



## Rendimiento y valor nutricional de brásicas forrajeras en comparación con forrajes tradicionales



David Guadalupe Reta Sánchez <sup>a\*</sup>

Juan Isidro Sánchez Duarte <sup>b</sup>

Esmeralda Ochoa Martínez <sup>b</sup>

Ana Isabel González Cifuentes <sup>c</sup>

Arturo Reyes González <sup>b</sup>

Karla Rodríguez Hernández <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Delicias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua, México.

<sup>b</sup> INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México.

<sup>c</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Gómez Palacio, Durango, México.

\*Autor de correspondencia: [reta.david@inifap.gob.mx](mailto:reta.david@inifap.gob.mx)

### Resumen:

El alto valor nutritivo de las brásicas puede incrementar la productividad en los sistemas de producción de forrajes tradicionales. El objetivo del estudio fue comparar el valor nutricional y el rendimiento de materia seca (MS) y nutrientes entre brásicas forrajeras y especies tradicionales de otoño-invierno. Las brásicas forrajeras fueron Winfred, Hunter y rábano Graza y los forrajes tradicionales fueron avena, triticale, cebada, trigo y el trébol Alejandrino. El estudio se realizó en Matamoros, Coahuila, México en el ciclo 2018-2019, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se determinó la capacidad

de rebrote, la composición nutricional del forraje y los rendimientos de MS y nutrientes. Todas las especies presentaron capacidad de rebrote, con tres cortes en trébol Alejandrino en 154 días, y con dos cortes en brásicas (150-154 días) y cereales (133-144 días). Las brásicas presentaron similar composición nutricional al trébol Alejandrino y mejor al de los cereales, principalmente por su mayor contenido de energía neta para lactancia ( $EN_L$ : 6.57 a 7.32 MJ  $kg^{-1}$  MS). Los rendimientos de MS de las brásicas fueron similares a los observados en los forrajes tradicionales; sin embargo, por su alta composición nutricional las brásicas fueron iguales o superiores en producción de proteína cruda (PC) (1,608 a 2,986  $kg\ ha^{-1}$ ) y  $EN_L$  (62,819 a 84,044 MJ  $ha^{-1}$ ) a los forrajes tradicionales. En general, las brásicas forrajeras pueden incrementar el rendimiento de nutrientes respecto a los cereales y al trébol Alejandrino, especialmente en la producción de  $EN_L$  (27.5 a 47.3 %).

**Palabras clave:** Cultivos alternativos, Materia seca, Rebrote, Proteína cruda, Energía.

Recibido: 30/04/2022

Aceptado: 11/07/2022

La producción intensiva de leche de vaca es una de las principales actividades económicas en La Comarca Lagunera, México. El forraje requerido por el ganado se produce en un sistema de producción donde los principales cultivos son maíz, sorgo, alfalfa, avena y triticale. La producción de estos cultivos enfrenta problemas de escasez de agua, salinidad en el suelo y elevadas temperaturas ambientales<sup>(1)</sup>, condiciones que se agravarán en las próximas décadas debido al cambio climático<sup>(2)</sup>. Esta situación obliga a buscar nuevas opciones de cultivos que permitan incrementar el valor nutricional y los rendimientos de materia seca y nutrientes. Una alternativa es incrementar la producción de forraje en otoño-invierno utilizando especies con capacidad de rebrote, y buenas características nutricionales y de producción.

En la Comarca Lagunera los cereales en otoño-invierno se producen con uno o dos cortes en las etapas de embuche o inicio de espigado, los cuales generalmente son ensilados. Las brásicas forrajeras que incluyen especies de canola, colza, nabos, colinabo, col y rábano son una alternativa viable para la región debido a su potencial de producción, calidad nutritiva, además de su capacidad de rebrote<sup>(3,4)</sup> y ensilaje de su forraje<sup>(5,6)</sup>. Las brásicas producen de 8,000 a 15,000  $kg\ ha^{-1}$  de materia seca (MS) en un período de 80 a 150 días después de la siembra (dds). Esto significa que sus rendimientos de MS pueden ser iguales o superiores a los cereales forrajeros de otoño-invierno<sup>(3,7)</sup>. El principal beneficio de las brásicas es su capacidad de producir forraje con alto valor nutritivo durante un periodo relativamente largo, ya que con la edad no disminuye marcadamente el contenido de proteína cruda (PC) ni la

digestibilidad de la MS<sup>(8)</sup>. El contenido de PC en el forraje de brásicas varía de 134 a 255 g kg<sup>-1</sup>; la digestibilidad de la MS fluctúa de 85 a 93%<sup>(8,9)</sup>; el contenido de fibra detergente neutra (FDN) alcanza valores de 199 a 516 g kg<sup>-1(9,10)</sup>; y presenta altas concentraciones de energía (EN<sub>L</sub>) (1.79 a 1.87 Mcal kg<sup>-1</sup> MS)<sup>(11)</sup>.

En estudios realizados con vacas lecheras estabuladas, se indica que el forraje de brásicas puede ser usado en la dieta de vacas lecheras sin efectos en la producción y composición de leche<sup>(12,13)</sup>. Otros estudios muestran efectos positivos del forraje de brásicas con incrementos en la producción de leche, sin efectos negativos en la salud de las vacas<sup>(14,15)</sup>. Además, en estudios donde la inclusión de forraje de brásicas no afectó la producción y composición de leche, se observó un aumento en la rentabilidad cuando se reemplazaron ensilados de pastos y concentrados comerciales por brásicas forrajeras<sup>(15,16)</sup>. También se reporta que el uso de forraje de brásicas tiene un efecto ambiental favorable, debido a la menor producción de metano respecto a rumiantes alimentados con dietas basadas en pastos<sup>(11,17)</sup>. El objetivo del estudio fue comparar el valor nutricional y el rendimiento de materia seca (MS) y nutrientes entre brásicas forrajeras y especies tradicionales durante el ciclo de otoño-invierno.

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental La Laguna (CELALA) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México (103° 13' 42" O y 25° 31' 41" N, a una altura de 1,100 msnm). El suelo del sitio experimental es de textura franco arcillosa, con una profundidad mayor a 1.8 m, valores de disponibilidad de agua de 150 mm m<sup>-1(18)</sup>, contenido de carbono orgánico de 0.75 % y un pH de 8.14<sup>(1)</sup>. La preparación del terreno consistió en realizar un barbecho, doble rastreo y nivelación del terreno con láser. Antes de la siembra cada parcela experimental se fertilizó manualmente con sulfato de amonio y fosfato monoamónico granulares en dosis de 50 kg N y 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

La siembra se realizó en forma manual el 12 de octubre de 2018, en esta fecha también se aplicó el riego de siembra con una lámina de riego de 15 cm. Ocho días después de sembrar se aplicó un sobre riego con una lámina de 6 cm para facilitar la emergencia de plántulas. Las especies y cultivares evaluados fueron los siguientes: avena (*Avena sativa* L.), variedad Cuauhtémoc; triticale (x *Triticosecale* Wittmack), variedad Río Nazas; cebada (*Hordeum vulgare* L.), variedad Narro 95; trigo (*Triticum aestivum* L.), variedad AN265; trébol Alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.), variedad Multicut; brásica cultivar Winfred (*Brassica oleracea* L. x *Brassica rapa* L.); cultivar Hunter (*Brassica rapa* L. x *Brassica napus* L.) y rábano forrajero cultivar Graza (*Raphanus sativus* L. x *Brassica oleracea* L., *Raphanus maritimus* L.). Durante el ciclo de producción se aplicaron seis riegos de auxilio con una lámina total de 75 cm en avena, triticale, trigo, trébol, y brásica Hunter; mientras que, en cebada, brásica Winfred y rábano Graza se aplicaron cinco riegos de auxilio con una lámina de 63 cm. También se completó la dosis de fertilización nitrogenada (250 kg ha<sup>-1</sup>), con 55 kg ha<sup>-1</sup> a los 33 dds, 90 kg ha<sup>-1</sup> después del primer corte en cada especie entre los 77 y 112 dds, y 55 kg ha<sup>-1</sup> antes del segundo corte entre los 112 y 135 dds.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 20 surcos a 0.18 m de separación y 6 m de longitud. La parcela útil para determinar el rendimiento de forraje fue de 14.4 m<sup>2</sup>, cosechando 16 surcos centrales de 5 m de longitud. En la cosecha se determinaron los rendimientos de forraje fresco y de MS. El contenido de MS se obtuvo en una muestra al azar de 0.72 m<sup>2</sup>, muestreando dos de los surcos centrales de cada parcela de 2 m de longitud. Las plantas muestreadas se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante.

El rendimiento de MS se determinó multiplicando el rendimiento de forraje fresco por el contenido de MS de cada parcela. En los cereales se realizaron dos cosechas en la etapa de embuche; el trébol se cosechó en tres ocasiones en la etapa vegetativa, mientras que los cultivares de brásica y rábano se realizaron dos cosechas en la etapa vegetativa. Se determinó semanalmente el índice de área foliar (IAF) en todas las parcelas del experimento. Para ello se utilizó un ceptómetro AccuPAR modelo Lp-80 PAR/LAI (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). Se tomaron tres lecturas por parcela entre las 1200 y 1400 h tiempo solar. Se realizaron tres mediciones arriba y tres abajo del dosel, en forma paralela a la superficie del suelo. El sensor se colocó a un ángulo de 45° respecto a los surcos.

Las plantas muestreadas para la determinación del contenido de MS también se usaron para analizar el valor nutritivo del forraje. Las muestras secas se molieron en un molino Wiley® (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con una malla de 1 mm. El contenido de nitrógeno en cada muestra se determinó mediante el método de combustión Dumas número 990.03 de AOAC en el cual se utilizó el equipo Thermo Scientific Flash 2000, y el resultado se multiplicó por 6.5 para obtener el porcentaje de proteína cruda (PC)<sup>(19)</sup>. La fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) se obtuvieron de acuerdo a Goering y Van Soest<sup>(20)</sup>. El contenido de energía neta para lactancia (EN<sub>L</sub>) se estimó siguiendo la metodología propuesta por Weiss *et al*<sup>(21)</sup>. Los rendimientos de PC y EN<sub>L</sub> por hectárea se determinaron multiplicando los contenidos de PC y EN<sub>L</sub> por el rendimiento de MS por hectárea estimado para cada parcela experimental.

Para la evaluación de la capacidad de rebrote se analizaron los datos de rendimiento de MS e IAF por cosecha, utilizando el procedimiento MIXED para medidas repetidas de SAS ( $P \leq 0.05$ )<sup>(22)</sup>. Para los rendimientos de MS, PC y EN<sub>L</sub>, los datos de las dos o tres cosechas en cada cultivo se sumaron para realizar el análisis estadístico. Para los datos del valor nutrimental del forraje, se obtuvo una media ponderada de cada parámetro evaluado en las cosechas realizadas, considerando los rendimientos de MS. Se realizaron análisis de varianza ( $P \leq 0.05$ ) para las variables de la composición nutricional y rendimientos de MS y nutrientes. Las medias de estos parámetros se compararon con la prueba de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher ( $P \leq 0.05$ ). El análisis de la información se efectuó con el programa estadístico SAS<sup>(22)</sup>.

Todas las especies evaluadas tuvieron capacidad de rebrote, pero el trébol Alejandrino fue superior con tres cortes en 156 días. El resto de las especies produjeron dos cortes; donde las especies alternativas brásica Winfred, brásica Hunter y el rábano Graza requirieron el total del período disponible (150 a 154 días); mientras que los cereales produjeron los cortes entre los 133 y 144 días. Este comportamiento de los cereales permite iniciar más temprano la preparación del terreno para el siguiente cultivo en el ciclo de primavera. Sin embargo, si esto no es tan importante en el sistema de producción, la cosecha más tardía de los cultivos alternativos no representa una desventaja en el uso del agua de riego, ya que estos cultivos requirieron menor o igual lámina de riego que el utilizado en los cereales (63 a 75 cm de lámina de agua).

La capacidad de rebrote de los híbridos de brásica y el rábano forrajero para la producción de dos o tres cosechas en este estudio, también ha sido observada en otros trabajos, donde se indica que pueden realizarse varios pastoreos en estos cultivos<sup>(3,4)</sup>. Su buena capacidad de rebrote se observa en la poca o nula reducción del IAF en el rebrote y los mayores rendimientos de MS en rebrotes respecto a la primera cosecha en brásica Winfred, brásica Hunter y rábano Graza (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Ciclo de crecimiento, recuperación del rendimiento de materia seca (RdMS) e índice de área foliar (IAF) en el rebrote después del primer corte en cultivos tradicionales y alternativos evaluados en el ciclo otoño-invierno 2018-2019

| Tratamientos    | Ciclo (días) | RdMS (kg ha <sup>-1</sup> ) |                   |                   | IAF               |                   |                   |
|-----------------|--------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                 |              | Corte 1                     | Corte 2           | Corte 3           | Corte 1           | Corte 2           | Corte 3           |
| Avena           | 144          | 4694 <sup>a</sup>           | 6550 <sup>a</sup> | -                 | 6.08 <sup>a</sup> | 4.48 <sup>b</sup> | -                 |
| Cuauhtémoc      |              |                             |                   |                   |                   |                   |                   |
| Triticale       | Río 141      | 3718 <sup>b</sup>           | 5684 <sup>a</sup> | -                 | 4.20 <sup>a</sup> | 3.55 <sup>a</sup> | -                 |
| Nazas           |              |                             |                   |                   |                   |                   |                   |
| Cebada Narro 95 | 133          | 4089 <sup>a</sup>           | 5697 <sup>a</sup> | -                 | 5.98 <sup>a</sup> | 5.76 <sup>a</sup> | -                 |
| Trigo AN265     | 144          | 4779 <sup>a</sup>           | 6534 <sup>a</sup> | -                 | 5.64 <sup>a</sup> | 2.92 <sup>b</sup> | -                 |
| Trébol          | 156          | 3924 <sup>a</sup>           | 4183 <sup>a</sup> | 2094 <sup>b</sup> | 3.65 <sup>b</sup> | 6.19 <sup>a</sup> | 3.10 <sup>b</sup> |
| Alejandrino     |              |                             |                   |                   |                   |                   |                   |
| Brásica Winfred | 150          | 4586 <sup>b</sup>           | 7430              | -                 | 7.20 <sup>a</sup> | 6.26 <sup>b</sup> | -                 |
| Brásica Hunter  | 154          | 3391 <sup>a</sup>           | 5178              | -                 | 5.82 <sup>a</sup> | 6.30 <sup>a</sup> | -                 |
| Rábano Graza    | 154          | 4483 <sup>a</sup>           | 5999              | -                 | 6.44 <sup>b</sup> | 8.03 <sup>a</sup> | -                 |

<sup>ab</sup> Medias seguidas en cada línea con distinta letra son significativamente diferentes (Tukey-Kramer  $P \leq 0.05$ ).

La capacidad de rebrote observada en cultivos tradicionales está acorde a lo observado comúnmente en otros estudios realizados en la Comarca Lagunera. En trébol Alejandrino, se ha reportado que la variedad Multicut produce hasta 13.1 t ha<sup>-1</sup> de MS en seis cortes<sup>(23)</sup>. En cereales como triticale, avena y cebada se ha observado que presentan buena capacidad para

rebrotar<sup>(24,25)</sup> con dos a tres cortes<sup>(26)</sup>. Generalmente se observa mayor capacidad en genotipos invernales, seguidos de facultativos y menor en primaverales<sup>(27,28)</sup>. En el presente estudio, los cultivares primaverales de avena Cuauhtémoc, triticale Río Nazas y cebada Narro 95 presentaron similar capacidad de rebrote al observado en el trigo facultativo AN265, el cual presentó una menor recuperación de IAF, debido a su ciclo de crecimiento más tardío. Esto representa una desventaja en un sistema de producción intensivo de forraje, ya que el trigo AN265 no alcanzó su máximo crecimiento en el rebrote, como si lo lograron los cereales primaverales.

De los cultivos tradicionales, el trébol Alejandrino presentó la mejor composición nutricional del forraje, con menores concentraciones de FDN (417 g kg<sup>-1</sup>) y FDA (289 g kg<sup>-1</sup>), así como mayores contenidos de PC (286 g kg<sup>-1</sup>) y EN<sub>L</sub> (6.44 MJ kg<sup>-1</sup> MS) con respecto a los valores observados en todos los cereales. Entre los cereales, el triticale Río Nazas fue sobresaliente por su menor contenido de FDA (372 g kg<sup>-1</sup>), y mayores concentraciones de EN<sub>L</sub> (5.52 MJ kg<sup>-1</sup> MS) y PC (189 g kg<sup>-1</sup>) (Cuadro 2).

**Cuadro 2:** Composición nutricional de cultivos tradicionales y alternativos evaluados en el ciclo otoño-invierno de 2018-2019

| Tratamientos        | PC (g kg <sup>-1</sup> ) | FDN (g kg <sup>-1</sup> ) | FDA (g kg <sup>-1</sup> ) | EN <sub>L</sub> (MJ kg <sup>-1</sup> MS) |
|---------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Avena Cuauhtémoc    | 148.7 <sup>d</sup>       | 612.3 <sup>a</sup>        | 395.8 <sup>c</sup>        | 5.27 <sup>e</sup>                        |
| Triticale Río Nazas | 189.1 <sup>c</sup>       | 606.6 <sup>a</sup>        | 372.2 <sup>d</sup>        | 5.52 <sup>d</sup>                        |
| Cebada Narro 95     | 204.7 <sup>c</sup>       | 567.3 <sup>b</sup>        | 488.7 <sup>a</sup>        | 4.27 <sup>g</sup>                        |
| Trigo AN265         | 165.1 <sup>d</sup>       | 628.6 <sup>a</sup>        | 418.7 <sup>b</sup>        | 5.02 <sup>f</sup>                        |
| Trébol Alejandrino  | 286.4 <sup>a</sup>       | 417.1 <sup>d</sup>        | 288.6 <sup>e</sup>        | 6.44 <sup>c</sup>                        |
| Brásica Winfred     | 248.8 <sup>b</sup>       | 431.3 <sup>d</sup>        | 239.5 <sup>f</sup>        | 6.99 <sup>b</sup>                        |
| Brásica Hunter      | 187.8 <sup>c</sup>       | 277.0 <sup>e</sup>        | 210.4 <sup>g</sup>        | 7.32 <sup>a</sup>                        |
| Rábano Graza        | 198.4 <sup>c</sup>       | 456.6 <sup>c</sup>        | 280.7 <sup>e</sup>        | 6.57 <sup>c</sup>                        |

PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; EN<sub>L</sub>= energía neta para lactancia; MS= materia seca.

†Medias seguidas en cada columna con distinta letra son significativamente diferentes (DMS  $P \leq 0.05$ ).

Los cultivos alternativos brásicas y rábano presentaron mejor composición nutricional que la observada en los cereales, debido a su alto contenido de PC, menor concentración de fibras y mayor contenido de EN<sub>L</sub>. En concentración de PC, la brásica Winfred (249 g kg<sup>-1</sup>) superó a los cereales (149 a 205 g); mientras que la brásica Hunter (188 g) y el rábano Graza (198 g) obtuvieron valores similares o mayores a los observados en los cereales. En el trébol Alejandrino, el contenido de PC (286 g kg<sup>-1</sup>) fue mayor al observado en los cultivos alternativos, mientras que en concentración de EN<sub>L</sub>, la brásica Winfred y el rábano Graza (6.57 a 6.99 MJ kg<sup>-1</sup> MS) fueron superiores al obtenido en el trébol Alejandrino (Cuadro 2).

Los resultados de la composición nutricional del presente estudio en el forraje de brásicas y rábano se encontraron en el rango típico observado en brásicas forrajeras de otros trabajos, las cuales se caracterizaron principalmente por sus altos contenidos de PC (134 a 255 g kg<sup>-1</sup>)<sup>(8,9)</sup> y EN<sub>L</sub> (7.49 a 7.82 MJ kg<sup>-1</sup> de MS)<sup>(11)</sup>. Sin embargo, en este estudio se observaron mayores contenidos de FDA y FDN en la brásica Winfred y el rábano Graza a los obtenidos en estudios previos, con valores de FDA de 118 a 217 g kg<sup>-1</sup> y de 166 a 334 g en FDN<sup>(10,11,29)</sup>. Se ha indicado que estas concentraciones de FDN no cumplen con los valores mínimos para el correcto funcionamiento del rumen en vacas (350 g)<sup>(30)</sup>. En el presente estudio, los valores de FDN en la brásica Winfred (431 g) y el rábano Graza (457 g) fueron mayores a 350 g, y similares a los observados en el trébol Alejandrino (417 g); mientras que en la brásica Hunter (277 g), los valores de FDN sí fueron menores a esta cantidad. El alto contenido de EN<sub>L</sub> en el forraje de las brásicas Hunter y Winfred, el rábano Graza y el trébol Alejandrino se asoció a los menores contenidos de FDA y FDN, en relación a los valores observados en los cereales cosechados en la etapa de embuche.

Los cultivos alternativos brásica Winfred y rábano Graza fueron sobresalientes en rendimiento de MS (12,016 a 10,482 kg ha<sup>-1</sup>). Estos rendimientos fueron similares a los obtenidos por el trébol Alejandrino (10,201 kg) y a los mejores cereales, avena Cuauhtémoc, cebada Narro 95 y trigo AN265 (9,786 a 11,313 kg). En producción de nutrientes, sólo el trébol Alejandrino obtuvo rendimientos de PC (2,871 kg) similares a los de la brásica Winfred (2,986 kg), el resto de los cultivos obtuvieron rendimientos de PC inferiores (1,608 a 2,082 kg). En rendimiento de EN<sub>L</sub>, la brásica Winfred (84,044 MJ) superó a todos los otros cultivos evaluados (de 41,689 a 68,722 MJ ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 3).

**Cuadro 3:** Rendimientos de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y energía neta para lactancia (EN<sub>L</sub>) en cultivos tradicionales y alternativos evaluados en el ciclo otoño-invierno 2018-2019

| Tratamientos        | MS (kg ha <sup>-1</sup> ) | PC (kg ha <sup>-1</sup> ) | EN <sub>L</sub> (MJ ha <sup>-1</sup> ) |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| Avena Cuauhtémoc    | 11244 <sup>ab</sup>       | 1672 <sup>b</sup>         | 59442 <sup>bc</sup>                    |
| Triticale Río Nazas | 9402 <sup>bc</sup>        | 1781 <sup>b</sup>         | 52074 <sup>cd</sup>                    |
| Cebada Narro 95     | 9786 <sup>abc</sup>       | 1996 <sup>b</sup>         | 41689 <sup>d</sup>                     |
| Trigo AN265         | 11313 <sup>ab</sup>       | 1854 <sup>b</sup>         | 57045 <sup>bc</sup>                    |
| Trébol Alejandrino  | 10201 <sup>abc</sup>      | 2871 <sup>a</sup>         | 65923 <sup>bc</sup>                    |
| Brásica Winfred     | 12016 <sup>a</sup>        | 2986 <sup>a</sup>         | 84044 <sup>a</sup>                     |
| Brásica Hunter      | 8569 <sup>c</sup>         | 1608 <sup>b</sup>         | 62819 <sup>bc</sup>                    |
| Rábano Graza        | 10482 <sup>abc</sup>      | 2082 <sup>b</sup>         | 68722 <sup>b</sup>                     |

<sup>abc</sup> Medias seguidas en cada columna con distinta letra son significativamente diferentes (DMS  $P \leq 0.05$ ).

Los rendimientos de MS obtenidos en las brásicas con dos cortes son similares a los mejores rendimientos reportados en otros estudios en brásicas (10,134 a 14,000 kg ha<sup>-1</sup>)<sup>(31,32)</sup>. Este

nivel de rendimiento en brásicas, y sus mayores contenidos de PC y EN<sub>L</sub> con respecto a los cereales resultó en mayores rendimientos de estos nutrientes por hectárea. Con relación al trébol Alejandrino con un alto contenido de PC, las brásicas obtuvieron rendimientos de PC similares por su alto rendimiento de MS; sin embargo, en rendimientos de EN<sub>L</sub> la brásica Winfred fue superior a todas las especies como resultado de un efecto combinado de un alto contenido de EN<sub>L</sub> (Cuadro 2) y una alta producción de MS (Cuadro 3).

Un aspecto a resaltar en el estudio fue la capacidad de las brásicas forrajeras de producir rendimientos de MS y nutrientes similares o mayores a los obtenidos con especies tradicionales, con láminas de riego (63 a 75 cm) menores o iguales a las utilizadas en los cultivos tradicionales. Estos resultados son importantes en un sistema de producción de forraje como el de la Comarca Lagunera, que presenta escasez de agua para riego.

En conclusión, las brásicas forrajeras presentan el potencial para incrementar la productividad en la producción de forraje en otoño-invierno, debido a su alto valor nutritivo, buena capacidad de rebrote y su alta producción de MS y nutrientes. De las especies evaluadas, la brásica Winfred fue sobresaliente respecto a los cultivos tradicionales debido principalmente por su mayor contenido y producción de EN<sub>L</sub> (27.5 a 47.3 %).

#### Literatura citada:

1. Santamaría CJ, Reta SDG, Chávez GJFJ, Cueto WJA, Romero PRJI. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA. México; 2006.
2. Andrade VM, Montero MJ. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. Herrera E, López M, Carrillo J editores. Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua. Primera ed. 2014:26-35.
3. Bell LW, Watt LJ, Stutz RS. Forage brassicas have potential for wider use in drier, mixed crop-livestock farming systems across Australia. *Crop Pasture Sci* 2020;71(10):924-943. <https://doi.org/10.1071/cp20271>.
4. Umami N, Prasojo YS, Haq MS. Morphological characteristics and biomass production *Brassica rapa* var. Marco during the dry season. *Anim Prod* 2022;24(1):31-36. <https://doi.org/10.20884/1.jap.2022.24.1.107>.
5. Sánchez DJI, Serrato CJS, Reta SDG, Ochoa ME, Reyes GA. Assessment of ensilability and chemical composition of canola and alfalfa forages with or without microbial inoculation. *Indian J Agric Res* 2014;48(6):421-428. <https://doi.org/10.5958/0976-058x.2014.01325.0>.

6. Kilic U, Erisek A, Garipoğlu AV, Ayan I, Onder H. The effects of different forage types on feed values and digestibilities in some brassica fodder crops. *Turkish J Agric Natural Sci* 2021;8(1):94-102. <https://doi.org/10.30910/turkjans.747031>.
7. Watt LJ, Bell LW, Cocks BD, Swan AD, Stutz RS, Toovey A, De Faveri J. Productivity of diverse forage brassica genotypes exceeds that of oats across multiple environments within Australia's mixed farming zone. *Crop & Pasture Sci* 2021;72(5):393-406. <https://doi.org/10.1071/CP21034>.
8. Villalobos LA, Brummer JE. Forage brassicas stockpiled for fall grazing: yield and nutritive value. *Crop Forage Turfgrass Management* 2015;1(1):1-6. <https://doi.org/10.2134/cftm2015.0165>.
9. Dillard SL, Billman ED, Soder KJ. Assessment of forage brassica species for dairy and beef-cattle fall grazing systems. *Appl Anim Sci* 2020;36(2):157-166. <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01921>.
10. Omokanye A, Hernández G, Lardner HA, Al-Maqtari B, Singh Gill K, Lee A. Alternative forage feeds for beef cattle in Northwestern Alberta, Canada: forage yield and nutritive value of forage brassicas and forbs. *J Appl Anim Res* 2021;49(1):203-210. <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1933990>.
11. Dillard SL, Roca-Fernández AI, Rubano MD, Elkin KR, Soder KJ. Enteric methane production and ruminal fermentation of forage brassica diets fed in continuous culture. *J Anim Sci* 2018;96(4):1362-1374. doi: 10.1093/jas/sky030
12. Keim JP, Castillo M, Balocchi O, Pulido R, Pacheco D, Muetzel S. Brief communication: milk production responses and rumen fermentation of dairy cows supplemented with summer brassica crops. *NZ J Anim Sci Prod* 2018;78:122-124.
13. Vargas-Bello-Pérez E, Geldsetzer-Mendoza C, Ibáñez RA, Rodríguez JR, Alvarado-Gillis C, Keim JP. Chemical composition, fatty acid profile and sensory characteristics of chanco-style cheese from early lactation dairy cows fed winter Brassica crops. *Animal* 2021;11(1):107. <https://doi.org/10.3390/ani11010107>.
14. Williams SRO, Moate PJ, Deighton MH, Hannah MC, Wales WJ, Jacobs JL. Milk production and composition, and methane emissions from dairy cows fed lucerne hay with forage brassica or chicory. *Anim Prod Sci* 2016;56(3):304-311. <https://doi.org/10.1071/AN15528>.
15. Keim JP, Daza J, Beltrán I, Balocchi OA, Pulido RG, Sepúlveda-Varas P, Pacheco D, Berthiaume R. Milk production responses, rumen fermentation, and blood metabolites of dairy cows fed increasing concentrations of forage rape (*Brassica napus* ssp. *biennis*). *J Dairy Sc* 2020;103(10):9054-9066. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18785>.

16. Castillo-Umaña M, Balocchi O, Pulido R, Sepúlveda-Varas P, Pacheco D, Muetzel S, Berthiqueme R, Keim JP. Milk production responses and rumen fermentation of dairy cows supplemented with summer brassicas. *Animal* 2020;14(8):1684-1692. <https://doi.org/10.1017/S175173112000021X>.
17. Sun XZ. Invited review: glucosinolates might result in low methane emissions from ruminants fed brassica forages. *Frontiers in Vet Sci* 2020;7:588051. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.588051>.
18. Santamaría CJ, Reta SDG, Orona CI. Reducción del rendimiento potencial de maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro riegos. *Terra Latinoamericana* 2008;26(3):235-241.
19. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). Official methods of analysis. Dumas method (99003). 15th edition Washington DC, USA. 2005.
20. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis Apparatus, reagents, procedure and some applications Agric Handbook 379 ARS. Washington, DC, USDA; 1970.
21. Weiss WP, Conrad HR, St-Pierre NR. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim Feed Sci Technol* 1992;39(1-2):95-110. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4).
22. SAS Institute. The SAS system for windows, release 93. Cary, NC: Statistical Analysis Systems Inst; 2011.
23. Núñez HG, Quiroga GHM, Márquez OJ de J, de Alba AA. Producción y calidad de trébol de Egipto (*Trifolium alexandrinum* L.) para ganado lechero en el Norte y Centro de México. *Agrociencia* 1997;31(2):157-164.
24. Keles G, Ates S, Coskun B, Koc S. Re-growth yield and nutritive value of winter cereals. In: Proc 22nd Int Grassland Cong. 2013.
25. Wilson GCY, López ZNE, Ortega CME, Ventura RJ, Villaseñor MHE, Hernández GA. Acumulación de forraje, composición morfológica e interceptación luminosa en dos variedades de avena. *Interciencia* 2018;43(9):630-636.
26. Zamora VVM, Lozano del RAJ, López BA, Reyes VMH, Díaz SH, Martínez RJM, Fuentes RJM. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Téc Pecu Mex* 2002;40(3):229-242.
27. Lozano del RAJ, Rodríguez SA, Díaz SH, Fuentes RJM, Fernández BJM, Fernando NMJM, Zamora VVM. Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticales (*X Triticosecale* Wittmack) y ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Navidad, N.L. *Téc Pecu Méx* 2002;40(1):17-35.

28. Ye CWE, Díaz SH, Lozano del RAJ, Zamora VVM, Ayala OMJ. Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Téc Pecu Méx* 2001;39(1):15-29.
29. Villalobos L, Brummer J. Evaluation of Brassicas for fall forage. In: Proc Western States Alfalfa and Forage Symp, Reno, NV, December, 2013. UC Cooperative Extension, Plant Science Department University of California, Davis, CA 95616.
30. Kolver ES. Nutrition guidelines for the high producing dairy cow. Proc Ruakura Farmers Conference; 2002.
31. Stewart AV, Moorhead AJ. The development of a fodder radish suitable for multiple grazing. *Agronomy NZ* 2004;34:1-7.
32. McGrath S, Sandral G, Holman B, Friend M. Lamb growth rates and carcass characteristics of White Dorper and crossbred lambs grazing traditional and novel pastures during spring in souther Australia. *Anim Prod Sci* 2020;61(11):1151-1159. <https://doi.org/10.1071/AN18769>.