

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



Variación en el contenido de nutrientes
en Alfalfa (*Medicago sativa*) cosechada a
diferente edad de rebrote y época del año.

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

ESTELA MONTOYA BUENROSTRO

DIRECTOR DE TESIS

DR. MIGUEL CERVANTES RAMIREZ

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

MAYO, 2011

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar las variaciones en la calidad nutricional de alfalfa producida en el valle de Mexicali, en distinto estado de madurez y estación del año durante el ciclo 2009-2010. Se seleccionó un predio cultivado con alfalfa, con suelo medio, ubicado en el lote 162 del Ejido Nuevo León, en el cual la alfalfa tenía un año de establecida en el predio. No se pudo muestrear en la estación de verano en el mismo predio; para lo cual se recurrió a otro predio con manejo agronómico similar, el cual arrojó las muestras del mes de julio. La toma de muestras de forraje se realizó a lo largo de su desarrollo fenológico partiendo de la fecha de cosecha anterior, aproximadamente cada 8 a 10 días, hasta un día antes del cosecha posterior. El propósito de este muestreo consistió en estimar la producción de materia seca por hectárea, así como fracciones fibrosas (FDN y FDA) y proteína cruda (PC). Los resultados muestran que el contenido de nutrientes del forraje de alfalfa producido en el Valle de Mexicali es muy variable dependiendo de la época del año en que se produce. En los meses más cálidos la madurez se alcanza rápidamente y la calidad del forraje desciende de forma más apresurada. La calidad y la producción de MS son inversamente proporcionales, a medida que aumenta la producción la calidad disminuye. Este estudio permite predecir el comportamiento de la alfalfa durante cada estación, favoreciendo la calendarización de la cosecha en base a la edad en días del rebrote y con ello lograr el equilibrio entre una buena producción con excelente calidad de forraje.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| CONTENIDO..... | 2 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 7 |
| 2.1. ALFALFA..... | 7 |
| 2.1.1 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FORRAJE..... | 8 |
| 2.1.1.1 FENOLOGÍA..... | 9 |
| 2.1.1.2 EDAD AL CORTE..... | 11 |
| 2.1.1.2.1 Efecto de la madurez de la planta sobre la producción..... | 12 |
| 2.1.1.2.2 Efecto de la madurez de la planta sobre la calidad | 14 |
| 2.1.1.3 ESTACIONALIDAD | 14 |
| 2.1.1.3.1 Efecto de la Estación de año y el ambiente sobre la calendarización del corte. 15 | |
| 2.1.2 INDICADORES DE CALIDAD DEL FORRAJE | 16 |
| 2.1.2.1 RELACIÓN HOJA:TALLO | 17 |
| 2.1.2.2 FIBRA (FDN y FDA) | 18 |
| 2.1.2.3 PROTEÍNA CRUDA | 19 |
| 2.1.2.4 GRASA..... | 20 |
| 2.1.2.5 MINERALES..... | 20 |
| 2.1.3 COMPENSACIÓN PRODUCCIÓN CALIDAD..... | 21 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 3. HIPÓTESIS..... | 22 |
| 4. OBJETIVO..... | 22 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS | 23 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 26 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 39 |
| 8. LITERATURA CITADA | 40 |

1. INTRODUCCIÓN

En el valle de Mexicali se cultivan alrededor de 29,907 ha de alfalfa, las cuales producen alrededor de 2'156,773 toneladas anualmente (INEGI, 2008). El mercado principal para esta producción son las ganaderías lecheras del estado y, en menor porcentaje, algunas engordas de bovino del valle de Mexicali y establos de otros estados del país. Adicionalmente, el interés por el forraje local se ha extendido a los Estados Unidos hacia donde actualmente se exporta, parcialmente gracias a su buena calidad nutricional (Cervantes et al., 2008).

La producción y eficiencia productiva del ganado lechero depende directamente de la calidad del alimento consumido, del cual el forraje de alfalfa constituye entre el 40 y 90%, considerando el nivel de producción de las vacas. El conocimiento de la calidad nutricional de la alfalfa por parte de los ganaderos es esencial para la formulación precisa de las dietas de los animales. Asimismo, el conocimiento de esta información por parte de los agricultores ofrece la oportunidad de crear algún mecanismo que los estimule a mejorar la calidad nutricional de este forraje.

La calidad nutricional del heno de alfalfa está en función de la interacción de diversos factores, destacando principalmente la madurez de la planta y/o rebrote, la proporción hoja:tallo, el manejo post-cosecha (corte y empaque) y la presencia de maleza; algunos autores también incluyen a la radiación solar entre estos factores (Guerrero et al., 2005). La madurez está estrecha e indirectamente relacionada con el valor nutricional de la alfalfa. Desde el punto de vista nutricional, el mejor momento para realizar el corte es antes de que la planta inicie la floración. Sin embargo, esto no

es deseable para los agricultores puesto que en ese momento aún no se alcance el rendimiento máximo de materia seca por hectárea.

La calidad nutricional de los forrajes se puede determinar de varias maneras; una de ellas es el análisis en laboratorio del contenido de nutrientes, principalmente de proteína cruda (PC), fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA) energía y fósforo. La composición de nutrientes es un buen indicador de su calidad nutricional; sin embargo, esta debe validarse con estudios de digestión y comportamiento productivo en animales.

La composición nutricional del heno de alfalfa producido en el valle de Mexicali es extremadamente variable. En un estudio reciente realizado en este instituto, con la participación de los integrantes del Sistema Producto Alfalfa, del año 2006 al 2007 (Cervantes et al., 2008), se encontró una variación muy elevada en el contenido de proteína cruda (PC) y fracciones fibrosas (FDN y FDA) entre predios de alfalfa, aún dentro de la misma época del año y tipo de suelo en que se produce. También, se encontró que la digestibilidad ruminal de nutrientes fue mejor en el heno de alfalfa producida durante los meses de abril a junio (Rosales et al., 2008). Además, el contenido de PC del forraje en la mayoría de los predios evaluados fue elevado y superior a la media publicada en la literatura. En general, los datos de este estudio muestran que el valor nutricional del alfalfa es muy variable entre lotes o entre productores, dependiendo principalmente del tipo de suelo y la época del año en que se produce el alfalfa. Por tanto, para asegurar que el ganadero obtenga un forraje con la calidad nutricional que necesita y el agricultor reciba un pago razonable por lo que vende, se hace necesario diseñar un sistema de clasificación del heno de alfalfa que

considere todos los factores que provocan esas variaciones, con clases o rangos bien definidos, verificables en laboratorio, observables a nivel de campo y validadas en estudios de digestión con los animales. Es importante enfatizar que esta clasificación sería de poca utilidad si no se acompaña de elementos que el productor pueda medir de forma práctica en campo sin la necesidad de un largo y costoso análisis de laboratorio, y que funcionen como indicadores para predecir la calidad nutricional del heno de alfalfa.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ALFALFA

Restos de alfalfa de más de 6,000 años de antigüedad fueron encontrados en Irán. Los escritos más antiguos sobre la alfalfa son de Turquía, que data 1,300 a. C. La alfalfa fue probablemente domesticada cerca de Turkmenistán, Irán, Turquía, el Cáucaso, y otras regiones de Asia Menor; y fue importante a principios de culturas de Babilonia, y los persas, griegos y romanos para la alimentación de los caballos utilizados en la guerra (D'Attellis, 2005).

La alfalfa es un cultivo perenne, lo que significa que crecerá durante varios años después de la siembra, que se realiza en la primavera o el otoño. Se siembra en el norte y centro de México, con la excepción de una pequeña área en los valles centrales de Oaxaca en el sur de México (Amendola et al., 2005).

La alfalfa ha sido el forraje tradicional usado por los lecheros de México y es empleada para corte y acarreo o para heno; por lo tanto no es sorprendente que el área sembrada haya evolucionado siguiendo las fluctuaciones del precio de la leche (Amendola et al., 2005).

El contenido promedio de MS del forraje de alfalfa en experimentos es de 21.9 ± 0.6 por ciento, mientras que Guerrero y Winans (1997) informaron que el heno de alfalfa contiene aproximadamente 83 por ciento de MS. Estimaciones de SIAP (2004) para el período 1990-2002 promedian rendimientos de alfalfa de 72 y 14 toneladas por hectárea como forraje fresco y heno respectivamente. Considerando estos contenidos

de MS, los rendimientos comerciales de alfalfa serían de 15.8 toneladas por hectárea por año con un 28 por ciento de pérdidas en el campo al hacer el heno.

La producción de semilla de alfalfa es inadecuada para satisfacer la demanda por lo tanto, la mayoría de la semilla es importada de Estados Unidos de América. Debido a los inviernos benignos y a la importancia de la producción forrajera invernal, los cultivares usados no tienen dormancia o tienen semidormancia (Amendola et al., 2005).

2.1.1 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FORRAJE

La calidad del forraje se define como el potencial de producir una respuesta deseada de los animales de un determinado consumo de forraje (Robinson et al., 2007). La respuesta de los animales se puede medir como la producción de leche, el crecimiento de los animales, carne o producción de lana y/o la salud en general. Sin embargo, la calidad del forraje no es una característica intrínseca de una planta (Robinson et al., 2007). La definición y la optimización de la calidad del forraje dependen de la especie y la clase de animales, etapa de la vida, y la mezcla de otros alimentos en la ración (Robinson et al., 2007). Por lo tanto, la calidad del forraje óptimo es una función de ambos factores de animales y plantas.

También hay aspectos físicos que afectan la calidad del forraje (por ejemplo, longitud de la fibra, humedad), cuestiones olfativas (por ejemplo, olor, polvo, químicos atractivos que fomenten la absorción), y contaminantes (por ejemplo, malezas tóxicas,

la suciedad, el moho, los insectos tóxicos) que afectan a la palatabilidad, el consumo, y por lo tanto la calidad general (Robinson et al., 2007).

2.1.1.1 FENOLOGÍA

El estado fenológico o de madurez de la planta es el factor más importante a tener en cuenta en el momento del corte para producir forraje de alta calidad, ya que expresa el efecto acumulado que el medio ambiente y el genotipo tienen sobre la planta (Marten et al., 1988).

El desarrollo fenológico de la alfalfa puede caracterizarse de varias formas. En términos generales se habla de cuatro estados: vegetativo, prefloración (botón floral), floración y semilla, aunque existen escalas que incluyen también estados intermedio (Juan et al., 1995).

Numerosos trabajos han demostrado los cambios que se producen en la composición química de la alfalfa asociados a cambios en el estado de madurez (Barnes y Gordon, 1972; Kalu y Fick, 1983; Fick y Onstad, 1988; Collins, 1990). En estados maduros la alfalfa es menos digestible y posee un la respuesta productiva del animal es inferior que en estados inmaduros, cambios que están asociados a una declinación en el contenido de PC y un incremento en fibras y lignina (Undersander et al., 1991; Holland and Kezar, 1990).

Kalu y Fick (1981 y 1983) observaron una disminución promedio de la DMS de 4 % por cada unidad que disminuía el estado de madurez según su escala. Berger et al. (1985) mencionan una disminución diaria de 0,3 % en DMS y de 0,2 % en PC durante crecimientos de primavera.

La disminución en calidad es generalmente más rápida en verano que en primavera debido a una aceleración del desarrollo fenológico y a mayores pérdidas de carbohidratos no estructurales por respiración (Sanderson et al., 1988; Smith, 1969; Van Soest et al., 1978)

La relación que existe entre madurez y valor nutritivo con el rendimiento de materia seca de la alfalfa también ha sido claramente demostrada por numerosas investigaciones. Por ejemplo, a medida que se pospone el corte de la alfalfa hasta el estado de floración el rendimiento por hectárea aumenta linealmente debido principalmente al incremento en el peso de la fracción tallo, pero esto va asociado a una disminución en la relación hoja/tallo y a cambios en la composición química que determinan un menor valor nutritivo (Sheaffer et al., 1988). A partir del estado de floración el valor nutritivo sigue declinando, y el rendimiento también comienza a disminuir debido a la caída de las hojas basales (Fuess et al., 1968; Buxton et al., 1985). Por otro lado, cortes en estados muy inmaduros (vegetativo, prebotón floral) producen forraje de alta calidad, pero pueden comprometer la sobrevivencia del cultivo por no permitir suficiente acumulación de reservas en las raíces (Bath y Marble 1975)

Algunos estudios (Fick y Holthausen 1975; Buxton et al., 1985; Buxton y Hofinstein 1986; Sanderson et al., 1988) han mostrado que el porcentaje de hojas en peso seco puede llegar al 70 % en estado de prebotón floral, y disminuir hasta un 30 % en estado de semilla. Así como que esta disminución de la relación hoja:tallo con el avance de la madurez tiene un alto impacto sobre el valor nutritivo de la alfalfa, ya que las hojas son más digestibles y tienen un contenido de proteína dos a tres veces mayor

que los tallos, aún en estados inmaduros, y su calidad se deteriora mucho más lentamente con la madurez que la de los tallos (Ball et al. 2001)

No existe un estado de madurez óptimo para cortar la alfalfa, sino que éste dependerá del objetivo de producción al que se destina el forraje y de los requerimientos de los animales. Por lo común se trata de alcanzar un equilibrio entre el rendimiento de materia seca y su valor nutritivo, relación que se expresa como el rendimiento de nutrientes por unidad de superficie.

En términos generales, el punto de mayor rendimiento de nutrientes/ha para la alfalfa se ubica entre principios y mediados de floración. No obstante, ésta no es una regla fija ya que, por ejemplo, en condiciones que favorecen la caída de hojas (zonas húmedas y/o variedades sin resistencia que favorecen el desarrollo de enfermedades foliares) es necesario hacer cortes más tempranos que en condiciones que favorecen la retención de las hojas (regiones más secas y/o alfalfas resistentes) para lograr una calidad similar (Juan et al., 1995)

2.1.1.2 EDAD AL CORTE

La etapa de madurez en la cosecha es el factor más importante para determinar la calidad del forraje de una especie determinada. La calidad del forraje de alfalfa disminuye conforme avance de la madurez del mismo. La digestibilidad del forraje las 2 o 3 primeras semanas de edad es superior al 80%. Esta disminuye en 0.5% por día hasta alcanzar un nivel por debajo del 50% (Orloff y Putnam, 2008).

No solo la digestibilidad se ve afectada, ya que la edad al corte influye también en el consumo de forraje. Pues las plantas adultas se vuelven más fibrosas, con lo cual disminuye el consumo drásticamente (Orloff y Putnam, 2008)

Numerosos estudios han demostrado el efecto de la edad al corte sobre el consumo y la digestibilidad de MS en diversas especies forrajeras. El consumo potencial disminuye y FDN aumenta la concentración de plantas con la edad. Además, la velocidad a la que la fibra se digiere disminuye conforme la planta madura. Por lo tanto, la digestibilidad decrece drásticamente conforme el forraje madura (Barnes y Gordon, 1972; Kalu y Fick, 1983; Fick y Onstad, 1988; Marten et al., 1988; Collins, 1990)

La etapa de madurez en la cosecha es el factor más importante que determina la calidad del forraje de una especie determinada (Figura 1). La calidad del forraje disminuye conforme avanza su madurez. Por ejemplo, los pastos tienen una digestibilidad superior al 80% durante los primeros 2 a 3 semanas después del inicio del crecimiento, la cual disminuye en 1/3 a 1/2 puntos porcentuales por día hasta llegar a un nivel por debajo del 50%, (Ball et al., 2001). Las plantas maduras se hacen más fibrosas, y el consumo de forraje disminuye drásticamente con el incremento en la concentración de FDN, debido a que ésta es más difícil de digerir que los componentes no fibrosos del forraje (Sanderson et al., 1988; DePeters, 1993; Lacefield, 2004).

2.1.1.2.1 Efecto de la madurez de la planta sobre la producción

La producción de alfalfa por corte aumenta conforme madura la planta en el periodo de crecimiento y el incremento entre intervalos de cortes. La producción puede

llegar a ser el doble si la alfalfa es cosechada entre prefloración y estado de floración completa; y en teoría, se alcanza mayor producción cuando se llega a la floración; sin embargo como resultado de la pérdida y vejez de las hojas se pierde una porción de la planta, por lo cual la máxima producción se alcanza alrededor del 50% de floración o un poco después de esta (Orloff y Putnam, 2008).

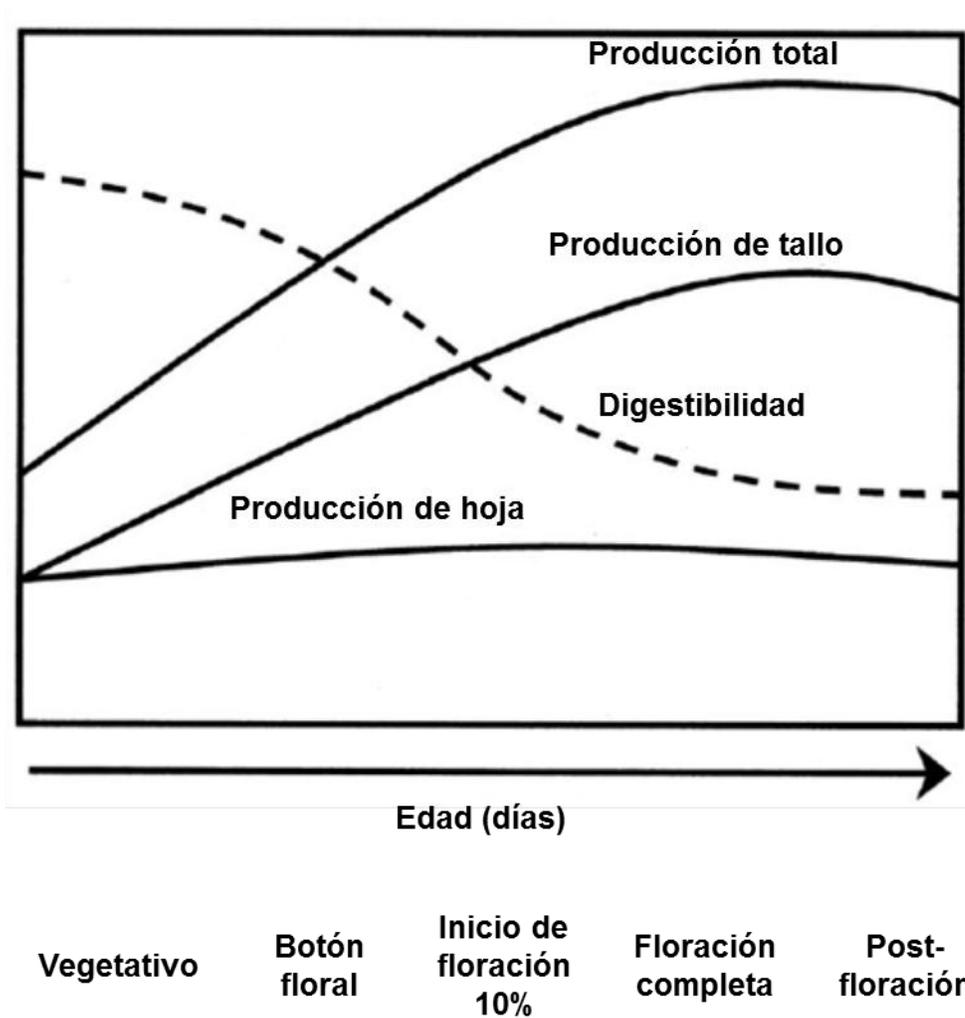


Figura 1. Relación producción calidad. Adapt. Lacefield, 2004

2.1.1.2.2 Efecto de la madurez de la planta sobre la calidad

En contraste con la producción, la calidad del forraje y la digestibilidad declina dramáticamente con el avance de la madurez de la planta. Existen dos razones principales, la primera conforme crece la planta de alfalfa la proporción de hoja:tallo (como un porcentaje de materia seca) decrece rápidamente. Durante los estados vegetativos el peso de la hoja puede estar por arriba del 70% de la producción. Sin embargo conforme la planta crece el tallo continua creciendo, cuando la hoja pierde biomasa, declina de 40-45% de la cosecha a la mitad de la floración (Orloff y Putnam, 2008). Dado que la hoja es de mayor calidad que el tallo la calidad se pierde. La calidad de la hoja varía muy poco con la madurez de la planta, pero aumenta rápidamente la parte fibrosa del tallo, especialmente parte indigestible, lignina (Ball et al., 2001).

La combinación entre la caída de la hoja y el incremento de la fibra en el tallo afecta drásticamente la calidad conforme madura la planta. Estos cambios morfológicos causan un efecto negativo sobre la calidad del forraje durante su crecimiento, por lo tanto entender esos cambios es importante para la calendarización de cortes (ball et al., 2001).

2.1.1.3 ESTACIONALIDAD

Las plantas que crecen a altas temperaturas generalmente producen forraje de menor calidad que las plantas que crecen en temperaturas frías, en consecuencia, el forraje de cualquier especie tiende a ser de menor en calidad si se producen en una región cálida en lugar de una región fría, debido a que las plantas de climas cálidos

producen con mayor eficiencia forraje con lo que las hojas acumulan mayor cantidad de lignina y tejidos poco digestibles (Ball et al., 2001).

La distribución estacional de los rendimientos es un factor capital en el manejo de los sistemas lecheros donde se usa la alfalfa; ya que alrededor del 60 por ciento del crecimiento tiene lugar en primavera y verano y 40 por ciento durante otoño e invierno (Orloff y Putnam, 2008)

La frecuencia de corte de la alfalfa en Mexicali es alta, normalmente se realizan de 9 a 11 cortes por año, lo cual explica: i) la alta calidad del forraje y ii) la baja persistencia de la población de plantas (Amendola et al., 2005). En estudios previos realizados en el Instituto de Ciencias Agrícolas, UABC (Cervantes et al., 2008) se encontró que los valores de PC fueron altos comparados con aquellos de las alfalfas cosechadas menos frecuentemente en los Estados Unidos de América (NRC, 1989). En Mexicali, los contenidos de proteína cruda y energía en la alfalfa son mayores durante el otoño y el invierno, y menores durante el verano y la primavera (Cervantes et al., 2008).

2.1.1.3.1 Efecto de la Estación de año y el ambiente sobre la calendarización del corte.

Para realizar el corte de la alfalfa en el momento óptimo se debe tomar en cuenta la localidad o punto geográfico en el que se encuentre; la estación del año; la madurez de la planta y la hora del día a la cual se realice (Ackerly, 2001). Los cambios en concentraciones de FDA, FDN y PC son mucho más rápidos y notables en los meses de verano que en primavera u otoño. Estudios de Orloff y Putnam (2006)

muestran un incremento del 0.3% por día de FDN y FDA en meses de primavera, cuando en verano el incremento fue de 0.6%. Lo mismo ocurrió con el descenso en el porcentaje de PC (Ackerly, 2001).

El efecto de la estación del año radica principalmente en los cambios de temperatura, fotoperiodo y radiación solar, demostrando que la calidad del forraje cae con los días más cálidos (DePeters, 1993).

Para los productores de alfalfa es difícil producir forraje de buena calidad en verano. Aun cuando se coseche en la misma edad fenológica de la planta que en primavera u otoño, ya que esta alfalfa tendrá mayor digestibilidad que la cosechada en verano; la baja calidad del forraje de verano se debe a la rápida acumulación de fibra y lignina así como la baja relación hoja:tallo (Ball et al., 2001).

2.1.2 INDICADORES DE CALIDAD DEL FORRAJE

La calidad del forraje es multifacética, es siempre una mezcla compleja de características nutricionales. Por ejemplo, la PC es importante, pero muchos nutriólogos también se interesan en la disponibilidad (es decir, el alcance y la velocidad de la digestión) de la PC en el rumen; en este sentido, la PC de algunas plantas podría ser degradada rápidamente y el nitrógeno mal utilizado por los microorganismos del rumen. Además, el heno dañado por calor o con moho, gran parte de la PC puede ser indigestible para los rumiantes, y por lo tanto de poco valor nutricional (Robinson et al., 2007).

En la mayoría de los casos, la consideración primordial de la calidad del forraje es su energía potencial por unidad de forraje peso seco. Desafortunadamente, la energía biológica total en los alimentos no se puede medir directamente en análisis de rutina, ya que es una función tanto del forraje y los animales, pero se predice mediante una relación lineal con una medida de FDN en alfalfa (Robinson et al., 2007).

2.1.2.1 RELACIÓN HOJA:TALLO

A pesar de que un campo de alfalfa puede aparecer como una masa uniforme, la cosecha se compone de tallos, hojas, flores y pecíolos, y cada parte se diferencia en su valor nutricional. Los más abundantes, en peso, son los tallos y las hojas. Las hojas son mucho más digestibles y menos fibrosas que los tallos, y puede tener 2 a 3 veces más PC que los tallos (Robinson et al., 2007). Las hojas no acumulan fibra y ni lignina en la misma medida que los tallos conforme la planta crece y se desarrolla. Por lo tanto, el peso relativo de las hojas y tallos es un importante determinante visual de la calidad de la alfalfa. El porcentaje de hojas que van de 55 a 65% en alfalfa de muy alta calidad a 35 a un 45% en alfalfa de baja calidad (Robinson et al., 2007).

Las hojas son de mayor calidad que los tallos. Durante la maduración del forraje ocurre una reducción en la relación hoja:tallo lo que causa una disminución en la calidad del forraje, además de la pérdida de hojas que ocurre durante el proceso de henificado. En general, los tallos de alfalfa tienen menos de 10% de PC en comparación del 24% que contienen las hojas, a la vez que los tallos contienen más fibra que las hojas; además, la planta madura se considera de menor calidad, ya que el tejido adulto es más fibroso que el tejido joven (Ball et al., 2001).

2.1.2.2 FIBRA (FDN y FDA)

Los análisis de fibra detergente neutra (FDN) miden el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y cutina que forman parte de la fracción de la pared celular (la digestión lenta y digerible, componentes), y se consideran como una estimación de las fracciones estructurales de pared celular de las plantas ; lo cual se define como el residuo después de 1 hora de cocción en una solución de detergente neutro; y habitualmente oscila entre 30 a 50% en el heno de alfalfa seca (Robinson et al., 2007).

El nivel de FDN del forraje no solamente representa su capacidad para promover los procesos digestivos, sino también para limitar el consumo de energía, por lo que tiene una influencia negativa sobre comportamiento; así como el tiempo de retención de fibra en el rumen depende del tamaño inicial de partícula de fibra, la tasa de reducción del tamaño de partícula (masticación, rumiadura), la densidad de la partícula, y la tasa de digestión (Zinn, 2010).

Se considera que la digestibilidad de FDN ayuda a predecir factores como “tiempo y consumo” para cultivos forrajeros, y esto puede ser utilizado en programas de balanceo de raciones. De esta forma, se deberá considerar que la digestibilidad de FDN en rumen puede limitar el consumo de alimento, y modificar su tasa de pasaje y consumo de alimento (Putnam, 2006). El contenido de FDN en el heno de alfalfa puede ser más valioso que el contenido de energía o proteína cuando la proporción de inclusión de forrajes en la ración es baja, dada su relación negativa con la energía y el consumo; sin embargo el contenido de proteína será más valioso cuando los suplementos proteicos eleven su costo y viceversa (Mertens, 2000; Putnam, 2006).

La fibra detergente ácido (FDA) es una sub-fracción de la FDN, que incluye el contenido de celulosa, lignina y cutina, esta es la fracción más lentamente digestibles e indigestible de la pared celular; lo cual se FDA se define como el residuo después de 1 hora de ebullición con una solución de detergente ácido (Robinson et al., 2007) Como FDA es un sub-fracción de FDN, la concentración de FDA es siempre menor, de entre 22 y 37% de la MS en heno de alfalfa.

La lignina es una parte de la FDN y FDA esencialmente indigestible, que a menudo bloquea la digestión de la hemicelulosa y celulosa a la que está ligada químicamente (Robinson et al., 2007).

2.1.2.3 PROTEÍNA CRUDA

La proteína es un nutriente clave a considerar en la formulación de las dietas para animales. Normalmente, las plantas de alfalfa mantienen un rango del 17 al 26% de PC en base a su contenido de MS, por lo que ese considera una fuente importante de PC para el ganado; sin embargo, la cantidad de PC digerida en el rumen de la alfalfa es demasiado alta, y puede ser un problema debido a la excreción urinaria de nitrógeno ureico, hecho que es una preocupación ambiental (Robinson et al., 2007).

La proteína de la alfalfa es expresada como PC, y se calcula como el porcentaje de nitrógeno por 6.25 lo que refleja el contenido de nitrógeno promedio de proteína de la alfalfa; misma que por sí sola es insuficiente para predecir el rendimiento de los animales, por lo que las mediciones de la PC digestible en el rumen es útil para evaluar el valor nutricional de la misma (Robinson et al., 2007).

Los microbios del rumen pueden convertir nitrógeno no proteico a proteína microbiana, que puede ser utilizada por el animal. Animales de alto rendimiento, especialmente las vacas lecheras, necesitan mayor cantidad de proteína que se absorbe en intestino, misma que puede ser producida por la flora ruminal (Ball et al., 2001).

La relación entre fibra y PC es relativamente débil. Aunque fibra y proteína están correlacionadas, no están tan altamente correlacionadas de forma que la medida de una pueda predecir adecuadamente la otra (Putnam, 2006)

2.1.2.4 GRASA

El contenido de grasa de las plantas de alfalfa es principalmente en la porción de la membrana celular de la célula y es normalmente bajo, con un promedio de 1,5% de la MS como extracto etéreo (EE) en el heno de alfalfa (Robinson et al., 2007). Sin embargo EE rara vez se mide en heno de alfalfa porque hay poca presencia de triglicéridos, y con el disolvente orgánico (por ejemplo, éter de petróleo o éter dietílico) también se miden extractos de clorofila, ceras, aceites volátiles y resinas, que no son contenido de energía (Robinson et al., 2007).

2.1.2.5 MINERALES

El contenido mineral de la alfalfa se determina por una medida de cenizas y puede ser alta, que van desde 6 a 15% de la MS del tejido de la planta (Robinson et al., 2007). Ceniza es una medida total de minerales inorgánicos en el forraje, así como la contaminación del suelo. Las cenizas pueden contener minerales a partir de

compuestos orgánicos, por ejemplo P a partir del ácido fítico. Minerales específicos, como P, K, S, Mg, Ca, S, Se y Mn, a menudo se miden por separado, al igual que los micronutrientes Mo, Se y Mn (Robinson et al., 2007)

2.1.3 COMPENSACIÓN PRODUCCIÓN CALIDAD

La decisión de cuando cortar la alfalfa es una difícil decisión de manejo. La producción de alfalfa y la calidad del forraje siempre están inversamente relacionadas en el ciclo de crecimiento. Alfalfas cosechadas en un estado de madurez temprana resultan con una baja producción pero alta calidad; a diferencia de una alfalfa madura, que arroja una alta producción y baja calidad del forraje, de aquí la gran importancia de la calendarización del corte de la alfalfa (Orloff y Putnam, 2006).

Además de la compensación entre producción y calidad dentro de un periodo de crecimiento, el número de cortes al año, influyen en la producción anual y el costo de la misma. Por otro lado tenemos que una alfalfa cosechada a un estado de madurez joven acorta la vida útil de la planta e incrementa la invasión en húmedo de la misma deteriorando la salud por la frecuencia de corte (Orloff y Putnam, 2006).

3. HIPÓTESIS

Las alfalfas producidas en el valle de Mexicali poseen un valor nutricional muy variable, debida a las distintas estaciones del año, lo cual crea la necesidad de clasificarlas con base en esos valores.

4. OBJETIVO

Analizar el crecimiento y contenido de nutrientes en plantas de alfalfa a diferentes edades o estados de madurez del rebrote; y correlacionar su madurez con la producción y contenido de nutrientes.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio para evaluar las variaciones en la calidad nutricional de alfalfa producida en el valle de Mexicali, en distinto estado de madurez y estación del año durante el ciclo 2009-2010. Con la colaboración de los dirigentes del Sistema Producto Alfalfa de Baja California, se seleccionó un predio cultivado con alfalfa (lote 162 del Ejido Nuevo León), con suelo medio, considerando que este es el más utilizado para este cultivo en el Valle de Mexicali. La alfalfa tenía un año de establecida en el predio, lo cual permitía una amplia cobertura, solo disminuida por el gradiente salino. Siendo el segundo año de establecimiento no se encontró maleza lo que permitió un desarrollo ideal de la planta. Dicho predio se dividió en 6 franjas determinadas por el gradiente salino, de aproximadamente 100m de largo por 45 de ancho (Figura 2). Esto facilitó igual manejo agronómico a todas las repeticiones, así como labores de muestreo y calendarización de cosechas. A causa del terremoto ocurrido el 4 de abril del 2010, no se pudo muestrear en la estación de verano en el mismo predio; para lo cual se recurrió a otro predio con manejo agronómico similar, mismo que se dividió en 4 franjas de gradiente salino. Este predio nos arrojó las muestras del mes de julio.

La toma de muestras de forraje se realizó a lo largo de su desarrollo fenológico partiendo de la fecha de cosecha anterior, aproximadamente cada 8 a 10 días (determinado por la posibilidad de entrar al predio por el momento de riego, lluvias y/o humedad) hasta un día antes de la cosecha posterior. Se colectaron muestras de forraje fresco directamente del predio utilizando un aro de 0.1 m² de área. Este aro se lanzó 3 veces en cada franja, en cada lanzamiento se midió altura del forraje a partir del suelo

en los 3 puntos de cada lanzamiento de aro, se cortó el forraje, se pesó y se almacenó en bolsas de papel para su traslado al laboratorio. El propósito de este muestreo consistió en estimar la producción de materia seca por hectárea, así como fracciones fibrosas (FDN y FDA) y proteína cruda (PC).

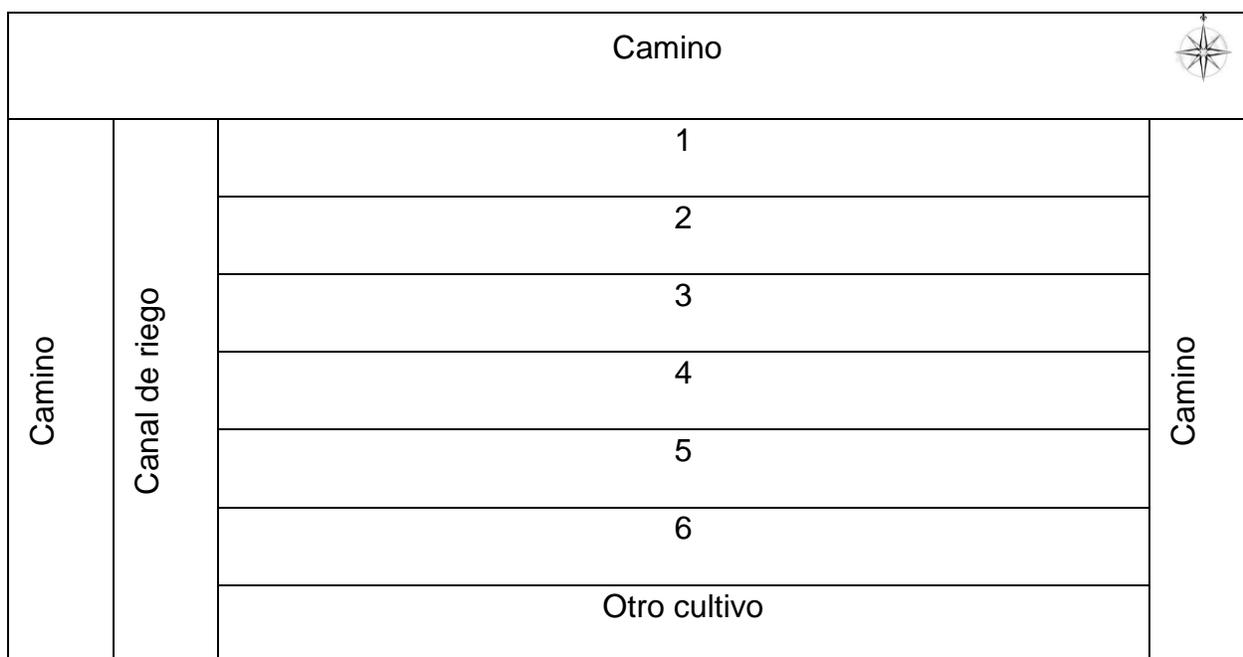


Figura 2. Croquis de lote 162 del Ejido Nuevo León, predio muestreado de octubre 2009 a Marzo 2010

Las muestras de forraje de cada bolsa se separaron en dos fracciones, las cuales se secaron a peso constante (55° C) en estufa de aire forzado. Posteriormente, las plantas de una fracción se separaron en hojas y tallos, mientras que las plantas de la otra se conservaron completas. Se conservaron separadas en bolsas de plástico las muestras de hojas, tallos y plantas completas. Todas las muestras se molieron en un

molino tipo Wiley, utilizando una malla de 1 mm. Las muestras del forraje se analizaron en el laboratorio de nutrición animal del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California. Se analizó el contenido de materia seca y proteína cruda (Método 990.03; AOAC, 2006) y las fracciones fibrosas solubles en detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) de acuerdo con Goering y Van Soest (1970). Además, se separaron las hojas de los tallos y se pesaron para determinar, con base en peso, la relación hoja tallo por unidad de superficie.

Los datos del estudio se analizaron de la manera siguiente: primero se realizaron análisis de correlación múltiple para determinar el grado de asociación entre las variables de calidad nutricional del forraje con estado de madurez y altura; segundo, se realizaron análisis de regresión para construir el modelo que mejor prediga y explique la relación entre las variables de calidad del forraje y los factores que la afectan.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de composición y producción de MS obtenidos en los meses de octubre y noviembre, en relación con la edad del rebrote. La producción de MS (ton/ha) y la altura (cm) de la planta se incrementó linealmente ($P < 0.001$) a medida que se incrementó la edad del rebrote, desde el día 10 al 50. La producción máxima obtenida a los 50 días de edad del rebrote fue de 1.70 ton, cuando la planta tenía una altura de 41.4 cm. Sin embargo, los contenidos de FDA, FDN y PC no se afectaron por la edad del rebrote ($P > 0.10$). Estos resultados hacen difícil predecir el comportamiento de la composición del forraje durante este periodo, lo cual puede ser atribuido a la poca variación en la temperatura y el fotoperiodo en esas fechas. Teniendo en cuenta que el desarrollo fenológico de la planta está altamente relacionado con estos factores (DePeters, 1993). Estos datos son semejantes a los publicados por Barnes y Gordon (1972), Kalu y Fick (1983), Fick y Onstad (1988), y Marten et al. (1988), Collins (1990).

En el Cuadro 2 se muestra la producción y composición química del periodo de enero a febrero en relación con la edad del rebrote. En este cuadro se observa un aumento continuo ($P < 0.001$) de la fracción fibrosa (% FDN y FDA) y una disminución de PC (%) a medida que aumenta la edad del rebrote (días), desde el día 14 al 34. El porcentaje de FDN incrementa de 36.9 a 44.0%, similar al resultado de FDA que incrementa de 21.2 a 27.3% en el mismo periodo. El porcentaje de PC inició en 30.0% para el día 14 y terminó en 23.2%, perdiendo más de 6 puntos porcentuales en el transcurso de 20 días de desarrollo. Lo cual coincide con lo descrito por Barnes y

Gordon (1972), Kalu y Fick (1983), Fick y Onstad (1988), y Marten et al. (1988), Collins (1990). quienes describen una pérdida lineal de la calidad conforme aumenta el estado de madurez de la planta.

Cuadro 1. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALFALFA
 PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE
 OCTUBRE A NOVIEMBRE DEL 2009

| Edad del rebrote, d | Prod MS ton/ha | Altura cm | Composición ² | | | |
|-------------------------|----------------|-----------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | | | FDN % | FDA % | PC % | |
| 10 | 0.29 | 18.8 | 42.8 | 24.3 | 25.3 | |
| 29 | 0.86 | 29.8 | 46.1 | 25.8 | 22.3 | |
| 36 | 1.29 | 36.9 | 43.6 | 31.3 | 25.6 | |
| 43 | 1.40 | 37.5 | 41.5 | 25.1 | 22.7 | |
| 50 | 1.70 | 41.4 | 45.3 | 26.2 | 25.8 | |
| Valor de P ¹ | L | 0.001 | 0.001 | 0.752 | 0.243 | 0.922 |
| | C | 0.001 | 0.001 | 0.868 | 0.063 | 0.051 |

¹Valor de P: L, valor de regresión lineal; C, valor de regresión cuadrática

²Composición: FDN, fibra soluble en solución detergente neutra; FDA, fibra soluble en solución detergente acida; PC, proteína cruda total.

Por otra parte la producción de MS (ton/ha) para el periodo de enero febrero incrementó hasta el día 29 alcanzando 1.6 ton/ha, donde inició su descenso hasta el día 34 donde terminó en 1.4 ton/ha, esta respuesta aun cuando no es significativa estadísticamente ($P > 0.10$), ha sido descrita en estudios anteriores (Fuess y Tesar, 1968; Buxton et al., 1985; Orloff y Putnam, 2004), atribuyendo esta caída en la producción a la pérdida de MS de las hojas por vejez y a la caída de las mismas.

El comportamiento general durante este periodo fue el esperado basado en el desarrollo fenológico de la planta, donde se incrementa el porcentaje de tallo (parte con mayor contenido de fibras) y disminuye la calidad de la hoja (parte con mayor contenido de PC), descrito en estudios anteriores (Ackerly, 2001; Orloff y Putnam, 2004; Ball et al., 2006).

Cuadro 2. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE ENERO A FEBRERO DE 2010

| Edad del rebrote, d | Prod MS ton/ha | Altura Cm | Composición | | | |
|-------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | | | FDN % | FDA % | PC % | |
| 14 | 1.30 | 26.2 | 37.0 | 21.2 | 30.0 | |
| 20 | 1.30 | 28.9 | 41.2 | 25.5 | 26.7 | |
| 29 | 1.60 | 30.8 | 43.4 | 28.2 | 24.1 | |
| 34 | 1.48 | 33.6 | 44.2 | 27.3 | 23.2 | |
| Valor de P ¹ | L | 0.169 | 0.021 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| | C | 0.370 | 0.073 | 0.003 | 0.001 | 0.001 |

¹Valor de P: L, valor de regresión lineal; C, valor de regresión cuadrática

²Composición: FDN, fibra soluble en solución detergente neutra; FDA, fibra soluble en solución detergente acida; PC, proteína cruda total.

En el Cuadro 2, se observa una estrecha relación significativa ($P < 0.001$) entre la edad del rebrote y el contenido de FDA ($r^2 = 0.580$), FDN ($r^2 = 0.398$) y PC ($r^2 = 0.796$). Las fracciones fibrosas se incrementan, inversamente proporcionales a la PC en relación con la edad del rebrote. Lo anterior se evidencia con las siguientes ecuaciones lineales:

$$FDA = 17.79 + 0.317(Edad, d)$$

$$FDN = 33.46 + 0.331(Edad, d)$$

$$PC = 34.47 - 0.344(Edad, d)$$

Estos resultados se explican por la sensibilidad de estos factores al fotoperiodo y los cambios climáticos descrito por DePeters (1993), en el cual describe como el aumento en la temperatura acelera el desarrollo de la planta, de la misma forma que el aumento en el fotoperiodo; dando como resultado un desarrollo más rápido de la alfalfa, donde los cambios son más notorios al paso de cada día.

Dentro del periodo de enero a febrero la edad ideal para el corte se encontró alrededor del día 30, momento en el cual se observó la mayor producción con menos pérdida de la calidad. Edad con una producción de MS de 1.60 ton/ha, FDA de 28.2% y 24% de PC, lo cual es mantiene un equilibrio entre producción y calidad.

En el Cuadro 3 se muestra la producción y composición química del periodo de febrero a marzo en relación con la edad del rebrote. En el que se observó un aumento constante ($P < 0.001$) de producción de MS (ton/ha) y altura (cm) disminución de PC (%) a medida que aumentó la edad del rebrote (días), desde el día 8 al 43. La producción de MS alcanzó un máximo de 2.84 ton/ha a los 43 días de la edad del rebrote, con una altura de 57.7cm y una PC de 20.5% en la misma fecha. Lo cual coincide con lo descrito por Barnes y Gordon (1972), Kalu y Fick (1983), Fick y Onstad (1988), Marten et al. (1988) y Collins (1990), quienes describen una pérdida lineal de la calidad

conforme aumenta el estado de madurez de la planta. Por su parte Ball et al. (2001) afirman que conforme incrementa la edad de la planta puede perderse hasta un 50% de la calidad. Aun cuando también para FDN y FDA se observa incremento numérico conforme aumenta la edad del rebrote, no existe significancia ($P>0.10$) del mismo.

Cuadro 3. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE FEBRERO A MARZO DEL 2010

| Edad del rebrote, d | Prod MS ton/ha | Altura cm | Composición | | | |
|-------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | | | FDN % | FDA % | PC % | |
| 8 | 0.50 | 10.3 | 46.4 | 31.3 | 26.4 | |
| 15 | 0.84 | 19.9 | 38.0 | 25.2 | 32.6 | |
| 24 | 1.40 | 27.6 | 38.4 | 27.3 | 29.9 | |
| 36 | 2.00 | 46.3 | 43.8 | 31.6 | 24.1 | |
| 43 | 2.84 | 57.7 | 44.9 | 29.0 | 20.8 | |
| Valor de P ¹ | L | 0.001 | 0.001 | 0.444 | 0.445 | 0.001 |
| | C | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.110 | 0.001 |

¹Valor de P: L, valor de regresión lineal; C, valor de regresión cuadrática

²Composición: FDN, fibra soluble en solución detergente neutra; FDA, fibra soluble en solución detergente acida; PC, proteína cruda total.

En el periodo de febrero a marzo (Cuadro 3) los cambios en el desarrollo fenológico de la planta fueron similares al periodo anterior, donde lo que varió levemente fue la edad de cada uno de los cambios, relacionado al incremento de calor durante los días de este periodo, lo cual aceleró el desarrollo fenológico de la planta, según DePeters (1993). Con ello se redujo la edad del rebrote para la alcanzar la

madurez y por tanto la edad óptima para el corte. Encontrando la mejor edad para el corte alrededor de los 25 días de edad del rebrote, con una reducción de 5 días con respecto al periodo anterior; esta respuesta era esperada debido al aumento en la temperatura y el fotoperiodo durante la época.

El análisis de regresión lineal para el periodo de febrero a marzo resulta altamente significativo ($P < 0.001$) para Prod MS ($r^2 = 0.842$) y PC ($r^2 = 0.463$) respondiendo a las siguientes ecuaciones:

$$ProdMS = -0.097 + 0.064(Edad, d)$$

$$PC = 32.55 - 0.230(Edad, d)$$

Durante el mes de julio la temperatura promedio para el Valle de Mexicali es de 40°C, lo cual provoca una dramática caída de la calidad del forraje a una edad temprana del rebrote (alrededor de los 15 días). Mientras que el desarrollo fenológico se acelera de igual forma que la producción de MS (Cuadro 4). Todo esto como resultado de los cambios climáticos (temperatura y fotoperiodo) propios de la época del año (DePeters, 1993).

En el Cuadro 4 se muestra la producción y composición química del periodo del mes de Julio en relación con la edad del rebrote. Se observó un aumento constante ($P < 0.001$) en la producción de MS (ton/ha), altura de la planta (cm) y fracción fibrosa (% FDN y FDA); así como disminución ($P < 0.001$) de PC (%) a medida que aumenta la edad del rebrote (días), desde el día 9 al 24. La producción de MS alcanzó un máximo a los 24 días de edad del rebrote con 2.56 ton/ha y una altura de 44.2 cm. El porcentaje de FDA se incrementó de 20.4 a 32.2% del día 9 al día 24, similar al resultado de FDN

que incrementa de 30.6 a 40.3% en el mismo periodo. Por su parte, el porcentaje de PC inició en 27.1% para el día 9 y terminó en 16.8%, perdiendo más de 10 puntos porcentuales en el transcurso de 15 días de desarrollo. Resultados que coinciden con estudios anteriores (Barnes y Gordon, 1972; Sheaffer et al., 1988; Fick y Mueller, 1989; Ackerly, 2001; Ball et al., 2001; Orloff y Putnam 2004).

Esta respuesta a la época del año se realizó una predicción más precisa, dado que la temperatura fue tal que aceleró drásticamente la velocidad de crecimiento de la planta; siendo así todas las variables medidas (Prod MS, Altura, FDN, FDA Y PC) resultaron altamente significativas ($P < 0.001$) en la regresión, de allí destacamos las siguientes ecuaciones:

$$ProdMS = -1.123 + 0.153(Edad, d) \quad r^2 = 0.928$$

$$FDA = 11.23 + 0.871(Edad, d) \quad r^2 = 0.722$$

$$FDN = 24.07 + 0.709(Edad, d) \quad r^2 = 0.648$$

$$PC = 32.13 - 0.709(Edad, d) \quad r^2 = 0.754$$

Cabe destacar que al acelerar el desarrollo fenológico de la planta la edad óptima para la cosecha disminuye considerablemente, oscilando entre los 15 y 20 días de edad.

Los resultados hasta ahora presentados reafirman lo descrito por Ball et al. (2001) quienes afirmaron que el incremento en la edad puede disminuir hasta un 50% la calidad del forraje, esta respuesta se obtuvo sin importar el periodo de muestreo.

Los resultados de producción de MS en este trabajo coinciden con el trabajo de Orloff y Putnam (2004) quienes observaron un incremento en la producción de MS a la par del incremento en el estado de madurez, así como la caída de la producción de MS por pérdida de hojas a estados muy maduros.

Cuadro 4. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE JULIO DEL 2010

| Edad del rebrote, d | Prod ton/ha | Altura cm | Composición | | |
|-------------------------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | FDN % | FDA % | PC % |
| 9 | 0.33 | 17.7 | 30.6 | 20.4 | 27.1 |
| 13 | 0.75 | 25.6 | 32.7 | 20.8 | 22.2 |
| 17 | 1.46 | 32.8 | 35.9 | 25.5 | 19.1 |
| 20 | 1.97 | 40.4 | 39.7 | 29.6 | 16.6 |
| 24 | 2.56 | 44.2 | 40.3 | 32.2 | 16.8 |
| Valor de P ¹ | L | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| | C | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |

¹Valor de P: L, valor de regresión lineal; C, valor de regresión cuadrática

²Composición: FDN, fibra soluble en solución detergente neutra; FDA, fibra soluble en solución detergente acida; PC, proteína cruda total.

El incremento en la cantidad de la fracción fibrosa contribuye a una caída en la calidad, coincidiendo con estudios anteriores (Smith, 1969; Van Soest et al., 1978; Sanderson y Weidin, 1988), que atribuyen la disminución de la calidad al aumento en la pérdida de carbohidratos no estructurales conforme madura la planta. Adicionalmente, Robinson et al. (2007) observaron como la madurez incrementa el porcentaje de lignina

bloqueando la digestibilidad del forraje, dando una caída más drástica a la calidad del forraje.

La producción de MS entre los diferentes períodos osciló entre 1.4 y 1.6 ton/ha, y el contenido de PC fue de 29.9 a 19.1%, siendo la caída más notoria en el mes de julio. Esto atribuido principalmente a la aceleración en el desarrollo fenológico con relación a la época del año de la que hablamos (DePeters, 1993; Orloff y Putnam, 2006).

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del análisis de correlación de producción de materia seca en toneladas por hectárea (Prod), porcentajes de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), así como altura en centímetros (Alt) y edad del rebrote en días después del corte (DDC) correspondientes a los meses de octubre a noviembre durante los cuales se observó que la altura y producción resultaron altamente significativos ($P < 0.001$). La ausencia de significancia estadística en los otros parámetros se atribuyen a la poca variación en las temperaturas durante este periodo.

Cuadro 5. CORRELACIÓN DE PEARSON DE LOS INDICADORES DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE OCTUBRE A NOVIEMBRE DEL 2009

| | Prod (ton/ha) | PC % | FDN % | FDA % | Alt (cm) |
|--------|---------------|--------|-------|-------|----------|
| PC | 0.077 | | | | |
| FDN | 0.027 | -0.091 | | | |
| FDA | 0.280 | 0.178 | 0.443 | | |
| ALTURA | 0.865* | 0.130 | 0.121 | 0.343 | |

| | | | | | |
|-----|--------|--------|-------|-------|--------|
| DDC | 0.879* | -0.019 | 0.060 | 0.220 | 0.877* |
|-----|--------|--------|-------|-------|--------|

*P<0.001

En el Cuadro 6 se muestran los resultados del análisis de correlación del periodo de enero a febrero que coinciden con un estudio anterior (Robinson et al., 2007) donde se había demostrado la existencia de una fuerte correlación de PC y FDA con DDC; y entre PC y FDA. Lo más sorprendente es que la relación de altura y producción no fue significativa estadísticamente.

Cuadro 6. CORRELACIÓN DE PEARSON DE LOS INDICADORES DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE ENERO A FEBRERO DEL 2010

| | Prod (ton/ha) | PC % | FDN % | FDA % | Alt (cm) |
|--------|---------------|---------|-------|--------|----------|
| PC | -0.304 | | | | |
| FDN | 0.224 | -0.577 | | | |
| FDA | 0.434 | -0.751* | 0.616 | | |
| ALTURA | 0.804* | -0.443 | 0.254 | 0.424 | |
| DDC | 0.290 | -0.892* | 0.631 | 0.762* | 0.469 |

*P<0.001

Los resultados de correlación correspondientes al periodo de febrero a marzo se observan en el Cuadro 7, es notorio el incremento en la correlación significativa entre los indicadores de calidad y producción.

Por las condiciones climáticas del mes de julio (Cuadro 8) la correlación de todos los indicadores de calidad fue altamente significativa, la velocidad de crecimiento y desarrollo fenológico está muy relacionado con la temperatura y el fotoperiodo

(DePeters, 1993; y Teuber et al., 1991), a mayor temperatura mayor velocidad de crecimiento lo cual trae consigo un descenso drástico y significativo en la calidad del forraje aumentando la correlación de los indicadores de calidad (PC, FDN y FDA) con los de producción (Prod y Alt), efecto descrito por Ackerly (2001).

Cuadro 7. CORRELACIÓN DE PEARSON DE LOS INDICADORES DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE FEBRERO A MARZO DEL 2010

| | Prod (ton/ha) | PC % | FDN % | FDA % | Alt (cm) |
|--------|---------------|---------|--------|-------|----------|
| PC | -0.677* | | | | |
| FDN | 0.195 | -0.654* | | | |
| FDA | 0.201 | -0.490 | 0.677* | | |
| ALTURA | 0.960* | -0.683* | 0.230 | 0.211 | |
| DDC | 0.918* | -0.680* | 0.145 | 0.145 | 0.972* |

*P<0.001

Cuadro 8. CORRELACIÓN DE PEARSON DE LOS INDICADORES DE LA ALFALFA PRODUCIDA EN EL VALLE DE MEXICALI EN EL PERIODO DE JULIO DEL 2010

| | Prod (ton/ha) | PC % | FDN % | FDA % | Alt (cm) |
|--------|---------------|---------|--------|--------|----------|
| PC | -0.875* | | | | |
| FDN | 0.863* | -0.868* | | | |
| FDA | 0.892* | -0.858* | 0.950* | | |
| ALTURA | 0.953* | -0.897* | 0.872* | 0.897* | |
| DDC | 0.963* | -0.868* | 0.805* | 0.850* | 0.938* |

*P<0.001

La Figura 3, muestra el acumulado de todos los periodos en forma gráfica. Se observa el incremento de la producción de MS con el aumento de la madurez de la planta, y de forma inversa la caída en el contenido de PC (Robinson et al., 2007). Conforme aumentaba la temperatura y el fotoperiodo al transcurrir el año aumentó gradualmente la producción de MS y disminuyó el contenido de PC (DePeters, 1993).

En los cortes de febrero a julio la producción de MS puede alcanzar hasta 3 ton/ha, sacrificando con ello la calidad del forraje y pudiendo llegar a perder parte de MS si se alarga mucho la cosecha; ya que la caída de los indicadores de la calidad (PC, FDN y FDA) es muy drástica en estos periodos. Pues se puede llegar a perder hasta el 10% de PC en 15 días, incrementando lo mismo en la fracción fibrosa (FND y FDA). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ackerly (2001) y Lacefield (2004).

Por otra parte, durante el periodo de enero a febrero se observó una caída en la producción de MS después de llegada la madurez de la planta, efecto que no se observó en los otros periodos, estimando que la cosecha fue previa a la madurez durante el desarrollo fenológico de la alfalfa (Orloff y Putnam, 2006).

Es de remarcar la similitud entre las curvas de FDA y PC, las cuales son inversamente proporcionales; FDA incrementa con la edad mientras PC disminuye en en cada periodo, este efecto fue descrito por Orloff y Putnam (2006) y Robinson et al. (2007), quienes demostraron la relación inversa entre PC y FDA.

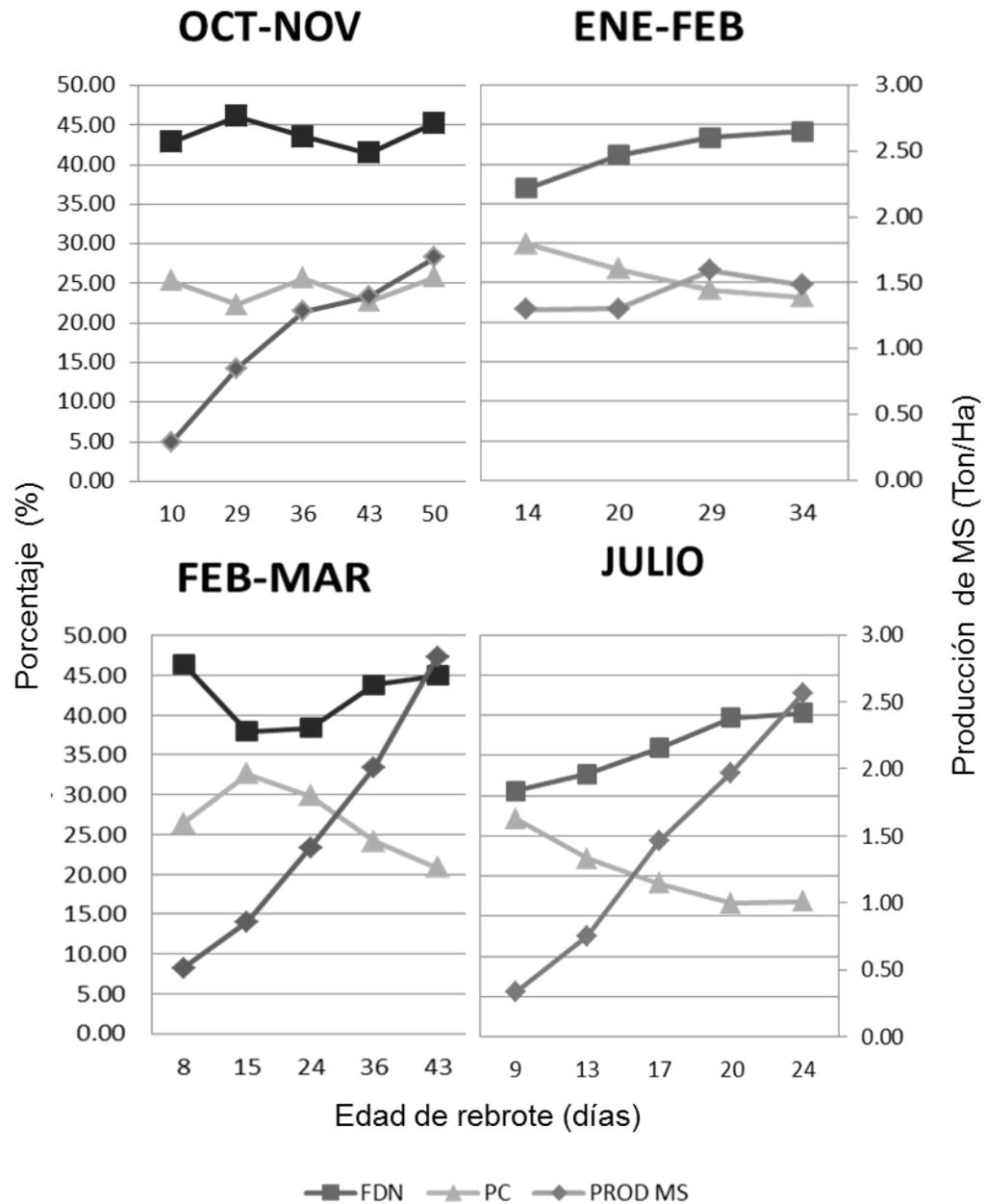


Figura 3. Efecto de la Edad del rebrote (días) sobre el porcentaje de Fibra Detergente Neutro(FDN), Proteína cruda (PC) y la Producción de Materia Seca en toneladas por Hectárea (PROD MS) en distintas épocas del año en el Valle de Mexicali durante 2009-2010

7. CONCLUSIONES

El contenido de nutrientes del forraje de alfalfa producido en el Valle de Mexicali es muy variable y depende principalmente de la época del año en que se produce. En los meses más cálidos la madurez se alcanza rápidamente y la calidad del forraje desciende de forma más apresurada. La calidad y la producción de MS son inversamente proporcionales.

Existe una gran correlación de la época de corte con el desarrollo fenológico de la alfalfa cultivada en el Valle de Mexicali, así como con los factores que afectan la calidad de la misma.

Es posible predecir de forma adecuada el comportamiento de la alfalfa durante cada estación, lo cual favorece la calendarización de la cosecha en base a la edad en días del rebrote y con ello lograr el equilibrio entre una buena producción con excelente calidad de forraje.

8. LITERATURA CITADA

- Ackerly, T. 2001. Characterizing and predicting the yield/quality tradeoff in alfalfa. Tesis de maestría. Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis.
- Améndola R., Castillo E. y Arturo P. 2005 Pasturas y Cultivos Forrajeros. México II http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico2_s_p.htm
- AOAC. 2006. Official Methods of Analysis. 18th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Ball D., Collins M., Lacefield G., Martin N., Mertens D., Olson K., Putnam D., Undersander D., Wolf M. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL
- Barnes, R. Y. and Gordon C.H.. 1972. Feeding Value and On-Farm Feeding. In: Hanson, C.H. (ed.). Alfalfa Science and Technology. ASA. Madison. WI. USA. p. 601-630
- Bath D. L. and Marble V. L. 1975 Testing Alfalfa for Its Feeding Value. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis.
- Berger, M.E., Len R.J. y Fenogi H.F.. 1985. Cambios en la concentración de elementos minerales en alfalfa (*Medicago sativa* L.) con el avance a madurez. Rev. Arg. Prod. Animal 5(3-4): 149-155.

- Buxton, D.R and Hofinstein J.S.. 1986. Cell wall concentration and components in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil and red clover. *Crop Sci.* 26:180-184.
- Buxton, D.R., Hofinstein J.S., Wendin W.F, and Marten G.C.. 1985. Forage quality in stratified canopies of alfalfa, birdsfoot trefoil, and red clover. *Crop Sci.* 25:273-279.
- Cervantes, M., Espinoza S., Carrillo G., Rodríguez J., Calderón D., Morales A., Araiza A. y González S. 2008. Comportamiento nutricional del Heno de alfalfa (*Medicago sativa*) producido en el Valle de Mexicali. XVIII Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos.
- Collins, M. 1990. Composition and yields of alfalfa fresh forage, field cured hay, and pressed forage. *Agron. J.* 82:91-95.
- DePeters, E.J. 1993. Forage Quality and Its Implications. 23rd California Alfalfa Symposium.
- D'Attellis R.A. 2005. ALFALFA (*Medicago sativa* L.) Producción de semilla. Tinogasta, Catamarca. <http://www.produccioncatamarca.gov.ar/legislacion/Sectores%20Productivos/Sector%20Agricola/Produccion%20de%20Alfalfa.pdf>
- Fick, G.W. and Holthausen R.S. 1975. Significance of parts other than blades and stems in leaf-stem separations of alfalfa herbage. *Crop Sci.* 15:259-262.
- Fick, G.W. and Mueller S.C. 1989. Alfalfa: quality, maturity, and mean stage of development. Cornell Univ. Dept. of Agr. NY. USA. Inf. Bul. N12 217, 13 p.
- Fick, G.W. and Onstad D.W. 1988. Statistical models for predicting alfalfa herbage quality from morphological or weather data. *J. Prod. Agric.* 1:160-166.

- Fuess, F.W. and Tesar M.B. 1968. Photosynthetic efficiency, yields, and leaf loss in alfalfa. *Crop Sci.* 8:159-163.
- Goering, H.K. and Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agric. Handbook No. 379.* ARS, USDA Washington, D.C.
- Guerrero J. N. and Winans S.S. 1997. Summertime storage of lucerne hay in the irrigated Sonoran Desert affects hay quality. *Journal-of-Production-Agriculture.* 10:495-501
- Guerrero, J. N., Lopez M. I. and Cervantes M. 2005. Covering hay in the irrigated Sonoran Desert decreases heat damage. <http://CaliforniaAgriculture.ucop.edu> • October–December 2005
- Holland, C. and W. Kezar. 1990. *Pioneer Forage Manual: A Nutritional Guide.* Pioneer Hy-Bred International. Des Moines. Iowa. USA. 55 p.
- INEGI. 2008. Censo Agropecuario 2008. Instituto nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=2>
- Juan N.A., Romero L.A. y Bruno O A. 1995. CONSERVACIÓN DEL FORRAJE DE ALFALFA. *La alfalfa en la Argentina.* INTA C.R. Cap. 9, 173-192.
- Kalu, B.A. and Fick G.W. 1981. Quantifying morphological development of alfalfa for studies of herbage quality. *Crop Sci.* 21:267-271.
- Kalu, B.A. and Fick G.W. 1983. Morphological stage of development as a predictor of alfalfa herbage quality. *Crop Sci.* 23:1167-1172.

- Lacefield, G.D. 2004. Alfalfa Quality: What is it? What can we do about it? And will it pay? 34th California Alfalfa Symposium and 2004 National Alfalfa Symposium
- Marten, G.C., Buxton D.R. and Barnes R.F. 1988. Feeding Value (Forage Quality). In: Hanson, A., D. K. Barnes, and R. Hill (ed.). Alfalfa and Alfalfa Improvement. ASA. Madison. WI. USA. p. 463-491.
- Mertens, D.R. 2000. Interpretation Of Forage Analysis Reports. 30th California Alfalfa Symposium and 29th National Alfalfa Symposium
- NRC 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th Revised Edition. National Research Council, National Academy Press. Washington D. C., U.S.A, 157 pp
- Orloff, S and Putnam. 2004. BALANCING YIELD, QUALITY AND PERSISTENCE. 34th California Alfalfa Symposium and 2004 National Alfalfa Symposium
- Orloff, S. and Putnam D.. 2006. CUTTING SCHEDULE STRATEGIES TO MAXIMIZE RETURNS. 36th Western Alfalfa & Forage Symposium
- Orloff, S.B. and Putnam D.H. 2008. Harvest strategies for alfalfa. Manual Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones
- Putnam, D.H. 2006. Pruebas para valorar la calidad de la alfalfa y su impacto en la comercialización de henos. XVI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos.
- Robinson, Putnam and DePeters. 2007. Fundamentals of alfalfa quality. 37th California Alfalfa & Forage Symposium

- Rosales M. G., Morales A., González S., Cervantes M., Espinoza S., Rodríguez J., Calderón D., Carrillo G., Sauer W. y Araiza A. 2008. Características de la digestión del heno de alfalfa (*Medicago sativa*) producida en el Valle de Mexicali en dos épocas distintas. XVIII Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos.
- Sanderson, M.A. and Weidin, W.F. 1988. Cell wall composition of alfalfa stems at similar morphological stages and chronological age during spring growth and summer regrowth. *Crop Science* 28:342-347.
- Sheaffer, C.C., Lacefield G.D. and Marble V.L. 1988. Cutting schedules and stands. In: Hanson, A., D. Barnes, and R. Huff (ed.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. ASA. Madison. WI. USA. p. 411-437.
- SIAP. 2004. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Smith, D. 1969. Influence of temperature on the yield and chemical composition of 'Vernal' alfalfa at first flower. *Agron. J.* 61:470-472.
- Teuber, L.R., Jernstedt J. and Ford K. 1991. *Alfalfa Growth and Development*. 21st California Alfalfa Symposium
- Undersander, D., N. Martin, D. Cosgrove, K. Kelling, M. Schmitt, J. Wedberg, R. Becker, C. Grau, and J. Doll. 1991. *Alfalfa management guide*. ASA-CSSA-SSSA. Madison. WI. USA. 41 p. (Undersander et al., 1991; Holland and Kezar, 1990)

Van Soest, P.J., Mertens D.R. and Deinum B.. 1978. Preharvest factors influencing quality of conserved forage. *J. Anim. Sci.* 47:712-720.

Zinn, R. A. 2010. Calidad del forraje: limitaciones digestivas y su relación con la producción en bovinos de carne y leche. XX Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos.