

Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México

Forage quality and agronomic characterization of annual forage species in North-Central Mexico

Gregorio Núñez Hernández^a, Jesús Arturo Payán García^b, Alfonso Pena Ramos^c, Fernando González Castañeda^c, Oscar Ruiz Barrera^d, Claudio Arzola Alvarez^d

RESUMEN

El objetivo del estudio fue generar conocimientos de parámetros de características agronómicas y nutricionales de variedades de maíz, sorgo forrajero y cereales de invierno. Se realizaron tres experimentos para evaluar 21 variedades de maíz a 100,000 plantas ha⁻¹, 200-80-00 de N-P-K y cosecha a 1/3 de línea de leche en el grano, 19 variedades de sorgo sembradas con 12 kg ha⁻¹ de semilla comercial, 200-80-00 de N-P-K y cosecha en lechoso-masoso, y 12 variedades de cereales de invierno con densidad de siembra de 150 kg ha⁻¹ de semilla comercial, 160-00-00 de N-P-K, y cosecha en estado lechoso-masoso. Los diseños experimentales fueron bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó producción de materia seca por hectárea (PMS), porcentaje de mazorca (PMZ), panoja (PP), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, digestibilidad *in vitro* (DIV), energía neta de lactancia (ENI) y digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN). Se utilizó análisis de varianza, estadística descriptiva y correlación. En maíz, la PMS fue 18.48±2.12 t ha⁻¹ ($P < 0.05$), DIV 71.50±2.18 % y ENI 1.52±.05 Mcal kg⁻¹ MS. La ENI se correlacionó significativamente con PMZ ($r=0.60$), FDN ($r=-0.64$) y DFDN ($r=0.92$). En sorgo, la PMS fue 18.43±2.19 t ha⁻¹, DIV 64.90±1.99 %, ENI 1.35±.10 Mcal kg⁻¹ MS y DFDN 44.80±8.63 %. La ENI se correlacionó significativamente con la DFDN ($r=0.84$). En cereales, la PMS fue 12.33±1.18 t ha⁻¹, DIV 71.30±1.99 % y ENI de 1.50±0.04 Mcal kg⁻¹ MS. La ENI se correlacionó significativamente con la DFDN ($r=0.84$).

PALABRAS CLAVE: Maíz, Sorgo, Cereales de invierno, Variedades, Producción de leche.

ABSTRACT

The objective of this study was to generate knowledge on agronomic and nutritive characteristics of corn, sorghum and winter cereals forage varieties in North-Central Mexico. Three experiments were performed for evaluating: 1) Twenty four (24) corn hybrids planted at 106,000 plants ha⁻¹, fertilized at a 200-80-00 N-P-K rate, and harvested at 1/3 of milk line in grain, 2) Nineteen (19) forage, grain, and brown midrib sorghum varieties seeded at 12 kg ha⁻¹ of commercial seed, fertilized at a 200-60-00 N-P-K rate and harvested at milk grain stage, and 3) Twelve (12) winter cereal varieties seeded at 150 kg ha⁻¹ of commercial seed, fertilized at a 180-80-00 N-P-K rate and harvested at grain dough stage. All three experiments were carried out in a complete randomized block design with four replicates. Variables were: dry matter yield per hectare (DMY), ear percentage (EAR) or panicle percentage (PAN), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber digestibility (NDFD), *in vitro* dry matter digestibility (DMD), lignin (Lig) and net energy for lactation (NEL). Statistical analyses included variance, descriptive statistics and simple correlation. Corn DMY average and standard deviation were 8.48±2.12 t ha⁻¹, DMD 71.50±2.18 % and NEL 1.52±0.5 Mcal kg⁻¹ DM. NEL was correlated with ear percentage ($r=0.60^{**}$), NDF concentration ($r=-0.64^{**}$) and NDFD ($r=0.92^{**}$). Sorghum average and standard deviation were DMY 18.43±2.19 t/ha, DMD 64.90±4.07 % NEL 1.35±.10 Mcal kg⁻¹ DM and DNDF 44.89±8.63. NEL was correlated with NDFD ($r=0.84^{**}$). Winter cereal yield was 12.33±1.18 t ha⁻¹, DMD 71.30±1.99 % and NEL 1.50±0.04 Mcal kg⁻¹ DM. NEL was correlated with DNDF ($r=0.84$).

KEY WORDS: Corn, Sorghum, Small grain cereals, Varieties, Milk production.

Recibido el 20 de enero de 2009. Aceptado para su publicación el 25 de agosto de 2009.

^a Campo experimental "La Laguna" Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Boulevard J. Santos Valdez N° 1200 Matamoros Coahuila. nunez.gregorio@inifap.gob.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del estado de Durango.

^c Campo Experimental Pabellón, INIFAP.

^d Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua.

INTRODUCCIÓN

El valor nutritivo de los forrajes está fuertemente relacionado con su composición química y digestibilidad, las cuales varían ampliamente entre forrajes⁽¹⁾. Entre los factores que causan esta variabilidad están la especie, fertilización y estado de madurez⁽²⁾.

Investigaciones indican que la producción de leche de vacas con raciones de ensilados de maíz, sorgo y avena es menor que con raciones de heno de alfalfa debido a su menor valor nutritivo⁽³⁾. Alternativas para mejorar el valor nutritivo de ensilados de maíz son: selección de variedades de alta calidad nutricional⁽⁴⁾ y manejo de la altura de corte, procesamiento a cosecha⁽⁵⁾ y estado de madurez⁽⁶⁾. En sorgo se ha reportado la selección de variedades⁽⁷⁾ y en avena, corte en estado adecuado de madurez^(8,9).

En relación al valor nutritivo entre variedades de forrajes anuales, se han indicado diferencias entre híbridos de maíz en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca y fibra⁽¹⁰⁾. Majewski *et al.*⁽¹¹⁾ mostraron valores de 41.7 a 51.2 % en FDN, de 66.3 a 77.1 % en digestibilidad de la materia seca y 27.0 a 48.4 % en digestibilidad de la fibra detergente neutro entre híbridos de maíz. Otros investigadores reportaron valores de 32 a 63 % en fibra detergente neutro, de 73 a 85 % en digestibilidad de la materia seca y de 43 a 61 % de digestibilidad de la fibra detergente neutro^(10,12).

Bolsen⁽¹³⁾ resumió las características del ensilaje de sorgo de grano y ensilaje de sorgo forrajero durante 25 años de investigación. Algunos autores^(14,15) señalaron que la variabilidad reportada para estas variedades fue de 4.9 a 10.1 % en proteína cruda, 44.0 a 71.9 % en fibra detergente neutro y de 24.3 a 27.3 % en fibra detergente ácido.

En relación a los sorgos de nervadura café, genotipos que contienen un gen mutante asociado a la presencia de nervadura de color café en el reverso de las hojas y a concentraciones menores de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y mayor digestibilidad que las variedades de sorgos normales, Miller y Stroup⁽¹⁶⁾ indican variabilidad

INTRODUCTION

Nutritive value of forages is strongly influenced by their chemical composition and digestibility, which vary widely between different forages⁽¹⁾. Factors causing this variability include species, fertilization and stage of maturity⁽²⁾.

Several studies show that milk production using corn, sorghum and oats rations is lower than when using alfalfa hay because of their lower nutritive value⁽³⁾. Some alternatives to improve the nutritional value of corn silage are using varieties of proven high nutritional quality⁽⁴⁾, cutting height, crop processing and chop length of corn silage⁽⁵⁾ and stage of maturity⁽⁶⁾. In sorghum, variety selection has been reported^(7,8) and in oats, adequate stage of maturity⁽⁹⁾.

Relative to nutritive value among annual forages varieties, differences between corn hybrids have been cited for protein and fiber content, and dry matter and fiber digestibility⁽¹⁰⁾. Majewski *et al.*⁽¹¹⁾ obtained values between 41.7 and 51.2 % for NDF, 66.3 and 77.1 % for dry matter digestibility and 32.0 and 63.0 % for NDF digestibility in different corn hybrids. Other researchers report values between 41.7 and 51.2 % for NDF, 73.0 and 85.0 % for dry matter digestibility and 43.0 and 61.0 % for NDF digestibility^(10,12).

Bolsen⁽¹³⁾ summarized the characteristics of sorghum silage and sweet sorghum silage found in 25 yr of research. Some authors^(14,15) report that variability for these varieties from 4.9 to 10.1 % for crude protein, 44.0 to 71.9 % for NDF and 24.3 to 27.3 % for ADF.

Relative to brown midrib sorghum, genotypes containing a mutant gene associated to presence of brown midrib in the leaf rear and to lower NDF, ADF and Lig concentrations and greater digestibility than in normal sorghum, Miller and Stroup⁽¹⁶⁾ report variability between 6.9 and 10.5 % for crude protein, 40.7 and 60.1 % for NDF, 24.3 and 35.0 % for ADF and 75.1 and 84.2 % for *in vitro* digestibility.

In small grains cereals, differences in production and nutritive value are reported for oat varieties⁽¹⁷⁾.

de 6.9 a 10.5 % en proteína cruda, 40.7 a 60.1 % en fibra detergente neutro, 24.3 a 35.0 % en fibra detergente ácido y de 75.1 a 84.2 % en digestibilidad *in vitro*⁽¹⁶⁾.

En cereales de grano pequeño, se mencionan diferencias en producción y valor nutritivo del forraje de variedades de avena⁽¹⁷⁾. Los valores de proteína cruda variaron de 13.3 a 17.7 % a 50 % de espigamiento y de 9.2 a 14.3 % en grano masoso. Los valores de digestibilidad fueron de 57.6 a 72.8 % y 49.5 a 58.2 % para los dos estados de madurez, respectivamente. Estudios posteriores con otros cereales de grano pequeño, también indicaron diferencias entre variedades de cebada, trigo, triticale, centeno y avena en digestibilidad de la materia seca^(18,19). Otros autores reportan diferencias entre variedades de cebada en digestibilidad de 60 a 68 %⁽²⁰⁾, y de 61 a 66 % entre triticales de hábito primaveral e invernal, y se menciona que estas diferencias están relacionadas con los porcentajes de hoja, tallo y espiga⁽²¹⁾.

La información anterior muestra variación genética en el valor nutritivo de maíz, sorgo y cereales de invierno para forraje; sin embargo, la magnitud de esta variación depende de la población de variedades en cada región. En la región norte de México se desconoce la magnitud de esta variabilidad en el valor nutritivo de estos forrajes. El objetivo fue generar conocimientos sobre parámetros de características agronómicas y nutricionales de variedades de maíz, sorgo forrajero y cereales de invierno.

MATERIALES Y METODOS

Se efectuaron tres experimentos en el Campo Experimental La Laguna en Matamoros Coah., localizado a 103° 14' O y 25° 17' N con clima árido semicálido. El suelo es de textura migajón arcilloso con pH de 7.5 sin problemas de sales o sodio.

El Exp 1 se estableció en suelo húmedo el 8 de abril del 2002 con el objeto de evaluar el forraje de maíz considerando las siguientes variedades: G-8285, ABT-7087Y, ABT-7015Y, ABT-6002Y, ABT-

Crude protein varied from 13.3 to 17.7 % at 50 % heading and from 9.2 to 14.2 % at dough stage. Digestibility values varied between 57.6 and 72.8 % and between 49.5 and 58.2 % for both stages of maturity, respectively. Later studies carried out in other small grains cereals, also showed differences between barley, wheat, triticale, rye and oat varieties for dry matter digestibility^(18,19). Other authors report differences of 60 to 68 % on barley varieties⁽²⁰⁾ for dry matter digestibility and 61.0 and 66.0 % in both winter and spring triticale varieties, which the authors attribute to varying leaf, stem and spike percentages⁽²¹⁾.

The preceding information shows genetic variation in nutritive value corn, sorghum and winter small grains cereals for forage; however, the relative size of this variation depends on the variety population in each region. In North-Central Mexico the extent of this variation in nutritive value for these forages remains unknown. The objective of the present study was to generate knowledge on agronomic characteristics and nutritional value parameters in corn, sorghum and small grains cereals varieties.

MATERIALS AND METHODS

Three experiments were carried out at INIFAP's La Laguna Experiment Station, located in Matamoros, Coahuila, Mexico at 103° 14' W and 25° 17' N, which it is a semiarid warm climate region. Soils are sandy loams, pH 7.5 without salinity or sodium.

Exp 1 was set in wet soil on April 8, 2002 with the objective of evaluating corn forage. The following materials were assessed: G-8285, ABT-7087Y, ABT-7015Y, ABT-6002Y, ABT-7820Y, 8958M, NC 7117, GH-800, AS-911, AS-900, G-8342, G-8277W, Z-806, Z-21, 3099, 33J56, 9802, ABT-7722Y, NC 7237, SBA-200 and NC 7304. Plots were fertilized at a 200-80-0 N-P-K rate, plant density was 100,000 plants ha⁻¹, and irrigated at 28, 52, 67 and 80 d post planting. Harvest was carried out at 1/3 of milk line in grain stage. The experimental plot was four 0.76 * 8.0 m furrows and the sampling plot the central 6 m of the middle two furrows.

7820Y, 8958M, NC 7117, GH-800, AS-911, AS-900, G-8342, G-8277W, Z-806, Z-21, 3099, 33J56, 9802, ABT-7722Y, NC 7237, SBA-200 y NC 7304. La dosis de fertilización de N-P-K fue 200-80-00, la densidad de población de 100,000 plantas ha⁻¹ y el calendario de riegos de auxilio que se aplicó fue a los 28, 52, 67 y 80 días después de la siembra. La cosecha se efectuó cuando la línea de leche presentó un avance de 1/3 en el grano. La parcela experimental fue cuatro surcos de 0.76 x 8.0 m con una parcela útil compuesta por los dos surcos centrales y 6 m de largo.

El Exp 2 se estableció en suelo húmedo el 5 de abril del 2003 con el propósito de evaluar el forraje de sorgo considerando las siguientes variedades: Beef Builder (forrajera), Fame (doble propósito), 700-B (doble propósito), 500-B (forrajera), Elsa verde (forrajera), Superdan BMR (nervadura café), WM-770 (forrajera), Superdan (forrajera), Superdan Plus (forrajera), Green Chow (forrajera), Gigante verde BMR-300 (nervadura café), Great + Plus (forrajera), Dual BMR (nervadura café), 627-G (forrajera), 597-G (forrajera), Mega silo (forrajera), HF-895 (forrajera) y Fertigraze BMR-201 (forrajera). La dosis de fertilización de N-P-K fue de 200-80-00, la densidad de siembra de 12 kg ha⁻¹ de semilla comercial y el calendario de riegos de auxilio se aplicó a los 34, 56, 76, y 85 días después de la siembra. La cosecha se realizó cuando el grano se encontraba en estado lechoso-masoso. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 0.76 x 8.0 m con una parcela útil compuesta por los dos surcos centrales y 6 m de largo.

El Exp 3, se estableció en suelo seco el 3 de diciembre del 2003 con la finalidad de evaluar el forraje de cereales de grano pequeño considerando las siguientes variedades de cereales de invierno (avena, triticale, trigo y cebada); avena Cuauhtémoc, avena Chihuahua, avena Cevamex, Triticale Eronga, triticale AN-31, triticale Pollmer, trigo Temporalero, trigo Náhuatl F-200, trigo Anáhuac, cebada San Marcos, cebada Cántabra y una cebada experimental denominada línea 1. La fertilización fue 160-00-00 para N-P-K, respectivamente, la densidad de siembra de 150 kg ha⁻¹ de semilla comercial y se aplicaron tres riegos de auxilio a los 8, 35, y 77 días después

Exp 2 was set in moist soil on April 5, 2003 with the objective of evaluating sorghum forages. The following genetic materials were assessed, Beef Builder (forage), Fame (dual purpose), 700-B (dual purpose), 500-B (forage), Elsa Verde (forage), Superdan BMR (brown midrib), WM-770 (forage), Superdan (forage), Superdan Plus (forage), Green Chow (forage), Gigante Verde BMR-300 (brown midrib), 627-G (forage), 597-G (forage), Mega Silo (forage), HF-895 (forage) and Fertigraze BMR-201 (forage). Plots were fertilized at a 200-80-00 N-P-K rate, planting density was 12 kg ha⁻¹ of commercial seed, and irrigated at 34, 56, 76 and 85 d post planting. Harvest was carried out at milk dough stage. The experimental plot was four 0.76 * 8.0 m long furrows and the sampling plot the central 6 m of the middle two furrows.

Exp 3 was set in dry soil on December 3, 2003 with the objective of evaluating small grains cereals forages (oats, triticale, barley and wheat). The following genetic materials were tested, Cuauhtemec and Cevamex oats; Eronga, AN-31 and Polimer triticales; Temporalero, Nahuatl F-200 and Anahuac wheats and San Marcos and Cantabra barleys and an experimental barley identified as Line 1. Plots were fertilized at a 160-00-0 N-P-K rate, planting density was 150 kg ha⁻¹ of commercial seed, and irrigated at 8, 35 and 77 d post planting. Harvest was carried out at milk dough stage. The experimental plot was 4.0*3.0 m and the sampling plot 3.0*2.0 m.

In all the experiments dry matter ha⁻¹ (DMY), plant height (PH), ear percentage (EAR) in corn and panicle percentage (PAN) in sorghum were recorded. Representative samples taken in each plot were dried in a forced air stove at 60 °C until constant weight. Crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), *in vitro* digestibility (DMD)⁽²²⁾, and lignin content (Lig)⁽²³⁾ were determined in the laboratory. Net energy for lactation (NEL) concentration was determined from true *in vitro* digestibility⁽²⁴⁾. All nutritive value variables were expressed in dry matter at 100 °C (DM).

In all three experiments, the experimental design was a completely randomized block with four

de siembra. La cosecha se efectuó en grano lechoso-masoso. La parcela experimental fue 4 x 3 m y la parcela útil 3 x 2 m.

En todos los experimentos se determinó la producción de materia seca por hectárea (PMS), altura de planta (AP), porcentaje de mazorca en maíz (PMZ) y porcentaje de panoja en sorgo (PP). Las muestras representativas de forraje de cada repetición en cada experimento se secaron en una estufa de aire forzado a temperatura de 60 °C hasta peso constante. En el laboratorio se analizó proteína cruda (PC)⁽²²⁾, contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), digestibilidad *in vitro* (Div) y concentración de lignina⁽²³⁾. La concentración de energía neta de lactancia (ENL) se determinó a partir de la digestibilidad verdadera *in vitro*,⁽²⁴⁾ Todas las variables de valor nutritivo se expresaron en materia seca a 100 °C (MS).

En los tres experimentos, el diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables medidas se por medio de estadística descriptiva y análisis de varianza, la separación de medias por el método de la diferencia mínima significativa y las relaciones entre características agronómicas y composición química se evaluaron mediante análisis de correlación⁽²⁵⁾.

replications. Variables were measured through descriptive statistics and variance. Average intervals were tested through the minimum significant difference method and the relationships among agronomic characteristics and chemical composition were assessed through simple correlation⁽²⁵⁾.

RESULTS

In corn, average and standard deviation for dry matter yield per hectare in the evaluated materials were 18.48±2.12 t ha⁻¹ and for ear percentage 53.17±3.9 % (*P*<0.05, Table 1). The best materials showed dry matter yield higher than 19 t ha⁻¹ and ear percentage of more than 55.9 % (*P*<0.05) as observed in Table 2.

Relative to nutritional characteristics in corn, average and standard deviation for CP were 7.37±0.59 %, for NDF 63.37±2.36 % and for acid detergent fiber 37.11±1.82 %. Lignin concentration was 6.13±0.47 %, DMD 71.50±2.18 %, neutral detergent fiber digestibility 55.06±2.48 % and NEL concentration 1.52±0.05 Mcal DM kg⁻¹. The outstanding corn materials showed CP values higher than 7.37 %, DMD higher than 72.6 %, NEL greater than 1.54 Mcal DM kg⁻¹ and NDF over 54.74 %.

Cuadro 1. Características agronómicas, composición química, digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro del forraje de variedades de maíz, sorgo y cereales

Table 1. Agronomic traits, chemical composition, *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber digestibility in corn, sorghum and small grains winter cereals forage materials

| Variable | Corn (n=21) | | | | | Sorghum (n=19) | | | | | Small grains winter cereals (n=12) | | | | |
|--|-------------|-------|--------|--------------------|--------------------------|----------------|-------|-------|--------------------|--------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------------------|--------------------------|
| | Avg | Min | Max | Standard deviation | Statistical significance | Avg | Min | Max | Standard deviation | Statistical significance | Avg | Min | Max | Standard deviation | Statistical significance |
| Days to harvest | 96.38 | 91.00 | 102.00 | 3.51 | - | 105.44 | 93.0 | 114.0 | 9.48 | - | 112.3 | 103.00 | 132.00 | 8.38 | - |
| Plant height, m | 2.38 | 2.16 | 2.63 | 0.13 | * | 2.84 | 1.86 | 3.19 | 0.32 | * | 1.23 | 1.02 | 1.44 | 0.13 | * |
| % ear or panicle | 53.17 | 45.41 | 60.16 | 3.92 | * | 19.94 | 0.0 | 39.28 | 13.23 | * | 12.33 | 10.18 | 14.59 | 1.18 | NS |
| Dry forage, tm ha ⁻¹ | 18.48 | 14.73 | 21.90 | 2.12 | * | 18.43 | 15.07 | 23.79 | 2.19 | * | 10.59 | 9.49 | 11.31 | 0.55 | NS |
| Crude protein, % | 7.37 | 6.37 | 8.28 | 0.59 | * | 6.07 | 5.00 | 7.46 | 0.72 | * | 61.04 | 56.16 | 64.76 | 2.83 | * |
| Neutral detergent fiber, % | 63.37 | 58.15 | 67.54 | 2.36 | * | 64.43 | 52.49 | 74.64 | 6.11 | * | 40.33 | 35.36 | 44.50 | 2.55 | * |
| Acid detergent fiber, % | 37.11 | 33.50 | 40.51 | 1.82 | * | 39.20 | 35.80 | 42.43 | 2.24 | NS | 7.21 | 5.60 | 8.34 | 0.80 | * |
| Lignin, % | 6.13 | 5.28 | 6.97 | 0.47 | * | 7.98 | 7.35 | 9.04 | 0.43 | NS | 71.30 | 67.75 | 73.74 | 1.99 | * |
| <i>In vitro</i> digestibility, % | 71.50 | 66.40 | 76.13 | 2.18 | * | 64.90 | 57.36 | 73.02 | 4.07 | * | 1.50 | 1.42 | 1.56 | 0.04 | * |
| Net energy for lactation, Mcal kg ⁻¹ MS | 1.52 | 1.41 | 1.62 | 0.05 | * | 1.35 | 1.18 | 1.57 | 0.10 | * | 52.70 | 47.97 | 56.35 | 2.72 | * |
| Neutral detergent fiber digestibility, % | 55.06 | 50.27 | 59.39 | 2.48 | * | 44.80 | 30.16 | 61.27 | 8.63 | * | | | | | |

n=Number of samples; NS= non significant.

* *P*<0.05.

Cuadro 2. Características agronómicas, composición química, digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro de variedades de maíz para forrajeTable 2. Agronomic traits, chemical composition, *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber digestibility in corn forage materials

| Material | DH | PH (m) | % EAR | DM (tm ha ⁻¹) | CP (%) | ADF (%) | NDF (%) | DIV (%) | NEL (Mcal kg ⁻¹) | Lignin (%) | NDFD (%) |
|----------|-----|----------|-----------|---------------------------|---------|------------|-----------|------------|------------------------------|-------------|--------------------|
| G8285 | 99 | 2.33efg | 53.87bcd | 21.37ab | 7.73abc | 36.37bcdef | 61.5de | 72.6abcdef | 1.541abcde | 5.837cdefg | 55.45abcdef |
| ABT7087Y | 100 | 2.17hi | 57.27ab | 20.88abc | 7.89abc | 38.19abc | 63.29bcd | 74.35ab | 1.589ab | 5.992bcdefg | 59.39 ^a |
| ABT7015Y | 99 | 2.37defg | 54.78bc | 20.65abc | 6.37c | 38.79abc | 64.94abcd | 70.63bcdef | 1.502bcde | 6.205abcdef | 54.82abcdef |
| ABT6002Y | 94 | 2.43cde | 55.2bc | 18.29bcdefg | 6.81abc | 40.51a | 66.16abc | 70.68bcdef | 1.507bcde | 6.785ab | 55.82abcde |
| ABT7820Y | 99 | 2.58ab | 57.09ab | 21.9a | 6.5bc | 39.28ab | 66.27ab | 70.22cdefg | 1.496cde | 6.972a | 54.99abcdef |
| 6958M | 99 | 2.4cdef | 53.39bcde | 20.54abc | 7.01abc | 39.25ab | 63.52abcd | 73.65abcd | 1.572abc | 6.56abc | 58.53ab |
| NC+7117 | 100 | 2.25ghi | 56.39abc | 18.49bcdefg | 8.24a | 34.37def | 58.15e | 73.7abc | 1.558abcd | 5.805cdefg | 54.86abcdef |
| GH800 | 94 | 2.31efg | 56.05abc | 15.92fgh | 6.82abc | 37.37abcde | 65.02abcd | 71.14bcdef | 1.515bcde | 6.745ab | 55.60abcde |
| AS911 | 102 | 2.63a | 52.09bcde | 20.4abcd | 7.51abc | 37.8abc | 65.18abcd | 68.83fg | 1.459ef | 6.447abcd | 52.21ef |
| AS900 | 94 | 2.57ab | 49.29efg | 17.07defgh | 7.37abc | 36.06bcdef | 63.63abcd | 69.74efg | 1.477def | 6.277abcde | 52.47def |
| G8342 | 91 | 2.16i | 60.16a | 14.73h | 7.87abc | 33.5f | 58.78e | 76.13a | 1.619a | 5.287g | 59.19a |
| G8277W | 94 | 2.37defg | 52.09bcde | 16.43efgh | 6.78abc | 37.46abcd | 65.18abcd | 71.74bcdef | 1.53bcde | 6.54abc | 56.73abcde |
| Z806 | 94 | 2.5bcd | 46.01fg | 19.76abcd | 7.32abc | 37.86abc | 64.2abcd | 70.96bcdef | 1.508bcde | 6.092abcdef | 54.74abcdef |
| Z21 | 100 | 2.29fgh | 50.14def | 20.03abcd | 8.12ab | 36.3bcdef | 62.01cde | 71.27bcdef | 1.51bcde | 5.435efg | 53.68bcdef |
| 3099 | 100 | 2.26ghi | 54.5bcd | 19.36abcde | 8.06ab | 36.4bcdef | 63.34abcd | 70.04cdefg | 1.483def | 6.277abcde | 52.86cdef |
| 33J56 | 91 | 2.28fghi | 54.05bcd | 15.66gh | 8.28a | 35.62cdef | 61.17de | 71.57bcdef | 1.514bcde | 5.62defg | 53.46bcdef |
| 9802 | 100 | 2.52abc | 46.06fg | 16.05fgh | 7.29abc | 39.24ab | 67.54a | 66.4g | 1.407f | 6.452abcd | 50.27f |
| ABT7722Y | 94 | 2.49bcd | 55.79abc | 17.95cdefgh | 7.01abc | 36.12bcdef | 61.27de | 74.31ab | 1.582abc | 5.917bcdefg | 58.07abc |
| NC+7237 | 94 | 2.47bcd | 54.65bc | 19.12abcdef | 6.98abc | 37.28abcde | 64.00abcd | 69.85defg | 1.481def | 6.380abcd | 52.98cdef |
| SBA200 | 92 | 2.3fg | 45.41g | 16.25efgh | 6.93abc | 34.09ef | 61.81de | 70.82bcdef | 1.498cde | 5.392fg | 52.81cdef |
| NC+7304 | 94 | 2.32efg | 52.46bcde | 17.67cdefgh | 7.92abc | 37.52abcd | 63.81abcd | 72.9abcde | 1.555abcd | 5.872cdefg | 57.53abcd |

DH= days to harvest; PH= plant height; % EAR= ear percentage; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; NDFD= neutral detergent fiber digestibility.

abcdeghi Values with different letters in columns are different ($P<0.05$).

RESULTADOS

En maíz, el promedio y desviación estándar de la producción de materia seca por hectárea de las variedades evaluadas fueron 18.48 ± 2.12 t ha⁻¹ y para el porcentaje de mazorca 53.17 ± 3.9 % (Cuadro 1) ($P<0.05$). Las variedades superiores tuvieron producciones de materia seca mayores de 19 t ha⁻¹ y porcentajes de mazorca de 55.79 % ($P<0.05$) como se observa en el Cuadro 2.

En relación a las características nutricionales en maíz, el promedio y desviación estándar fueron: porcentaje de PC 7.37 ± 0.59 y de 63.37 ± 2.36 y 37.11 ± 1.82 %, para las concentraciones de FDN y FDA, respectivamente. La concentración de lignina fue 6.13 ± 0.47 %, la digestibilidad *in vitro* 71.50 ± 2.18 %, la digestibilidad de la fibra detergente neutro 55.06 ± 2.48 % y la concentración

The correlation analysis among agronomic and nutritional traits of corn materials, and results show significant positive correlation between days to harvest and dry forage ($r=0.70$) (Table 3). Plant height was correlated with CP concentration ($r=0.52$), ADF ($r=0.48$), NDF ($r=0.60$), lignin ($r=0.59$), ($r=0.62$) and DMD ($r=0.60$). Ear percentage was correlated *in vitro* digestibility ($r=0.58$), NEL ($r=0.60$) and NDF digestibility ($r=0.60$). Net energy for lactation correlated with ($r=0.99$) and NDF ($r=0.64$).

In forage sorghum (Table 1), average and standard deviation for the evaluated materials were, for dry forage yield 18.43 ± 2.19 t ha⁻¹ and panicle percentage 19.94 ± 13.22 %. Values among materials were different ($P<0.05$), showing dry matter yields higher than 17 tm ha⁻¹ and panicle percentages above 36.87 % in outstanding materials (Table 4).

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y NUTRICIONAL DE ESPECIES ANUALES

de ENL $1.52 \pm .05$ Mcal kg^{-1} MS. Las variedades de maíz forrajero sobresalientes ($P < 0.05$) tuvieron valores para proteína cruda mayores de 7.37 %, digestibilidad *in vitro* superior a 72.6 %, energía neta de lactancia mayor de 1.54 Mcal kg^{-1} MS y

For nutritional value of forage sorghum, average and standard deviation obtained were, for CP 6.07 ± 0.72 %, for NDF 64.43 ± 6.11 %, for ADF 39.20 ± 2.2 %, for *in vitro* digestibility 64.90 ± 4.07 %, for lignin concentration 7.98 ± 0.4 %, for NDF

Cuadro 3. Coeficientes de correlación simple entre características agronómicas, y composición química en variedades de maíz (n=21)

Table 3. Simple correlation coefficients between agronomic traits and chemical composition in corn forage materials (n=21)

| | DH | PH | EAR | DM | CP | ADF | NDF | DIV | NEL | LIG | NDFD |
|------|--------|---------|--------|-------|---------|--------|---------|--------|--------|-------|------|
| DH | - | | | | | | | | | | |
| H | 0.15 | - | | | | | | | | | |
| EAR | 0.02 | -0.37 | - | | | | | | | | |
| DM | 0.70** | 0.23 | 0.12 | | | | | | | | |
| CP | 0.11 | -0.51* | 0.06 | -0.10 | - | | | | | | |
| ADF | 0.36 | 0.48* | -0.05 | 0.45* | -0.52* | - | | | | | |
| NDF | 0.22 | 0.60** | -0.30 | 0.19 | -0.60** | 0.85** | - | | | | |
| DIV | -0.25 | -0.62** | 0.58** | -0.03 | 0.29 | -0.42 | -0.71** | - | | | |
| NEL | -0.24 | -0.60** | 0.60** | -0.01 | 0.23 | -0.34 | -0.64** | 0.99** | - | | |
| LIG | 0.26 | 0.59** | 0.08 | 0.27 | -0.62** | 0.79** | 0.79** | -0.47* | -0.41 | - | |
| NDFD | -0.19 | -0.44* | 0.60** | 0.07 | -0.01 | 0.01 | -0.31 | 0.88** | 0.92** | -0.11 | - |

DH= days to harvest; PH=plant height; EAR= ear percentage; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; LIG= Lignin; NDFD= neutral detergent fiber digestibility.

*($P < 0.05$); **($P < 0.01$).

Cuadro 4. Características agronómicas, composición química, digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro de variedades de sorgo para forraje

Table 4. Agronomic traits, chemical composition, *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber digestibility in sorghum forage materials

| Material | DH | PH (m) | PAN (%) | DM (tm ha^{-1}) | CP (%) | ADF (%) | NDF (%) | DIV (%) | NEL (Mcal kg^{-1}) | Lignin (%) | NDFD (%) |
|-----------------------|-----|----------|-----------|--------------------|-----------|------------|---------|-------------|-----------------------|------------|------------|
| Beef builder | 114 | 2.99abc | 19.94bcde | 20.33abcd | 5.590efgh | 62.23cdef | 39.23ng | 58.73fg | 1.20ef | 7.54ng | 33.68efg |
| Fame | 96 | 2.50f | 36.87a | 17.06defg | 6.283cde | 67.30abcde | 37.19 | 66.15abcde | 1.40abcd | 7.83 | 49.17abcd |
| 700B | 94 | 1.86g | 39.06a | 16.09efg | 7.693a | 52.49g | 35.80 | 64.44bcdefg | 1.31cdef | 8.45 | 30.67fg |
| 500B | 114 | 3.075abc | 27.49b | 18.54bcdefg | 5.143gh | 73.03ab | 41.85 | 61.85efg | 1.31cdef | 8.38 | 47.71bcd |
| Elsa verde | 114 | 3.09ab | 0.00g | 21.37ab | 6.263cde | 68.36abcd | 41.72 | 57.36g | 1.18f | 7.75 | 37.59defg |
| Superdan BMR | 100 | 2.80cde | 16.74def | 15.68fg | 6.796bc | 63.38cdef | 37.16 | 64.40bcdefg | 1.34cdef | 7.67 | 43.54cdef |
| WM770 | 114 | 3.05abc | 0.00g | 15.07f | 5.623efgh | 74.64a | 42.43 | 64.39bcdefg | 1.37bcde | 7.68 | 52.29abc |
| Superdan | 94 | 2.80cde | 39.28a | 17.34cdefg | 6.970abc | 61.40def | 36.60 | 62.45defg | 1.29def | 8.68 | 38.43defg |
| Superdan Plus | 114 | 3.03abc | 15.85def | 23.79a | 5.336fgh | 62.83cdef | 41.81 | 63.08cdefg | 1.31cdef | 9.04 | 41.15cdefg |
| Green chow | 114 | 2.98abc | 22.51bcd | 20.88abc | 5.943defg | 68.99abcd | 40.82 | 73.02a | 1.57a | 7.35 | 61.27a |
| Gigante verde BMR 300 | 108 | 2.53f | 7.85gf | 18.50bcdefg | 5.853defg | 59.65efg | 38.13 | 69.16abcd | 1.45abd | 7.90 | 48.24abcd |
| Great + Plus | 114 | 3.18a | 0.00g | 16.66defg | 5.633efgh | 69.94abc | 41.64 | 66.49abcde | 1.41abcd | 7.64 | 51.81abc |
| Dual BMR | 114 | 2.96abc | 11.09ef | 18.06bcdefg | 5.343fgh | 68.71abcd | 38.23 | 71.16ab | 1.52ab | 7.93 | 58.31ab |
| 627 G | 93 | 284bcd | 26.52bc | 18.37bcdefg | 6.450cd | 62.56cdef | 36.63 | 65.57bdef | 1.37bcde | 8.15 | 44.91cde |
| 597 G | 93 | 3.02abc | 26.30bc | 16.88defg | 5.950def | 65.44bde | 40.08 | 62.29defg | 1.30cdef | 7.75 | 42.29cdefg |
| Megasilo | 114 | 3.19a | 13.78def | 19.46bcde | 5.006h | 67.75abcd | 40.23 | 64.09bcdefg | 1.35bcdef | 8.09 | 46.92bcde |
| HF895 | 93 | 2.68def | 37.72a | 18.36bcdefg | 7.460ab | 53.54g | 36.19 | 63.07cdefg | 1.28def | 7.67 | 30.16g |
| Fertigraze BMR 201 | 101 | 2.55ef | 18.05cde | 19.34bcdefg | 6.363cde | 57.55fg | 39.93 | 70.25abc | 1.47def | 8.30 | 48.33abcd |

DH= days to harvest; PH=plant height; PAN= panicle percentage; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; NDFD= neutral detergent fiber digestibility.

abcddefghi Values with different letters in columns are different ($P < 0.05$).

digestibilidad de la fibra detergente neutro mayor de 54.74 %.

El análisis de correlación entre características agronómicas y nutricionales de las variedades de maíz indicó correlaciones positivas significativas entre días a cosecha y forraje seco ($r=0.70$) como se observa en el Cuadro 3. La altura de la planta se correlacionó con las concentraciones de PC ($r=-0.52$), FDA ($r=0.48$), FDN ($r=0.60$), lignina ($r=0.59$), con DIV ($r=-0.62$) y ENL ($r=-0.60$). Respecto al porcentaje de mazorca, se correlacionó con la DIV ($r=0.58$), la ENL ($r=0.60$) y digestibilidad de la FDN ($r=0.60$). La energía neta de lactancia se correlacionó con la DIV ($r=0.99$) y con la concentración de FDN ($r=-0.64$).

En sorgo forrajero (Cuadro 1), el promedio y desviación estándar de las variedades evaluadas fueron: en producción de forraje seco 18.43 ± 2.19 t ha⁻¹ y en porcentaje de panoja de 19.94 ± 13.22 %. Los valores entre variedades fueron diferentes ($P<0.05$) con rendimientos de materia seca mayores de 17 t ha⁻¹ y porcentajes de panoja superiores a 36.87 % para las variedades sobresalientes (Cuadro 4).

En valor nutritivo del forraje de sorgo, el promedio y desviación estándar fueron: en porcentaje de PC

digestibility 44.80 ± 8.63 % and for NEL 1.35 ± 0.10 Mcal DM kg⁻¹. Excepting lignin concentration and ADF, all the other values were significant ($P<0.05$). In outstanding materials for nutritive value ($P<0.05$), CP was higher than 6.9 %, *in vitro* digestibility exceeded 66.15 %, NEL surpassed 1.54 Mcal DM kg⁻¹ and NDF digestibility went over 48.24 %.

Correlation analyses among agronomic and nutritional characteristics in sorghum are shown in Table 5. Dry forage yield did not correlate significantly with any agronomic or nutritional variable ($P>0.05$). Plant height correlated negatively with CP ($r=-0.67$) and positively with both NDF ($r=0.76$) and ADF ($r=0.69$). On the other hand, panicle percentage was correlated with CP ($r=0.57$), NDF ($r=-0.53$) and ADF ($r=-0.68$). Net energy for lactation was correlated with *in vitro* digestibility ($r=0.98$) and NDF digestibility ($r=0.84$).

For winter cereals, average and standard deviation for dry forage yield were 12.33 ± 1.18 t ha⁻¹ (Table 1). No significant differences were found for dry matter yield among species ($P>0.05$) (Table 6).

For nutritional characteristics, CP average and standard deviation were 10.59 ± 0.55 % (Table 1).

Cuadro 5. Coeficientes de correlación simple entre características agronómicas y composición química en variedades de sorgo (n=19)

Table 5. Simple correlation coefficients between agronomic traits and chemical composition in sorghum forage materials (n=19)

| | DH | PH | PAN | DM | CP | ADF | NDF | DIV | NEL | LIG | NDFD |
|------|----------|---------|---------|-------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| DH | - | | | | | | | | | | |
| H | 0.61** | - | | | | | | | | | |
| PAN | -0.074** | -0.55* | - | | | | | | | | |
| DM | 0.44 | 0.31 | -0.14 | - | | | | | | | |
| CP | -0.80** | -0.67** | 0.57* | -0.33 | - | | | | | | |
| ADF | 0.77** | 0.69** | -0.68** | 0.36 | -0.73** | - | | | | | |
| NDF | 0.63* | 0.76* | -0.53* | -0.03 | -0.71* | 0.70** | - | | | | |
| DIV | 0.03 | -0.22 | -0.05 | -0.10 | -0.07 | -0.11 | 0.01 | - | | | |
| NEL | 0.14 | -0.08 | -0.14 | -0.10 | -0.20 | 0.01 | 0.17 | 0.98** | - | | |
| LIG | -0.15 | -0.22 | 0.30 | 0.26 | 0.01 | -0.07 | -0.27 | -0.12 | -0.16 | - | |
| NDFD | 0.46 | 0.36 | -0.43 | -0.05 | -0.56* | 0.41 | 0.66** | 0.73** | 0.84** | -0.26 | - |

DH days to harvest; PH=plant height; PAN= panicle percentage; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; NDFD= neutral detergent fiber digestibility; LIG= Lignin.

*($P<0.05$); **($P<0.01$).

Cuadro 6. Características agronómicas, composición química, digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro de variedades de cereales de invierno

Table 6. Agronomic traits, chemical composition, *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber digestibility in small grains winter cereals forage varieties

| Variety | DH | PH (cm) | DM (t ha ⁻¹) | CP (%) | ADF (%) | NDF (%) | DIV (%) | NEL (Mcal kg ⁻¹) | Lignin (%) | NDFD (%) |
|---------------------|-----|---------|--------------------------|---------|-----------|---------|----------|------------------------------|------------|----------|
| Oats Cuauhtémoc | 121 | 136.0b | 14.59a | 11.31ns | 58.58def | 38.4cd | 68.39c | 1.42cd | 7.69ab | 48.03b |
| Oats Chihuahua | 117 | 136.5ab | 13.0abc | 10.45 | 56.22ef | 35.36e | 73.33a | 1.54ab | 5.60d | 51.42ab |
| Oats Cevamex | 117 | 138.3ab | 12.84abc | 10.84 | 56.16f | 37.43de | 73.74a | 1.55a | 6.39cd | 53.24ab |
| TCL Eronga | 110 | 144.3a | 11.70bcd | 10.70 | 61.98abcd | 42.42ab | 67.75c | 1.42d | 7.98ab | 47.97b |
| TCL AN-31 | 132 | 108.3e | 10.18d | 9.49 | 64.76a | 41.11b | 71.59abc | 1.52ab | 7.21bc | 56.15a |
| TCL Pollmer | 111 | 123.8cd | 12.70abc | 10.86 | 61.54abcd | 42.75ab | 69.58bc | 1.46bcd | 7.76ab | 51.72ab |
| Wheat Temporalero | 110 | 120.8cd | 13.43ab | 9.84 | 62.12abcd | 41.91b | 70.85abc | 1.49abc | 7.09bc | 52.55ab |
| Wheat Nahuatl F-200 | 110 | 126.7c | 12.88abc | 10.85 | 63.67abc | 40.39bc | 73.47a | 1.56a | 7.84ab | 56.35a |
| Wheat Anahuac | 110 | 100.2f | 12.57abc | 10.10 | 64.46ab | 40.47bc | 70.65abc | 1.49abcd | 8.34a | 52.03ab |
| Barley San Marcos | 103 | 121.1cd | 11.60bcd | 10.45 | 60.41cd | 40.90bc | 71.08abc | 1.51abc | 7.05bc | 53.60a |
| Barley Cantábra | 103 | 116.2de | 11.04cd | 11.26 | 61.42abcd | 38.41cd | 72.09ab | 1.53ab | 6.22cd | 54.75a |
| Barley experimental | 104 | 112.0e | 11.46d | 11.04 | 61.16bcde | 44.50a | 73.18ab | 1.55a | 7.45ab | 54.70a |

DH= days to harvest; PH=plant height; %; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; NDFD= neutral detergent fiber digestibility; TCL= Triticale.

abcdeghi Values with different letters in columns are different ($P<0.05$).

6.07±0.72 %, FDN 64.43±6.11 %, FDA 39.20±2.2 %, concentración de lignina 7.98±0.4 %, digestibilidad de la fibra detergente neutro 44.80±8.63 %, digestibilidad *in vitro* 64.90±4.07 % y en energía neta de lactancia 1.35±0.10 kg⁻¹ MS de materia seca. Con excepción de la fibra ácido detergente y lignina, los valores entre variedades de las demás variables fueron significativas ($P<0.05$). Las variedades sobresalientes en valor nutritivo ($P<0.05$) presentaron porcentajes de proteína cruda mayores de 6.9 %, digestibilidad *in vitro* mayor de 66.15 %, energía neta de lactancia superior a 1.54 Mcal kg⁻¹ MS de MS y digestibilidad de la fibra mayor de 48.24 %.

Los análisis de correlación entre las características agronómicas y nutricionales en sorgo se muestran en el Cuadro 5. La producción de forraje seco no se correlacionó significativamente con ninguna característica agronómica o nutricional ($P>0.05$). La altura de planta se correlacionó negativamente con la concentración de PC ($r=-0.67$) y positivamente con las concentraciones de FDN ($r=0.76$) y FDA ($r=0.69$). Por otra parte, el porcentaje de panoja se correlacionó con el porcentaje de PC ($r=0.57$) y las concentraciones de FDA ($r=-0.68$) y FDN ($r=-0.53$). La ENL se

Neutral detergent fiber values were 61.04±2.83 %, for ADF 40.33±2.55 %, for lignin 7.21±0.80 %, *in vitro* digestibility 71.30±1.99 % and NEL 1.50±0.04 Mcal DM kg⁻¹ ($P<0.05$). With the exception of CP, all the other variables were different ($P<0.05$). Materials showing greater nutritional value ($P<0.05$) had *in vitro* digestibility values exceeding 70.65 %, NEL over 1.49 Mcal DM kg⁻¹ and NDF digestibility of more than 51.42 % (Table 6).

Correlation analyses among nutritional and agronomic characteristics in winter cereals are shown in Table 7. Correlations among dry forage yield and any other agronomical or nutritional characteristic were non significant ($P<0.05$). Plant height correlated significantly only with NDF digestibility ($r=-0.59$). Net energy for lactation correlated significantly with both *in vitro* digestibility ($r=0.98$) and NDF digestibility ($r=0.84$).

DISCUSSION

Shaver⁽²⁶⁾ pointed out that high nutritional quality forages have more than 18 % for crude protein, 70 % for *in vitro* digestibility, 1.5 Mcal DM kg⁻¹ for net energy for lactation and 60 % for neutral

Cuadro 7. Coeficientes de correlación simple entre características agronómicas y composición química en variedades de cereales forrajeros (n=12)

Table 7. Simple correlation coefficients between agronomic traits and chemical composition in small grains winter cereals forage varieties (n=12)

| | DH | PH | DM | CP | NDF | ADF | DIV | NEL | LIG | NDFD |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| DH | - | | | | | | | | | |
| H | 0.10 | - | | | | | | | | |
| DM | 0.050 | 0.46 | 0.18 | - | | | | | | |
| CP | -0.42 | 0.42 | 0.46 | 0.29 | - | | | | | |
| ADF | -0.30 | -0.39 | 0.05 | -0.33 | -0.13 | - | | | | |
| NDF | -0.04 | -0.67* | -0.30 | -0.44 | -0.43 | 0.63* | - | | | |
| DIV | -0.06 | -0.20 | 0.27 | -0.19 | -0.02 | -0.31 | -0.22 | - | | |
| NEL | -0.11 | -0.30 | 0.26 | -0.32 | -0.07 | -0.21 | -0.09 | 0.98** | - | |
| LIG | -0.06 | -0.24 | -0.21 | 0.09 | -0.04 | 0.67* | 0.66* | -0.56 | -0.50 | - |
| NDFD | -0.05 | -0.59* | 0.04 | -0.54 | -0.24 | 0.11 | 0.35 | 0.76** | 0.84** | -0.20 |

DH= days to harvest; PH=plant height; DM= dry forage; CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber; DIV= *in vitro* digestibility; NEL= net energy for lactation; NDFD= neutral detergent fiber digestibility; LIG= Lignin.

*($P < 0.05$); **($P < 0.01$).

correlacionó con la DIV ($r=0.98$) y la digestibilidad de la FDN ($r=0.84$).

En cereales de invierno, el promedio y la desviación estándar de la producción de forraje seco de las variedades evaluadas fue 12.33 ± 1.18 t ha⁻¹ (Cuadro 1). No hubo diferencias significativas en producción de materia seca por hectárea entre las variedades de las diferentes especies ($P > 0.05$) como se aprecia en el Cuadro 6.

En relación a las características nutricionales, el promedio y desviación estándar fue en proteína cruda 10.59 ± 0.55 % (Cuadro 1). La concentración de FDN fue 61.04 ± 2.83 , la de FDA 40.33 ± 2.55 %, la de lignina 7.21 ± 0.80 %, la DIV fue 71.30 ± 1.99 % y la ENL de 1.50 ± 0.04 Mcal kg⁻¹ MS ($P < 0.05$). Con excepción de la PC, las demás variables fueron diferentes ($P < 0.05$). Las variedades con mayor valor nutritivo ($P < 0.05$) tuvieron valores para digestibilidad *in vitro* mayor de 70.65 %, ENL mayor de 1.49 Mcal kg⁻¹ MS y digestibilidad de la FDN mayor de 51.42 % (Cuadro 6).

Los análisis de correlación entre las características agronómicas y nutricionales en cereales anuales de invierno se muestran en el Cuadro 7. La producción de forraje seco no se correlacionó significativamente

detergent fiber. For good nutritional quality forages, the following values are indicated, 15 to 18 % for crude protein, 70 to 80 % for *in vitro* digestibility, 1.3 to 1.5 Mcal DM kg⁻¹ for net energy for lactation and 50 to 60 % for neutral detergent fiber. For regular nutritional quality forages, the following values are suggested 12 to 15 % for crude protein, 65 to 70 % for *in vitro* digestibility, 1.1 to 1.3 Mcal DM kg⁻¹ for net energy for lactation and 40 to 50 % for neutral detergent fiber. For low quality forages, the indicated values are 8 to 12 % for crude protein, < 65 % for *in vitro* digestibility, < 1.1 Mcal DM kg⁻¹ for net energy for lactation and < 50 % for neutral detergent fiber. Corn forage showed low crude protein content and normal to high *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber digestibility.

In the present study significant variations in corn forage were found, partially related to differences between hybrids in ear percentage, which is one of the main traits associated to the energy quality of corn silage⁽²⁷⁾. These variations can have important effects on dairy cow production, differences of 2.6 kg d⁻¹ were reported between rations containing different corn materials offered at 32.7 % of rations⁽²⁸⁾. In that study differences in dry matter digestibility of rations were found as well as the

con ninguna característica agronómica o nutricional ($P > 0.05$). La altura de planta se correlacionó significativamente sólo con la digestibilidad de la FDN ($r = -0.59$). La energía neta de lactancia se correlacionó con la DIV ($r = 0.98$) y la digestibilidad de la FND ($r = 0.84$).

DISCUSIÓN

Shaver⁽²⁶⁾ señala para forrajes de alta calidad nutricional, valores altos de más de 18 % en PC, mayores de 70 % en DIV, de más de 1.5 Mcal kg^{-1} MS de materia seca en ENL y de más de 60 % en digestibilidad de la FDN. Para forrajes de buena calidad, valores de 15 a 18 % en PC, 70 a 80 % de digestibilidad *in vitro*, de 1.3-1.5 Mcal kg^{-1} MS de materia seca en ENL y de 50 a 60 % en digestibilidad de la FDN. Los forrajes de regular calidad nutricional tienen valores de 12 a 15 % en PC, 65 a 70 % en DIV, de 1.1-1.3 Mcal kg^{-1} MS de materia seca en ENL y de 40 a 50 % en digestibilidad de la FDN. En el caso de forrajes de baja calidad nutricional, tienen valores de 8-12 % en PC, menos de 65 % en DIV, menos de 1.1 Mcal kg^{-1} MS de materia seca en ENL y de menos de 50 % en digestibilidad de la FDN. El forraje de maíz se caracterizó por contenidos bajos de proteína cruda, y valores regulares a altos en digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro.

En el presente estudio, se observaron variaciones significativas en el forraje de maíz asociadas en parte a las diferencias entre híbridos en porcentaje de mazorca, que es una de las características más importantes que determinan el valor energético de los ensilados de maíz⁽²⁷⁾. Estas variaciones pueden tener efectos importantes en la producción de vacas lecheras; se reportan diferencias de 2.6 kg d^{-1} de leche entre raciones con diferentes variedades de maíz ofrecidos a 32.7 % de la ración⁽²⁸⁾. En ese estudio se observaron diferencias en la digestibilidad de la materia seca de las raciones y en la relación de ácidos acético y propiónico producidos en la fermentación ruminal. Otros investigadores observaron diferencias de 2.3 kg d^{-1} de leche para raciones con diferentes variedades de maíz con 75.1 y 79.2 % de digestibilidad *in vitro* de la materia

acético:propiónico acid ratio produced in ruminal fermentation. Other researcher found 2.6 kg d^{-1} differences in milk yield for rations containing different corn varieties and hybrids with 75.1 and 79.2 % dry matter *in vitro* digestibility, although offered at a higher percentage of ration (79.3 %)⁽²⁹⁾. Other authors report differences in milk production of 1.3 kg d^{-1} between corn hybrids showing 78.2 and 83.3 % dry matter *in vitro* digestibility and 46.5 and 55.9 % neutral detergent fiber *in vitro* digestibility offered at 35.8 % of ration and of 3.2 kg d^{-1} in rations containing 50.5 % of ration⁽³⁰⁾.

Forage sorghum showed low CP content and low to regular *in vitro* digestibility, NEL and NDF digestibility. In this specie there was a greater variability among materials for *in vitro* digestibility, NEL and NDF digestibility. This can be due to the fact that forage, grain and brown midrib materials were included in the experiment, and results obtained are consistent with what is reported in other studies^(14,15,16). With reference to milk production response to different sorghum silages, some authors report differences of 5.7 kg d^{-1} between normal and brown midrib sorghum offered at 65 % of diets, having different lignin content (7.5 and 10.3 %), fiber digestion rates (4.4 and 4.1 % h^{-1}) and potentially digestible fiber (60.8 and 65.3 %)⁽³¹⁾. In this study differences in dry matter intake, and in the acetic:propionic acid ratio produced in ruminal fermentation were observed. Other authors report differences of up to 2.8 kg d^{-1} in milk production between brown midrib sorghum and normal sorghum offered at 65 % of diets and showing difference in neutral detergent fiber digestibility, 40.1 and 49.2 %⁽³²⁾. In this study effects on dry matter intake were observed, but not on volatile fatty acid production in rumen. Differences in milk production from 1.2 to 3.1 kg d^{-1} were found between normal sorghum varieties and two brown midrib sorghum varieties having different values for neutral detergent fiber (58.1, 50.2 and 48.2 %), acid detergent fiber (37.7, 33.6 and 28.5 %), fiber digestibility (56.4, 62.4 and 61.0 %), offered at a lower percentage of rations (40 %)⁽³³⁾.

Winter cereals had low crude protein values and regular to high dry matter *in vitro* digestibility, net energy for lactation and neutral detergent fiber

seca, aunque ofrecidos a un mayor porcentaje de la ración (79.3 %)(29). Otros autores indican diferencias de 1.3 kg d⁻¹ de leche entre híbridos de maíz con digestibilidades *in vitro* de la materia seca de 78.2 y 83.3 % y de la fibra detergente neutro de 46.5 y 55.9 % ofrecidos a 35.8 % de la ración y de 3.2 kg d⁻¹ en raciones con 50.5 % de la ración(30).

El forraje de sorgo tuvo niveles bajos de PC y valores bajos a regulares de DIV, ENL y digestibilidad de la FDN. En esta especie se observaron las mayores variaciones entre variedades en DIV, ENL y digestibilidad de la FDN. Esto se atribuye a que se incluyeron variedades forrajeras, de grano y nervadura café y son consistentes con otros resultados reportados(14,15,16). Respecto a la respuesta en producción de leche con diferentes ensilados de sorgo, algunos investigadores observaron diferencias de 5.7 kg d⁻¹ de leche entre un sorgo normal y un sorgo de nervadura café ofrecidos a 65 % de la ración que fueron diferentes en contenido de lignina (7.5 y 10.3 %), tasa de digestión de la fibra (4.4 y 4.1 %/h) y fibra potencialmente digestible (60.8 y 65.3 %)(31). En este estudio se observaron diferencias en el consumo de materia seca y en la relación de ácidos acético y propiónico producidos en la fermentación ruminal. Otros autores reportaron diferencias hasta de 2.8 kg d⁻¹ de leche entre una variedad de sorgo normal y una variedad de sorgo de nervadura café ofrecidos a 65 % de la ración y diferentes en digestibilidad de la fibra detergente neutro de 40.1 y 49.2(32). En este estudio se observaron efectos en el consumo de materia seca, pero no hubo efectos en la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen. Se han establecido diferencias en producción de leche de 1.2 a 3.1 kg d⁻¹ entre variedades de sorgo normal y dos variedades de nervadura café con diferentes en concentraciones de fibra detergente neutro (58.1, 50.2 y 48.2 %), fibra detergente ácido (37.7, 33.6 y 28.5 %), digestibilidad de la fibra (56.4, 62.4 y 61.0 %) y ofrecidos a un menor porcentaje de la ración (40 %)(33).

En el forraje de cereales de invierno se observaron valores bajos de PC, y regulares a altos de digestibilidad *in vitro* de la materia seca, ENL y

digestibilidad values. In this case lower differences for dry matter digestibility and net energy for lactation among varieties of the different species evaluated were observed. These results are consistent with other authors reports(17). Relative to effect on milk yield, some studies mention 1 kg d⁻¹ non significant differences in rations containing 60 % of wheat and oats as silage(34). Khorasani *et al*(35) also report 1.5 kg d⁻¹ differences in milk production in rations containing barley, oats and triticale as silage offered at 25 % of ration. These small grains cereal silages contained 11.5 to 12.7 % crude protein, between 50 and 60 % acid detergent fiber and 3.2 and 3.7 % lignin.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Forage from corn showed variations for most of the agronomic and nutritional value variables. Outstanding forage corn materials showed dry matter yield higher than 19 tm ha⁻¹, *in vitro* digestibility surpassing 72.6 %, net energy for lactation exceeding 1.54 Mcal DM kg⁻¹ and neutral detergent fiber digestibility greater than 54.74 %. In forage from sorghum significant differences were found among materials in most of nutritional and agronomic variables excepting lignin and acid detergent fiber. Outstanding sorghum materials showed dry matter yield of more than 17 tm ha⁻¹, *in vitro* digestibility surpassing 66.15 %, net energy for lactation exceeding 1.54 Mcal DM kg⁻¹ and neutral detergent fiber digestibility greater than 48.24 %. In small grains winter cereals significant differences for most agronomic and nutritional value variables were found except for dry forage and crude protein. Winter small grains varieties showing higher nutritional value had *in vitro* digestibility higher than 70.65 %, net energy for lactation exceeding 1.49 Mcal DM kg⁻¹ and neutral detergent fiber digestibility greater than 51.42 %.

End of english version

digestibilidad de la FDN. En este caso, se observaron las menores diferencias en digestibilidad de la materia seca y ENL entre variedades de las

especies evaluadas. Estos resultados son consistentes a los reportados en otros estudios⁽¹⁷⁾. En relación al efecto en producción de leche, algunos trabajos indican diferencias no significativas de 1 kg d⁻¹ de leche con raciones conteniendo 60 % de ensilados de avena y trigo⁽³⁴⁾. Khoranasi *et al*⁽³⁵⁾ también indican diferencias no significativas en producción de leche de 1.5 kg d⁻¹ en raciones con ensilados de cebada, avena y triticale ofrecidos a un 25 % de la ración. Estos ensilados de cereales de grano pequeño tenían de 11.5 a 12.7 % de proteína cruda, entre 50 a 60 % de FDN, 28.5 a 35.7 % de FDA y 3.2 a 3.7 % de lignina.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

El forraje de maíz tuvo variaciones en la mayoría de las variables agronómicas y de valor nutritivo. Las variedades superiores de maíz forrajero tuvieron producciones de materia seca mayores de 19 t ha⁻¹, digestibilidad *in vitro* superior a 72.6 %, energía neta de lactancia mayor de 1.54 Mcal kg⁻¹ MS y digestibilidad de la fibra detergente neutro mayor de 54.74 %. En el forraje del sorgo se observaron diferencias significativas entre variedades en la mayoría de las variables agronómicas y de valor nutritivo con excepción de la fibra detergente ácido y lignina. Las variedades de sorgo sobresalientes tuvieron rendimientos de materia seca mayores de 17 t ha⁻¹, digestibilidad *in vitro* mayor de 66.15 %, energía neta de lactancia superior a 1.54 Mcal kg⁻¹ MS de MS y digestibilidad de la fibra mayor de 48.24 %. En forraje de cereales de invierno hubo diferencias significativas en la mayoría de las variables agronómicas y de valor nutritivo con excepción del forraje seco y proteína cruda. Las variedades de cereales de invierno con mayor valor nutritivo tuvieron valores para digestibilidad *in vitro* mayor de 70.65 %, energía neta de lactancia mayor de 1.49 Mcal kg⁻¹ MS y digestibilidad de la fibra detergente neutro mayor de 51.42 %.

LITERATURA CITADA

1. Fox DG, Barry MC, Pitt RE, Roseler DK, Stone WC. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein Model for cattle consuming forages. *J Anim. Sci* 1995;(73):267-277.
2. Millar WJ, O'Dell GD. Nutritional problems of using maximum concentrates in dairy rations. *J Dairy Sci* 1969;(52):1144-1154.
3. Payán GJA. Estudio de la relación entre valor nutritivo de forrajes y producción de leche mediante el modelo CPM [tesis doctoral]. Chihuahua, Chih. Mexico: Universidad Autónoma de Chihuahua; 2006.
4. Bal MA, Shaver RD, Joveile HA, Coors JG, Lauer J.G. Corn silage hybrid effects on intake, digestion and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 2000;(83):2849-2858.
5. Bal MA, Shaver RD, Jirovec AG, Shinnors KJ, Coors JG. Crop processing and chop length of corn silage: effects on intake, digestion and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 2000;(83):1264-1273.
6. Bal, MA, Coors JG, Shavers RD. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. *J Dairy Sci* 1997;(80):2497-2503.
7. Oba M, Allen MS. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *J Dairy Sci* 1999;(82):135-142.
8. Black JR, Ely LO, McCullough ME, Sudweeks. Effects of stage of maturity and silage additives upon the yield of gross and digestible energy in sorghum silage. *J Anim Sci* 1980;(50):617.
9. Helsel ZR, Thomas JW. Small grains for forage. *J Dairy Sci* 1987;(70):2330-2338.
10. Allshouse RD, Majewski CJ, Sniffen CJ. Variability in forage quality in the northeast. In: *Investigations in Forage Quality. Research Report* 1998;(98-8):3-4.
11. Majewski CJ, Allshouse RD, Sniffen CJ. Variability in forage quality parameters for corn hybrids. In: *Investigations in Forage Quality. Research Report* 1998;(98-8):5-7.
12. Allen MS. Economic value of differences in quality of corn hybrids for silage. *Miner Institute Farm Report*. Chazy, NY. 1991.
13. Bolsen KK. Sorghum Silage: A Review of 25 years of research at Kansas State University. In the Southeast Dairy Herd Management Conference. Macon, GA. 2004.
14. White JS. Effect of plant type on the yield, quality, and nutritive value of forage sorghum silage [PhD Dissertation]. Manhattan: Kansas State University; 1989.
15. Siefers MK, Turner JE, Huck GL, Young MA, Anderson SA, Pope RV, Bolsen KK. Agronomic and silage quality traits of forage sorghums cultivars in 1995. *Kansas Agric Exp Sta Rep Progr.* 1997;(783):75-79.
16. Miller FR, Stroup JA. Growth and management of sorghums for forage Production. In: *Proceed National Alfalfa Symp*, San Diego, CA, UC Cooperative Extension, University of California, Davis. 2004.
17. Stuthman DD, Marten GC. Genetic variation in yield and quality of oat forage. *Crop Sci* 1972;(12):831-833.
18. Fisher LJ, Fowler DB. Predicted forage value of whole plant cereals. *Can J Plant Sci* 1975;975-986.
19. Cherney JH, Marten GC. Small grain crop forage potential: I. biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Sci* 1982;(22):227-231.
20. Baron VS, Salmon DF, McLeod G. The evaluation of spring and winter triticale varieties (and novel lines) for forage quality. *Alberta Agric Res Inst (AARI) Report #95M788*. 1999.
21. Helm JH, Salmon DF. Cereal silage options for western Canada. *Proceed Western Canadian Dairy Seminar*. Red Deer. Alberta. 2002:1-5.

22. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15th ed. AOAC, Arlington VA. 1990.
23. Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analysis (apparatus, reagents procedures and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No. 379. 1970.
24. Van Soest PJ. Estimations of nutritive value from laboratory analysis. Proceed Cornell Nutr Conf Feed Manuf. Buffalo, NY. 1971.
25. Steel RG, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.; 1980.
26. Shaver RD. Forage quality variation. In Proceed Mid-South Ruminant Nutrition Conference., Arlington, TX. 2004:1-13.
27. Block EL, Muller D, Griel JL, Garwood DL. Brown midrib-3 corn silage and heat extruded soybeans for early lactation dairy cows. J Dairy Sci 1981;(64):1813-1825.
28. Akay V, Jackson Jr JA. Effects of nutridense and waxy corn hibrids on the rumen fermentation, digestibility and lactational performance of dairy cows. J Dairy Sci 1981;(84):1698-1706.
29. Ballard CS, Thomas ED, Tsang DS, Mandebvu P, Sniffen CJ, Endres MI, Carter MP. Effect of corn silage hybrid on dry matter yield, nutrient composition, In vitro digestion, intake by dairy heifers, and milk production by dairy cows. J Dairy Sci 2001;(84):442-452.
30. Oba M, Allen MS. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behaviour and nutrient utilization. J Dairy Sci 2000;(83):1333-1341.
31. Grant RJ, Haddad SG, Moore KJ, Pedersen JF. Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. J Dairy Sci 1995;(78):1970-1980.
32. Aydin G, Grant R J, O'rear J. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. J Dairy Sci 1999;(82):2127-2135.
33. Oliver AL, Grant RJ, Pedersen JF, O'Rear J. Comparison of brown midrib-6 and sorgum and corn silage in diets of lactating dairy cows. J Dairy Sci 2004;(87):637-644.
34. Burgess PL, Nicholson JWG, Grant EA. Yield and nutritive value of corn, barley, wheat, and forage oats as silage for lactating dairy cows. Can J Anim 1973;(53):245-250.
35. Khorasani GR, Okine EK, Kennelly JJ, Helm JH. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. J Dairy Sci 1993;(76):3536-3546.