

Rendimiento y valor nutritivo de forraje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de estiércol bovino

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) forage nutritional value and yield at different cattle manure doses

Cirilo Vázquez-Vázquez^a, José Luis García-Hernández^a, Enrique Salazar-Sosa^a, Bernardo Murillo-Amador^b, Ignacio Orona-Castillo^a, Rafael Zúñiga-Tarango^a, Edgar Omar Rueda-Puente^c, Pablo Preciado-Rangel^d

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Comarca Lagunera, estado de Coahuila, México. El objetivo fue evaluar la producción y el valor nutritivo del forraje de tres variedades de alfalfa tratadas con fertilizante de estiércol de bovino y con riego por goteo subsuperficial. Se determinó la composición del N, P, K, Ca y Mg en el tejido vegetal como un indicador de los volúmenes de extracción para cada nutrimento. Las variedades fueron: CUF 101, Sandor y Altaverde. Se aplicaron cinco tratamientos de estiércol (0, 40, 80, 120, 160 t ha⁻¹) y uno de fertilizante químico (30-100 kg ha⁻¹ de N y P) como testigo. Respecto al forraje seco se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de estiércol pero no para variedades. Los valores de producción más altos se observaron en los cortes marzo, abril y junio en los tratamientos de estiércol de 80, 120 y 160 t ha⁻¹ con valores superiores de 4 t ha⁻¹ de forraje seco. En las variables de valor nutritivo del forraje (proteína cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente y energía), tampoco se detectaron diferencias significativas entre variedades ni entre tratamientos de fertilización. Con respecto a la extracción de N, P, K, Ca y Mg por las plantas, en los cortes 5^o al 8^o es donde se presentó la mayor extracción de dichos elementos con aproximadamente 160 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 12-14 kg ha⁻¹ de fósforo y 125 kg ha⁻¹ de potasio.

PALABRAS CLAVE: Alfalfa, Estiércol, Fertilización, Rendimiento, Nutrimento.

ABSTRACT

The present study was carried out at the Comarca Lagunera Region, Coahuila, Mexico, with the objective of assessing both nutritional value and yield of three varieties of alfalfa at three different doses of fertilization with cattle manure, with subsurface drip irrigation. N, P, K, Ca and Mg content in plant tissue was used as indicator of nutrient withdrawal. The following varieties were evaluated: CUF 101, Sandor and Altaverde. Five different cattle manure treatments were applied: 0, 40, 80, 120 and 160 t ha⁻¹. Control was fertilized with a chemical fertilizer at 30 to 100 kg ha⁻¹ for N and P, respectively. Significant differences were found in dry matter between treatments but not between varieties. The greater yields were found in the March, April and June cuts in the 80, 120 and 160 t manure treatments, yielding more than 4 t ha⁻¹. No significant differences were found in forage nutritional value variables (crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber and energy) between either varieties or treatments. With reference to mineral nutrient withdrawal, the greater values were found from the 5th to the 8th cut, approximately 160 kg ha⁻¹ N, 12 - 14 kg ha⁻¹ P and 125 kg ha⁻¹ K.

KEY WORDS: Alfalfa, Manure, Fertilization, Yield, Nutrition.

Por sus características bromatológicas y nutritivas, la alfalfa (*Medicago sativa*) es el principal forraje

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is the main forage used worldwide in dairy production⁽¹⁾. Almost 57 %

Recibido el 27 de octubre de 2008. Aceptado para su publicación el 15 de junio de 2010.

^a Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. luis_garher@hotmail.com. Correspondencia al segundo autor.

^b Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

^c Universidad de Sonora-Campus Santa Ana.

^d Instituto Tecnológico de Torreón.

de sustento para la producción de leche en el mundo⁽¹⁾. La alfalfa ocupa el 57 % (36,000 ha) de la superficie sembrada en la región Comarca Lagunera, la cual es la cuenca lechera más importante de México⁽²⁾. Esta región, delimitada por varios municipios de los estados de Coahuila y Durango, cuenta con una población aproximada de 400,000 bovinos⁽³⁾. La industria lechera de esta región genera 10,000 empleos directos y mil seiscientos millones de litros de leche por año⁽⁴⁾. Esta población de ganado demanda para su alimentación alrededor de 3,000,000 t de forraje verde anualmente, siendo la alfalfa la principal fuente de este insumo. Sin embargo, la producción de alfalfa en esta región enfrenta serios problemas de manejo de recursos de agua y suelo. El principal problema es la escasez de agua derivada de la sobreexplotación de agua subterránea para el riego de este cultivo y otros forrajes⁽⁵⁾, así como de la demanda de la lámina de riego anual de este cultivo, la cual varía entre 2.4 a 2.7 m.

A pesar de que la producción de leche se ha convertido en un foco importante de desarrollo económico, en el aspecto tecnológico de la producción de alfalfa se presentan graves atrasos, por ejemplo, a nivel nacional el 10 % de la superficie total irrigada es la que se encuentra equipada con riego presurizado, mientras que en esta región sólo el 1.0 % se riega con estos sistemas. En este sentido, existen iniciativas para el uso de sistemas de riego que se han aplicado con éxito en especies hortícolas, como lo es el riego por goteo subsuperficial⁽⁶⁾, cuyo uso ha reducido el consumo de agua hasta un 50 % con respecto al riego por gravedad⁽⁷⁾, y puede además incrementar el valor nutritivo de los cultivos⁽⁸⁾. Con este sistema de riego se puede conservar la mayor humedad en la zona radicular de la alfalfa y la menor humedad en otras partes del suelo, disminuyendo la germinación de maleza. Además, se evitan en gran medida la evaporación directa y la percolación profunda del agua; fenómenos que en los sistemas de riego por gravedad representan las pérdidas de agua más importantes del riego superficial⁽⁹⁾.

Otro problema grave de manejo de alfalfa se refiere a los requerimientos nutrimentales de esta especie.

of the total cropped area of the Comarca Lagunera, the most important dairy basin in Mexico⁽²⁾, is planted to this crop (36,000 ha). This area, spread across several municipalities in the States of Coahuila and Durango, supports a bovine cattle population of nearly 400 thousand head⁽³⁾. The dairy industry employs some 10,000 workers and processes one 1.6 billion liters of milk annually⁽⁴⁾. To feed this cattle population some 3 million tons of fresh forage are required annually, being alfalfa the main source. However, alfalfa production in this area faces several challenges regarding soil and water management. The main problem is scarcity of water, mainly used for irrigation of alfalfa and other forage crops, due to overexploitation of groundwater sources⁽⁵⁾. Average annual water requirements for Alfalfa in this region fluctuate between 2.4 and 2.7 m irrigation depth.

Even though the dairy industry has become an important source of economic activity and development, alfalfa production technology in this region shows evident signs of backwardness, especially in irrigation, for example on average for the whole country, 10 % of the irrigated area uses pressurized systems, while only 1 % does in La Laguna. Some initiatives in this sense are extant, as subsurface drip irrigation in vegetable crops⁽⁶⁾, which needs only half of the water used in gravity systems⁽⁷⁾ and also increases nutritional value of crops⁽⁸⁾. With this irrigation system, it is possible to save water and conserve moisture in the root area for longer periods while keeping other soil areas dry, reducing weed and disease incidence. Besides, in subsurface drip irrigation, losses due to evaporation and deep percolation are considerably lessened when compared to gravity irrigation systems where greater water losses due to these factors are recorded⁽⁹⁾.

Another problem found in alfalfa management in this area is referred to mineral nutrition requirements. Many producers do not fertilize this crop and others fertilize in excess, although published data are not available. These inconsistencies take place because of lack of knowledge of crop requirements and also to the high cost of synthetic fertilizers. Besides, one of the main constraints for alfalfa production

Una gran cantidad de productores no fertilizan este cultivo y en otros casos se fertiliza en demasía, aunque no se han publicado datos al respecto. Estas inconsistencias se presentan debido al desconocimiento de los requerimientos del cultivo para esta región y por los altos costos de los fertilizantes sintéticos. Además, una limitación que afecta la capacidad productiva del cultivo es la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio, debido a que las características de los suelos dominantes en la región de estudio son de origen calcáreo⁽¹⁰⁾. En este contexto, se ha reportado que los costos por fertilización pueden ser reducidos con la utilización de estiércol como fuente de nutrimentos⁽¹¹⁾. Con el uso de estiércol se tiene además la ventaja de que los elementos nutritivos no quedan disponibles en el suelo en un solo momento para la planta; sino que, se van incorporando a lo largo de todo el ciclo vegetativo⁽¹²⁾. La aplicación de materia orgánica en forma de estiércol mejora las características físicas y químicas de suelos deteriorados⁽¹³⁾.

Con base a lo anterior se desarrolló el siguiente estudio, cuyos objetivos fueron: 1) evaluar la producción y valor nutritivo (bromatológica) de tres variedades de alfalfa fertilizando con estiércol e implementando el sistema de riego por goteo sub-superficial, y 2) determinar las extracciones de N, P, K, Ca y Mg del suelo por la alfalfa en las primeras etapas de producción.

El estudio se realizó en la población “Fresno del Norte”, en Francisco I. Madero, Coahuila, México. Esta localidad se ubica a 25°46' N y 103°16' O, a 1,100 msnm. Este municipio se caracteriza por un clima muy seco, semicálido durante la mayor parte del año, y su temporada de lluvias comprende las estaciones de primavera, verano y otoño, con un promedio de 250 mm por año de precipitación pluvial⁽³⁾.

La siembra se realizó en junio de 2004 con la finalidad de obtener un crecimiento más rápido en la etapa inicial de desarrollo. Para evitar daños por competencia de maleza, ésta se eliminó en forma manual. Se estableció la siembra con una densidad

in this region that affects its productivity is availability of soil nutrients, especially nitrogen, phosphorous and potassium, owing to the fact that most soils in this area are of calcareous origin⁽¹⁰⁾. In this context, some authors report use of manure as a source of nutrients, reducing costs⁽¹¹⁾. Manure has the added advantage that nutrients remain available for plants during practically all the production cycle⁽¹²⁾ and not only for a short space of time. On top of that, organic matter applied as manure improves both physical and chemical characteristics in worn-out soils⁽¹³⁾.

Based on the above, the objectives of the present study were: 1) Evaluate production and nutritional value in three varieties of alfalfa fertilized with manure and irrigated by a surface drip system, and 2) Determine N, P, K, Ca and Mg withdrawal by alfalfa in the first stages of development.

The present study was carried out in Fresno del Norte, Francisco I. Madero Municipality, Coahuila, Mexico, located at 25° 46' N and 103° 16' W, 1,100 m asl, with dry warm climate for most of the year and an average 250 mm annual rainfall mostly in spring, summer and fall⁽³⁾.

Alfalfa was planted in June 2004, at a 40 kg ha⁻¹ seeding rate. Weeds were eliminated by hand. The experiment was set up in a completely randomized block with divided plots and three replicates experimental design. Factor A was made up by the three alfalfa varieties already described: CUF 101, Sundor and Altaverde and Factor B was made up by six treatments: 0, 40, 80, 120 and 160 t ha⁻¹ cattle manure and control that was fertilized with a chemical fertilizer (30 and 100 kg ha⁻¹ N and P, respectively). Each experimental plot measured 24 m².

Subsurface drip irrigation was used. The irrigation system comprised a drip tape placed at a 0.40 m depth 0.80 apart. Daily evapotranspiration was estimated through the type A evaporimeter tank method using the following equation⁽¹⁴⁾:

$$ET_c = (E_o) (K)$$

Where ET=reference evaporation (mm day⁻¹); E_o=evaporation recorded in the type A

de 40 kg de semilla ha⁻¹. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. El Factor A lo constituyeron tres variedades de alfalfa: CUF 101, Sundor y Altaverde; y el Factor B se conformó por seis tratamientos de fertilización: 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹ de estiércol de bovino, respectivamente, además de un testigo con fertilización química (30 y 100 kg ha⁻¹ de N y P). El tamaño de la parcela por unidad experimental fue de 24 m².

El sistema de riego utilizado fue goteo sub-superficial, consistente de cintilla de plástico para riego instalada antes de la siembra a 40 cm de profundidad. La separación entre cintillas fue de 80 cm. La evapotranspiración (ET) diaria se calculó con la metodología del tanque evaporímetro tipo "A" mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = (E_o) (K)$$

Donde ET=evaporación de referencia (mm/día); E_o=evaporación registrada en el tanque evaporímetro clase tipo "A" (mm/día); K=coeficiente del tanque, el cual considera el medio ambiente que rodea el tanque evaporímetro⁽¹⁴⁾. La evaporación total del cultivo (ET_c) a reponer se obtuvo a multiplicar la ET por el porcentaje de reposición al 0.8.

Se realizaron seis cortes (cosechas) de diciembre de 2004 a junio de 2005. Del forraje cosechado en cada corte se utilizaron muestras de 1 kg para la evaluación de variables bromatológicas, de rendimiento y químicas para la determinación de la extracción de macro-nutrientes. La variable de rendimiento evaluada en cada corte fue materia seca, considerando el total de forraje de la parcela útil, la cual se cosechó manualmente a una altura aproximada de 5 cm sobre la superficie del suelo. Las variables bromatológicas, cuyos valores se presentan en promedio para los diversos cortes fueron: porcentaje de proteína cruda (PC) por el método de microkjeldahl⁽¹⁵⁾, porcentaje de fibra ácido-detergente (FAD) y fibra neutro-detergente (FND) por el método de Van Soest⁽¹⁶⁾ y energía (E) por calorímetro. Para la determinación de extracción de nutrientes se realizaron análisis foliares de los siguientes componentes: N total, a

evaporímetro tank (mm day⁻¹); K=tank coefficient that takes into account the environment. ET_c=total evaporation in a given crop; ET_c to be replaced was obtained by multiplying ET by a 0.8 replacement percentage.

Six cuts were performed from December 2004 to June 2005. One kilogram samples were taken from the total forage harvested in each plot for evaluating bromatological and yield variables as well as chemical variables for determining macronutrient withdrawal. The yield variable assessed in each cut was dry matter, taking into account the total amount of forage in the useful plot which was cut by hand at a 5 cm height. The bromatological variables that were evaluated were: crude protein (CP) using the microkjeldahl method⁽¹⁵⁾, acid detergent fiber (ADF) percentage and neutral detergent fiber (NDF) through the Van Soest method⁽¹⁶⁾, and energy (E) by means of a calorimeter. Foliar analysis was used for determining nutrient withdrawal. Total N was analyzed through Kjeldahl^(17,18), K, Ca and Mg through a Shimadzu AAA-660 atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu, Kyoto, Japan) after digestion with H₂SO₄, HNO₃ and HClO₄. P was determined with a colorimeter using the blue phosphomolybdate complex method in samples obtained from the same extract. Results obtained for each variable were analyzed through ANOVA and the least significant difference test (DMS), for means comparisons using the SAS statistical software⁽¹⁹⁾.

For comparing varieties, similar yields were found in the six cuts ($P > 0.05$), taking into account average values. This response can be due to the fact that these are improved varieties adapted to the local environment. Besides, in accordance with Godoy *et al.*⁽²⁾ in the first growth stages of alfalfa, varieties show little differences between each other because of the greater vitality present in their first year, while genetic differences can be more clearly observed in later years^(20,21). Other studies report similar findings, for example, when 11 alfalfa varieties were compared in Venezuela⁽²²⁾, 9 were statistically similar, and what is more, in years 2 and 3, all 11 varieties were found statistically similar. In another study⁽²³⁾ when 14 ferti-irrigated alfalfa

VALOR NUTRITIVO DE FORRAJE DE ALFALFA FERTILIZADO CON ESTIERCOL

con el método de Kjeldahl^(17,18), K, Ca, y Mg fueron determinados por el método de espectrofotometría de absorción atómica (Shimadzu AA-660, Shimadzu, Kyoto, Japan) después de digestión con H₂SO₄, HNO₃, y HClO₄. El P fue determinado colorimétricamente con el método del complejo azul fosfomolibdato con muestra obtenida del mismo extracto. Los resultados obtenidos para cada una de las variables en estudio, se analizaron mediante ANOVA y la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para comparación de medias, utilizando el programa estadístico SAS⁽¹⁹⁾.

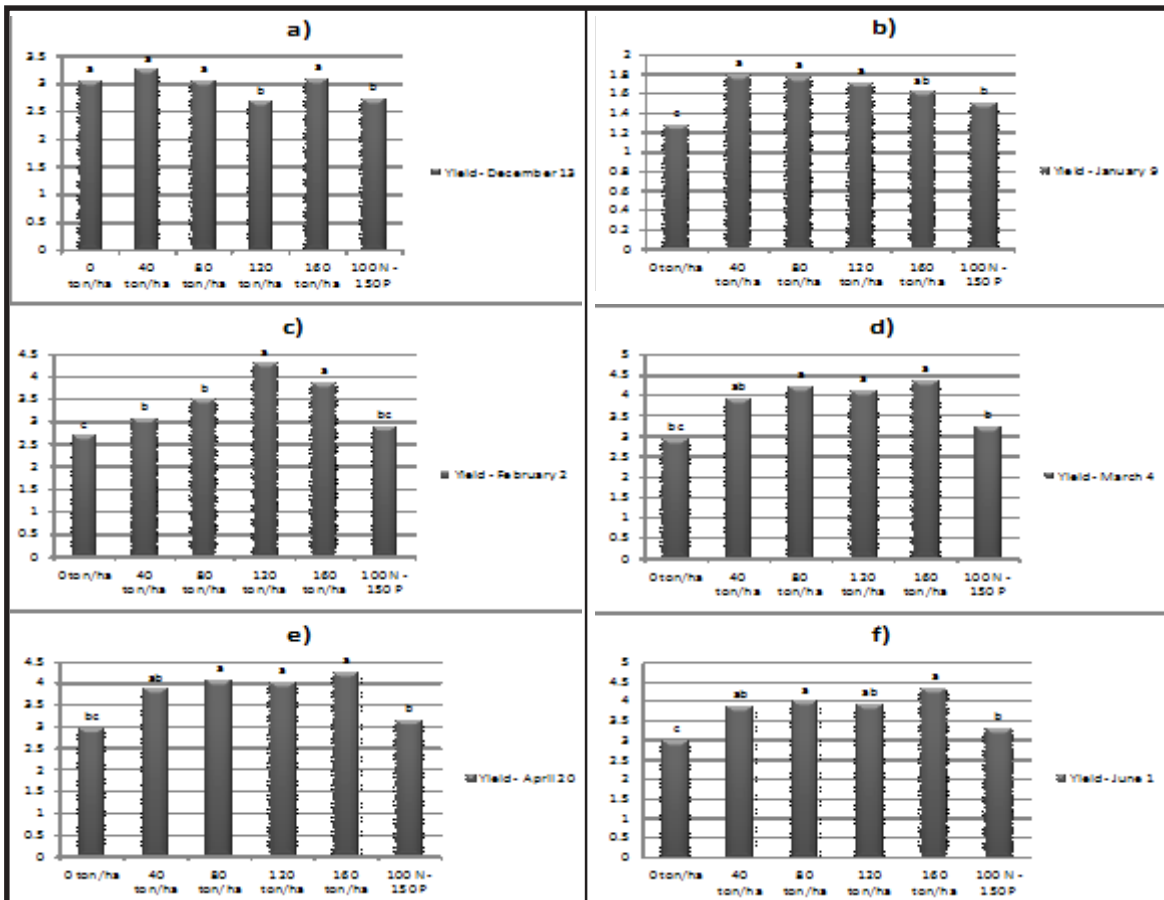
Con respecto a la comparación entre variedades, en las seis evaluaciones de cosecha (cortes)

varieties were compared in the Mixteca area in Oaxaca, all of them showed similar productive performances in the first year. Furthermore, no significant differences ($P > 0.05$) were found for fertilization*variety interaction.

Relative to fertilization, significant differences were found between treatments in each cut. In three cuts (out of six), yields at 80, 120 and 160 t ha⁻¹ manure treatments were greater than 4 t ha⁻¹ of dry matter (Figure 1). These yields are higher than those reported by Godoy *et al*⁽²⁾ who report 3.7 t ha⁻¹ in the study area. Likewise, other authors⁽²⁴⁾ assessing the productive performance of five alfalfa varieties in Montecillo, Mexico, obtained 2.12 and

Figura 1. Valores promedio de rendimiento de materia seca (t ha⁻¹) de alfalfa en seis cortes por tratamiento de fertilización (cinco dosis de estiércol y una dosis química)

Figure 1. Alfalfa dry matter yield averages (t ha⁻¹) for six cuts per fertilization treatment (five manure rates and one chemical fertilizer rate)



realizadas se observaron valores de rendimiento similares ($P > 0.05$), considerando los valores promedio de los diversos cortes. Esta respuesta se explica por ser las tres variedades mejoradas, adaptadas al clima de la región en estudio. Además, de acuerdo con Godoy *et al.*⁽²⁾, en las primeras etapas de la alfalfa, las diferentes variedades presentan pocas diferencias en el crecimiento debido al mayor vigor que se presenta en el primer año de producción de alfalfa, mientras que las diferencias genéticas se manifiestan con mayor claridad en los años posteriores^(20,21). En relación a este resultado, en otros estudios se han observado comportamientos similares, por ejemplo, al comparar 11 variedades de alfalfa en Venezuela⁽²²⁾, de las cuales nueve fueron estadísticamente similares, más aún, para el segundo y tercer año, las 11 variedades fueron estadísticamente similares. Asimismo, en otro estudio⁽²³⁾ compararon 14 variedades en la Mixteca de Oaxaca con tratamientos de fertirriego, y de la misma forma las 14 variedades presentaron rendimientos similares en el primer año. En lo que respecta a la interacción variedades x fertilización no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

Con respecto a la fertilización, se observaron diferencias significativas entre estos tratamientos en cada uno de los cortes. En tres de los seis cortes los rendimientos para las dosis de 80, 120 y 160 t ha⁻¹ de estiércol alcanzó valores superiores a las de 4 t ha⁻¹ de forraje seco (Figura 1). Estos resultados muestran valores de rendimiento superiores a los reportados por Godoy *et al.*⁽²⁾; quienes obtuvieron en promedio 3.7 t ha⁻¹ en la misma región de estudio. De igual forma, otros autores⁽²⁴⁾ realizaron una evaluación de cinco variedades de alfalfa en Montecillos, Estado de México, encontrando rendimientos promedio entre 2.12 y 3.75 t ha⁻¹ de materia seca. El incremento en los valores de materia seca del presente estudio se explica por un mejor aprovechamiento de los nutrimentos por parte del cultivo, debido a la forma en que se liberan los elementos en este tipo de abono, el cual se mineraliza gradualmente proporcionando una constante disponibilidad para las plantas⁽¹²⁾.

3.75 t ha⁻¹ dry matter. The increase in dry matter observed in the present study is due to a better nutrient use by plants, because manure frees them gradually, as mineralization progresses, ensuring a constant availability of these elements⁽¹²⁾. When fertilizers of animal origin are applied to alfalfa, a main concern is a possible toxic effect due to excess of N⁽²⁵⁾, because requirements of this nutrient are practically met by nitrogen fixation by symbiotic microorganisms⁽²⁶⁾. However, recent studies have shown that these fertilizers can be used safely in arid and semiarid areas^(27,28). In these environments of low rainfall and warm temperature, alfalfa fixes less nitrogen when organic fertilizers of animal origin are applied, helping a better use of the other nutrients found in these fertilizers, without risk of lixiviation or pollution⁽²⁸⁾, added to a better productive performance of the forage crop⁽²⁷⁾.

Relative to forage harvest dates, the greater dry matter yields (t ha⁻¹) were found in the March, April and June cuts, as shown in Figure 1, due to higher temperatures than in the winter months. Dry matter accumulation in alfalfa reaches its highest point in the fourth week of summer⁽³⁰⁾, when both foliar index and leaf mass also reach their greatest values⁽³¹⁾.

Relative to yield differences at different manure rates, the greatest dry matter values were obtained at 80, 120 and 160 t, being the greatest yield obtained in February, 4.28 t dry matter, at the 120 t ha⁻¹ manure rate. In March, the highest yields were obtained at the 160, 80 and 120 t rates, showing statistically similar results (Figure 1). The same high dry matter yield sequence was observed in April and June. This indicates that even at the 160 t rate no symptoms of fertilizer excess were evident, however, because of the higher cost of purchase, transport and application, it seems more rational to recommend a 80 t rate for obtaining high dry matter yields in the study area. This agrees with recommendations of applying moderate rates of animal origin fertilizers to alfalfa⁽²⁹⁾ and prevents accumulation with time.

Overall, nutritional value of alfalfa was not affected by different manure rates (Table 1), in agreement

VALOR NUTRITIVO DE FORRAJE DE ALFALFA FERTILIZADO CON ESTIERCOL

Cuadro 1. Promedios de las características bromatológicas por tratamiento de fertilización (cinco dosis de estiércol y una dosis química) en alfalfa

Table 1. Averages for bromatological characteristics for each fertilization treatment (five manure rates and one chemical fertilizer rate) in alfalfa

	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	Energy (Mcal/Lb)
0 t ha ⁻¹	23.8954	28.6487	33.8187	1.8561
40 ha ⁻¹	23.8623	28.3762	33.4180	1.8627
80 ha ⁻¹	23.7820	28.9697	34.1363	1.8441
120 ha ⁻¹	23.0411	29.2665	34.2416	1.8323
160 ha ⁻¹	23.3702	29.5359	34.5640	1.8156
FR 30-100-00	23.8131	28.6047	33.7605	1.8587

CP= crude protein; ADF= acid detergent fiber; NDF= neutral detergent fiber.

P>0.05.

Cuando se aplican abonos de origen animal en alfalfa, una de las preocupaciones es el posible efecto nocivo en el ambiente por el exceso de N⁽²⁵⁾, derivado de que los requerimientos de dicho elemento por este cultivo son principalmente adquiridos a través de la fijación de N atmosférico por asociación con microorganismos⁽²⁶⁾. Sin embargo, estudios recientes han demostrado que este tipo de abonos se pueden utilizar en forma segura en alfalfa en zonas áridas y semi-áridas^(27,28). En este tipo de ambientes de baja precipitación pluvial y temperatura cálida, la alfalfa fija menos N atmosférico en los tratamientos con abono orgánico de origen animal, lo que coadyuva a un mejor aprovechamiento de los demás nutrientes del abono sin riesgo de contaminación por exceso o lixiviación del N⁽²⁸⁾ aunado a incrementos en el rendimiento del cultivo⁽²⁷⁾, especialmente utilizando dosis moderadas de este tipo de abonos⁽²⁹⁾.

Respecto a las fechas de cosecha, en la Figura 1 se observa que los mayores rendimientos de materia seca (t ha⁻¹) se obtuvieron en los cortes realizados en los meses de marzo, abril y junio. Esto se explica por la respuesta convencional de este cultivo a la mayor temperatura de estos meses a comparación con la época invernal de los meses de diciembre a febrero. Al respecto, se ha mencionado⁽³⁰⁾ que la alfalfa alcanza la mayor acumulación de materia seca durante el verano a la cuarta semana, coincidiendo con el mayor índice de área foliar y la mayor masa de hojas verdes⁽³¹⁾.

with what is mentioned by other authors⁽³²⁾. For example, Urbano and Dávila report no differences in dry matter yield in a study comparing 11 alfalfa varieties⁽²²⁾, but also found practically no differences in protein yield and in potassium content, but found differences in P content. In the present study, as in the last study mentioned in this paragraph, no clear trends for differences in nutritional value were found.

Relative to nutrients, no clear differences were seen in the first two cuts between treatments (Figure 2); however, differences began to become evident after the third cut. For all nutrients, the 160 t cattle manure treatment withdrew more nutrients in the last three cuts (04-March, 20-Apr, 10-Jun) than all other. Only in the third cut (06-Feb) the 120 t treatment withdrew a greater quantity of all the nutrients. This response is similar to the one seen in dry matter yield (Figure 1), because, generally, these two variables are closely related⁽²⁷⁾. Other authors report similar N-P-K interactions^(33,34).

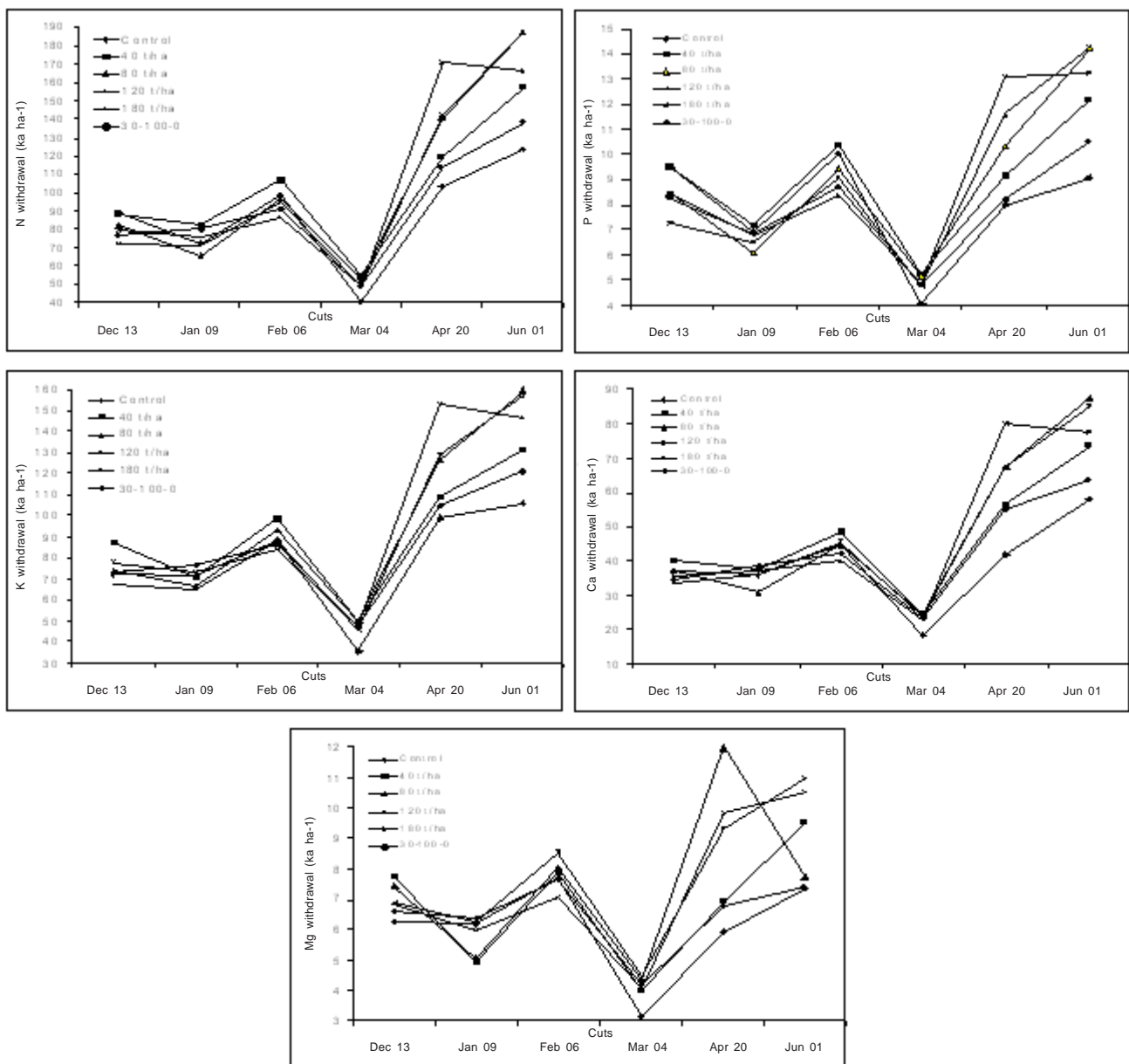
Control and chemical fertilizer treatments showed lower yields after the second cut and also lower nutrient withdrawal. A possible explanation for this could be that not all nutrients were available in control and that not enough K, Ca and Mg was provided in the chemical fertilizer treatment. It is also most probable that nitrogen contribution is not the most important cause for these differences,

Con respecto a las dosis de estiércol, los valores más altos de producción de materia seca se obtuvieron cuando se aplicaron dosis de 80, 120 y 160 t ha⁻¹. En este sentido, en la cosecha de febrero se observa que la mayor producción se obtuvo con la dosis de 120 t de estiércol (4.28 t ha⁻¹ de

as this nutrient is not considered as necessary being applied in alfalfa due to symbiotic nitrogen fixation^(27,35). On the other hand, some studies point out the importance of providing K to this crop^(27,35) and it has also been suggested to provide it through different types of manure^(36,37).

Figura 2. Extracción de nutrientes (kg ha⁻¹) en seis cortes de alfalfa por tratamiento de fertilización (cinco dosis de estiércol y una dosis química)

Figure 2. Nutrient withdrawal (kg ha⁻¹) in alfalfa for six cuts per fertilization treatment (five manure rates and one chemical fertilizer rate)



materia seca). En la cosecha de marzo, los valores más altos (de mayor a menor) se observaron con las dosis de 160, 80 y 120 t ha⁻¹ de estiércol con resultados estadísticamente similares (Figura 1). Este mismo orden de valores altos de materia seca se repitió en las cosechas de abril y junio. Este resultado indica que aún con 160 t ha⁻¹ de estiércol no se evidenciaron síntomas de exceso de fertilización; sin embargo, dado el mayor costo de adquirir, movilizar y aplicar 40 y 80 t más de estiércol, se puede recomendar en forma práctica la aplicación de 80 t para obtener valores altos de producción de materia seca en esta región. Esta dosis puede además evitar su acumulación a través del tiempo, y está acorde a la recomendación de utilizar dosis moderadas de abonos de origen animal en alfalfa⁽²⁹⁾.

En general, las diferentes dosis de fertilización no tuvieron un efecto sobre el valor nutritivo de la alfalfa (Cuadro 1). Esto se ha evidenciado en otros trabajos⁽³²⁾. Por ejemplo, Urbano y Davila⁽²²⁾ reportaron nulas diferencias de producción de materia seca en un estudio comparativo de 11 variedades de alfalfa, pero además pocas diferencias en la producción de proteína. Al igual que en el presente trabajo, las diferencias no mostraron tendencias claras, por ejemplo con respecto a las variedades de mayor producción de materia seca. En el mismo estudio⁽²²⁾, los autores no encontraron diferencias significativas en el contenido de potasio, pero sí en el contenido de fósforo entre las 11 variedades evaluadas.

En general para todos los nutrientes, en los primeros dos cortes no se observaron diferencias claras entre los tratamientos de fertilización (Figura 2); sin embargo, después del tercer corte las diferencias entre tratamientos se hicieron más evidentes. Para todos los elementos, el cultivo de alfalfa que recibió 160 t ha⁻¹ de estiércol fue el que extrajo la mayor cantidad de nutrientes en los tres últimos cortes (04-mar, 20-abr, 10-jun). Solamente en el tercer corte (06-feb) del tratamiento de 120 t ha⁻¹ de estiércol fue en el que se extrajo la mayor cantidad de cada uno de los elementos. Esta respuesta coincide con los resultados de rendimiento de materia seca (Figura 1). Esto debido a que, generalmente, estas variables están directamente relacionadas⁽²⁷⁾. Interacciones positivas similares entre los

It was concluded that forage yield in the three alfalfa varieties analyzed in the present study did not show significant differences. From the third cut onwards, manure treatments showed greater dry matter yield than either control (without nutrient contribution) or chemical fertilizer treatment. Yield increased in parallel to macro-nutrient withdrawal (N, P, K, Ca, Mg). Yields above 4 t ha⁻¹ dry matter can be considered high in respect of those found in other studies carried out in other alfalfa producing areas in Mexico.

End of english version

nutrimentos N-P-K han sido reportadas con anterioridad en otros estudios^(33,34).

Para todos los casos, los tratamientos testigo y fertilizante químico mostraron los rendimientos más bajos después del segundo corte, y las menores cantidades de elementos extraídos después del segundo corte. Una explicación de este resultado es la falta de aplicación de todos los nutrientes en el testigo y de K, Ca y Mg en el de fertilización química. Es probable que la aportación de N no sea la principal razón de esas diferencias, ya que se considera que las aplicaciones de este elemento no son necesarias en el cultivo de alfalfa^(27,35). Por otro lado, existen reportes señalando la importancia de suministrar K a este cultivo, y se ha sugerido aportar dicho suministro por medio de diversos tipos de estiércol^(36,37).

En conclusión, los valores de rendimiento de las tres variedades comparadas no mostraron diferencias significativas. A partir del tercer corte, los tratamientos de estiércol presentaron valores de rendimiento superiores al testigo (sin aportación de nutrientes) y al tratamiento de fertilización química. Los resultados de rendimiento coincidieron directamente con los niveles de extracción de los macro-elementos que fueron evaluados (N, P, K, Ca y Mg). Los resultados del rendimiento mayores a 4 t ha⁻¹ se consideran altos respecto a estudios para diferentes regiones productoras de alfalfa en México.

LITERATURA CITADA

- Santamaría CJ, Núñez HG, Medina GG, Ruiz JA. Potencial productivo de la alfalfa en México. En: Núñez HG, Chew YIM, Reyes JI, Godina G HJ editores. Producción y utilización de la alfalfa en la zona norte de México. Libro técnico No. 2. SAGAR. INIFAP. CIRNOC. CELALA. 2000.
- Godoy AC, Pérez GA, Torres ECA, Hermosillo LJ, Reyes JL. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial. *Agrociencia* 2003;37(2):107-115.
- Salazar-Sosa E, Trejo-Escareño HI, Vázquez-Vázquez C, López-Martínez JD. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Phyton* 2007;76:169-185.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). SIACON 1980-2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México. [en línea] <http://siap.gob.mx>. 2007. Consultado 20 Jun, 2008.
- Montemayor JA, Aguirre HW, Fortis M, Olague J, Rodríguez JC, Chavira Ja et al. Uso del agua en la alfalfa (con riego subsuperficial II. Semana Internacional de Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango. 2006.
- Thompson TL, Doerge TA, Godin RE. Subsurface drip irrigation and fertigation in brócoli: II. Agronomic, economic, and environmental outcomes. *Soil Sci Soc Am J* 2002;66:178-185.
- Phene CJ. Subsurface drip irrigation, Part I: Why and how? *Irrigation J* 1999;49:8-10.
- Camp CR. Subsurface drip irrigation: a review. *Transaction of the ASAE* 1998;41(5):1353-1367.
- Hanson BR, Schwankl LJ, Schulbach KF, Pettygrove GS. A comparison of furrow, surface drip, and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water. *Agric Water Manage* 1997;33(2-3):139-157.
- Figuerola U, Medina ME, Chavez JF. Manejo del suelo En: Tecnología de Producción en Nopal Pecanero. Libro Técnico No. 3. CELALA, CIRNOC, INIFAP. México; 2002:77-99.
- Rueda-Puente EO, Preciado-Rangel P, Tarazón MA. La agricultura orgánica y el uso de biofertilizantes. En: Salazar E, Trejo HI, Orona I, Vázquez C, López JD, Fortis M, et al editores. Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. FAZ-UJED-ITT-URUZA-UAAAN-COCYTED. Gómez Palacio, Dgo., México; 2007:45-59.
- Salazar-Sosa E, Lindemann WC, Cardenas M, Christensen NB. Mineralización y distribución del nitrógeno a través de la zona radicular en dos sistemas de labranza bajo condiciones de campo. *TERRA* 1998;16(2):163-172.
- Varela A. Relevancia de grupos funcionales microbianos en relación con los bienes y servicios del suelo: el caso de abonos orgánicos. En: Salazar E, Trejo HI, Orona I, Vázquez C, López JD, Fortis M, et al editores. Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. FAZ-UJED-ITT-URUZA-UAAAN-COCYTED. Gómez Palacio, Durango, México; 2007:34-44.
- Doorenbos, J, Pruitt WO. Necesidade hídrica das culturas. Campina Grande: UFPB, (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 24); 1997.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official methods of analysis of AOAC International. 16 ed. Arlington, Virginia: AOAC; 1995.
- Van Soest JP, Marten DR, Deinum B. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J Anim Sci* 1978;7:712-720.
- Jackson ML. Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc. 1958.
- Bremner JM Mulvaney CS. Nitrogen-total. In *Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties*. Page AL editor. ASA Monograph Number 9, Madison WI. 1982:595-624.
- SAS. SAS/STAT, Guide for personal computer (release 6.12). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc. 1995.
- Rossanigo R, Spada M, Bruno O. Evaluación de cultivares de alfalfa y panorama varietal en la Argentina. En: Hijano E, Navarro A editores. La alfalfa en la Argentina. INTA C. R. Cuyo, San Juan, Argentina. 1995:(4):63-78.
- Sevilla GH, Pasinato AM, García JM. Producción de forraje y densidad de plantas de alfalfa irrigada comparando distintas densidades de siembra. *Arch Latinoam Prod Anim* 2002;10(3):164-170.
- Urbano D, Davila C. 2003. Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado de Mérida, Venezuela. *Rev Fac Agron* 2003;20:97-107.
- Morales J, Jiménez JL, Velasco VA, Villegas Y, Enríquez JR, Hernández A. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Téc Pecu Méx* 2006;44(3):277-288.
- Rivas-Jacobo MA, López-Castañeda C, Hernández-Garay A, Pérez-Pérez J. Effect of three harvest systems on the productive performance of five comercial alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties. *Téc Pecu Méx* 2005;43(1):79-92.
- Andraski TW, Bundy LG, Brye KR. Crop management and corn nitrogen rate effects on NO₃-N leaching. *J Environ Qual* 2000;29:1095-1103.
- Phillips DA, DeJong TM. Dinitrogen fixation in leguminous crop plants. In: Hauck RD. editor. Nitrogen in crop production. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI; 1984:121-132.
- Lloveras J, Aran M, Villar P, Ballesta A, Arcaya A, Vilanova X, Delgado I, Munoz F. Effect of swine on alfalfa production and on tissue and soil nutrient concentration. *Agron J* 2004;96:986-991.
- Martin EC, Slack DC, Tanksley KA, Basso B. Effects of fresh and composted dairy manure applications on alfalfa yield and the environment in Arizona. *Agron J* 2006;98:80-84.
- Kelling KA, Schmitt MA. Applying manure to alfalfa: Pros, cons and recommendations for three application strategies. *College Agric Life Sci, Univ. Wisconsin, Madison. Res Rep* 346. 2003.
- Hernández-Garay A, Pérez JP. Determinación del estado fisiológico óptimo de corte de alfalfa [resumen]. Congreso Nacional de Manejo de Pastizales. 1998:32.
- Velasco ZME, Hernández-Garay A, Gonzalez VA, Pérez J, Vaquera H, Galvis A. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Téc Pecu Mex* 2001;39:1-14.
- Santamaría-Cesar J, Figuerola-Viramontes R, Medina-Morales M. Productividad de la alfalfa en condiciones de salinidad en el distrito de riego 017, Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 2004;22:343-349.
- James DW, Hurst CJ, Tindall TA. Alfalfa cultivar responses to phosphorus and potassium deficiency: Elemental composition of the herbage. *J Plant Nutr* 1995;18(11):2447-2464.
- Lanyon LE, Griffith WK. Nutrition and fertilizer use. In: Hanson AA, Barnes DK, Hill RR editors. Alfalfa and alfalfa improvement. *Agron Monogr* 29. Madison, WI, USA: ASA, CSSA, and SSSA, 1988:333-372.
- Hannaway DB, Shuler PE. Nitrogen fertilization in alfalfa production. *J Prod Agric* 1993;6:80-85.
- Lory J, Kallenbach R, Roberts C. Managing manure on alfalfa hay. MU Guide G 4555. Univ. of Missouri-Columbia Ext. Serv., Columbia, USA. 2000.
- Bodet JM, Hacala S, Aubert C, Texer C. Fertilizer avec les engrais de ferme. Institut de l'Élevage, ITAVI, ITCF, and ITP, Paris. 2001.