



ENSILADO DE MAGUEY, UNA ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS.

*Rigoberto Castro Rivera¹, Gisela Aguilar Benítez², María Myrna Solís Oba¹.

¹Instituto Politécnico Nacional, CIBA Tlaxcala. ²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luís Potosí.

*Autor y correo de correspondencia: rcastror@ipn.mx

Resumen

El maguey ha tenido muchos usos desde tiempos prehispánicos, y México es el centro de origen de estos vegetales y desde que se ha desarrollado la ganadería esté ha sido utilizado como alimento emergente en épocas de estiaje. Ensilar el maguey, permite reducir los contenidos de saponinas, conservarlo en el tiempo e incrementa la apetencia en los animales. El presente trabajo tiene como objetivo, presentar el resumen de la información publicada en artículos científicos sobre el valor nutritivo del maguey en la alimentación de rumiantes. Los valores de proteína, materia seca, fibra detergente neutro y saponinas, son los parámetros que se analizaron con la finalidad de conocer cuál es el comportamiento de esta especie con respecto a estos valores. La conclusión es que aún no se tiene bien definido los valores absolutos de los parámetros nutrimentales porque estos son afectados por múltiples variables y se debe continuar con los estudios en magueyes.

Palabras clave: Maguey, Ensilado, Alimento de ganado

Abstract

The maguey has had many uses since prehistoric times, Mexico is considered the center of origin of these species and since livestock is produced has been used as an emerging food in times of drought. The Maguey silage reduces content of saponins, keep in time and increases appetite in livestock. The aim of this paper is to present a summary of the information published in scientific journals about the nutritional value of maguey as ruminant feed. The values of protein, dry yield, neutral detergent fiber and saponins are the parameters that were analyzed in order to know what is the behavior of maguey on these values. The conclusion is that it does not have clearly defined the absolute values of the nutritional parameters because these are affected by multiple variables and should continue with studies in maguey.

Key words: "Maguey", silage, and livestock food.

Introducción

Las zonas áridas y semiáridas ocupan más del 40% de la superficie terrestre de México, donde las condiciones ambientales no permiten el desarrollo de sistemas de producción pecuarios de alto potencial (1, 2). La productividad de los sistemas animal se ve afectada fuertemente por las condiciones climáticas presentes en las zonas, la errática precipitación, variaciones extremas de la temperatura y la baja fertilidad de los suelos son ejemplos que podemos citar, los cuales son determinantes para la producción de forraje y por ende en la alimentación del ganado que se produce en estas regiones (1, 3).

En las zonas áridas y semiáridas predomina el sistema de producción de bovinos para carne en agostaderos, enfocado a la producción y venta de becerros al destete para exportación, en pie o para la finalización en corrales de engorda o en praderas (4); también definido como sistema de producción vaca-becerro (5). Este tipo de ganadería consta de un hato base formado por vacas de diferentes edades, las cuales producen becerros que son vendidos al destete, aproximadamente a los 6 a 7 meses de edad (6).

El principal inconveniente de este sistema, es la dependencia de la precipitación, la cual determina la producción del forraje espontáneo, el cual constituye prácticamente la totalidad del alimento que se le proporciona al ganado. Esto es crítico, ya que las condiciones climatológicas no tienen un patrón de distribución establecido anualmente, y además se pueden presentar sequías que llegan a colapsar el sistema por completo (6).

Los sistemas de producción pecuarios se desarrollan principalmente en agostaderos degradados, por ello, lo mejor es manejar la cobertura vegetal espontánea y aprovecharla mediante el pastoreo racional del ganado (7). La vegetación que se desarrolla en los agostaderos de estas zonas incluye matorrales y zacatales que albergan una alta proporción de especies endémicas,

las cuales han sido la base de la alimentación del ganado, que a la vez provocan la sucesión de especies, que también desarrollan matorrales con una rica diversidad, pero que a su vez no permiten el desarrollo de sistemas de producción pecuarios de alto potencial productivo (1, 2, 3). Sin embargo, los recursos forrajeros de estas zonas no satisfacen los requerimientos fisiológicos y nutrimentales de los animales, sino al contrario, la baja disponibilidad y el bajo valor nutritivo provoca escasez de alimento, lo que trae como consecuencia el debilitamiento y muerte de ganado por inanición y falta de nutrientes para la sobrevivencia (8, 9, 10, 11).



La producción de especies vegetales (forrajes) destinados a la alimentación animal no es una actividad arraigada en las zonas áridas y semiáridas, los sistemas de producción y explotación animal son del tipo extensiva, lo que ha provocado pérdida y alteraciones en los patrones de distribución de la vegetación, logrando con ello la desaparición de especies deseables (gramíneas) y la proliferación de especies indeseables para la alimentación animal (11, 12, 13).

La vegetación de estos sitios varía en cantidad y calidad según la época del año y más aún entre años; derivado de esto, los animales se enfrentan a deficiencias nutricionales, sobre todo en el periodo seco del año y durante las sequías; como consecuencia de ello, el común denominador son los bajos indicadores de producción de los hatos (6).

En la zonas áridas y semiáridas existen especies vegetales que se adaptan a este tipo de condiciones y que pueden ser utilizadas para alimentar el ganado. Los magueyes son un ejemplo de estas plantas adaptadas, pero el problema es que tienen muy bajo valor nutritivo y compuestos anti nutricionales como las saponinas que limitan su consumo (2).

Los magueyes son un alimento disponible en la mayor parte del año, para los seres humanos, fauna silvestre y animales de interés zootécnico, pero su consumo varía dependiendo de la especie, madurez, parte de la planta, cantidad de compuestos anti nutricionales (saponinas), procesamiento previo (ensilado o fresco), de los hábitos de alimentación de los animales y la época del año, siendo en los meses de mayor temperatura y escasez de forraje, cuando el consumo se incrementa (14, 15, 16). Es por ello que el presente documento tiene como objetivo exponer la información generada sobre el uso y valor nutritivo del maguey y del proceso de ensilado del mismo, en la alimentación del ganado.

Usos del Maguey

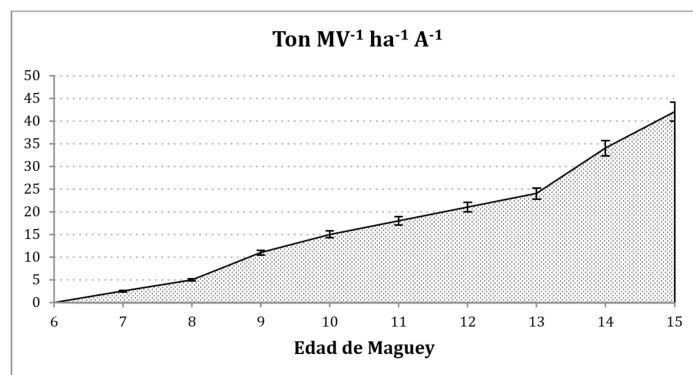
Los magueyes han sido utilizados principalmente para la producción de aguardientes (mezcal, bacanora, tequila, sotol, etc.); así mismo, están ligados con la conservación de suelos, la producción de insectos comestibles (escámole, gusano rojo y blanco), elaboración de alimentos para el consumo humano (como jarabes, fructanos, mixiotes, barbacoa, golosinas (base de las hojas y quiote), industria textil, en la alimentación animal (forraje), en la medicina tradicional e industria farmacéutica, y en la elaboración de bio-energéticos (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23).

Desafortunadamente las poblaciones de maguey en México han sido afectadas por la destrucción de su hábitat como resultado de las actividades humanas, como la urbanización, agricultura, pastoreo de ganado, construcción de caminos y presas, producción de productos secundarios como la colección de plántulas y ejemplares adultos para la decoración de espacios (20, 24, 25).

Maguey como forraje

El suministrar maguey como alimento o forraje para los animales, no es una actividad reciente, desde que existe la ganadería en el país, en lugares donde se cultiva y existe de manera natural esta especie vegetal, se ha proporcionado como alimento emergente en la época de estiaje, incluso los mismos animales ramonean a los magueyes cuando están en la etapa de formación del meristemo de floración, el cual es conocido por los productores como capado de vaca (17, 26). Así mismo, es común encontrar literatura que recomienda o menciona al maguey como alimento para el ganado (23, 25, 26, 27, 28, 29). Sin embargo, no se presentan los parámetros nutricionales del mismo. En un folleto

técnico publicado por El INIFAP San Luís Potosí (30) se menciona que el aprovechamiento del maguey debe ser después de 5 años de haberse establecido el cultivo (Figura 1), en la época seca, y se deben cortar de 4 a 6 pencas inferiores por planta, sin llegar a dañar la piña del maguey (tallo).



Fuente: INIFAP San Luís Potosí, 2015.

Figura 1. Rendimiento de materia verde de maguey a diferentes edades de crecimiento.

Otros autores (31) mencionan que el maguey (*Agave spp*) tiene mayor valor nutritivo que el rastrojo de maíz, la paja de avena y el nopal; asimismo, el maguey cubre los requerimientos diarios de minerales (Ca, P, Mg, Bo, Fe, Zn, Cu y Se) de una vaca en producción de leche. Por otra parte (32), se han evaluado diferentes proporciones de inflorescencia (100, 75, 50 y 25%) de maguey cenizo (*Agave scabra*), en sustitución de alfalfa que representaba el 30% de total en la dieta de cabras, basada en granos de maíz y harina de soya, y encontraron que los parámetros nutricionales del maguey fueron: Digestibilidad de la materia orgánica, 439 g kg⁻¹, proteína cruda, 115 g kg⁻¹, y energía metabolizable, 6.29 MJ kg⁻¹ MS, y concluyeron que la conversión alimenticia no se afecta ($P > 0.05$) por la sustitución de la inflorescencia de maguey, teniendo el potencial de reemplazar parcialmente a la alfalfa en dietas para cabras en confinamiento.

La industria tequilera y mezcalera, son los procesos que más maguey usa en la elaboración de las bebidas, aprovechando solo el tallo y la parte basal de las hojas de la planta (Piña), dejando en campo el resto (Pencas), y posterior al prensado del maguey cocido se desecha el bagazo; el cual, por lo general es un subproducto que no se utiliza, sin embargo, ambos subproductos pueden ser destinados a la alimentación animal.

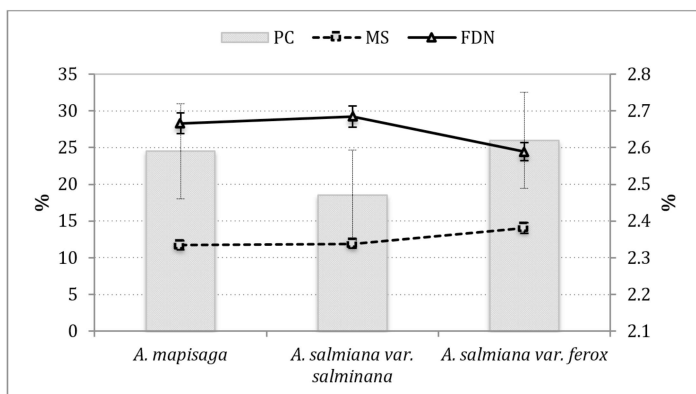
En otro estudio reportaron (33) que el bagazo de maguey (subproducto de la destilación), tiene un valor nutritivo similar al de la paja de trigo, por lo que puede ser incluido en la dieta de los rumiantes, y recomienda que para incrementar la digestibilidad (36 – 54%) debe adicionarse al bagazo fresco, hidróxido de calcio (CaOH), mejorando con ello el aporte de calcio en la ración.

Factores que influyen en el valor nutritivo del Maguey

A pesar de que el INIFAP y otros autores recomiendan el uso de maguey como forraje, existe poca información sobre curvas de crecimiento y su relación con el valor nutritivo, es por ello que a continuación se discuten algunos factores que influyen en los parámetros nutricionales y que son importantes para la elaboración de dietas, donde el componente principal sea el maguey como reemplazo de la fibra.

Especie

Se ha mencionado que el maguey es susceptible de aprovechamiento, ya que existen más de 300 especies del género *Agave* (17), sin embargo, no hay información suficiente de artículos publicados en revistas científicas, de ahí la importancia de continuar estudiando que contienen las diferentes especies de *Agave*. Al respecto (34) han reportado, que los valores nutricionales de *Agave salmiana* var. *salmiana*, *Agave salmiana* Var. *ferox* y *Agave mapisaga* (Figura 2) a edades de 8 años, presentan valores similares ($P > 0.05$) en el contenido de proteína cruda (PC) (2.56% en promedio), y difieren en el rendimiento de la materia seca ($P < 0.05$).

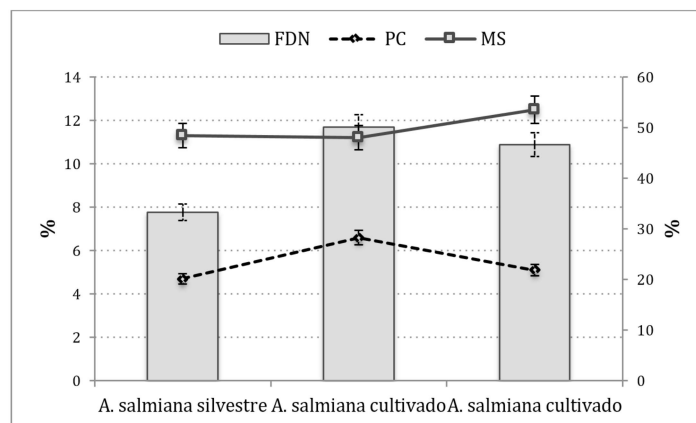


Fuente: Mata et al. (2011).

Figura 2. Composición química (%) de diferentes especies de *Agave* a la misma edad de crecimiento (8 años).

Los valores de PC son bajos en comparación con los reportado en otra investigación(3), quienes mencionan

valores de 4.7 a 6.6% de PC (Figura 3) en *A. salmiana* silvestre y cultivado, respectivamente; sin embargo, estos autores no mencionan la edad de los magueyes evaluados, y solo describen que fueron tomados al azar, asimismo, han justificado (34) que la discrepancia de los resultados puede deberse a factores como la época y lugar de colecta de las muestras, además, del estado fisiológico de la planta.

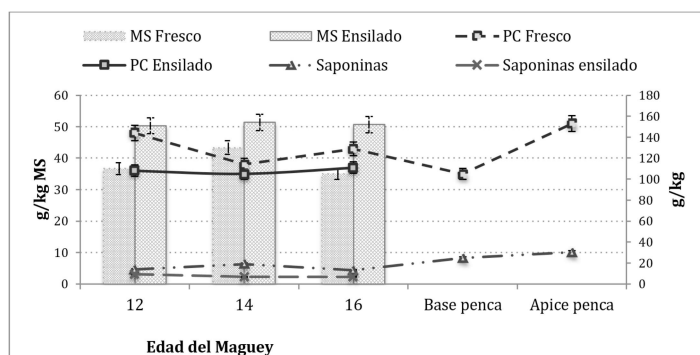


Fuente: Baraza et al. (2008)

Figura 3. Composición química (%), de *Agave salmiana* silvestre y cultivados.

Edad de la planta

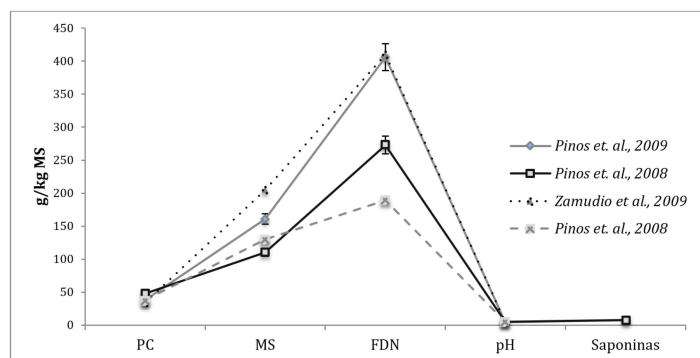
A pesar de ser una variable importante en los valores nutricionales, la edad cronológica de la planta es la más incierta, puesto que los magueyes dependen de diversos factores ambientales como la humedad, temperatura y nutrientes, así como la pendiente y competencia interespecífica (17). Realmente no se puede definir con la exactitud la edad en los magueyes, ya que, en sus comunidades, se pueden observar individuos de varios tamaños y proporciones, y es común encontrar individuos pequeños con el meristemo floral e individuos de mayor dimensión que aún no presentan esta etapa de madurez, ya que el crecimiento y desarrollo del maguey está en función de muchas variables ambientales y no tanto por la edad (17). Al respecto (35) han reportado el valor nutritivo del *Agave salmiana* a diferentes edades, 12, 14 y 16 años (Figura 4), y reportaron que la madurez afecta estadísticamente los valores de materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro, cenizas, carbohidratos solubles, saponinas y el porcentaje de PC, la cual registró diferencias ($P < 0.05$), siendo superior en 26% el maguey de 12 años (48 g kg⁻¹ MS) con respecto al de 14, y 11% al de 16 años de edad.



Fuente: Pinos-Rodríguez et al. (2008)

Figura 4. Composición química promedio de pencas frescas y ensiladas a diferentes edades, sección y procesamiento previo (ensilado).

Sin embargo, se ha reportado (14) que el maguey a la edad de 12 años su valor de PC fue de 38 g kg⁻¹ MS, similar al de 14 años reportado en el trabajo anterior (35). Por consiguiente, los valores reportados para las diferentes edades son diferentes aún reportados por el mismo autor en diferentes trabajos. Asimismo, en otras investigaciones (36) (Figura 5), mencionan que los valores reportados en maguey de 14 años de edad, respecto a PC y saponinas son similares, mientras que los valores de FDN y MS son diferentes ($P > 0.05$).



Línea punteada (14 años), línea sólida (12 años).

Figura 5. Composición química de Agave salmiana a la misma edad.

Procesamiento previo (ensilado)

Está documentado que el pH es un excelente indicador de la calidad del proceso de ensilaje de los forrajes, y de manera general se considera que valores inferiores a 4.5 son parámetros de un excelente ensilado. El pH del maguey fresco oscila alrededor de 3.5 a 6 (2, 34, 36), es por ello que el proceso de fermentación anaeróbica, es muy corto cuando el maguey se mezcla con otros ingredientes para ser ensilado. En trabajos al respecto (14, 35), reportan que los valores de pH se reducen aún más cuando el maguey es ensilado, favoreciendo su calidad. Sin embargo, los valores de proteína cruda son contrastantes, ya que en el primer trabajo (14), indican

que los valores se reducen hasta un 25%, mientras que en el segundo (35) estos parámetros se incrementan a un 40% (Figura 6).

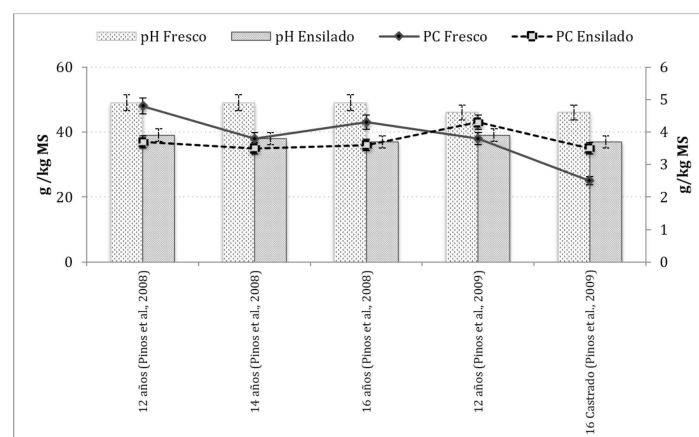


Figura 6. Porcentaje de proteína cruda en maguey de diferentes edades, frescos y ensilados.

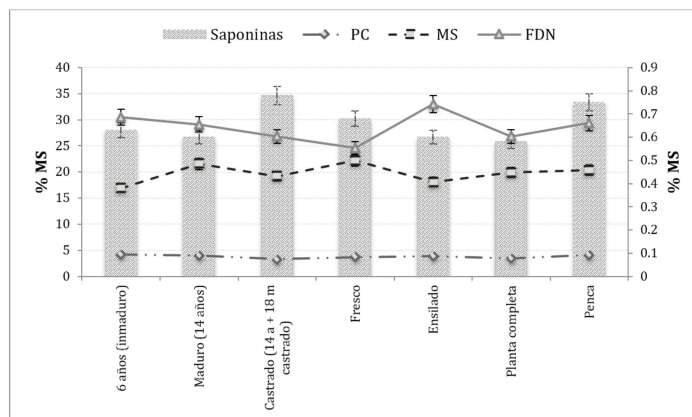
Factores anti-nutricionales (saponinas)

Si bien es cierto que las plantas desarrollan mecanismos de defensa en contra la herbivoría (37, 38, 39), el maguey al crecer en ambientes hostiles no es exento de ello, pues desarrolla desde metabolitos secundarios en toda la planta como las saponinas. Las saponinas son compuestos antipáticos; es decir, que un extremo de su molécula posee una parte hidrofílica constituida por unidades de monosacáridos que son solubles en agua y parte lipofílica o esterooidal llamada sapogenina, esto le permite que sean solubles en medios acuosos y no acuosos como las paredes celulares. Además, las especies del género Agave se caracterizan por desarrollar cristales de oxalato de calcio en el parénquima, este tipo de micro cristales en forma bi puntiaguda conocidos como rafidios del tipo III (39), tienen dos funciones, son reguladores del calcio en la planta y sirven como mecanismos de defensa contra la herbivoría (39, 40, 41). Por su tamaño y forma bi puntiaguda, su efecto “venenoso” es debido al pinchazo mecánico de las células que favorece la inyección de metabolitos secundarios, que para el caso de los magueyes son saponinas. Algunos autores (41, 42, 43) señalan a las especies del género Agave como tóxicas para el ganado debido a la presencia de cristales (oxalatos de calcio), otros únicamente le atribuyen su efecto escozor o irritante al tacto por la presencia de saponinas (44).

Sin embargo, sólo se ha considerado a las saponinas como compuestos antinutricionales y se ha dejado de lado la monitorización conjunta tanto de los oxalatos de calcio y las saponinas durante los procesos, ya que el efecto de escozor es debido a la coexistencia de ambos en los magueyes. El jugo crudo “guishes” de penca al entrar en contacto con la piel o cualquier parte del cuerpo indican incisiones lo que favorece la acción de las saponinas en las células, y esto

provoca la sensación de escozor del área de contacto, ardor en la boca y garganta, induciendo la inflamación y obstrucción del tracto digestivo de los animales, a la que pueden causar trastornos digestivos severos, dificultad para respirar y de ingerir más alimentos, sin embargo, las saponinas como tal son benéficas al ser antibióticos naturales, por lo tanto, se podría especular que los oxalatos de calcio son los agentes antinutricionales del maguey (40, 41, 42). Al respecto en otras investigaciones (35) al evaluar el contenido de saponinas de magueyes de diferentes edades y secciones de la hoja (Figura 7), reportaron que existen diferencias ($P < 0.001$) entre los magueyes reportando valores de 7.5 a 11.1 g/kg MS, y en la sección de la hoja registrando más en la parte apical que en la base (10.1 y 8.2 g/kg MS, respectivamente). Sin embargo, cuando el maguey es ensilado, los contenidos de saponinas se reducen ($P < 0.05$), desde un 16 hasta un 61% (maguey de 16 años), dependiendo la edad del maguey, asimismo, se ha reportado (14) que en magueyes jóvenes (12 años) la reducción fue del 38%, mientras que en los de mayor edad (16 años) la reducción fue de sólo el 20%, no coincidiendo con lo reportado anteriormente.

En los estadios juveniles del maguey el contenido de saponinas es más elevado con respecto a las etapas maduras de crecimiento (17) lo que coincide con los datos reportados (2) para ensilados de maguey inmaduro de *Agave salmiana*, el contenido es superior al encontrado en silos elaborados con maguey de 12 y 16 años de edad, sin embargo, la baja disponibilidad relativa de saponinas que se encuentran en diferentes ensilados de maguey es baja, menor a 1% en base a la MS y reduciendo su contenido al final del proceso de ensilaje, tal vez los cambios inducidos durante el proceso (2). Cabe señalar que el método de análisis utilizado en esta investigación (2), se basa en la descomposición de la saponina para cuantificar el cromóforo esteroidal; es decir, la sapogenina que pierde su actividad al estar separada del azúcar, sin embargo, lo reporta como saponina.

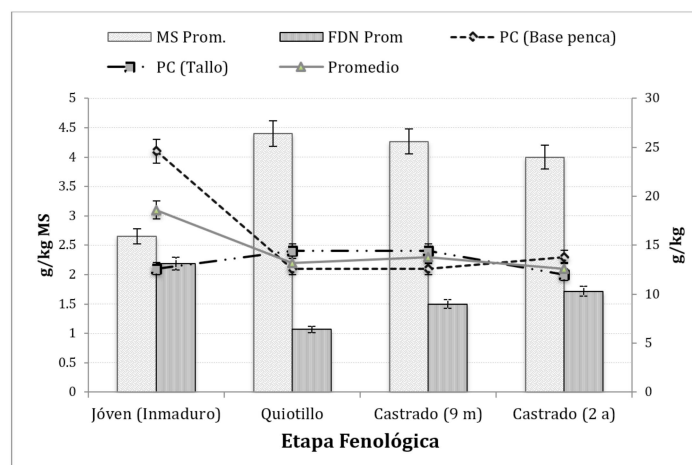


Fuente: Pinos-Rodríguez et al. (2008)

Figura 7. Composición química (%) de *Agave salmiana* a diferente edad, etapa fisiológica, procesamiento previo y sección de la planta.

Etapas fenológicas

Como se ha mencionado anteriormente calcular o acertar la edad del maguey es un proceso complicado, pero existe la ventaja de que sus etapas fenológicas están bien identificadas (17), desde que es joven, Quiotillo (etapa cuando el maguey pasa de la etapa de crecimiento vegetativo al reproductivo), y adulto (presenta el meristemo floral). Al respecto (15) se hicieron evaluación de los parámetros nutritivos de *Agave salmiana* a diferentes etapas fisiológicas (Figura 8), y reportaron que el contenido de proteína cruda de la base de la penca y promedio registró el mayor valor ($P < 0.05$) cuando el maguey es joven y el más bajo de la PC del tallo, junto al maguey de 2 años de castrado; mientras que en otras etapas (quiotillo y castrado de 9 meses y 2 años) no se registraron diferencias en los valores PC ($P > 0.05$). Sin embargo, la fase de quiotillo fue superior en el rendimiento de materia seca y el más bajo en la fibra detergente neutro ($P < 0.05$), con respecto a las otras etapas, siendo en términos prácticos el que más rinde y el más digestible.



Fuente: Pinos-Rodríguez et al. (2006).

Figura 8. Composición química de *Agave salmiana* en diferentes etapas fenológicas.

Por lo anterior, es recomendable que si se planea hacer un aprovechamiento del maguey debe ser en esta etapa fenológica, ya que ésta a su vez está relacionada con la calidad del mezcal, ya que es esta etapa cuando el maguey tiene el mayor contenido de azúcares destinados para la elaboración de bebidas fermentadas, y por lo tanto, si se desea aprovechar el subproducto (pencas) de este proceso, podemos tener una certeza en los valores nutricionales de las hojas de maguey(45).

Conclusiones

El valor nutritivo del maguey está determinado, por la especie, edad, etapa fenológica, procesamiento previo y la parte de la planta a utilizar.

Determinar la edad del maguey en campo es complicado, por lo tanto, la etapa fenológica de quiotillo, es una alternativa práctica de manejo para la utilización de esta especie como alimento para el ganado.

Se debe continuar con los trabajos de investigación que permitan obtener valores del valor nutritivo y el comportamiento de los compuestos anti nutricionales de más especies de forraje (magueyes), como los que se utilizan para la elaboración de mezcal, ya que se genera una cantidad considerable de material vegetal que no se aprovecha para la alimentación animal.

Literatura citada.

1. Murillo A. B., Troyo D. E., García H. J. L. (Eds). 2003. El Nopal, Alternativa para la agricultura de zonas áridas en el siglo XXI. Editorial. Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, S. C. La Paz, B. C. S. México. 293 p.
2. Pinos-Rodríguez. J. M., Zamudio M., Gonzales S. S., Mendoza G. D., Bárcena R., Ortega M. E., Miranda L. A. 2009. Effect of maturity and ensiling of Agave salmiana on nutrimental quality for lambs. An. Feed Sci. and Tech. 152: 298-306.
3. Baraza E., Ángeles S., García Á., Valiente B. A. 2008. Nuevos recursos naturales como complemento

de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. Interciencia Vol. 33 No. 12, 891-896.

4. García, E. R. 2006. Factores nutricionales y de manejo que afectan la eficiencia productiva de vacas Charolais y Hereford en agostadero. Tesis doctoral. Subdirección de Posgrado, Programa de Zootecnia, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 113 pp.

5. Carpenter, B. B. 1998. Beef cattle reproduction in the south Texas region of Tamaulipas Biotic Province. En: Memorias Taller de ganadería de bovinos de carne del noreste de México y sur de Texas. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. pp 145-152.

6. Aguirre, R. J. R. 1982. Sobre los problemas de las comunidades rurales del altiplano potosino-zacatecano. Documento de Trabajo. Núm. 7. Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas, Colegio de Postgraduados. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México. 5 p.

7. Holechek, J. L., R. D. Pieper and C. H. Herbel.

2011. Range management, principles and practices. 6th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. USA. 444 pp.

8. Murillo Amador B., Troyo Diéguez E., Nieto Garibay A., Aguilar García M., 2002. El Nopal, cultivo forrajero sostenible para el Noreste de México. Editorial. Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, S. C. La Paz, B. C. S. México.

9. Azócar P. C. 22/01/2004. Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) utilization as a feed for ruminants. Universidad de Chile. <http://www.ag.arizona.edu/OALS/oals/proj/linkages/cactus/feed.html>

10. Anaya G. M. 08/01/2004. Ancient and contemporary water catchment system in Mexico. http://www.ircsa.org/pdf/02_04.pdf



11. Reyes H., H; M. Aguilar R.; J. R. Aguirre R.; I. R. Trejo V. 2005. Estrategias de producción agropecuaria y uso de suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México. *Revista del Colegio de San Luis. Vetas* 7(19): 77-96.
12. Pinos-Rodríguez, J M; García-López, J C; Aguirre-Rivera, J R; Reyes-Hernández, H. 2013. Participatory cartography in a traditional goat production system of a smallholder community in northern México. *Trop. and Subtrop. Agroec.* Vol. 16 (2), 215-222.
13. López R. G., 2003. El nopal y el Venado cola Blanca. *Boletín electrónico*, Año 2, Número 8, Enero 2003. http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/mundodumac/boletin8/el_nopal.htm
14. Pinos-Rodríguez. J. M., Gonzales M. S., Badillo B., García L. J. C., Aguirre R. J. R., Infante S. 2008. Chemical composition and ruminal in vitro degradation of fresh or silage or Agave salmiana Otto ex. Salm Dick. *J. Appl. Anim. Res.* 33: 45-48.
15. Pinos-Rodríguez J. M., Aguirre R. J. R., García L. M. T., Rivera M. M. T., González M. S., López A. S., Chávez V. D. 2006. Use of "Maguey" (Agave salmiana Otto ex. Salm-Dick) as forage for ewes. *J. Appl. Anim. Res.* 30: 101-107.
16. Ober H. K., Steidl R. J. 2004. Foraging rates of *Leptonycteris curasoae* vary With characteristics of *Agave palmeri*. *The Southwestern Nat.* 49(1): 68-74.
17. Aguirre R. J. R., Charcas S. H., Flores F. J. L. 2001. EL maguey mezcalero potosino. *COPOCYT, UASLP*. San Luis Potosí. 87 p.
18. Martínez-Aguilar J. F., Peña-Álvarez A. 2009. Characterization of five Agave plants used to produce mezcal through their simple lipid composition analysis by gas chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 57: 1933-1939.
19. Chávez-Guerrero L., Hinojosa M. 2010. Bagasse from the mezcal industry as an alternative renewable energy produced in arid lands. *Fuel* (89) 4049-4052.
20. Martínez S. M., Mata G. R., Morales N. C., Valdez C. R. 2012. Agave salmiana plant communities in central Mexico as affected by commercial use. *Environ. Manag.* 49:55-63.
21. García-Moya E., Romero-Manzanares A., Nobel P. S. 2011. Highlights for Agave productivity. *GCB Bioenergy* 3, 4-14, doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01078.x
22. Davis S. C., Dohleman F. G., Long S. P. 2011. The global potential for Agave as a biofuel feedstock. *GCB Bioenergy* 3, 68-78, doi: 10.1111/j.1757-1707.2010.01077.x
23. Yang L., Lu M., Carl S., Mayer J. A., Cushman J. C., Tian E., Lin H. 2015. Biomass characterization of Agave and Opuntia as potencial biofuel feedstocks. *Biomass and bioenergy* 76 : 43-53.
24. Martínez-Salvador M., Valdez-Cepeda R., Arias H. R., Beltrán-Morales L. F., Murillo-Amador B., Troyo-Diéguez E., Ortega-Rubio A. 2005. Distribution and density of maguey plants in the arid Zacatecas Plateau, Mexico. *J. of arid environm.* 61 : 525-534.
25. Martínez-Salvador M., Beltrán-Morales L., Valdez-Cepeda R., Troyo-Dieguez E., Murillo-B. A., Jiménez G. J., Ortega-Rubio A. 2007. Assessment of sustainability performance on the utilization of agave (Agave salmiana ssp crassispina) in Zacatecas, México. *Int. J. of Sust. Develop. and Word Eco.* 14: 1-10.
26. Meredith P. M., Charles M. P., Matthew I. P., Illsley C. 2011. Effect of hábitat and grazing on the regeneration of wild Agave cupreata in Guerrero, México. *Forest Ecol. Manag.* 262: 1443-1451.
27. Negesse T., Makkar H. P. S., Becker K. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *An. Feed Sc. Tech.* 154: 204-217.
28. García-Herrera, E. J., Méndez-Gallegos S. de J, Talavera-Magaña D. 2010. El genero Agave spp. en México: Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. *RESPYN. Revista Pública y Nutrición, Edición especial No.5* pp 109-129.
29. Aguilar J. B., Enríquez V. J. R., Rodríguez-Ortíz G., Granados S. D., Martínez C. B. 2014. El estado actual de Agave salmiana y A. mapisaga del Valle de México. *Rev. Mex. Agroeco.* Vol. 1(2): 106-120-93, 2014.
30. INIFAP San Luis Potosí. 2015. Tecnología de producción para el establecimiento y manejo de maguey en el altiplano de San Luis Potosí. *Tecnología No. 31*. <http://189.204.16.158/campopotosino/index.php/noticias/noticias-campo-potosino/15-servicios-al-productor/33-paquetes-tecnologicos2>

31. Silos-Espino H., Tovar-Robles C. L., González-Cortés N., Méndez-Gallegos S. J., Rossel-Kipping D. 2011. Estudio integral del maguey (Agave salmiana) propagación y valor nutricional. RESPYN Revista Salud Publica y Nutrición, edición especial No. 5: 75-82.
32. Mellado M., García J. E., Pittroff W. 2008. Rough Agave flowers as a potential feed resource for growing goats. Rang. Eco. and Manag. Vol. 61. (6) : 640-646.
33. Ramírez-Cortina C. R., Alonso-Gutiérrez M. S., Rigal L. 2012. Valorización de residuos agroindustriales del tequila para alimentación de rumiantes. RCHSCFA. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente. 2012, pp. 449-457, doi:10.5154/r.rchscfa.2011.08.059.
34. Mata-E. M. A., Torres-C. M. G., Hernández-I. G., Cobos-P. M. A., Rodríguez-S. G., Luevano-L. A., Guzmán-G. D. R., Gámez-A. M. M. 2011. Degradación in vitro de Agave mapisaga, Agave salmiana var. salmiana y Agave salmiana var. ferox. Revista Chapingo serie Zonas áridas. 10:123-129.
35. Pinos-Rodríguez. J. M., Zamudio M., Gonzales S. S. 2008. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled Agave salmiana leaves. South Afr. J. of Anim. Sci. 38 (1): 43-50.
36. Zamudio D. M., Pinos-Rodríguez J. M., González S. S., Robinson P. H., García J. C., Montañez O. 2009. Effects of Agave salmiana Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. An. Feed Sc. and Tech. 148 : 1-11.
37. Briske D. D. 1998. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. En: The ecology and management of grazing systems. Eds. J. Hodgson & Illius, A. W. CAB International, Wallingford. U. K.
38. Hernández S. R., Lugo C. E. C., Díaz J. L., Villanueva S. 2005. Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de Agave lechuguilla Torrey. E-Gnosis [online]. Vol. 3, art. 11.
39. Raman V., Horner H. T., Khan I. A. 2014. New and unusual forms of calcium oxalate rephide crystals in the plant kingdom. J. Plant. Res. 127:721-730.
40. Webb, M. A. 1999. Cell-mediated crystallization of calcium oxalate in plants. The Plant Cell. 11:751-761 Mata-E. M. A., Torres-C. M. G., Hernández-I. G., Cobos-P. M. A., Rodríguez-S. G., Luevano-L. A., Guzmán-G. D. R., Gámez-A. M. M.
2011. Degradación in vitro de Agave mapisaga, Agave salmiana var. salmiana y Agave salmiana var. ferox. Revista Chapingo serie Zonas áridas. 2011 10:123-129.
41. Jáuregui Z., D.; A. Moreno C. 2004. La biomineralización del oxalato de calcio en plantas: retos y potencial. Rev. de Educ. Bioquímica. 23(1):18-23.
42. Ricks M R., Vogel P. S., Elston D. M., Hivnor C. 1999. Purpuric agave dermatitis. J Am. Acad. Dermatol. 40:356-8.
43. Salinas N. L., Ogura T., Soffuchi L. 2001. Irritant contact dermatitis caused by needle-like calcium oxalate crystals, raphides, in Agave tequilana among workers in tequila distilleries and agave plantations. Contac Dermatitis. 44:94-6.
44. Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. 1ª edición. Trillas. México. 211 p.
45. Gódinez H. C. I. 2012. Caracterización y eficiencia de la fermentación en la elaboración de mezcal potosino. Tesis de Maestría, Programa multidisciplinario de posgrados en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luís Potosí. S.L.P. México.