



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Evaluación de una pradera de ryegrass perene (*Lolium perenne*) bajo pastoreo continuo por corderos en crecimiento y finalización en Primavera-Verano”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA:

VIRIDIANA ALCÁNTARA MONDRAGÓN

ASESORES:

Dr. en C. IGNACIO ARTURO DOMÍNGUEZ VARA

Dr. en C. MANUEL GONZÁLEZ RONQUILLO

REVISORES:

DR. en C. ERNESTO MORALES ALMARÁZ

DR. en C. JUAN EDREI SÁNCHEZ TORRES



TOLUCA, MÉXICO; SEPTIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por darme la vida y por todas las personas que ha puesto en mi camino.

A MIS ASESORES:

Dr. Ignacio Arturo Domínguez Vara por todo su apoyo, paciencia y comprensión para mi es mi tutor académico.

Dr. Manuel González Ronquillo, por sus consejos, amistad y por el tiempo dedicado.

A MIS REVISORES:

Dr. Ernesto Morales Almaráz y al Dr. Juan Edrei Sánchez Torres; por el tiempo dedicado para esta investigación.

A MIS AMIGOS:

Dr. Horacio Castro Hernández, por tu apoyo incondicional e inigualables consejos.

A la MVZ. EPO Edith Sánchez Malvárez, por tu compañerismo, por su amistad y por el tiempo que hemos compartido juntas.

A la UAEM:

Por la beca económica otorgada a través del proyecto de investigación con clave 2186/2005.

DEDICATORIAS

Mi tesis de licenciatura la dedico a mi esposo Omar por su sacrificio y esfuerzo, por creer en mí, por motivarme a que concluyera con esta investigación y aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, apoyo y amor.

A mis amados hijos Kiara y Oliver por ser mi inspiración y motivación para superarme cada día.

A mis padres Fidel y Delfina y a mis hermanas Rosario e Ivonne quienes siempre me impulsaron para que cumpliera mi sueño de ser Médico Veterinario Zootecnista.

A mis amigos Edith, Horacio y Carlos, quienes sin esperar nada a cambio, compartieron sus conocimientos, tristezas y alegrías como olvidar todas las horas que pasamos en el laboratorio de bromatología.

**“Si caminas solo, iras más rápido;
Si caminas acompañado, llegarás más lejos.”**
Proverbio chino

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales	3
2.2. Composición química de los forrajes	4
2.3. Utilización y manejo de praderas	6
2.4. Descripción del ryegrass perene (<i>Lolium perenne</i>)	8
2.5. Factores que afectan el consumo de la pradera	9
2.6. Efecto del animal sobre la pradera	13
2.7. Digestibilidad de los forrajes	14
3. JUSTIFICACIÓN	17
4. HIPÓTESIS	19
5. OBJETIVOS	20
6. MATERIAL Y MÉTODO	21
6.1. Material	21
6.2. Métodos	21
6.3. Análisis estadístico	23
7. LÍMITE DE ESPACIO	25
8. LÍMITE DE TIEMPO	26
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Producción de forraje	27
Composición química del forraje	27
Digestibilidad <i>in vitro</i>	29
10. CONCLUSIONES	32
11. LITERATURA CITADA	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Esquema de la composición química del alimento (Mc Donald *et al.*, 2002)...4

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efecto del mes de corte sobre el rendimiento (kg) y la composición química (g kg⁻¹ MS) del forraje ryegrass (*Lolium perenne*).....28

Cuadro 2. Efecto del mes de corte sobre la evolución de los parámetros de fermentación *in vitro* por producción de gas del forraje ryegrass (*Lolium perenne*) cultivado en el valle de Toluca, México.....31

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad nutritiva de una pradera cultivada con forraje ryegrass (*Lolium perenne*) en el valle de Toluca, México durante los meses de abril a agosto dentro de las épocas de primavera y verano en un diseño experimental con arreglo factorial de parcelas divididas en espacio y tiempo, la parcela grande fue el área seleccionada para cada jaula de exclusión y el período de muestreo fue la sub parcela o parcela chica con sus respectivos errores experimentales. La información recabada fue procesada mediante análisis de varianza con apoyo del programa estadístico SAS (1999). Hubo diferencias ($P<0.05$) en el rendimiento de materia fresca (MF) y materia seca (MS) por hectárea entre los meses que comprendió el estudio; en julio se obtuvo el mayor rendimiento de MF con $5,963.3 \text{ kg ha}^{-1}$, en contraste en MS fue el mes de junio con $1,148.9 \text{ kg ha}^{-1}$. Respecto a la composición química, hubo diferencias ($P<0.05$) entre los meses de evaluación; el contenido de proteína cruda (PC) fue mayor en mayo (11.5 % BS); en contraste, durante julio y agosto el forraje tuvo el máximo contenido de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), y en agosto el de lignina ácido detergente (LAD).

El ensayo *in vitro* realizado por la técnica de producción de gas al forraje colectado durante abril a agosto indicó diferencias ($P<0.05$) para los parámetros A, B y C, tiempo lag, MS residual, digestibilidad de la MS y producción de gas relativa. En los parámetros A y B, los valores mayores se obtuvieron en abril, en tanto que para C y tiempo lag, los valores más altos fueron en agosto. Respecto a la digestibilidad de la MS a 96 h, el forraje de agosto tuvo el mayor valor (72.23 %) y el menor en junio (66.53 %); sin embargo, los valores de producción de gas relativa (PGR) a 96 h fueron mayores en abril y mayo (365.1 y 360.0 mL); en tanto que la menor producción de gas relativa fue en junio (284.57 mL). Esto coincide con el menor contenido de lignina observado en los meses de abril a junio con respecto a julio y agosto, de forma tal que entre más alto fue el contenido de la pared celular menor fue la digestibilidad de la MS del forraje. Se concluye que la PC del forraje fue mayor en mayo y menor en agosto; en contraste el contenido de FND fue mayor en julio y agosto y menor en el período de abril a junio. La mayor digestibilidad de la MS fue en julio y agosto y menor en junio. La PGR fue mayor en abril y mayo y menor en junio.

Palabras clave: composición química, época, primavera-verano, digestibilidad, ryegrass

1. INTRODUCCIÓN

La población humana mundial sigue aumentando con gran rapidez, en México para 2017 hay una población de 123.5 millones, y, de igual manera, se incrementa la demanda de productos pecuarios como la leche, carne y huevo; de tal forma que las empresas dedicadas a la agricultura y ganadería coinciden en la necesidad de lograr una mayor eficiencia productiva y rentabilidad económica; el caso de la ovinocultura no es la excepción; empero, esta actividad tiene la opción de producir a base de forrajes usados en condiciones de pastoreo, lo cual le permite disminuir los costos de producción, resultando esto en una gran ventaja sobre otras empresas como la avícola y porcina (Church *et al.*, 2002).

El manejo agronómico de la pradera, así como el pastoreo animal, son aspectos fundamentales para explotar el potencial genético de las diferentes especies de gramíneas de clima templado como es el caso del ryegrass (*Lolium perenne*); sin embargo, en muchas ocasiones su desconocimiento ocasiona el fracaso de los sistemas de producción animal en pradera (Núñez *et al.*, 1995).

Ofrecer y suministrar un forraje de buena calidad puede significar una mayor rentabilidad en la empresa ganadera; hay parámetros que determinan la calidad de los pastos, uno de ellos es su composición química, la cual se estima al practicar un análisis químico proximal del forraje, determinando el contenido de cenizas, fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), además del contenido de calcio, (Ca), fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), y de los microelementos como manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), selenio (Se) y hierro (Fe) (Mc Donald *et al.*, 1995).

La fracción de un alimento que, después de ser ingerida y digerida, no aparece en las heces fecales, debido a su desintegración y absorción, se denomina fracción digerida o digestible (Fondevila y Barrios, 2001).

La digestibilidad de la materia orgánica es un factor de suma importancia para determinar el valor nutritivo de un forraje, esa digestibilidad se modifica a medida que las plantas maduran con disminución de la proteína y aumento de la fracción fibrosa a base de los carbohidratos estructurales (Mc Donald *et al.*, 1995). La digestibilidad de los forrajes puede variar dependiendo de factores asociados a los animales, y también según la especie vegetal, su edad y manejo agronómico (Bogdan, 1997).

El grado de digestibilidad de las plantas completas y de sus fracciones puede precisarse a través de métodos *in vitro*, uno de ellos es el método por producción de gas (Theodorou *et al.*, 1994), en el cual el gas producido provee datos útiles sobre la digestión de las fracciones solubles e insolubles del alimento.

La evaluación de la pradera permite determinar la calidad nutritiva del forraje para aprovechar al máximo el material disponible a ser proporcionado a los animales en las mejores condiciones para su óptima producción (Duthil, 1989; Church *et al.*, 2002).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales

Las praderas cultivadas representan aproximadamente el 20% de la superficie terrestre, mientras que las praderas a base de especies nativas cubren el 30%. Las praderas de especies cultivadas se usan para mejorar la productividad y la versatilidad de los cultivos para tener un mayor impacto en la producción animal (Church, 1994).

En los sistemas de producción de ovinos a base de forrajes utilizados con pastoreo, los pastos son el principal recurso alimenticio disponible para que el ganado cubra sus requerimientos nutricionales de energía, proteína, fibra, vitaminas y minerales (Barragán, 2001).

El forraje ryegrass perenne (Inglés) es de alta calidad, resistente al pastoreo, es apto para cultivarse asociado con leguminosas y responde bien a la fertilización (Orozco, 1982).

El ryegrass es una planta perenne con hojas de color verde oscuro; crece en matas densas con gran número de tallos cuya base tiene un color rojizo. Tiene una gran capacidad de ahijado y su crecimiento es muy variable según los cultivares y forma de aprovechamiento. La inflorescencia es erecta, en forma de espiga, con espiguillas dispuestas en posición alterna a lo largo del tallo, que toma forma ondulada (Muslera y Ratera, 1991).

Las praderas de ryegrass requieren de un clima húmedo y templado; su producción es estacional en la primavera y en el otoño; es una planta palatable de alta calidad, no se adapta en las regiones calurosas y secas (Duthil, 1989).

Por su digestibilidad, palatabilidad, ahijamiento, rapidez de rebrote, resistencia al pisoteo y disposición de las hojas, es la planta ideal para los sistemas de producción a base de

pastoreo con praderas de medio y largo plazo, sola o asociada con trébol blanco (Muslera y Ratera, 1991).

2.2. Composición química de los forrajes

Con base a su composición química (Figura 1), el alimento se divide en materia seca y húmeda (agua). La materia seca se fracciona en materia inorgánica (cenizas) y orgánica (carbohidratos, lípidos y proteínas) (Mc Donald *et al.*, 2002).

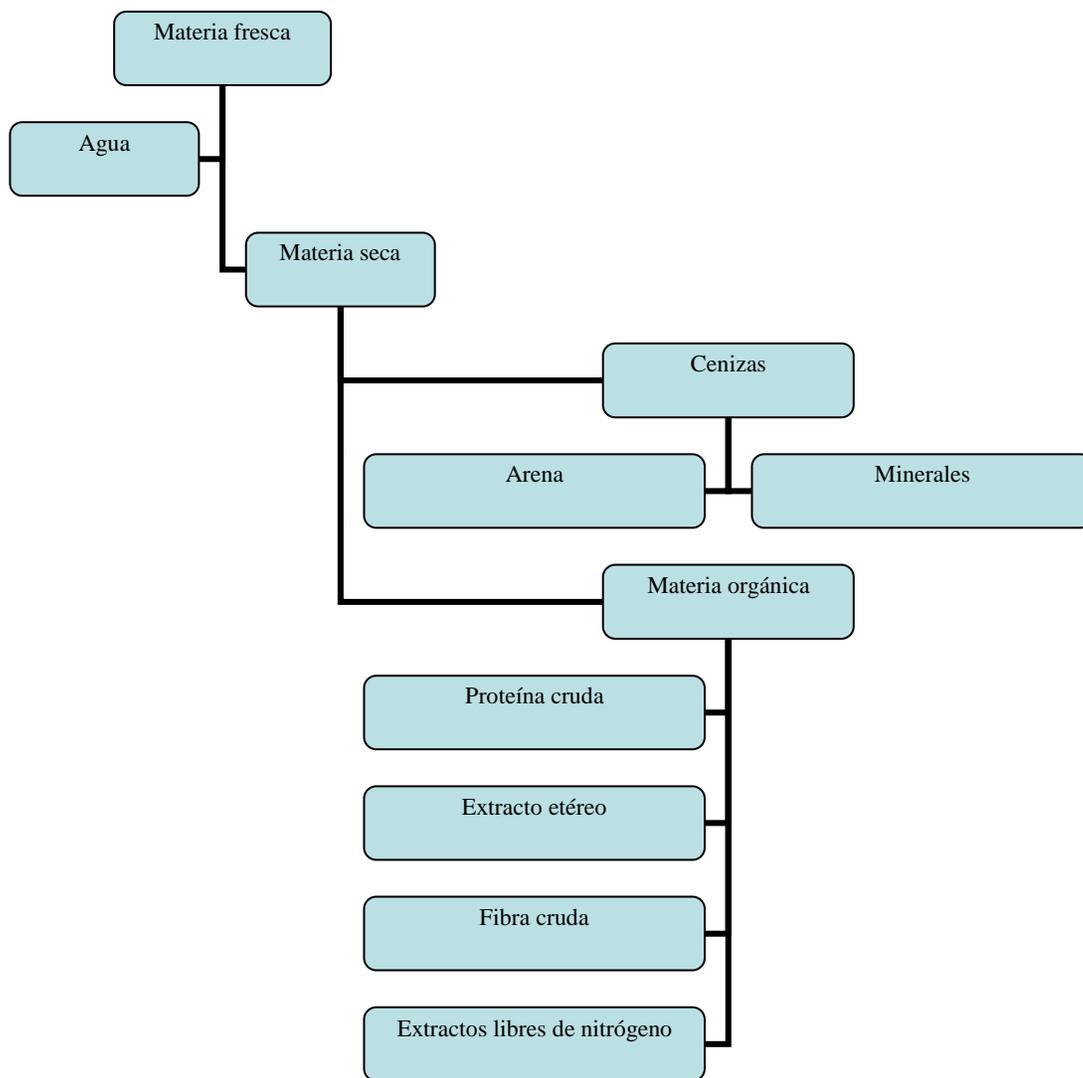


Figura 1. Esquema de la composición química del alimento (Mc Donald *et al.*, 2002).

El agua contenida en el alimento se determina como la pérdida de peso al secar la muestra en una estufa, a presión atmosférica, con temperatura ligeramente superior a la ebullición del agua, hasta alcanzar un peso constante. La materia seca es la fracción restante después de extraer el agua de la muestra de alimento (Escamilla *et al.*, 2000).

La parte orgánica del alimento está compuesta por la proteína cruda, el extracto libre de nitrógeno, la grasa cruda y la fracción fibrosa (Escamilla *et al.*, 2000). Las proteínas son constituyentes orgánicos indispensables de los organismos vivos, están formadas de unidades simples llamadas aminoácidos; hay más de 200 aminoácidos en la naturaleza pero solamente cerca de 20 están en la mayoría de las proteínas, y se necesitan sólo alrededor de 10 en la dieta de los animales, debido a que su síntesis tisular no es adecuada para cubrir las necesidades metabólicas (Church, 1992). El principio básico para estimar el contenido de proteína de una muestra es a partir del contenido de nitrógeno total, y se asume que la proteína verdadera (de origen aminoacídico) contiene en promedio 16% de nitrógeno (AOAC, 1990).

La grasa cruda está compuesta por ácidos grasos, glicéridos, colesterol, pigmentos, aceites volátiles, resina, etc., su función es aportar al organismo los ácidos grasos esenciales y se les considera como una fuente secundaria de energía (Escamilla *et al.*, 2000).

La fibra cruda está formada por glúcidos insolubles (celulosa y hemicelulosa) y lignina. Es una fuente de energía para los rumiantes (Escamilla *et al.*, 2000). En los sistemas tradicionales para determinar el contenido de fibra en los alimentos animales se ha usado el análisis proximal (método de Weende) (AOAC, 1990), y el método de detergentes de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). El método de detergentes determina el contenido celular (carbohidratos solubles, almidón, beta glucanos) y la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). La fibra neutro detergente (FND), es el residuo remanente después de solubilizar el alimento en detergente neutro, está compuesta por hemicelulosa, celulosa, lignina, cenizas y proteína ligada a estas fracciones. De todas las fracciones fibrosas, la FND es la

que mejor se correlaciona con el consumo voluntario de alimento, siendo por esto la fracción más importante dentro de la fibra a determinar. La fibra ácido detergente (FAD) es el residuo remanente al solubilizar el alimento en detergente ácido; este detergente provoca la solubilización de los mismos componentes que el detergente neutro más la hemicelulosa (Van Soest *et al.*, 1991).

La lignina es un polímero sin una estructura definida, que contiene alcoholes y puede contener, además, ácidos fenólicos y compuestos no fenólicos (Jung y Allen, 1995). Hay diferentes métodos para estimar los contenidos de lignina de los alimentos, siendo el más conocido el de la digestión en ácido sulfúrico concentrado (72%) (Van Soest *et al.*, 1991). En general, a medida que avanza el estado fenológico de un forraje dado, aumenta la concentración de lignina (Van Soest *et al.*, 1994).

La porción inorgánica está formada por cenizas, éstas a su vez contienen los minerales y en ocasiones contienen sustancias no combustibles, algunas de las cuales son indigestibles. Es una fuente inespecífica de minerales, por lo que su valor nutricional depende del tipo de alimento del que provengan. Su valor es igual al peso del residuo que se obtiene después de incinerar la muestra en mufla a 500-600 grados centígrados (Escamilla *et al.*, 2000).

2.3. Utilización y manejo de praderas

La importancia esencial del establecimiento y manejo de la pradera es una explotación racional, de tal manera que permita obtener la máxima cantidad de forraje de la mejor calidad para sustentar un alto nivel de producción animal (Jiménez y Martínez 1985).

Los forrajes o praderas aportan energía y nutrientes valiosos para los animales, dichos forrajes son de suma importancia para la dieta de los rumiantes, caballos, conejos y otros animales que dependen de la fermentación de carbohidratos insolubles en el conducto gastrointestinal para obtener la mayor parte de su suministro de energía (Church *et al.*, 2002).

Comúnmente se les proporciona a los animales todo el forraje que quieran consumir y después se les suministra granos u otros alimentos concentrados para complementar su alimentación (Morrison, 1985).

Los granos empleados en la alimentación de los animales no son comestibles para el hombre o bien se producen en exceso en esa localidad o país, no obstante; esto es relativo, porque lo que es considerado un excedente en un país en otro no lo es y puede tener una gran demanda (Church *et al.*, 2002).

Los forrajes son el alimento principal de los ovinos a razón de que son herbívoros, dicho forraje es el sustento de su alimentación durante toda su vida animal. Por medio de los animales el humano transforma ese alimento que fisiológicamente no es capaz de aprovechar, lo convierte en productos animales los cuales constituyen la base de la alimentación; cabe señalar que existen individuos que por razones diversas, su dieta no se fundamenta en productos animales; sino en vegetales, pero son minoría de tal manera que una reducción en la ganadería afectaría la cadena trófica y la estabilidad económica (Church *et al.*, 2002)

Un buen pasto proporciona los nutrientes para los ovinos y lo mejor de todo es que disminuye el costo de producción pues resulta ser una alimentación económica. Cuando se utiliza los pastos de manera directa se disminuye el costo de producción al eliminar gastos por conceptos de mano de obra, almacenaje, implementos agrícolas, entre otros (Morrison, 1985).

Un buen manejo de las praderas requiere un equilibrio entre la producción y la calidad nutricional del forraje a través de la aplicación del conocimiento del crecimiento de la planta. El mejor momento para iniciar el pastoreo es inmediatamente después del crecimiento rápido y antes de la floración y asemillado de la planta (Nuñez *et al.*, 1995).

En la actualidad la tendencia es producir a menor costo y esta ventaja la ofrece el pastoreo, sin embargo; la explotación del pasto debe realizarse de forma racional lo cual no siempre resulta fácil pero se debe buscar un equilibrio óptimo de tal manera que se disminuyan los periodos de estiaje, se favorezcan a las especies más productivas y se prolongue la duración de la pradera (Duthil, 1989).

2.4. Descripción del ryegrass perene (*Lolium perenne*)

Los pastos ryegrass son gramíneas tiernas, jugosas y apetecibles para el ganado, su siembra no representa mayor problema pues posee una gran facilidad para establecerse en el terreno, el sembrado se puede realizar a mano, voleo, o bien mecánicamente, pero por ningún motivo se enterrarán la semilla a más de 1 cm de profundidad. Su altura en estado silvestre es de 35 a 40 cm, crece en matas verdes y amacolladas. El *Lolium perenne* puede ser asociado con otro tipo de forraje de lento crecimiento y arraigo, es muy frecuente encontrarlo en praderas mixtas asociado con trébol, alfalfa, etc. (Flores, 1980).

El *Lolium perenne* es una gramínea amacollada, perene de clima templado, nativo de Europa, Asia y Norte de África, sin embargo; está ampliamente distribuido en el mundo, en México se conoce aproximadamente desde el año 1918, pero se le conoció como planta de ornato o de jardín, se comenzó a utilizar como forraje hasta 1952, con motivo del inicio de la campaña de praderas artificiales de la Subsecretaría de Ganadería, el uso de este forraje ha permitido la producción más barata de leche y carne, en comparación a sistemas de producción intensivos en estabulación (Flores, 1980; Núñez *et al.*, 1995).

Es una planta perene con hojas sin pelos y envés muy brillante, de color verde oscuro. Crece en matas densas con gran número de tallos, hojas abundantes en forma de V. Por sus características como palatabilidad, digestibilidad, rapidez de rebrote, disposición de las hojas y resistencia al pisoteo, la hace la planta ideal para ser pastoreada (Muslera y Ratera, 1991).

El crecimiento máximo del *Lolium perenne* ocurre a temperaturas entre 20° y 25° C y su óptimo desarrollo se da cuando el pH del suelo es de 5.5 a 7.5 (Barnes, 1995).

El *Lolium perenne* es una planta de fácil manejo que prefiere sistemas de aprovechamiento intenso y frecuente, ya sea por pastoreo o corte, a razón de que domina y compite con otras gramíneas y malas hierbas originando una producción elevada, el mejor crecimiento de este pasto es en primavera y verano (Muslera y Ratera, 1991).

2.5. Factores que afectan el consumo de la pradera

Digestibilidad. Es la parte de un alimento que después de ser ingerido no aparece en las heces porque este fue degradado y asimilado. La digestibilidad es inversamente proporcional al contenido de fibra. La lignina es posiblemente el factor más importante que afecta la digestibilidad de la fibra, ya que esta imposibilita el acceso de las enzimas hidrolíticas a la fibra digestible (Mc Donald *et al.*, 2002).

Especie animal. Los ovinos son más selectivos, que los bovinos, lo cual hace que consuman alimentos más digestibles (Mc Donald *et al.*, 2002).

Edad del forraje. Entre más joven sea el pasto, su digestibilidad será mayor a razón de su menor contenido de fibra y lignina, por lo tanto, los ovinos preferirán consumirlo en comparación con un pasto de mayor edad, el cual tiene más fibra (Church *et al.*, 2002).

En los forrajes, existe una relación inversa entre el contenido de proteína total y fibra, a medida que el forraje se aproxima a la madurez el contenido de fibra se incrementa y el de proteína disminuye (Smetham y Langer, 1981).

El porcentaje de proteína de las gramíneas disminuye notablemente cuando éstas espigan, debido a la acumulación de hidratos de carbono, principalmente lignina la cual es poco digestible (Morrison, 1985; Church *et al.*, 2002).

Tasa de paso. La velocidad a la que el alimento abandone el tracto digestivo (tasa de pasaje) determinará la cantidad de alimento que un animal pueda ingerir (Mc Donald *et al.*, 2002).

Es posible determinar la digestibilidad de los pastos por medio de la técnica denominada *in vitro*, la cual consiste en simular los procesos digestivos a lo largo del tracto digestivo, colocando la muestra con líquido ruminal y enzimas para determinar la producción de gas, esto como índice de la fermentación de un alimento (Fondevila y Barrios, 2001).

Madurez de los pastos. Es un factor que interfiere en la aceptación del animal, observándose que los pastos jóvenes, succulentos son muy bien aceptados a diferencia de plantas más maduras las cuales la mayoría de los animales rechazan consumirlas (Church *et al.*, 2002).

Se considera que conforme incrementa la madurez del forraje, el nivel de proteína, energía metabolizable, fósforo y carotenos se reduce; la digestibilidad disminuye a causa de la progresiva lignificación (Ramírez, 2003).

El contenido total de cenizas y calcio descienden a medida que las plantas maduran (Mc Donald *et al.*, 1995).

Altura de la pradera. El crecimiento de los forrajes es rápido durante la época de humedad, pero, a medida que el suelo se deseca, el forraje madura y muere originando un producto de bajo valor nutritivo, que el animal desiste de consumir. El crecimiento suele verse limitado por la falta de agua (Mc Donald *et al.*, 2002).

Relación tallo/hoja. La relación tallo/hoja es muy elevada al principio del primer ciclo (Duthil, 1989).

La digestibilidad de las gramíneas y leguminosas se afecta por la relación hojas/tallos. Las hojas son consumidas en mayor cantidad en comparación con los tallos (Minson, 1982).

En las gramíneas muy jóvenes los tallos son más digestibles que las hojas, pero conforme maduran, la digestibilidad de las hojas descienden lentamente pero los tallos lo hacen rápidamente (Mc Donald *et al.*, 1995).

Frecuencia del corte. El corte frecuente de la pradera tiene efectos sobre el rendimiento de materia seca la cual suele ser menor a causa de que es mínimo la superficie foliar expuesta a la luz del sol, por lo que la producción de hidratos de carbono son menores ya que la acción del sol sobre las hojas disminuye. El corte frecuente o el pastoreo intensivo suele reducir de forma considerable el vigor de la planta por agotamiento de las reservas de la raíz, empero, el rendimiento total de proteína es mayor y el contenido de fibra es menor por lo que son más digestibles, estimulando el consumo de la pradera por los animales. En el caso de *Lolium perenne* el corte se recomienda cada 15 a 20 días para mantener el equilibrio perfecto entre el crecimiento del rebrote y el consumo de los animales (Morrison, 1985; Mc Donald *et al.*, 1995).

Los pastos de clima templado al inicio de temporada de crecimiento poseen una gran cantidad de agua, exceso de proteína y nitrógeno total para los rumiantes, razón por la cual se originan diarreas, empero, esto se puede corregir con un período de adaptación de los animales el cual consiste en suministrar continuamente pastos ricos en nitrato, modulando la cantidad, de tal manera que los microorganismos ruminales se capaciten para reducir el nitrato en amonio (Morrison, 1985).

Composición Química: Si el ritmo de crecimiento supera al ritmo de consumo, el forraje se acumula y madura, lo que reduce el valor nutritivo del pasto ofrecido a los animales. Lo ideal es mantener un equilibrio entre el crecimiento de rebrote y el consumo de los animales. La composición de la materia seca y la humedad del pasto es variable influyendo en esto el clima de la región donde se encuentra establecida la pradera (Mc Donald *et al.*, 1995).

La concentración energética del alimento tiene efecto sobre el consumo voluntario, si el alimento suministrado contiene un bajo porcentaje de energía, los animales consumirán más del mismo hasta cubrir sus necesidades y viceversa (Shimada, 2003).

El contenido mineral en los pastos varia, pero se considera que tienen cantidades adecuadas de Ca, Mg, y K, pero son deficientes en P (Church *et al.*, 2002).

La respuesta de los animales a la presencia de los minerales en los forrajes depende de la concentración a la que se encuentran. Los niveles deficientes dan lugar a una respuesta sub óptima, la cual mejora al incrementar la concentración hasta cubrir los requerimientos, empero; si se rebasa este, se presenta toxicidad (Church *et al.*, 2002).

El *Lolium perenne* alcanza concentraciones altas de calcio, magnesio y potasio (Underwood y Suttle, 1999).

El contenido de agua influye en el consumo de forraje de dos formas: aumentando la ingestión al mejorar las características organolépticas de los forrajes (textura), o ejerciendo un efecto diluyente de la densidad física y energética, lo que limita el consumo (Church *et al.*, 2002; Mc Donald *et al.*, 2002).

Especie animal. Los ovinos son más selectivos en comparación con los bovinos, esto los hará consumir alimentos más digestibles (Mc Donald *et al.*, 2002). La especie animal es un

factor que afecta la digestibilidad de los alimentos, esto a razón de que el mismo alimento suministrado a distintos animales no siempre es digerido al mismo nivel (Mc Donald *et al.*, 1995).

2.6. Efecto del animal sobre la pradera

Selectividad. Se define como la oportunidad que tiene el animal para escoger su alimento, sin embargo; Shimada (2003) lo define como el consumo preferente dentro de los subcomponentes de un alimento por ejemplo: se prefieren hojas en vez de tallos de un mismo forraje.

El pastoreo selectivo modifica la velocidad de crecimiento provocando un marcado efecto de recuperación del forraje, sin embargo; por este motivo se altera la composición química. Los ovinos son más selectivos que los bovinos (Vilches y Sánchez, 1988).

Carga animal. Se refiere al número de unidades animales (UA) pastoreando una superficie conocida por un período específico de tiempo. Normalmente se expresa como UA/ha/año. La carga animal adecuada de una región puede ser muy distinta a la de otra área, ya que dependerá del potencial de producción de forraje de cada lugar (Valenzuela *et al.*, 2000).

El objetivo es conjuntar una carga animal y una presión de pastoreo que permita optimizar la producción animal y la producción de forraje, así como mantener el vigor de la planta a largo plazo. Con ovinos entre 17-22 kg de peso vivo inicial se ha podido mantener una carga animal óptima entre 50 a 60 corderos/ha en primavera-verano y aproximadamente de 25-30 corderos/ha en otoño-invierno con ganancias diarias de peso de 107 a 187g (Núñez *et al.*, 1995).

Pisoteo. El ganado en pastoreo afecta la producción de forraje ya que ocasiona compactación del suelo a causa del peso del animal, provocando una disminución de la aereación, infiltración de agua o bien cuando el suelo esta húmedo provocan hondonadas,

sin olvidar que ya no ingieren el pasto que ha sido pisado llevando esto a un desperdicio de la planta (Domínguez, 1988).

Deposición de heces y orina. La deposición de heces y orina en la pradera provoca que el forraje madure rápidamente, debido a que las excretas poseen una gran cantidad de nutrientes que pueden reemplazar al fertilizante, sin embargo; esto se ve afectado directamente por la composición química y la digestibilidad del forraje consumido y ahora excretado (Leaver, 1982).

2.7. Digestibilidad de los forrajes

Actualmente la digestibilidad de los forrajes se puede medir a través de diferentes técnicas tales como el método *in vivo*, el cual tiene la limitante de requerir del uso de un número representativo de animales homogéneos, de alimento suficiente para mantenerlos y de mucho tiempo en la prueba; el método *in situ* (incubación del alimento en el rumen, donde las fracciones del alimento introducido que desaparecen, son las digeridas), y el método *in vitro*, el cual simula los procesos a lo largo del tubo digestivo, se coloca la muestra en contacto con líquido ruminal colectado de un animal canulado en rumen y saliva artificial preparada, posteriormente, se mide la cantidad de gas producido como un índice de la fermentación de un alimento (Fondevila y Barrios, 2001; Getachew *et al.*, 1998).

2.7.1 Digestibilidad *in vitro* de los forrajes

Saber el valor de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su calidad nutritiva y, por lo tanto, para el balanceo de las dietas para alimentación de los animales rumiantes. Sin embargo determinar la digestibilidad *in vivo* es un proceso laborioso, tardado y caro, requiere usar grandes cantidades de alimento, en consecuencia se usan otros métodos *in vitro* para su estimación. El procedimiento desarrollado por Tilley y Terry (1963), modificado ligeramente, es el que más se utiliza en el laboratorio. Consta de dos etapas en las que los forrajes son sometidos a una fermentación de 48 horas en una solución buffer que contiene líquido ruminal y saliva artificial, seguido por 48 horas de digestión con

pepsina en una solución ácida. El método fue modificado por Goering y Van Soest (1970), en el cual el residuo, después de 48 horas de incubación, es tratado con una solución neutro detergente para estimar la materia seca verdaderamente digestible (MSVD). Aunque el método de Tilley y Terry (1963) ha sido extensamente validado con valores *in vivo* (Van Soest, 1994), aún presenta desventajas, es laborioso, la técnica no provee información de la cinética de digestión del forraje, ya que únicamente se determina la degradabilidad a un solo tiempo, y el alimento presente en el rumen se degrada a diferentes tiempos en función a la actividad bacteriana y la naturaleza del alimento a incubar, además, la determinación de los residuos es gravimétrica, por lo tanto es necesario un número mínimo de réplicas que permita obtener un valor promedio confiable.

Una técnica alternativa para la digestibilidad *in vitro*, antes descrita, es la técnica de producción de gas (GP) desarrollada por Menke y Steingass (1988), es básicamente el resultado de la fermentación de carbohidratos, con producción de los principales ácidos grasos volátiles acético, propiónico y butírico, más el CO₂ y el CH₄. La producción de gas, por la fermentación de proteína, es relativamente menor, en comparación con la fermentación de los carbohidratos del forraje (Getachew *et al.*, 1998).

Las técnicas para medir la producción de gas han sido usadas para evaluar el valor nutritivo de los alimentos, el gas producido provee datos útiles sobre la digestión de las fracciones solubles e insolubles de los alimentos (Getachew *et al.*, 1998). Hay dos formas de medir la fermentación microbiana de los alimentos a partir del volumen de gas producido *in vitro*, una es determinar el volumen de gas producido a presión atmosférica; y la otra es estimarlo a partir de los cambios de presión que tienen lugar en recipientes de volumen fijo (Theodorou *et al.*, 1994).

Menke *et al.* (1979) se basan en el uso de jeringas de vidrio calibradas (100 mL) en las que se incuba el sustrato a valorar, con una mezcla 1:2 de líquido ruminal y una solución compuesta por un tapón bicarbonato-fosfato, soluciones minerales y un agente reductor, la

preparación del medio se lleva a cabo en un ambiente rico en CO₂. Por otro lado Theodorou *et al.* (1994) desarrolló un método donde la incubación se lleva a cabo en botellas de vidrio (125 mL), provistas de un tapón de goma y selladas herméticamente. Las botellas se llenan con 1g de sustrato y 90 mL de solución de incubación (saliva artificial) pero sin inóculo (líquido ruminal). Previo a su sellado, las botellas son gasificadas con CO₂ y en un tiempo menor a 24 horas se inocular al inyectar 10 mL por botella de líquido ruminal (Theodorou *et al.*, 1994).

3. JUSTIFICACIÓN

En México, el Sistema Producto Ovino es una actividad pecuaria en crecimiento, aún con alto potencial, el productor ovino tiene la expectativa de obtener un mayor ingreso, por ello la necesidad de buscar alternativas técnicas económicamente viables que reduzcan el costo de la alimentación, la cual representa de 66 a 85% del total de producción, por lo que una alternativa es producir carne de ovino a base de forraje, considerando que el pastoreo de praderas cultivadas ofrece la ventaja de disminuir los costos de alimentación con buen rendimiento productivo de los ovinos en engorda.

Un forraje de buena calidad puede proporcionar los nutrientes que requieren ovinos, bovinos y caprinos en crecimiento y finalización; el forraje es fuente de energía, proteínas, vitaminas y minerales; sin embargo, el aporte de estos nutrientes varía de acuerdo con la época del año, los pastos jóvenes proporcionan mayor contenido de energía y proteína por unidad de materia seca que el mismo pasto con mayor grado de madurez. La composición química del forraje se modifica de acuerdo a su desarrollo fisiológico, por lo tanto es fundamental evaluar los aportes nutricionales del forraje en las diferentes etapas por las que pasa (Mc Donald *et al.*, 2002).

Los técnicos y productores deben saber claramente la diferencia que entre el valor nutritivo de los forrajes jóvenes y los maduros (Flores, 1980).

El *Lolium perenne* es un forraje de fácil establecimiento, se adapta de excelente forma a los climas húmedos y templados, su producción perdura por largos periodos, es uno de los más indicados para su empleo unidades de producción con pastoreo rotacional, coexiste con leguminosas como la alfalfa y el trébol (Flores, 1980).

Determinar la digestibilidad del forraje es importante, porque junto con el consumo voluntario y la composición química del mismo, son los tres principales elementos que

determinan la calidad de los forrajes para la nutrición y producción animal, reflejándose esto en la respuesta productiva en términos de litros de leche y/o kilogramos de carne por hectárea de las especies rumiantes (Getachew *et al.*, 2000).

El nivel de eficiencia de una unidad de producción pecuaria radica en gran medida en el éxito de su sistema de alimentación, por lo tanto es de suma importancia determinar los aportes de nutrientes que ofrece el forraje ryegrass (*Lolium perenne*) para los ovinos en engorda en las condiciones de la zona del Valle de Toluca, Estado de México, determinados con las técnicas de campo y laboratorio actuales.

4. HIPÓTESIS

La composición química y digestibilidad del forraje ryegrass perene (*Lolium perenne*) bajo condiciones de pastoreo continuo intensivo por corderos en engorda es similar durante los meses que comprende la época de primavera y verano en el valle de Toluca, México.

5. OBJETIVOS

Determinar la calidad nutritiva del forraje ryegrass perene (*Lolium perenne*) pastoreado por corderos en crecimiento y finalización en términos de producción de forraje por hectárea, composición química y digestibilidad.

Medir la producción de materia fresca y materia seca por hectárea del forraje ryegrass perene (*Lolium perenne*) en la época de primavera-verano.

6. MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo forma parte del Proyecto de Investigación sobre Evaluación de la calidad de canales y carne de ovinos en pastoreo de praderas de clima templado con y sin suplementación alimenticia con clave de registro 2186/2005.

6.1. Material

A partir de una pradera de forraje ryegrass, con una superficie de 4,000 metros cuadrados aproximadamente, implantada en 1998, irrigada con riego rodado cada 20 días y fertilizada cada 26 días con 50 kg de potasio y urea, la cual se ubica en la unidad de producción de ovinos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México, pastoreada por 32 ovinos (peso vivo medio de 18 ± 0.6 kg); se tomaron cinco muestras compuestas de forraje durante el período comprendido del 13 de abril al 24 de agosto de 2005; se colocaron, en la pradera, cinco jaulas de exclusión de forma aleatoria, las cuales fueron reubicadas cada 15 días en la misma pradera.

6.2. Métodos

Mediciones

Altura de la pradera. En cada una de las jaulas de exclusión, la altura del forraje se registró cada 15 días, de acuerdo con la técnica de “altura extendida” de Hodgson et al. (1971), la cual consiste en tomar la altura promedio de un pequeño número de plantas tomadas entre los dedos y extendidas totalmente sobre una regla (30 cm) en posición vertical.

Acumulación neta de forraje. Se emplearon cinco jaulas de exclusión con dimensiones de 1.20 x 1.50 x 1.20 m, distribuidas aleatoriamente en la pradera para la determinar el crecimiento del forraje. Dentro de cada jaula se seleccionó un sitio al azar para efectuar el corte de 1 m² de masa herbácea, posteriormente, a los 15 días, se repitió el proceso en el mismo cuadrante, esto se realizó con uso de tijeras para trasquilar ovinos. Las muestras de

forraje fueron pesadas y desecadas, hasta peso constante, en una estufa a 60 °C para la determinación de la materia seca (MS) por hectárea. Posteriormente se molieron y conservaron en frascos de plástico hasta su análisis en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ de la UAEM.

Composición Química. Cada 15 días se obtuvieron muestras de forraje, mediante pastoreo simulado de los ovinos, de la parte de la pradera fuera de la jaula de exclusión. Las muestras fueron pesadas y secadas para determinar la materia seca; posteriormente, se determinó en cada una el análisis químico proximal para medir su contenido de PC, FND, FAD y LAD (Mc Donald *et al.*, 1995; Shimada, 2003).

Digestibilidad. Se realizó a través del método *in vitro* por producción de gas (Theodorou *et al.*, 1994); a través de esta técnica el gas producido durante la fermentación generó información útil sobre la digestión de las fracciones solubles e insolubles del forraje ryegrass.

Aproximadamente 800 mg de MS de muestra de forraje fue incubada por duplicado con 90 mL de solución buffer y 10 mL de líquido ruminal. Para estudiar las diferencias entre meses de muestreo, tres series por inoculación fueron realizadas, utilizando la media de los dos frascos de cada muestra en cada incubación. En cada serie de incubación, dos frascos adicionales sin sustrato, y otros dos con forraje de digestibilidad conocida (estándar), fueron utilizados para conocer la producción de gas y fueron incluidos como blanco y estándar, respectivamente, para las posibles correcciones.

El volumen de gas producido fue registrado a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 horas de incubación. Después del período de incubación, el residuo de fermentación de cada frasco fue recuperado y secado a 60°C durante 48 horas para estimar la proporción de MS desaparecida (MSd). La producción de gas producida a las 96 horas se utilizó para calcular la producción de gas relativa (RGY: mL de gas por gramo de MS digerida, MSd).

Para estimar la evolución de la fermentación microbiana, la acumulación de producción de gas fue calculada de acuerdo al modelo propuesto por France *et al.* (1993):

$$y = A [1 - \exp(-b^{(t-T)} - c^{(vt - vT)})]$$

Donde:

Y= denota la producción de gas acumulada (mL).

t= es el tiempo de incubación (horas).

A= es la asíntota de la curva (producción de gas total, mL).

b (h^{-1}) y **c** ($h^{1/2}$)= son constantes de producción de gas.

T= representa el “lag time” (horas), que es el tiempo en que el alimento empieza a ser degradado por los microorganismos del rumen.

6.3. Análisis estadístico

Diseño experimental. Consistió en un arreglo factorial de parcelas divididas en espacio y tiempo, la parcela grande fue el área seleccionada para cada jaula de exclusión y el período de muestreo fue la sub parcela o parcela chica con sus respectivos errores experimentales. La información recabada fue procesada mediante análisis de varianza con apoyo del programa estadístico SAS (1999).

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \delta_{ij} + B_k + (AB)_{ik} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta.

μ = Media general.

A_i = Efecto de la parcela grande en su nivel i.

δ_{ij} = Error asociado con parcelas grandes E(a).

B_k = Efecto de la parcela chica en su nivel k.

(AB) ik = Efecto de la interacción AB al nivel i, k .

e_{ijk} = Error aleatorio asociado con parcelas chicas E (b).

Los promedios de cada variable que resultaron significativas, con una $P \leq 0.05$, fueron analizados con el método Tukey (Steel y Torrie, 1997).

7. LÍMITE DE ESPACIO

El estudio se realizó en la posta zootécnica y en el laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Estas instalaciones se encuentran situadas en el Campus Universitario el Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca de Lerdo, Estado de México, en el centro oeste del Estado, a los 19° 42' 16" latitud norte y 99° 39' 38" longitud oeste a una altitud de 2638 msnm (INEGI, 2003). El clima es templado frío con lluvias en verano, con una precipitación pluvial media anual de 800-1000 mm (García, 1988).

La pradera de ryegrass perene (*Lolium perenne*) evaluada contó con una extensión de 4,000 m², la cual se encuentra ubicada en el módulo de ovinos de la Coordinación de Producción de la misma Facultad.

Las muestras de forraje colectadas fueron procesadas en los laboratorios de Bromatología y de Metabolismo del Departamento de Nutrición Animal de la misma Facultad.

8. LÍMITE DE TIEMPO

El estudio de la evaluación de la pradera se realizó durante el período comprendido de abril a agosto del año 2005.

Los análisis de laboratorio se realizaron durante el período comprendido de febrero a agosto de 2006.

El manuscrito de la tesis en su versión final fue concluido durante los meses de enero a julio de 2017.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del rendimiento de forraje en materia fresca y materia seca por hectárea durante los meses de evaluación de abril a agosto. Se encontraron diferencias ($P<0.05$) en el rendimiento de materia fresca y materia seca por hectárea entre los meses de abril a agosto que comprendieron las épocas de primavera y verano del estudio. El mes de julio fue el de mayor rendimiento de materia fresca por hectárea con $5963.3 \text{ kg ha}^{-1}$, en contraste en materia seca fue el mes de junio con $1148.9 \text{ kg ha}^{-1}$.

Composición química del forraje

En el Cuadro 1 se presenta la composición química del forraje producido durante la época de primavera verano, meses de abril a agosto en una pradera de ryegrass en el valle de Toluca, México. Se observaron diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre los meses de evaluación; el contenido de proteína fue mayor en el mes de mayo (11.5 % BS); en contraste, durante los meses de julio y agosto el forraje tuvo el máximo contenido de FND y FAD, y en agosto el de LAD.

El contenido de proteína fue disminuyendo conforme avanzó la época de primavera y alcanzó su mínimo en verano en el mes de agosto con 10.39 % BS; en cambio, el contenido de FND aumentó durante la época de primavera y verano de 40.47 % BS en abril a 48.39 % BS en el mes de julio; y el de FAD de 19.0 a 26.06 % BS en los mismos meses; asimismo, el contenido de lignina aumentó notablemente de 4.55 % en abril a 7.53 % en julio y a 9.04 % BS en el mes de agosto.

Respecto a otros estudios sobre evaluación de praderas de forraje ryegrass, Castro (2006) informó que el contenido de MS, MO, PC, FND, FAD y LAD fue afectado ($P<0.05$) por la

época del año (mes) en que se cosechó el forraje. El contenido de MO fue mayor en la época de primavera-verano (81.7%) y menor en la época de invierno (77.5%). El contenido de proteína cruda fue similar en las épocas de otoño (16.0 %) y primavera-verano (16.2%), y ligeramente menor durante el invierno (14.7%). Los contenidos de FND y FAD tuvieron una tendencia ascendente de otoño hasta primavera-verano, en contraste, el contenido de LAD fue mayor en la época de invierno (119.1 g/kg MS), y similar en las otras dos épocas.

Cuadro 1. Efecto del mes de corte sobre el rendimiento (kg) y la composición química (g kg⁻¹ MS) del forraje ryegrass (*Lolium perenne*).

MES	VARIABLES						LAD
	MFHA	MSHA	MS	PC	FND	FAD	
Abril	2961.3 ^b	939.2 ^{ab}	317.2 ^a	112.27 ^{ab}	404.76 ^b	190.00 ^d	45.58 ^c
Mayo	3543.9 ^b	948.8 ^{ab}	268.0 ^b	115.51 ^a	428.78 ^b	203.93 ^{cd}	55.66 ^{bc}
Junio	3525.6 ^b	1148.9 ^a	325.9 ^a	109.42 ^{ab}	427.11 ^b	213.97 ^c	67.14 ^b
Julio	5963.3 ^a	707.1 ^{ab}	118.6 ^c	108.8 ^{ab}	483.92 ^a	260.65 ^a	75.35 ^{ab}
Agosto	4036.5 ^{ab}	684.5 ^b	169.6 ^c	103.9 ^b	461.84 ^a	237.22 ^b	90.41 ^a
EEM [†]	579.9	113.2	9.19	2.72	6.86	4.33	5.03
Valor P ^{††}	0.0081	0.0339	0.0150	0.0500	0.0001	0.0001	0.0001

^{abc} Medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

MFHA, Materia Fresca; MSHA, Materia Seca; PC, Proteína Cruda; FND, Fibra Neutro Detergente; FAD, Fibra Acido Detergente; LAD, Lignina Acido Detergente.

[†]EEM= Error Estándar de la Media

P^{††}=Significancia del efecto del mes de corte.

Por otro lado, Mosquera *et al.* (2000) al evaluar la calidad nutritiva de una pradera mixta de ryegrass Inglés (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) durante tres épocas del año (primavera, verano y otoño) informaron que el contenido de proteína cruda fue mayor en la época de primavera (18.4%), seguido de la época de otoño (17.9%) y por último verano (14.5%), valores distintos a los encontrados en esta investigación, pero de forma similar, encuentran la mayor concentración de PC para la época de primavera.

Los autores Quintanar y Domínguez (1988) al evaluar la composición química de una pradera de rye grass (*Lolium perenne*) durante la época de primavera-verano, encontraron que el contenido de PC promedio fue de 28.1 ± 2.41 %, valores muy superiores a los encontrados en la presente investigación; según estos autores, el alto contenido de PC se debió a la aplicación de N (urea) a la pradera a una dosis de 46 kg de nitrógeno por hectárea cada 28 días. Rodríguez y Soriano (1990) evaluaron, en la época de invierno, una pradera de ryegrass (*Lolium perenne*) fertilizada con nitrógeno e informaron que los valores de proteína cruda fueron en promedio de 18.3 %, el cual es mayor respecto al presente trabajo para la época comprendida durante los meses de abril a agosto (primavera y verano).

Digestibilidad *in vitro*

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los valores obtenidos del ajuste de los datos a partir de la ecuación propuesta por France *et al.* (1993), así como digestibilidad de la MS y la producción de gas relativa (mL gas/g MS desaparecida a las 96 horas) del ensayo de digestibilidad *in vitro* realizado por la técnica de producción de gas a las muestras de forraje colectado durante los meses de abril a agosto (Theodorou *et al.*, 1994). Se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para los diferentes parámetros A, B y C, tiempo lag, MS residual, digestibilidad de la MS y producción de gas relativa.

Respecto a los parámetros A y B, los valores mayores se obtuvieron en el mes de abril, en tanto que para el parámetro C y tiempo lag, los valores más altos fueron en el mes de agosto.

Respecto a la variable digestibilidad de la MS a las 96 h, el forraje cosechado en el mes de agosto tuvo el mayor valor (72.23 %) y el menor en el mes de junio (66.53 %), sin embargo, los valores de PGR a las 96 h fueron mayores en los meses de abril y mayo (365.1 y 360.0 mL); en tanto que la menor producción de gas relativa se observó en el mes de junio (284.57 mL). Esto coincide con el menor contenido de lignina observado en los meses de abril a junio con respecto a julio y agosto, de forma tal que entre más alto fue el

contenido de la pared celular menor fue la digestibilidad de la MS del forraje. La lignina frecuentemente es considerada como uno de los principales factores que limita la digestión de la fibra, sin embargo, investigaciones recientes sugieren que el contenido de lignina no sería responsable de la disminución de la digestión de la fibra, sino que la acción de la lignina consistiría en reducir el acceso de las enzimas hidrolíticas en la fibra digestible (Jung y Allen, 1995). Una reducción de la producción de gas (A) con el aumento de la madurez de la planta es esperada debido a una menor digestibilidad de la pared celular (Ribeiro *et al.*, 2014); por lo tanto, si el volumen de gas liberado, como producto de la fermentación microbiana es menor, en consecuencia hay menor producción molar de los metabolitos acetato y butirato (Theodorou *et al.*, 1994); debido a que la fermentación del sustrato hasta propionato produce gas sólo desde la neutralización del ácido, por consiguiente, una menor producción de gas es asociada con la fermentación propiónica (Getachew *et al.*, 1998).

Lemus *et al.* (2002) informaron que al evaluar la digestibilidad *in vitro*, mediante la técnica de Tilley y Terry (1963), de los forrajes de una pradera mixta de tres gramíneas (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*) y dos leguminosas (*Medicago sativa* y *Trifolium repens*), cultivados en diferentes épocas del año, el valor para la época de primavera y verano fue de 66.0 %, el cual es inferior al observado en el presente estudio en los meses de abril a junio (primavera) y período de julio a agosto (verano).

Cuadro 2. Efecto del mes de corte sobre la evolución de los parámetros de fermentación *in vitro* por producción de gas del forraje ryegrass (*Lolium perenne*) cultivado en el valle de Toluca, México.

MES	A	B	C	Lag time	MS Res 96h	MS Dig. 96h	PGR 96h
Abril	251.85 ^a	0.064 ^a	0.040 ^b	0.543 ^c	0.220 ^{ab}	69.81 ^{abc}	365.10 ^a
Mayo	238.74 ^{ab}	0.062 ^{ab}	0.044 ^{ab}	0.611 ^c	0.237 ^{ab}	67.17 ^{bc}	360.09 ^a
Junio	188.81 ^c	0.056 ^{bc}	0.049 ^{ab}	0.684 ^c	0.242 ^a	66.53 ^c	284.57 ^c
Julio	246.72 ^{ab}	0.054 ^{cd}	0.043 ^{ab}	1.10 ^b	0.214 ^{ab}	70.98 ^{ab}	351.79 ^{ab}
Agosto	226.49 ^b	0.048 ^d	0.056 ^a	1.85 ^a	0.205 ^b	72.23 ^a	315.06 ^{bc}
EEM [†]	5.25	0.001	0.003	0.097	8.41	1.12	10.45
Valor P ^{††}	0.0001	0.0001	0.0208	0.0001	0.0087	0.0011	0.0001

^{abc} Medias con distinta literal en la misma columna son diferentes (P<0.05).

A, producción total de gas (mL gas/g MS inicial); B, tasa de fermentación (h⁻¹); C, tasa de fermentación (h^{-1/2}); Lag time, tiempo de retardo de incubación (h⁻¹); PGR, producción de gas relativa (mL gas/g MS desaparecida a las 96 h)

[†]EEM= Error Estándar de la Media

P^{††}=Significancia del efecto del mes de corte.

10. CONCLUSIONES

- ✓ En las condiciones experimentales en que se desarrolló este estudio se puede concluir que el contenido de proteína cruda fue mayor en el mes de mayo y menor en el de agosto; en contraste, el contenido de fibra neutro detergente fue mayor en los meses de julio y agosto y menor en los meses de abril a junio.
- ✓ Se observó una mayor digestibilidad de la materia seca *in vitro* en el mes de agosto y menor en el mes de junio.
- ✓ La producción de gas relativa fue mayor en los meses de abril y mayo y menor en el mes de junio.

11. LITERATURA CITADA

- AOAC. (1990): "Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists". 20th ed., Washington, D.C. USA.
- Barragán, G. H. (2001): "Determinación de urea en suero sanguíneo y contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo". Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 94.
- Barnes, F.R., Millar, A. D. y Jerry, N.C. (1995): "Forages an Introduction to Grassland Agriculture". 15^a Ed. Vol. I. IOWA State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Bogdan, A.V. (1997): "Pastos Tropicales y Plantas de Forraje". A.G.T. EDITOR, S.A, México.
- Castro, H.H. (2006): "Composición química, contenido mineral y digestibilidad *in vitro* del forraje ryegrass (*Lolium perenne*) en relación con la madurez y época del año". Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAEM. México. 46 p.
- Church, D.C. (1992): "Fundamentos de nutrición y alimentación animal". Ed. Limusa. p. 438.
- Church, D.C., Pond, W.G. y Pond, K.R. (2002): "Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales". Limusa, México.
- Duthil, J. (1989): "Producción de Forrajes". 4^a Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Escamilla, G. J., Ángeles, C.S., Corona, G. L., Melgarejo, V. L. y Spross, S. K. (2000). Capítulo. I. "Clasificación de los alimentos". En: División sistema Universidad abierta y Educación a distancia: Alimentación animal, Forrajes y concentrados. Bovinos. Ed. UNAM. 1-26.
- Flores, J. A. (1980): "Bromatología Animal". 2^a Ed. Limusa, México.
- Fondevila, M. y Barrios A. (2001): "La Técnica de Producción de Gas y su Aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes". Revista Cubana de Ciencias Agrícolas.

- France, J., Dhanoa, M. S., Theodorou, M. K., Lister, S. J., Davies, D. R. and Isaac, D. (1993): "A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds". J. Theor. Biol. 163: 99-111.
- Getachew, G., Blummel, M. Makkar, H. P. S. y Becker, K. (1998): "*In vitro* gas measuring techniques for assement of nutritional quality of feeds: *a review*". Anim. Feed Sci. Tech. 72: 261-281.
- 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.
- Hodgson, J., Tayler, J.C. and Lonsdale, C. R. (1971). "The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of calves". J. Br. Grassland. Soc.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2003): "Síntesis de información geográfica del Estado de México". INEGI, México.
- Jiménez, A. M. Y Martínez, H. P. A. (1985): "Utilización de Praderas". Universidad Autónoma de Chapingo.
- Jung, A. G. y Allen, M. S. (1995): "Characteristics of plants cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants". J. Anim. Sci. (73): 2774-2790.
- Leaver, J. D. (1982): "Utilización de las pasturas por vacas lecheras". Hemisferio-Sur, Argentina.
- Lemus, R. V., Lugo, L. G., Valencia G. E. y Villagrán, V. B. (2002): "Desempeño de una pradera irrigada en clima templado, establecida para el pastoreo con bovinos lecheros". Rev. Vet. Méx. 33 (1): 11-26.
- Mc Donald, P., Greenhalgh, D. F. J., Morgan, A. C. Y Edwards A. R. (1995): "Nutrición Animal ". 5ª Ed. Acribia, España.
- Mc Donald, P., Greenhalgh, D. F. J., Morgan, A. C. Y Edwards A. R. (2002): "Animal Nutrition". 6ª Ed. Prentice-Hall.
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W. (1979): "The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding

- stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor". *J. Agric. Sci.* 93: 217-222.
- Menke, K. H., and Steingass, H. (1988): "Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid". *Animal Research and development.* 28 (7):45.
- Morrison, B. F. (1985): "Alimentos y Alimentación del Ganado". Tomo I. Hispano-Americana, México.
- Mosquera, R., González, A. y Rigueira, A. (2000): "Sward quality affected by different grazing pressures on dairy systems". *J. Range Manage.* 53(6): 603-610.
- Muslera, P. E. y Ratera, G. C. (1991): "Praderas y Forrajes Producción y Aprovechamiento". 2ª Ed. Mundi-Prensa, España.
- Núñez, H.G., Calzada, E. J., González, S. H., Castillo, G. J. M., García, M. G. Y Dovel R. (1995): "Guía de Manejo de Praderas de Gramíneas de Clima Templado en México". INIFAP, México.
- Orozco, D.F. (1982): "Cultivos Forrajeros". Trillas, México D.F.
- Quintanar, E. y Domínguez, I. (1988): "Evaluación de una pradera de Ballico perenne (*Lolium perenne*) bajo pastoreo continuo intensivo por vacas lecheras en primavera-verano". Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 41 p.
- Ramírez, L.R.G. (2003): "Nutrición de Rumiantes Sistemas Extensivos". Trillas, México.
- Ribeiro, Jr. G.O., Teixeira, A.M., Velasco, F.O., Faria, Jr. W.G., Pereira, L.G.R., Chaves, A.V., Gonçalves, L.C., McAllister, T.A. 2014: "Production, nutritional quality and *in vitro* methane production from *Andropogon gayanus* grass harvested at different maturities and preserved as hay or silage". *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 27(3): 330-341.
- Rodríguez, S. y Soriano J. (1990): "Caracterización de una pradera de Ballico perenne (*Lolium perenne*) durante en segundo año de pastoreo continuo intensivo por vacas lecheras en otoño-invierno". Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

- SAS. (1999): "Statistical Analysis System". User's Guide: Statistics. Ver. 8. Cary, NC. USA.
- Shimada, M. (2003): "Nutrición Animal". Trillas, México.
- Smetham, M. L., Langer, R. H. M. (1981): "Las pasturas y sus plantas" Hemisferio sur,
- Steel, R. G. D, y Torrie, J.H. (1997): "Bioestadística principios y procedimientos". 3ª ed. Mc Graw Hill, México.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A. Dhanoa, M. S., Mc Allan, A. B. AND France, J. (1994): "A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds". Anim. Feed Sci. and Tech. 48: 185-197.
- Tilley, J. M., and Terry R. A. (1963): "A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops". J. Br. Grassl. Soc. 18: 104-111.
- Underwood, E. J. and Suttle N. F. (1999): "The Mineral Nutrition of Livestock". Cabi Publishing, U.S.A.
- Valenzuela, G. E. A., Santos, O. J. A y Curiel, A. J. M. (2000): "Manejo de la Carga Animal y su Importancia". INIFAP, SAGAR, México.
- Van Soest, P. J. (1994): "Nutritional Ecology of the ruminants". 2nd ed., Cornell University Press. New York.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991): "Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition". J. Dairy Sci. 4:3583-3597.
- Vilches, S. E. M. y Sánchez, V. E. (1988): "Crecimiento de borregos Rambouillet de remplazo pastoreando praderas de ballico perenne (*Lolium perenne*) solo o asociado con trébol blanco (*Trifolium repens*) y la influencia del sistema de cosecha sobre la estructura de la pradera". Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.