancino, S. J.; Vaquera Huerata, H.; Santiago Ortega, M. A. 2016. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina.* 48(2): 57-68.
19. Salisbury, F. B.; Ross, C. W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana. 759 p.
20. Saucedo, M. C. C.; Castañeda, C. L.; Moreno, J. M.; León, T. B. C.; Hernández, A. L. 2004. Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(2): 167-75.

21. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. México.
22. Sevilla, G. A.; Pasinato, A.; García, J. M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch. Latinoam. Anim. Prod.* 9: 91-98.
23. Soil Survey Staff. 2014. Claves para la Taxonomía de Suelos, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Whashington, DC. USA. 410 p.
24. Stastical Analysis System (SAS). 2002. Versión 9.0 para Windows. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
25. Zadocks, J. C.; Chang, T. T.; Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research.* 14: 415-421.