

Recursos fitogenéticos de maíz nativo (*Zea mays* L, *Poaceae*) para uso pecuario en Jalisco

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés*†, RAMÍREZ-VEGA, Humberto, JIMÉNEZ-PASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel

Universitario de Los Altos. ³Cuerpo Académico Sistemas Pecuarios de Producción UDEGCA715. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Guadalajara-Nogales Km. 13.5

Recibido 2 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

Se consideraron 373 cultivares de 20 razas de maíz nativo de Jalisco. El 19% del total son para forraje. Las razas declaradas para forrajes por los agricultores son Tabloncillo (23% del total de colectas), Tuxpeño (16%), Elotes occidentales (13%), Ancho (12%), Cónico norteño (9%), Celaya (6%) y Amarillo zamorano (2%). Estas razas constituyen 81% del uso forrajero de maíz nativo. Cuatro de esos complejos raciales mostraron calidad sobresaliente para forraje. La materia seca de Ancho (78%) y Celaya (72%) fue superior al testigo híbrido amarillo LUG21xLUG282 (71%). La digestibilidad de la materia seca de las cinco razas fue entre 51 y 63%, mientras el híbrido mostró 40.9%. Amarillo zamorano tuvo materia seca (24%) y digestibilidad (52%) similares al híbrido Dekalb 2023, (23% y 54% respectivamente). Se concluye que las razas identificadas son apropiadas para forraje seco molido con mazorca o ensilaje. Las colectas con mejores indicadores de calidad pueden aprovecharse en la formación de compuestos forrajeros para mejoramiento, con atención a mejor uniformidad de planta y madurez, tolerancia al acame y a altas densidades.

Razas de maíz, forraje

Abstract

The aim of this research was to recognize quality forage traits of Jalisco maize landraces. We considered 373 landraces belonging to 20 racial complexes. Small farmers and cattlemen make use of about 19% of the total accessions as feedstuff. Races used primarily as dry forage are Tabloncillo (23% of the accessions for cattle feeding), Tuxpeño (16%), Elotes Occidentales (13%), Ancho (12%), Cónico Norteño (9%) and Celaya (6%); Amarillo Zamorano (2%) for silage. Quality forage analysis shows Ancho dry matter content (78%) and Celaya (72%) outyielded the yellow hybrid LUG21xLUG282 (71%); Elotes Occidentales, Tabloncillo and Tuxpeño dry matter is 68, 67 y 64%, respectively. Amarillo Zamorano harvested for silage, presents dry matter (24%) and digestibility (52%) very close to the hybrid Dekalb 2023, (23% and 54% respectively). It can be concluded that maize races studied have adequate forage traits for feed. Accessions with the best quality indicators could be used in forage composites for breeding purposes, although some agronomic traits as lodging tolerance, plant uniformity and maturity must be improved.

Maize landraces, forage

Citación: JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel Andrés, RAMÍREZ-VEGA, Humberto, JIMÉNEZ-PASCENCIA, Cecilia y MORENO-LLAMAS, Gabriel. Recursos fitogenéticos de maíz nativo (*Zea mays* L, *Poaceae*) para uso pecuario en Jalisco. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-3:1-12

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc_swlabr@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La importancia ganadera y agrícola de Jalisco proviene de su producción de maíz, que en el quinquenio 2010-2015 fue de 3'730,000 toneladas, el 15% de la producción nacional y segundo lugar en el país; es primero en producción de leche con 2'098,200 litros; el segundo más importante en producción de carne de bovino con 209,000 toneladas que es el 11% del total nacional. Jalisco aporta el 12.32% al PIB agropecuario nacional (Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos para Consumo Animal, 2016). Los ganaderos utilizan el maíz ensilado o como forraje seco. En Jalisco se estiman unas 100,000 hectáreas de maíz como forraje seco molido con mazorca (Ron, 2006). La agricultura tradicional de Jalisco se practica en pequeñas parcelas en terrenos escarpados o accidentados (Mapes, 2009), con una amplia gama de maíces nativos. El 70% de todos los cultivos en el mundo provienen de semillas que guardan los agricultores de un ciclo al siguiente, de ahí la importancia de reconocer las características de estas plantas (Brush, 1991, Ramírez, 2011). En el presente trabajo, se analizaron indicadores de calidad de los cultivares de maíz nativo que se usan como forraje en Jalisco. La capacidad de producción y el ajuste al medio de los maíces nativos, seleccionados en Jalisco durante siglos, abren un panorama para diversificar el germoplasma, aprovechable en la formación de poblaciones de utilidad para la industria de semillas.

Justificación

Los maíces híbridos producen más que los nativos en condiciones óptimas; si los ambientes son limitantes, los maíces híbridos no presentan una ventaja substancial para el productor, que prefiere maíz nativo.

Se requiere información sobre el potencial para uso pecuario de los complejos raciales de *Occidente*.

Problema

La información sobre las características del forraje de los maíces nativos de Occidente es escasa o inexistente. Es necesario documentar cuáles razas son potencialmente adecuadas para este propósito.

Hipótesis

Existen entre los maíces nativos, variantes útiles de buena calidad para alimentación de rumiantes.

Objetivo

Señalar cuáles complejos raciales tienen mejores características para alimentación animal.

Materiales y Métodos

Materiales genéticos. Se consideraron 373 colectas de 20 razas de maíz nativo de Jalisco. Se utilizó información de los agricultores sobre el destino de su cosecha, con base en el formato de CONABIO para colectas de maíz (Jiménez-Cordero, 2016). Para los estudios de calidad, en el experimento 1 se obtuvieron los valores promedio de 115 accesiones de las razas Ancho, Bofo, Celaya, Dulce, Elotes cónicos, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Jala, Mushito, Pepitilla, Tabloncillo, Tabloncillo perla, Tuxpeño; accesiones de generaciones avanzadas de híbridos, y dos híbridos cruza simple como testigos. En el experimento 2 se comparó el complejo racial nativo Amarillo zamorano con seis híbridos comerciales.

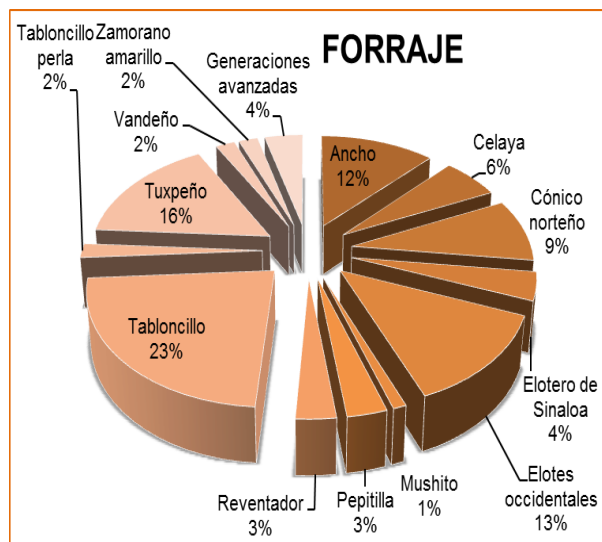


Figura 1 Distribución racial de maíces nativos de Jalisco que se utilizan para forraje.

Métodos

Experimento 1. Se realizó en el Campo Experimental del CUCBA, en Zapopan, Jalisco con clima Aw₀(w)(e)g, precipitación anual de 906 mm, y temperatura 22°C (García, 1988); 20°57'00" N y 103°39'20" O; altura 1548 metros sobre el nivel del mar. El suelo es arenoso. En el ciclo primavera-verano de 2012, se sembraron 115 colectas de 13 razas de maíz nativo y generaciones avanzadas de híbridos comerciales. Se compararon con dos híbridos cruza simple, LUG05xLUG04 de grano blanco y LUG21xLUG282 de grano amarillo. El diseño fue Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. La densidad de población fue de 45,000 plantas ha⁻¹. Se obtuvieron muestras de cuatro plantas en cada parcela, en la etapa fenológica de cuatro cuartos del grano masoso, la forma como agricultores y ganaderos aprovechan el maíz nativo para forraje. Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Calidad de Alimentos del CUCBA (Tabla 1). Las variables fueron materia seca, fibra detergente neutro y ácido, lignina, proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y energía neta para ganancia de peso.

Se utilizó la ecuación $ENG = (TND \times 0.01318) - 0.459$, donde TDN = DIV (Pioneer Hi-Bred Int., 1990). Se estimó ENG porque los maíces nativos se usan con frecuencia para engorda de ganado. En el análisis de calidad del forraje se utilizaron las metodologías anotadas en la tabla 1.

| Variable | Método | Referencia |
|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Materia seca | Secado y diferencia de peso | Hernández <i>et al.</i> (2008) |
| Proteína cruda | Kjeldahl | Hernández <i>et al.</i> (2008) |
| Fibra detergente neutro | Fracción de fibra | Van Soest y Wine (1968, 1991) |
| Fibra detergente ácido | Fracción de fibra | Van Soest y Wine (1968, 1991) |
| Lignina detergente neutro | Fracción de fibra | Van Soest y Wine (1968, 1991) |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca | Digestión de forrajes | Tilley y Terry (1963) |

Tabla 1 Experimento 1. Métodos para determinar calidad de forraje

Experimento 2. Se realizó en Tepatitlán, Jalisco, en el Campo Experimental Altos de Jalisco de INIFAP, con clima (A)C(w1)(w)eg, temperatura media anual inferior a 18°C (García, 1988); coordenadas 20°54'50" N 102°33'10" O; altura 1800 msnm; precipitación anual de 715 mm; textura del suelo arcillosa. Se compararon seis híbridos con la población racial Amarillo zamorano. Se utilizó el diseño parcelas divididas con distribución de bloques al azar; la siembra se hizo en tres fechas. Se determinaron en el laboratorio las variables de materia seca, fibra detergente neutro y ácido, proteína cruda, y digestibilidad *in situ* de la materia seca.

Se estimó producción de leche tonelada de forraje⁻¹ y producción de leche ha⁻¹, con el programa MILK95, el cual utiliza valores de PC, FDN y DIG. Considera requerimientos de vacas lecheras de 613 kilogramos de peso, con producción de 36 kg de leche día⁻¹ y contenido de grasa de 3.8%. La tabla 2 muestra las metodologías utilizadas en el experimento 2.

| Variable | Método | Referencia |
|--|------------------------------------|----------------------------------|
| Materia seca | Secado en estufa y diferencia peso | |
| Proteína cruda | Análisis de forraje | Van Soest (1970) |
| Fibra detergente neutro y ácido | Animal feed ceramic fiber filter | Van Soest <i>et al.</i> (1991) |
| Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca | Dos animales fistulados | |
| Producción leche ton forraje ⁻¹ | Milk 95 | Undersander <i>et al.</i> (1993) |
| Producción hectárea ⁻¹ | Milk 95 | Undersander <i>et al.</i> (1993) |

Tabla 2 Métodos utilizados para evaluar las variables del experimento 2.

Resultados

Razas nativas de maíz utilizadas como forraje. La información proporcionada por los productores durante la recolección, indica que el 19% del maíz nativo de Jalisco se utiliza para alimentación del ganado, como forraje seco molido con el grano, para engorda de ganado o como ensilaje en explotaciones lecheras.

La figura 1 muestra la distribución porcentual de los complejos raciales para forraje en Jalisco, incluidos en los dos experimentos.

Se observa que el ganado se alimenta en forma principal con Tabloncillo, Tuxpeño, Elotes Occidentales, Ancho y Celaya, el 70% del total de maíces para forraje.

Calidad de forraje del maíz nativo. Experimento 1. La tabla 3 muestra los cuadrados medios para las siete variables analizadas en 16 cultivares de maíz. Existe diferencia estadística entre genotipos, en todas las variables de calidad de forraje.

| FV | %MS | %FDA | %FDN | %PC |
|--------------|--------|---------|----------|------------|
| Repeticiones | 15.0 * | 0.18 ns | 0.0045ns | 0.06ns |
| Genotipos | 185 * | 21.70 * | 47.15 * | 1.93 * |
| Error | 2.60 | 0.32 | 0.4538 | 0.07 |
| FV | %PC | %LIG | %DIV | ENG |
| | | | | Mcal/kg MS |
| Repeticiones | 0.06ns | 0.57 ns | 9.12 * | 0.01 ns |
| Genotipos | 1.93 * | 11.08 * | 83.20 * | 0.06 * |
| Error | 0.07 | 2.12 | 2.24 | 0.0019 |

MS = materia seca, FDA = fibra detergente ácido, FDN = fibra detergente neutro, PC = proteína cruda, LIG = lignina, DIV = digestibilidad *in vitro* de la materia seca, ENG = energía neta de ganancia de peso. * = significativo $p \leq 0.05$; ns = no significativo.

Tabla 3 Experimento 1. Cuadrados medios y significancia estadística de siete variables en 16 genotipos de maíz.

La tabla 4 tiene los valores de calidad de forraje de los 16 maíces. La tabla 5 muestra coeficientes de correlación entre componentes de calidad y digestibilidad.

La figura 2 es la comparación gráfica de los caracteres de calidad entre las cuatro razas sobresalientes y las dos cruza simples del experimento 1.

| | Digestibilidad <i>in vitro</i> |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Materia seca | -0.091 ns |
| Lignina | 0.232 ns |
| Fibra detergente neutro | 0.113 ns |
| Fibra detergente ácido | 0.305 ns |
| Proteína cruda | 0.269 ns |
| Energía neta para ganancia de peso | 0.955 * |

* Significativo $p \leq 0.05$

Tabla 5 Experimento 1. Coeficientes de correlación entre seis variables de calidad de forraje y digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Calidad del forraje. Experimento 2.

La tabla 6 muestra los cuadrados medios de las seis variables de calidad analizadas. Solo se encontró significancia estadística en fibra detergente neutro para genotipos y en la interacción fechas x genotipos. En la tabla 7 se muestran los cuadrados medios de la evaluación de materia seca. La tabla 8 tiene los coeficientes de correlación entre los componentes de calidad de forraje y los estimadores de producción de leche. La tabla 9 indica los valores observados de calidad de forraje del experimento 2.

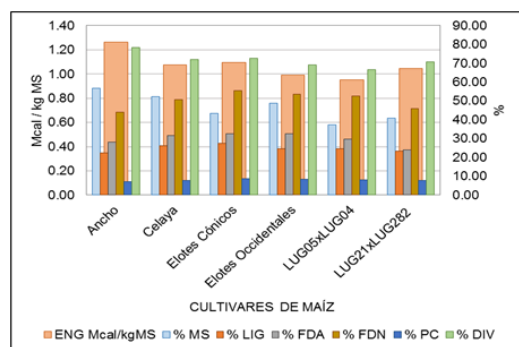
| FV | %FDN | %FDA | %PC | %DIG |
|--------------------|------------------------------|--------|----------------------------|---------|
| Fechas | 90.6ns | 59.7ns | 0.47ns | 45.94ns |
| Genotipos | 135.2** | 22.2ns | 0.88ns | 31.64ns |
| Fechas x Genotipos | 113.8* | 18.2** | 0.96ns | 17.22ns |
| Error | 35.2 | 12.4 | 1.01 | 16.21 |
| FV | Kg leche tonMS ⁻¹ | | Ton leche ha ⁻¹ | |
| Fechas | 1892.0 ns | | 10.8 ns | |
| Genotipos | 31837.7 ns | | 24.1 ns | |
| Fechas x Genotipos | 51659.1 ns | | 34.1 ns | |
| | 29393.5 | | 23.8 | |

=significativo $p \leq 0.05$ y **= $p \leq 0.01$;

Tabla 6 Experimento 2. Cuadrados medios y significancia estadística de seis variables en seis híbridos y un complejo racial nativo

| FV | Materia seca |
|--------------------------------------|--------------|
| Año | 28.5** |
| Gen | 31.8* |
| Año x gen | 6.9ns |
| Año x rep | 15.6ns |
| Año x gen x rep | 7.1ns |
| Error | 15.4 |
| *= $p \leq 0.05$, **= $p \leq 0.01$ | |

Tabla 7 Experimento 2. Cuadrados medios de la evaluación de materia seca.



MS=materia seca, FDA=fibra detergente ácido, FDN=fibra detergente neutro, PC=proteína cruda, LIG=ligina, DIV=digestibilidad in vitro de la materia seca, ENG=energía neta de ganancia de peso. ANC=Ancho, BOF=Bofo, Cel=Celaya, Dul=Dulce, ELC=Elotes cónicos, ELO=Elotes occidentales, ELS=Elotero de Sinaloa, GAV=generaciones avanzadas de híbridos, JAL=Jala, MUS=Mushito, PEP=Peperilla, TAB=Tabloncillo, TAP=Tabloncillo perla, TUX=Tuxtepec.

Figura 2 Experimento 1. Variables de calidad de forraje evaluadas en 13 complejos raciales de maíz nativo, un grupo de generaciones avanzadas de híbridos y dos híbridos cruce simple.

| | Digestibilidad <i>in situ</i> | Kg leche ton MS ⁻¹ | Ton leche ha ⁻¹ |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Materia Seca | 0.436** | 0.436** | 0.673** |
| Fibra Detergente Ácido | 0.390* | 0.390* | 0.025 |
| Fibra detergente neutro | 0.214 | 0.214 | 0.050 |
| Proteína Cruda | -0.238 | -0.068 | -0.930 |
| Digestibilidad <i>in situ</i> | | 0.439** | 0.506** |

Tabla 8 Experimento 2. Correlación entre variables de calidad de forraje en siete genotipos de maíz

| CULTIVAR | MS ton ha ⁻¹ | FDN % | FDA % | PC % | DIG % | TL ton leche ton MS ⁻¹ | TLH ton leche ha ⁻¹ |
|-------------------|-------------------------|--------|-------|------|-------|-----------------------------------|--------------------------------|
| A Pantera | 21.3 | 63.0ab | 35.2 | 7.0 | 57.5 | 0.479 | 10.2 |
| P 30G40 | 23.6 | 71.3a | 36.7 | 6.0 | 64.4 | 0.524 | 12.3 |
| N 9616 | 23.5 | 66.3ab | 33.7 | 6.8 | 59.4 | 0.398 | 9.3 |
| Opaco 2 | 20.4 | 71.9a | 35.7 | 6.3 | 60.9 | 0.549 | 11.2 |
| Amarillo Zamorano | 23.1 | 58.6b | 31.8 | 6.7 | 60.8 | 0.477 | 11.0 |
| DK 2023 | 24.6 | 65.7ab | 33.1 | 6.8 | 58.6 | 0.348 | 8.5 |
| 1068x | 23.2 | 71.5a | 36.9 | 6.2 | 62.0 | 0.408 | 9.4 |
| Tukey 0.05 | | 11.0 | | | | | |

Tabla 9 Experimento 2. Variables de calidad de forraje evaluadas en un complejo racial de maíz nativo y seis híbridos

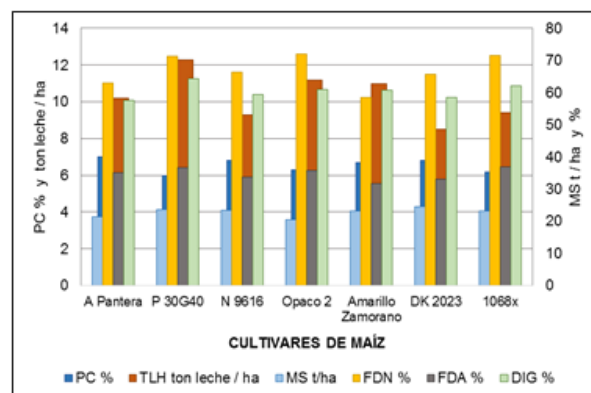


Figura 3 Experimento 2. Contenido de materia seca, proteína cruda y fibras en un complejo racial de maíz nativo y seis híbridos

Discusión

Materia seca. El experimento 1 (tabla 4) se observa que los materiales nativos de Jalisco acumularon más materia seca (48.8 a 56.8%) que los híbridos (37.3 a 40.9%). En el segundo experimento (tabla 9), la producción de materia seca del cultivar nativo Amarillo zamorano (23.1 ton), fue inferior al híbrido DK2023 (24.6 ton), pero fue comparable o superior a los demás maíces mejorados. Los cultivares Amarillo zamorano y la cruce intervarietal 1068x, mejor adaptados a la región Altos, mostraron una producción de MS más elevada que los híbridos (Cuadro 9 y Figura 3). El ciclo intermedio-precoc (no se muestran los datos) de estos maíces pudo contribuir a tal respuesta, porque cubre los requerimientos bioclimáticos en menor tiempo y con menos unidades calor (Ruiz *et al.*, 2008). En teoría, con más materia seca habría más nutrientes para el rumiante, pero varía porque intervienen factores, como las fibras, la digestibilidad y la humedad del suelo. En el primer experimento no se identificó correlación entre MS y DIV, debido a que Ancho, Celaya y Elotes Occidentales tienen alta producción de materia seca y digestibilidad, mientras Elotes Cónicos y los dos híbridos no siguen esa tendencia (figura 2).

En el experimento 2, la producción de MS tiene una tendencia positiva con la DIG en maíces como P30G40, 1068x y Amarillo Zamorano, pero no en el resto de los materiales (Figura 3). La correlación indica que maíces con más MS tuvieron buen nivel de digestibilidad (Cuadro 8 y Figura 3). Wiersma, *et al.*, 1993; Núñez, 1999 y Laurer *et al.*, 2001, indican que no existe una correlación completa entre MS y energía como resultó en el presente trabajo. Es necesario elegir los maíces por los dos criterios.

Fibra detergente neutro. Excepto Ancho (43.9%), las otras tres razas del experimento 1 presentaron FDN (50.8 a 54.2%) más elevada que el híbrido LUG21xLUG282 (45.9%). El maíz nativo Amarillo zamorano (experimento 2) fue similar (58.6%) estadísticamente a los materiales mejorados (63 a 71.9%), pero fue superado por los híbridos P30G40 y 1068x (71.5 y 71.3%). La proporción de mazorca influye en el valor energético de los ensilados. Maíces con más de 50% de MS en la mazorca y cerca de 50% de FDN, logran valores energéticos satisfactorios (Fonseca *et al.*, 2000; Núñez *et al.*, 2003). La técnica detergente neutro mide los componentes estructurales celulosa, hemicelulosa y lignina, separa la materia seca en constituyentes nutricionales solubles y accesibles (Tejada, 1985). FDN es la mejor expresión de la fibra disponible para el rumiante (National Research Council, 2001). FDN en el experimento 1 no mantuvo la misma tendencia que DIV, por lo que no puede inferirse una asociación definida entre ambas variables (Figura 2).

Fibra detergente ácido. En las cuatro razas sobresalientes del experimento 1, el rango de FDA fue 28.2 a 34.5%, estadísticamente más elevado que los híbridos (29.6 y 23.9%). En el ensayo 2, Amarillo zamorano muestra igualdad estadística con los materiales mejorados en fibra detergente ácido y digestibilidad *in situ*.

El análisis de FDA determina el complejo ligno-celulósico; la diferencia entre FDN y FDA es una estimación de la hemicelulosa (Van Soest, 1968). En Jalisco el maíz se cultiva de temporal o secano. Si la humedad escasea al formar el grano, la fibra en el forraje aumenta por la lignina conforme la planta madura, y eleva FDA (Núñez *et al.*, 1999). Esto influye en la digestibilidad, porque la fibra del forraje está relacionada en forma negativa con la digestibilidad. Una situación como la descrita, afectaría en forma negativa a los maíces de ciclo más largo, como la mayoría de los híbridos estudiados, y permitiría una mejor respuesta en los maíces de ciclo corto, como algunas razas nativas. En los trabajos que aquí se informan, la lluvia no fue un factor limitante. En el experimento 1 FDA muestra una tendencia a asociarse con DIV en los cultivares nativos, pero no en los híbridos (Figura 2). En el ensayo 2 se encontró una asociación positiva y significativa entre FDA y DIG (Tablas 8 y 9).

Lignina. En el experimento 1, Celaya, Elotes occidentales y Tuxpeño tuvieron un rango de 24.7 a 26.2%, similares en forma estadística a LUG05xLUG04 (24.52%), mientras Ancho y Tabloncillo (22.6 y 23.0%) estuvieron en el grupo estadístico con menor lignina junto a LUG21xLUG282 (23.3%). En Jalisco es frecuente cortar el maíz cuando está próximo o durante la madurez fisiológica, para después moler la planta completa, como se estudió en experimento 1. Al madurar la planta, el contenido de lignina aumenta y sus moléculas forman compuestos con los carbohidratos, que impiden el acceso de las bacterias del rumen a la celulosa y hemicelulosa, lo que hace al forraje maduro menos digestible (Wattiaux, 1994); de ahí la importancia de evaluar la condición de las fibras para determinar cuáles genotipos poseen las mejores características de forraje. En el experimento 1 se observa que, de las razas declaradas por los productores como buenos maíces para forraje, solo Ancho, Celaya y Elotes occidentales corroboraron tener valores nutricionales adecuados para el ganado.

No se identificó asociación clara entre LIG y DIV (Tabla 5); solo hay una tendencia en que a medida que disminuye LIG la DIV aumenta (Figura 2).

Digestibilidad. La mejor DIV se encontró en Ancho (78.3%), mientras Celaya (71.9%), Elotes cónicos (72.54%) y Elotes occidentales (69.2%) se comportaron en forma estadística iguales al híbrido LUG21xLUG282 (70.7%). Se espera que a mayor producción de grano exista mayor digestibilidad, pero la alta producción de grano no siempre está asociada con la calidad de forraje, y tampoco existe una correlación completa entre el rendimiento de materia seca y el valor energético (Wiersma, *et al.*, 1993; Núñez, 1999; Laurer *et al.*, 2001). La digestibilidad de hojas y tallos en maíz varía entre genotipos con valores que van del 58.0 al 67.6% y de 26.2 a 65.0%, en forma respectiva (Lundval *et al.* 1994). Los valores obtenidos en el presente trabajo difieren a la literatura, porque se estimaron en la planta completa. Ancho (78.3%) mostró mejor digestibilidad *in vitro* que los híbridos, mientras Celaya (71.9%), Elotes cónicos (72.54%) y Elotes occidentales (69.2%) tuvieron similar DIV que el híbrido amarillo. La raza Amarillo zamorano con digestibilidad *in situ* de 60.8%, es similar en forma estadística a los híbridos de referencia (57.5 a 64.4%). La digestibilidad puede variar según el germoplasma, debido a la diferencia en el contenido de grano, de la fecha de corte y del contenido de lignina. Los híbridos más productivos en la relación grano-forraje, que con frecuencia son tardíos o intermedio-tardíos, tienen un mayor contenido de fibras para evitar el acame y pueden presentar menor digestibilidad, como los híbridos del presente estudio. Debido a su mayor acumulación de materia seca en la mazorca compensan por su menor calidad de fibras, y pueden entregar buenos valores de digestibilidad.

Los carbohidratos solubles o no estructurales, que forman hasta el 80% del grano, son más digestibles que las fibras de la pared celular (National Research Council, 2001), y se hidrolizan en el tracto digestivo del rumiante, en azúcares sencillos como fructosa, glucosa, etc. (Wattiaux, 1994; Dhiman *et al.*, 2002). En contraste, los genotipos precoces tienen más flexibilidad para producir materia seca de calidad, ya que pueden completar el llenado de grano con más facilidad que los tardíos en condiciones de temporal (Arguillier, *et al.*, 2000), aunque tengan una menor cantidad de grano. Pero no puede dejarse de lado la condición de las fibras, ya que el conjunto de la producción de grano y un nivel de fibra detergente neutro en torno a 50%, contribuye a una adecuada digestibilidad (Fonseca *et al.*, 2000; Núñez *et al.*, 2003). Es el caso de los complejos raciales señalados como sobresalientes en estas evaluaciones, que son de ciclo intermedio o intermedio-precoc. En el presente estudio, en ambos experimentos se identificó una clara relación entre digestibilidad y los indicadores eficiencia energía neta para ganancia de peso, producción de leche por tonelada de materia seca y por hectárea.

Proteína cruda. En el ensayo 1 los complejos raciales Dulce, Elotes cónicos, Jala y Mushito obtuvieron valores más altos de proteína (8.6 a 10%), sobre los híbridos. En el ensayo 2 Amarillo zamorano fue estadísticamente igual a los seis materiales mejorados. El contenido de proteína en maíces híbridos forrajeros comerciales en México varía de 7.0 a 9.8% (Herrera *et al.*, 1997, Báez *et al.*, 1999, 2000, 2001; Faz *et al.*, 2000); otros autores informan sobre niveles de 7.0 a 11.0% (Laurer *et al.*, 2001). En el presente trabajo se observó el nivel de prótidos de los citados grupos raciales al nivel del material mejorado.

Energía neta para ganancia de peso (experimento 1). ENG tuvo la misma tendencia que DIV. Ancho presentó el valor más alto de ENG (1.26 Mcal kgMS⁻¹); Celaya y Elotes occidentales (1.1 y 1.0, en forma respectiva) muy similares a LUG21xLUG282 (1.05). No se encontró información de calidad nutricional de maíz en estado maduro, por lo que se toma como referencia la información sobre ensilados. Evaluaciones en ocho estados de México indican que la energía neta de lactancia de híbridos comerciales varía entre 1.2 y 1.6 Mcal kgMS⁻¹ (Herrera *et al.*, 1997; Báez *et al.*, 1999, 2000, 2001; Faz *et al.*, 2000; Núñez *et al.*, 2003). Los híbridos mencionados en la literatura se cosecharon en la etapa fenológica de grano lechoso, mientras en el presente estudio las muestras se obtuvieron en la etapa cercana o durante la madurez fisiológica del grano. Como la lignificación aumenta cuando el maíz madura y se reduce la digestibilidad (Núñez *et al.*, 1999), las diferencias encontradas pueden deberse a dicho fenómeno.

Estimadores de producción lechera (experimento 2). En Amarillo zamorano, los estimadores de toneladas de leche tonelada de materia seca⁻¹ (0.477) y toneladas de leche hectárea⁻¹ (11), indican que el cultivar nativo tiene la misma capacidad que los maíces híbridos con los que se comparó (0.348 a 0.549 y 8.5 a 12.3, en forma respectiva). Se identificó una correlación positiva y significativa entre los dos estimadores de producción de leche y digestibilidad *in situ*. Estos resultados señalan que es necesaria además de una alta producción de materia seca, que sea digerible. En la estimación de leche por unidad de superficie, los maíces de ciclo precoz son mejor fuente de germoplasma para localidades altas y templadas (Tirado y Carrillo, citados por Ramírez-Vega *et al.*, 2011).

Los valores encontrados en el presente estudio explican por qué los agricultores y ganaderos tradicionales aprovechan los maíces nativos para alimentar su ganado. Ellos han encontrado en forma empírica los cultivares que contribuyen a la producción pecuaria. Aunque la mayoría de las variantes de las poblaciones nativas pudieran originarse por “accidentes” de la naturaleza, si así se entienden las mutaciones y la cruce natural que tiene el maíz, la selección y preservación de estos cambios esporádicos y su especialización, es resultado de la acción humana, de su conocimiento agrícola, de la conservación y acumulación de tales modificaciones (Warman, 1998). Estos complejos raciales podrían ser de utilidad para formar compuestos en los que se reunieran los genes favorables para los caracteres de calidad forrajera. Aunque deberían mejorarse aspectos agronómicos como tolerancia al acame y reducción a ciclo intermedio, a través de cruzamientos con líneas mejoradas. Un compuesto forrajero mejorado podría ser de utilidad para la industria de semillas, para obtener materiales superiores con destino al mercado de maíces para aprovechamiento pecuario. La agricultura, la industria de la semilla, y la producción de alimentos, si se pretende que tengan un componente sustentable, requieren de la materia prima que son los cultivares nativos.

Conclusiones

Trece de las 20 razas de maíz de Jalisco, tienen uso para alimentación del ganado.

Los complejos raciales Ancho, Celaya, Elotes Occidentales y Amarillo zamorano muestran los mejores valores de calidad para uso pecuario.

Existen maíces nativos bien adaptados a las condiciones agroclimatológicas del estado de Jalisco, que son una adecuada fuente de materia seca y energía para rumiantes.

Referencias

Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos para Consumo Animal. 2016. Anuario 2016, 55 pp.

Arguillier, O., V. Medichin y J. Barriere. 2000. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop. Sci.* 40:1596-1600.

Báez Duran S.C, Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B Martínez Pando. 1999. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura 20 pp.

Báez Duran S.C, Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B Martínez Pando. 2000. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura 20 Pp.

Báez Duran S.C, Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B Martínez Pando. 2001. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura, 21 pp

Brush, B.S. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Econ. Bot.* 45(2):153-165.

Dhiman, T. R., M. S. Zaman, I. S. MacQueen y R. L. Boman. 2002. Influence of corn processing and frequency of feeding on cow performance, *J. Dairy Sci.* 85:217-226.

Faz Contreras, Rodolfo, Gregorio Núñez Hernández y Rolando Herrera Saldaña. 2000. Híbridos de maíz y sorgo forrajeros para ensilar en La comarca Lagunera. Primavera 2000. SAGAR, INIFAP, Gerencia técnica del grupo LALA, S.A. de C.V. 13p.

Fonseca, A.J.M., A.R.J. Cabrita, A.M. Lag y E. Gomes. 2000. Evaluation of chemical composition and particle size of maize silages produced in north-west of Portugal. *Anim. Feed Sci. Tech.* 83: 173-183.

Hernández Góborra, J., C. Jiménez Plascencia, M. Galindo Torres y A. Rodríguez Estrada. 2008. Manual de prácticas de bromatología. Departamento de producción animal. CUCBA, UDG. 42 pp.

Herrera y Saldaña, R., F. Eduardo Contreras., R. Faz Contreras y G. Núñez 1997 Resultados de la evaluación de 17 híbridos de maíz y 8 variedades de sorgo en la Comarca Lagunera. III Conferencia internacional sobre nutrición y manejo. Gómez Palacios, Durango, México. 122 pp.

Laurer, J., J.G. Coors and R. Shaver. 2001. Corn silage brown midrib, waxy high oil and others. *In: Proceedings of the 31th State California alfalfa and forage symposium.* Modesto CA. Coperative Extension Srevice, University of California.

- Lundval J. P., D. R. Buxton, A. R. Hallauer y J. R. George. 1994. Forage quality variation among maize inbreds: in vitro digestibility and cell-wall components. *Crop Sci.* 34: 1672 – 1678.
- Mapes Sánchez, C. 2009. Sistemas agrícolas tradicionales con maíz. p. 12-13. *In: Origen y diversificación del maíz revisión analítica.* T.A. Kato Yamakake, C. Mapes Sánchez, L.Ma. Mera Ovando, J.A. Serratos Hernández y R.A. Bye Boettler (eds.). UNAM, Instituto de Biología, CONABIO. Coyoacán, México, D.F.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. The National Academy of Sciences. U.S.A. 381 pp.
- Núñez H.G., G.F. Contreras, C.R. Faz y S.R. Herrera. 1999. Componentes tecnológicos para la producción de ensilajes de maíz y sorgo. SAGAR INIFAP. Centro Regional Norte Centro Campo Experimental La Laguna. Torreón Coahuila Méx. 52 pp.
- Núñez H., G., F.E. Contreras G., C.R. Faz y S.R. Herrera 2003. Componentes tecnológicos para la producción de ensilajes de maíz y sorgo. SAGAR INIFAP. Centro Regional Norte Centro Campo Experimental La laguna. Torreón, Coahuila, Méx. 52 pp.
- Pioneer Hi-Bred International, Inc. 1990. Pioneer forage manual, a nutritional guide. Des Moines, Iowa, EUA. 24 pp.
- Ramírez Vega, H., J.Á. Martínez Sifuentes, J.J. Olmos Colmenero, H.E. Flores López, M.D. Méndez Robles y O. Iñiguez Gómez. 2011. Conservación, mejoramiento, producción y calidad forrajera del maíz Amarillo zamorano. *In: Amplitud, mejoramiento, usos y riesgos de la diversidad genética de maíz en México.* Eds. R. E. Preciado Ortíz y S. Montes Hernández. Soc. Mex. de Fitogenética A.C. Chapingo, México. 274 pp.
- Ron Parra, J., J.J. Sánchez González, A.A. Jiménez Cordero, J.A. Carrera Valtierra, J.G. Martín López, M.M. Morales Rivera, L. de la Cruz Larios, S.A. Hurtado de la Peña, S. Mena Munguía y J.G. Rodríguez Flores. 2006. Maíces nativos del occidente de México I. *Colectas 2004.* Scientia CUCBA 8(1):1-139.
- Ruiz Corral, J.A., N. Durán Puga, J.J. Sánchez González, J. Ron Parra, D.R. González Eguiarte, J.B. Holland and G. Medina García. 2008. Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 mexican maize races. *Crop Sci.* 48:1502-1512.
- Tejada de Hernández, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A. C. Km. 15.5 Carr. México-Toluca, Palo Alto, D. F. p. 276.
- Tillery, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassld. Soc.* 18: 119-128.
- Tirado G., N.D. y M.I. Carrillo D. 2004. Evaluación de cruas de prueba para la producción y calidad forrajera de líneas de maíz (*Zea mays* L.) en la zona norte centro de México. Tesis de licenciatura Instituto Tecnológico Agropecuario de Aguascalientes. 60 p.
- Van Soest, P. J. y R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. *J. Assoc. of Chem. Anals* 51:780.
- Van Soest P.J., J. B. Robertson, y B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharids in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

Warman, A. 1998. La historia de un bastardo: maíz y capitalismo. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 281 pp.

Wattiaux, Michel A. 1994. Guia técnica lechera, nutrición y alimentación. Traducción de J. Homan, María C. Moreno y Ana Ma. Rodríguez. Instituto Babcock para investigación y desarrollo internacional para la industria lechera. Programa internacional de agricultura. Universidad de Wisconsin, Madison, E. U. A. 130 p.

Wiersma, D. W., P.R. Carter, K.A. Albretch, and J.G. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. J. Prod, Agric. 6: 94-99.