

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Evaluación del uso de pellets de *Stylosanthes multilinea* en equinos

Ana Elena Soto Morales

Proyecto presentado para optar por el título en el grado de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2013

Esta tesis fue aprobada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

Ing. Augusto Rojas Bourrillon, M. Sc.

Director de Tesis y
Director a.i.

Ing. Randall Arguedas Sánchez, Lic

Miembro del Tribunal

Ing. José Alberto Arce Cordero, Lic.

Miembro del Tribunal

Ing. Carlos Arroyo Oquendo, M.Sc.

Miembro del Tribunal

Ing. Alejandro Saborío Montero, Lic.

Miembro del Tribunal

Ana Elena Soto Morales

Sustentante

DEDICATORIA

A Dios, a todas las personas y animales que han permitido que realice mis sueños a lo largo de esta vida...

AGRADECIMIENTO

A Dios por todas las oportunidades, experiencias y demás que me ha permitido vivir a lo largo de esta maravillosa historia.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por estar siempre ahí para cuando los necesito, aunque sienta que estoy cayendo.

A mi novio, apoyo, enseñanza, tiempo y paciencia, sobretodo paciencia...

A mi negro y negrito, largas noches de estudio y su mirada incondicional de que si se puede lograr...

A todos los profesores que han sido parte de mi formación educativa por la paciencia y formas de enseñar, tanto en las clases como las diferentes lecciones de vida que me han dejado...

A los propietarios de los caballos, por permitirme hacer la investigación con sus equinos y la confianza que me dieron ante la propuesta de trabajo...

A los equinos del estudio, la paciencia y el permitirme trabajar para poder llevar a cabo este sueño...

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EVALUADOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
1. Características digestivas de los equinos.....	6
2. Nutrientes de importancia.....	8
3. Digestibilidad aparente de los nutrientes.....	11
4. <i>Stylosanthes</i>	14
5. Pellets.....	15
6. Respuesta animal al uso de pellets.....	16
7. Cenizas insolubles en ácido.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
1. Ubicación del estudio y manejo general.....	21
2. Estimaciones de la digestibilidad aparente.....	24
3. Evaluaciones.....	30
a. Condición corporal y peso vivo.....	30
b. Consumo de los pellets de <i>Stylosanthes</i>	30
c. Costos.....	30
4. Análisis estadístico.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
1. Consumo y palatabilidad.....	42
2. Digestibilidad aparente.....	42
3. Costos.....	43

LITERATURA CITADA.....	44
ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición nutricional del alimento balanceado Corcel© suministrado a los equinos.....	22
2	Composición nutricional del forraje Estrella Africana (<i>Cynodon nlemfluensis</i>) suministrado a los equinos.....	23
3	Características de los caballos utilizados en el estudio.....	24
4	Composición nutricional de los pellets de <i>Stylosanthes multilinea</i> proporcionados a los equinos.....	25
5	Horario de actividades realizadas a lo largo del día.....	26
6	Concentraciones (%MS) promedio de cenizas insolubles en ácido en heces.....	29
7	Concentraciones (%MS) promedio de cenizas insolubles en ácido en los alimentos proporcionados a los equinos.....	29
8	Concentraciones (%MS) totales de cenizas insolubles en ácido en la dieta.....	29
9	Cuadrado Latino Simple.....	31
10	Consumo promedio de Estrella Africana (kg MS/animal/día).....	32
11	Relación promedio de <i>Stylosanthes</i> : forraje: concentrado consumido.....	33
12	Consumos promedio (kg) de materia seca, proteína cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, extracto etéreo y carbohidratos no fibrosos para cada tratamiento.....	34
13	Digestibilidades aparentes (%) de los nutrientes en las dietas utilizadas.....	36

14	Costos por dieta diaria evaluada (\$/kg MS).....	41
-----------	--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Variación promedio de la circunferencia torácica (cm) de los caballos durante el ensayo.....	38
2	Variaciones promedio del peso vivo (kg) de los equinos por fórmula matemática durante el ensayo.....	39
3	Variaciones promedio (kg) del peso vivo de los caballos por medio del uso de la cinta.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Balances de dietas realizadas (ED (Mcal) y PC (g)) para el estudio en los diferentes tratamientos.....	48
2	Consumo de materia seca total (en kg) por tratamiento.....	48
3	Porcentaje de peso vivo consumido en materia seca total y por alimento proporcionado.....	49
4	Promedio consumo de agua (litros) por tratamiento.....	49
5	Estimación de heces excretadas (kg) por tratamiento.....	50
6	Análisis de calidad promedio de las heces recolectadas.....	50
7	Variaciones de peso vivo por medio de fórmula matemática, cinta y circunferencia torácica.....	51

RESUMEN

Ante la necesidad de alimentar equinos en sistemas estabulados, se buscan alternativas de alimentos que se les puedan suministrar a los mismos. Es común que la dieta de caballos estabulados se base en forraje y algún alimento comercial cuyos ingredientes principales son los granos.

En Costa Rica, la mayor cantidad de los granos utilizados son importados, por lo cual se depende de los mercados internacionales. Las variaciones en los precios han hecho que se busquen alternativas para sustituir el alimento balanceado para disminuir los costos de alimentación y así mismo la dependencia en productos importados.

El *Stylosanthes* es una leguminosa tropical que se puede someter al procedimiento de peletizado lo que facilita su inclusión como forraje en las dietas de caballos. En la presente investigación se estudió el efecto de la sustitución de alimento balanceado por pellets de *stylosanthes* sobre la digestibilidad de la ración.

El estudio fue realizado con 4 caballos adultos, capones de la raza Pura Sangre Inglés, con edades entre los 7 y 15 años. Estos caballos presentaron un peso vivo promedio de 521 kilogramos, con una desviación estándar de 14,53. Los equinos fueron sometidos a una prueba de sustitución en base seca de alimento balanceado (con un consumo máximo de 2 kilogramos) por pellets de *Stylosanthes* en los siguientes porcentajes: 0, 15, 30 y 45%. Los caballos rotaron por los diferentes tratamientos en periodos de 9 días de acostumbramiento y 5 días de recolección de las heces.

La recolección de las heces se realizó cada 4 horas a lo largo del día y noche. Estas heces fueron pesadas y seleccionadas para la elaboración de una muestra compuesta, la cual fue analizada para determinar la calidad nutricional de la misma. Además a estas muestras de heces así como a cada componente de la ración se les llevó a cabo la prueba de cenizas insolubles en ácido como marcador interno para determinar la digestibilidad de los diferentes nutrientes.

Con respecto a la digestibilidad de la materia seca se obtuvo un valor promedio de 64,66; 61,77; 62,99 y 64,26% para los tratamientos 0, 15, 30 y 45%, respectivamente. Para este factor, no se presentó diferencia significativa ($P>0,05$) entre el tratamiento, animal ni periodo. La digestibilidad de la proteína cruda presentó los siguientes promedios para sus respectivos tratamientos 68,88, 65,66, 66,94 y 69,57%. Al igual que la digestibilidad de la materia seca, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes factores analizados. Referente a la digestibilidad de la fibra neutro detergente, se determinó para el tratamiento 0% un valor de 46,46%; para el tratamiento 15% un valor de 48,17%; para el tratamiento de 30% un valor de 43,46% y para el tratamiento de 45% una digestibilidad de 46,47%. Para este nutriente, se presentó diferencia significativa para el periodo ($P=0,0097$); el tratamiento y animal no presentaron diferencias.

La fibra ácido detergente mostró los siguientes valores de digestibilidad. Tratamiento 0% de 33,06; tratamiento del 15% de 35,51; el de 30% fue de 32,57 y el de 45% de 35,8. Para este nutriente, el tratamiento no presentó diferencia significativa ($P>0,05$), mientras que el efecto animal fue significativo y el periodo presentó una alta significancia estadística.

El valor del extracto etéreo fue de 69,54; 82,80; 78,76 y 83,67% para los tratamientos 0, 15, 30 y 45%, respectivamente. Para este nutriente no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, animal y periodo.

Se concluye que la sustitución de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* hasta un nivel de 45%, no afectó la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda y la fibra detergente neutro. Sin embargo se presentó la disminución de la digestibilidad de la fibra ácido detergente y del extracto etéreo de la ración. La sustitución del 15, 30 y 45% de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* representó una disminución del 3,4, 6,9 y 10,3% del costo de la ración diaria.

INTRODUCCIÓN

Los caballos han sufrido variaciones en sus hábitos y formas de obtener alimentos debido a los cambios alimenticios y de manejo a los que se han sometido a través del tiempo.

Cuando un caballo se encuentra en condiciones naturales, puede pastar entre 12 a 16 horas diarias en periodos de 2 a 3 horas alternándose los momentos de descanso y los de interacción social. Debido a esto, su aparato digestivo no podrá consumir cantidades de forraje mayores a su capacidad (5 a 8 litros a lo largo del día) y de esta manera poder obtener la energía de forma eficiente (Martínez 2007).

Una vez que el caballo es estabulado, se le limita su tiempo de pastoreo y los alimentos a los cuales puede tener acceso. Ante esto, es de suma importancia garantizarles la cantidad y calidad de alimento que permita satisfacer sus necesidades de acuerdo a su condición corporal y trabajo realizado.

Para poder desarrollar balances nutricionales adecuados para los caballos que se encuentran estabulados, es necesario tomar en cuenta los criterios necesarios que permitan satisfacer sus necesidades nutritivas, la seguridad digestiva para evitar complicaciones por la presencia de algún material que pueda generarles problemas y por supuesto, la economía adecuada para el dueño o cuidador del animal (Martínez 2007). Ante las necesidades citadas anteriormente, se requiere la búsqueda de materiales alternativos para poder incluirlos en las dietas. Además, en el caso de los países tropicales en donde los forrajes tienen un contenido mayor de fibra, se deben tener opciones para ser incluidas en las dietas y así mejorar la calidad de los alimentos.

Mediante estudios de digestibilidad de nuevos productos que pueden incluirse en la dieta de caballos, se puede determinar si realmente ese material genera un aporte al organismo o más bien puede causar problemas. Otro factor de importancia que se debe considerar es la aceptación individual del material, ya que de no ser así el hecho de contar con materias primas o alimentos de calidad

no va a generar ningún beneficio. Por lo cual el hecho de proveer a los caballos el alimento adecuado no implica que el mismo esté recibiendo una nutrición óptima (Lawrence 1995).

Ante la necesidad de nuevas materias primas para ser incluidos en las dietas para caballos, se ha recurrido al uso de leguminosas como la alfalfa en zonas templadas, en donde su producción se da con buenos rendimientos y resultados para el consumo animal. En el caso de los países tropicales, se están llevando a cabo estudios para el uso de otras leguminosas, como es el caso del género *Stylosantes*, el cual presenta un nivel superior de proteína y una alta digestibilidad en comparación con las gramíneas (Teixeira *et al.* 2010)

Para el caso de la alfalfa en zonas donde se produce en grandes cantidades, se cuentan con diferentes presentaciones, como por ejemplo cubos, pellets o heno. Como cualquier material, estos presentan ventajas y desventajas. En el caso de los cubos, son recomendados para utilizarse en caballos que presentan problemas respiratorios, por lo cual se buscan alimentos con bajo contenido de polvosidad, sin embargo estos son de mayor costo, lo que representa un inconveniente para algunos propietarios y productores (Coleman y Lawrence 2000).

Con respecto a los pellets, estos son el producto del picado y comprimido en pequeñas unidades de heno de alfalfa. Presentan la ventaja de ser muy palatables para los caballos, lo cual es a la vez una desventaja, ya que el animal puede consumirlos muy rápido y ocasionarles atragantamiento (Shewmaker *et al.* s/f).

El *Stylosanthes* puede ser utilizado como una alternativa alimenticia en el trópico, similar al uso que se le da a la alfalfa en otras regiones. Algunas de las ventajas que presenta este material son el alto contenido de proteína, la posibilidad de producirlo en estas latitudes y la mecanización que se le puede dar al material para convertirlo en pellet.

OBJETIVOS

a. General:

1. Determinar el efecto de la sustitución parcial de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes multilinea* sobre el consumo, la palatabilidad y la digestibilidad de la ración en equinos estabulados.

b. Específicos:

1. Determinar el efecto de la sustitución (0, 15, 30 y 45%) del alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes multilinea* sobre el consumo y la palatabilidad en caballos adultos de la raza Pura Sangre Inglés.
2. Estimar la digestibilidad aparente de dietas con diferentes niveles de sustitución (0, 15, 30 y 45%) de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes multilinea*.
3. Analizar el efecto de la utilización de pellets de *Stylosanthes multilinea* sobre el costo de la ración en caballos.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. *Características digestivas de los equinos:*

Los equinos son considerados herbívoros monogástricos no rumiantes, por lo que el proceso digestivo llevado a cabo es principalmente de tipo enzimático, pero a pesar de ello, en el ciego y colon se lleva a cabo la fermentación de la fibra y de otros nutrientes debido a la presencia de microorganismos responsables de dicho procedimiento. La flora bacteriana que se encuentra a nivel de ciego no sufre un proceso de degradación por las enzimas intestinales, por lo que el alimento es sometido a un proceso de hidrólisis primero en el estómago y en el intestino delgado, para su posterior fermentación en el ciego y colon (Real 1990).

Al igual que en cualquier otra especie animal, el proceso de digestión inicia a partir del momento en el que el équido toma el alimento con su boca e inicia el proceso de masticación y maceración de los alimentos ingeridos. Durante dicha actividad, se produce una gran cantidad de saliva, la cual tiene la función de humedecer y realizar un mezclado de los alimentos para poder producir el conocido bolo alimenticio. La cantidad de saliva producida depende del tamaño del caballo y del tipo de alimento que esté consumiendo, sin embargo, se estima que ésta puede estar en un rango de 10 a 50 litros diarios (Real 1990).

Una vez que el bolo alimenticio está listo, es trasladado hacia el estómago, a través del esófago, el cual presenta el esfínter del cardias. Dicho esfínter tiene la característica de no permitirle al caballo el vómito debido a su disposición y tono muscular; ante esta característica, los caballos son susceptibles a sufrir de una distensión gástrica con ruptura antes de poder vomitar (Real 1990).

Después de que el bolo alimenticio pasa el cardias y logra llegar al estómago, el cual tiene un tamaño de aproximadamente un 12% de la capacidad total del tracto digestivo, entra en contacto con el epitelio escamoso estratificado. Debido a las características del epitelio escamoso estratificado, se logra un área secretora gástrica relativamente pequeña. Por ser esta área secretora pequeña, es que se presentan acumulaciones de alimento, provocando que la acción bacteriana

intervenga principalmente sobre los carbohidratos. Generando ácidos orgánicos, predominando el ácido láctico y los ácidos grasos volátiles en una proporción de 1,7:1. Es importante mencionar la presencia de ácido clorhídrico en los jugos intestinales, por lo que el contenido estomacal puede presentar un pH de hasta 5,4 en la zona fúndica y de 2,6 en la región pilórica (Real 1990).

Cuando los caballos presentan una actividad normal en su digestión, el estómago suele llenarse hasta dos terceras partes de su capacidad y se vacía entre 6 u 8 veces al día. Debido a esta característica, la tasa de pasaje del contenido estomacal es veloz, por lo que se puede considerar que la ración alimenticia pasa al intestino delgado con un contacto deficiente con los jugos gástricos. Por estas razones, se recomienda proporcionar a los equinos dos o más comidas por día para evitar problemas digestivos (Real 1990).

Una vez que el alimento pasa a través del píloro, llega al intestino delgado, el cual tiene una capacidad de un 25 a 30% del total del tracto digestivo. El paso del alimento en esta sección tiene una duración de 2 a 3 horas. La digestión que se lleva a cabo en esta sección es principalmente enzimática, generando una pequeña afectación sobre la celulosa contenida en el bolo alimenticio. Gracias a las enzimas que son secretadas en esta zona y las aportadas por el páncreas, es posible el llevar a cabo la digestión de hidratos de carbono, grasas y proteínas, por lo que sus productos son absorbidos principalmente en la zona del yeyuno (Real 1990).

Una de las características de los caballos es la carencia de la vesícula biliar y las sales biliares, encargadas de promover la emulsión de los lípidos, se segregan constantemente hacia el intestino delgado. Debido a esto y por la presencia del jugo pancreático, se lleva a cabo un aumento progresivo del pH, por lo que en el yeyuno es de 6,8 hasta 7,5 en el íleon terminal, facilitando la acción enzimática y una absorción de nutrientes adecuada (Real 1990).

Con respecto al intestino grueso, éste representa un 60% del total del tracto gastrointestinal, además es donde se lleva a cabo el proceso de degradación

bacteriana de los alimentos. Dicho intestino está compuesto por el ciego y el colón replegado y el flotante y finalmente por el recto. Debido a esta disposición y por la forma en la que están comunicadas las secciones mencionadas, el caballo tiene la posibilidad de retener las fracciones celulolíticas por más tiempo, permitiéndole a la microflora la digestión de la misma y la producción de ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico). Estos productos son absorbidos por las paredes del ciego y trasladados a la sangre para cumplir su función como fuente de energía para el organismo. Los residuos orgánicos no celulósicos obtenidos de la degradación en el ciego, pasan al colon replegado, en donde sufren un proceso de fermentación para la producción de más ácidos grasos volátiles (Real 1990).

El ciego y colon ventral son los encargados de hidrolizar los residuos nitrogenados, por lo que se produce amoníaco, el cual es utilizado en el organismo cuando pasa a la sangre o bien por los microorganismos para la síntesis de proteína microbial. En el colon dorsal, debido al proceso de degradación realizada por los microorganismos, se genera como residuo amonio, el cual pasa a sangre y es utilizado a nivel hepático parcialmente para la síntesis de aminoácidos no esenciales (Real 1990).

Debido a la presencia de la flora cecal, los caballos son capaces de sintetizar vitaminas hidrosolubles como por ejemplo la B₁₂, a partir del uso de cobalto de la dieta, además de otras vitaminas del complejo B, la C y K. La reabsorción de agua y de algunas sales minerales se lleva a cabo en el colon replegado y colon flotante (Real 1990).

2. Nutrientes de importancia:

Los principales nutrientes que se consideran para el desarrollo de un adecuado balance nutricional en equinos son: energía digestible, proteína cruda o proteína digestible, vitaminas y minerales.

Todos los nutrientes mencionados anteriormente son de suma importancia que sean contemplados en las dietas para que los equinos puedan tener un mantenimiento y desarrollo adecuado dependiendo de las etapas fisiológicas en las que se encuentren. Para cualquiera de estos nutrientes es igual de dañino tanto la carencia como el exceso, por lo que se estaría generando un desbalance nutricional.

La energía, se refiere a la partición y cuantificación de la misma utilizada por el animal y aquella que está contenida en los alimentos. La energía que proviene de los alimentos sufre un proceso de partición, de la cual una parte es utilizada por el organismo y otra se pierde. En el caso particular de los caballos, la energía se expresa en kilocalorías (Kcal) o megacalorías (Mcal). En caballos se trabaja principalmente con energía digestible (ED) (NRC 2007).

La energía como tal se puede desglosar en diferentes etapas, dependiendo de la que se quiera determinar, dichas etapas son: energía bruta, digestible, metabolizable y neta. Los requerimientos de energía para los caballos varían entre individuos, dependiendo de su condición corporal, trabajo realizado y estado fisiológico en el que se encuentre.

Referente a la energía bruta, contempla el total de energía que el animal consume. Ante esto es importante tener presente que dependiendo de la composición química del alimento, así se verá afectada o no la misma. Con respecto a la energía digestible, se refiere a la energía bruta menos la energía perdida en las heces. La energía digestible de un alimento se puede ver afectada por dos factores, la energía bruta contenida en el material y la digestibilidad de los productos que contiene (NRC 2007).

La energía metabolizable se obtiene por medio de la substracción de la pérdida de energía por medio de la orina y en forma gaseosa de la energía digestible. Las pérdidas a nivel de orina y en forma gaseosa son menores a aquellas en las heces (NRC 2007).

Con respecto a la proteína, ésta es uno de los componentes que más abunda en la mayoría de los tejidos del cuerpo de los caballos, después del agua. La proteína está formada por cadenas de aminoácidos, los cuales dependiendo del acomodo y de los diferentes tipos que la componen generan las diferencias entre una y otra proteína, por lo cual, los organismos realmente lo que requieren son aminoácidos. En el caso particular de los caballos, los aminoácidos que se consideran como esenciales son: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (NRC 2007).

La digestibilidad de la proteína va a depender de la calidad de la fuente que se le esté suministrando en la dieta al caballo. Dicha calidad va a depender del perfil de aminoácidos de los materiales que se les proporcione a los mismos. Cuanto mayor sea la digestibilidad de la fuente proteica, mayor será la absorción de aminoácidos, contribuyendo de esta manera a la síntesis y reparación de tejidos (NRC 2007).

Concerniente a las vitaminas, éstas son compuestos orgánicos con grupos complejos de grasas solubles en agua que se encuentran en pequeñas cantidades en materias primas naturales. Son esenciales para que el metabolismo realice sus funciones en forma normal. La deficiencia de las vitaminas en la dieta puede causar enfermedades, al igual que el exceso de las mismas. Las unidades utilizadas para determinar la cantidad necesaria son las Unidades Internacionales (UI) (NRC 2007).

La función de las vitaminas en el organismo es de coenzimas, sirviendo para la catálisis en muchas transformaciones y reacciones en los tejidos del mismo. Las vitaminas liposolubles son la A, D, E y K; éstas son almacenadas en las células grasas del cuerpo y en el hígado. Con respecto a las vitaminas hidrosolubles se refiere a las vitaminas del complejo B (Tiamina, Riboflavina, B₁₂) y la C. Dichas vitaminas deben ser ingeridas por el organismo ya que no tienen la capacidad de almacenarse (Warren 2002).

Para el caso particular de los minerales, estos son utilizados en pequeñas cantidades (4% del peso total del caballo aproximadamente) en comparación con

los otros nutrientes, sin embargo sus funciones dentro del organismo son variadas y necesarias para el adecuado funcionamiento del mismo. Algunos de los roles en los que se encuentran involucrados son: balance ácido base, formación estructural de componentes, cofactores enzimáticos, transferencia de energía, como parte de hormonas, vitaminas y aminoácidos (NRC 2007).

Otras de las funciones que tienen los minerales dentro del organismo es la participación en el metabolismo de las grasas, proteínas y carbohidratos, además de un adecuado funcionamiento de las conexiones nerviosas y musculares. Colaboran en la formación del hueso para poder sostener el peso del cuerpo, transporte del oxígeno en la sangre por el torrente sanguíneo y en el balance de los fluidos del cuerpo (Briggs 1998).

Los minerales son considerados compuestos inorgánicos, los cuales se pueden clasificar en: macrominerales (sodio, cloro, calcio, fósforo, azufre, potasio, magnesio), las cuales son requeridos en mayores cantidades que los microelementos o minerales traza (cobalto, cobre, hierro, iodo, manganeso, selenio, zinc). Los requerimientos para estos minerales están establecidos en gramos por día (g/d) y miligramos por día (mg/d) o partes por millón (ppm), respectivamente (Warren 2002).

El consumo excesivo o deficiente de minerales puede manifestar problemas de toxicidad y patologías que están estrechamente relacionadas con los mismos, por lo cual es importante garantizar el consumo adecuado de estos de acuerdo a las necesidades para la etapa productiva en la que se encuentre el equino. Dicha cantidad se establece por medio del consumo diario por un periodo prolongado sin que desencadene problemas de salud o afecte el desempeño del animal (NRC 2007).

3. Digestibilidad aparente de los nutrientes:

La digestibilidad aparente se refiere al cálculo matemático de un nutriente específico, el cual se obtiene por medio de la recolección de las heces. Para llevar

a cabo el cálculo, se debe conocer las características nutricionales del alimento que se le está suministrando al animal para luego restarle los valores obtenidos del mismo nutrimento en las heces. A partir de esta sustracción se puede obtener también el porcentaje de consumo, por medio de la división de la digestibilidad aparente entre el consumo total diario (Pagan s/f).

La digestibilidad aparente es un dato generalizado, ya que considera la digestibilidad a partir de las mediciones del nutriente en las heces; sin embargo, los nutrientes pueden provenir de dos fuentes. La principal fuente puede ser el material indigestible proveniente del alimento o bien los valores que se pueden obtener del nutrimento en las heces a partir de los residuos propios de los sistemas del organismo del caballo. Dichas sustancias que son procedentes del sistema de los caballos se consideran como endógenas, las cuales afectan la estimación de la digestibilidad aparente de los nutrimentos en estudio (Pagan s/f).

Para la determinación de la digestibilidad aparente, es necesario conocer el contenido inicial del nutrimento a analizar en el alimento que se le va a proporcionar al animal. Una vez que el caballo ha sido sometido al periodo de acostumbramiento de consumo de dicho material y a las condiciones en las cuales se va a llevar a cabo la recolección de heces; se procede a su análisis respectivo. Para condiciones de estudio, se requiere de equipo e instalaciones adecuadas para poder recolectar en su totalidad las heces, orina y gases expulsados por el caballo, sin embargo en la práctica se hace la recolección en las caballerizas o instalaciones en las que se encuentren los animales. La recolección de las heces, se debe realizar desde el suelo varias veces al día por dos y hasta siete días. Los alimentos se deben proporcionar a la misma hora todos los días durante el periodo de medición (Goachet *et al.* 2009).

Existen diferentes marcadores que se pueden utilizar en las dietas para estimar la excreción de heces y calcular la digestibilidad en los alimentos, sin embargo algunos de estos presentan problemas y disconformidad en los animales. En condiciones de campo, se puede utilizar las cenizas insolubles en ácido como

marcador. Existen otros marcadores que se pueden utilizar como es el caso del óxido crómico (Cr_2O_3) para caballos (Bergero *et al.* 2009).

La ventaja que presenta el uso de marcadores naturales como es el de cenizas insolubles en ácido es que no se genera ningún cambio en la ración alimenticia que se encuentra en estudio. Además, por medio de esta técnica no se requiere de instrumentos ni metodologías especializadas para su determinación. La determinación de estas cenizas en ácido puede realizarse por medio de HCl 2N o 4N; según Bergero *et al.* (2009), se recomienda el uso de la metodología con HCl 2N, ya que es más económica que la 4N y de mayor facilidad para su análisis en condiciones de campo para dietas a base de heno.

Existe otro marcador natural que se puede utilizar, la lignina ácido detergente, ya que es completamente indigestible. Dicho marcador se ha utilizado en el pasado en herbívoros, sin embargo actualmente no se tiene registro de estudios en caballos. De acuerdo a un estudio realizado por Miraglia *et al.* (1999), no recomiendan el uso de dicho marcador, ya que en su estudio concluyeron que sus valores son muy bajos, no se pueden recolectar adecuadamente en las heces y estadísticamente no son diferentes de los otros métodos que se utilizaron como fueron las cenizas ácido insolubles.

Además de los estudios realizados con marcadores para determinar la digestibilidad, actualmente se cuenta con diferentes fórmulas matemáticas para la determinación de la energía digestible de un alimento.

De acuerdo a un estudio realizado por Zeyner y Kienzle (2002), se determinó la siguiente ecuación matemática para la energía digestible:

$$\text{ED (MJ/kg MS)} = -3,60 + 0,211 \cdot \text{PC} + 0,421 \cdot \text{EE} + 0,015 \cdot \text{FC} + 0,189 \cdot \text{ELN}$$

En donde todos los nutrientes deben estar en materia seca. Se refiere a proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) respectivamente.

De acuerdo a Pagan (1994 mencionado por Pulido *et al.* 2003), se puede utilizar también la siguiente ecuación para la determinación de la Energía Digestible de un alimento por medio de regresión.

$$ED \text{ (Kcal/kgMS)} = 2260 + 14,7(PC) - 11,48(FDA) - 488(HEM) + 57,2(EE) + 4,38(CHOS) - 31,77(CT)$$

Donde:

PC = Proteína Cruda (%)

FDA = Fibra Detergente Acido (%)

HEM = Hemicelulosa (%)

EE = Extracto Etéreo (%)

CT = Cenizas Totales

CHOS = $100 - (\%PC + \%EE + \%FDN + \%CT)$

4. *Stylosanthes*:

Esta leguminosa pertenece a la familia *Fabaceae*, subfamilia *Faboideae*, tribu *Aeschynomeneae*, subtribu *Stylosanthinae* (Tropical Forages s/f). Existen gran cantidad de variedades de *Stylosanthes*, sin embargo dependiendo de las características agronómicas y productivas que se busquen así se selecciona cuál de ellas utilizar.

Además de las variedades ya mencionadas, se cuentan con cruces entre ellas, tal es el caso del *Stylosanthes multilinea*, la cual se utilizó en el experimento. Según Vilela (s/f), esta variedad es el producto del cruzamiento del *Stylosanthes capitata* (80%) x *Stylosanthes macrocephala* (20%). A dicho cruce se le conoce comúnmente como Campo Grande. Esta leguminosa fue liberada en el año 2000,

después de varios años de cruzamiento y selección, mostrando resistencia, una gran producción y buena respuesta al rebrote en el campo.

Esta leguminosa se puede desarrollar en suelos arenosos y de baja fertilidad. Dicho cruce presenta un crecimiento más horizontal, con hojas puntiagudas e inflorescencias principalmente amarillas. Puede alcanzar hasta un metro de altura y su floración se lleva a cabo en condiciones normales de abril a mayo. Al ser plantas anuales, muestra una persistencia a la resiembra natural. Al igual que las demás leguminosas, cuentan con características deseables para su producción como lo es su alto valor proteico y su función como fijadora de nitrógeno de la atmósfera en el suelo, con lo cual se reducen los insumos agrícolas, contribuyendo a la reducción de agroquímicos e impacto ambiental (EMBRAPA 2000).

Otras de las características deseables que presentan son el alto rendimiento de semilla, la alta capacidad de siembra natural, una buena asociación con ciertas especies del género *Brachiaria*, como es el caso de *Brachiaria decumbens*, buena tolerancia al pastoreo y al medio ambiente (EMBRAPA 2000).

El *Stylosanthes multilinea* presenta un ciclo vegetativo perene, con un crecimiento erecto y herbáceo. Su cosecha se puede realizar por medio del pastoreo o bien con corte y acarreo. Presenta una digestibilidad satisfactoria, al igual que su palatabilidad. Requiere de 900 milímetros por año de precipitación, produciendo 17 toneladas de materia seca por hectárea por año. Además presenta una tolerancia adecuada a insectos y plagas. Durante su crecimiento vegetativo puede presentar valores de 19% de proteína cruda en materia seca (Vilela s/f).

5. Pellets:

Según Obernberger y Thek (2010), "Pellet" se refiere a una masa redondeada de una sustancia, generalmente hecho de material comprimido, en forma esférica

o cilíndrica. Además este autor se refiere al proceso de pelletización como la formación de dichos comprimidos a partir de polvos, gránulos o material variado que se le ha disminuido su tamaño a través de procesos para dicho fin.

Diferentes materiales se pueden someter a procedimientos de pelletización, como es el caso de algunos forrajes que se les suministran a diferentes animales como es el caso de la alfalfa en caballos. Estos pellets están elaborados a partir de heno procesado, los cuales se someten al proceso para generar las pequeñas unidades (Shewmaker *et al.* s/f).

De acuerdo a Shewmaker *et al.* (s/f), los pellets de alfalfa pueden ser una excelente fuente de nutrientes y se utilizan como suplemento en dietas que cuentan con heno de baja calidad. Sin embargo, se debe ser cauteloso cuando se les suministra a los caballos, ya que existen casos de ruptura gástrica debido a su alto consumo. Además se debe tener precaución también con la velocidad en la que los caballos la consumen, debido a que si este proceso es muy veloz, el animal podría sufrir de atragantamiento.

6. *Respuesta animal al uso de pellets*

Diferentes estudios se han realizado en caballos utilizando pellets de alfalfa. Además, existen algunos estudios en los que se comparan las respuestas de los caballos con otros monogástricos y hasta con rumiantes.

De acuerdo a un estudio realizado por Haenlein *et al.* (1966), se comparó la respuesta animal entre caballos y ovejas a diferentes formas de consumo del heno de alfalfa, una de estas presentaciones fue como pellet de 1,9 centímetros. Se encontraron valores nutricionales similares entre las diferentes presentaciones del heno de alfalfa, sin embargo si hubo una diferencia significativa en el contenido de caroteno en los pellets. Dicha diferencia se le otorga al procesamiento térmico al que se somete el material para la elaboración del pellet como tal.

Además se realizaron pruebas de consumo, demostrándose que los caballos consumieron un 17% más de pellets de alfalfa que de heno como tal, en promedio 3,6 kilogramos diarios, mientras que las ovejas consumieron 1,9 kilogramos diarios de pellets y 1,1 kilogramos de heno de alfalfa. Para ambas especies no se presentaron problemas de masticación e ingestión del pellet (Haenlein *et al.* 1966).

Con respecto a los nutrientes, no se encontró diferencia significativa en el consumo de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno entre las diferentes presentaciones de la alfalfa para los equinos. A pesar de esto, si se encontró diferencia significativa de forma negativa en la digestión de la proteína cruda cuando se les suministro pellets a los caballos en comparación con los datos obtenidos cuando consumieron el heno como tal. Con respecto a las ovejas, se estableció una mejor ingesta de materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno cuando consumieron heno de alfalfa que cuando lo hicieron con pellets (Haenlein *et al.* 1966).

Referente a la ganancia de peso, los caballos presentaron mejor respuesta cuando se alimentaron con los pellets que cuando lo hicieron con el heno solamente, sin embargo estas diferencias no son significativas entre las diferentes presentaciones de la alfalfa a la cual se sometieron en el estudio (Haenlein *et al.* 1966).

Durante la elaboración del experimento, no se manifestaron problemas de cólicos o atragantamiento en los caballos, pero si se notó que los caballos en el periodo en el que consumieron únicamente los pellets presentaron mayor necesidad de seguir masticando algún material después de haber consumido su ración, por lo cual comenzaron a consumir la madera de las instalaciones. Dicha conducta no se observó en los caballos que consumieron el heno de alfalfa como tal (Haenlein *et al.* 1966).

En otro estudio realizado por Slade y Hintz (1969), se compararon la digestión de pellets de alfalfa únicamente y pellets de alfalfa con cebada, trigo, melaza y sal

entre caballos, ponies, conejos y cerdos de Guinea para poder determinar las similitudes entre estos animales pequeños para poder desarrollar investigaciones posteriores para nutrición equina.

Con respecto a la digestión de los pellets de alfalfa, no se mostró diferencia significativa entre caballos y ponies, sin embargo los últimos son más eficientes en la digestión de ambas dietas. Los conejos mostraron una eficiencia menor en la digestión de materia orgánica y energía que los otros animales, principalmente por la baja digestión de la fibra cruda. Los cerdos de Guinea fueron significativamente más eficientes en la digestión del extracto libre de nitrógeno con la alfalfa, sin embargo fueron significativamente menos eficientes en la digestión de proteína cruda que los caballos, ponies y conejos (Slade y Hintz 1969).

Se realizó en el estudio una comparación entre los pellets de alfalfa como tal y los pellets compuestos de alfalfa y demás materiales, con esto se determinó que los caballos, ponies y conejos digirieron la materia orgánica, el extracto libre de nitrógeno y la energía de forma más eficiente en los pellets compuestos que en los que únicamente eran de alfalfa. No se presentaron diferencias entre los pellets en lo que respecta a la digestión de la proteína cruda y la fibra cruda (Slade y Hintz 1969).

7. Cenizas insolubles en ácido

La digestibilidad de alimentos en caballos puede determinarse por medio de diferentes medios, ya sean los considerados directo o indirectos. En el caso de los directos, se refiere a los cálculos matemáticos a partir de las composiciones químicas de los alimentos involucrados en las dietas. Con respecto a los indirectos se refiere a aquellos que se realizan *in vivo* o *in vitro* (Bergero *et al.* 2009).

Algunos de los marcadores indigestibles que se han utilizado en los últimos años provienen de sustancias naturales como lo son las *n*-alcanes, cenizas insolubles en ácido y lignina ácido detergente. Además se cuenta con aquello

marcadores que se les adhieren a las dietas como es el caso del óxido crómico (Cr_2O_3) para estudios en caballos y el dióxido de titanio (TiO_2) en bovinos (Bergero *et al.* 2009).

De acuerdo a Sales y Janssens (2003), citado por Sales (2012), los marcadores deben poseer las siguientes características: no ser tóxicos, inalterables a lo largo del paso por el tracto digestivo del equino, no causar ninguna influencia en el proceso fisiológico de la digestión, contener tasas de pasaje similares a las del nutriente en cuestión y la capacidad de una recolección total en las heces.

Algunas de las ventajas que manifiesta Bergero *et al.* (2009) ante el uso de marcadores internos es la posibilidad de disminuir el estrés en los equinos, ya que dependiendo del tipo de arnés y de manejo que se les dé, estos podrán manifestar alteraciones en su digestión y comportamiento natural.

Otra de las ventajas que se manifiestan con el uso de los marcadores internos como lo son las cenizas insolubles en ácido es la simplicidad de dicho análisis y el uso de equipo sencillo de laboratorio (Bergero *et al.* 2009).

Referente a las desventajas del uso de las cenizas insolubles en ácido, Ordakowski *et al.* (2001 citado por Sales 2012), considera que la recuperación a nivel fecal de estas se encuentra comúnmente por debajo de 1. A partir de esta afirmación, se puede encontrar más cenizas insolubles en ácido en las heces que aquellas que se encuentran en los alimentos consumidos por los equinos sometidos a la prueba. Una de las causas que se le atribuye esta variación en la cantidad de cenizas insolubles en ácido en las heces es debido a la contaminación ambiental de las muestras fecales.

De acuerdo a un estudio realizado por Bergero *et al.* (2009), se analizó el uso de cenizas insolubles en ácido en diferentes concentraciones de HCl, una de las cuales era 2N y la otra de 4N. Una vez que realizaron el estudio, se concluyó que no existen diferencias significativas entre las concentraciones de HCl que se utilicen para la determinación de cenizas insolubles.

Según Van Keulen y Young (1977) y Furuichi y Takahashi (1981 citado por Bergero *et al.* 2009), no se encontraron diferencias significativas entre el uso del método de cenizas insolubles con 2N o 4N HCl. Además concluyeron que era mejor utilizar el 2N HCl debido a su facilidad de uso y manejo.

Debido a los resultados obtenidos por Bergero *et al.* (2009), se recomienda el uso de 2N HCl para la determinación de cenizas insolubles en ácido en pruebas de digestibilidad aparente en caballos debido a su facilidad de uso y bajo costo.

Existen otros estudios realizados para comparar diferentes marcadores internos para el uso en caballos. Uno de estos fue elaborado por Miraglia *et al.* (1999). En dicho estudio se llevó a cabo una comparación entre las cenizas insolubles en ácido y lignina ácido detergente, debido a que este último marcador no se utiliza con frecuencia en caballos. Una vez realizado el estudio, se concluyó que las cenizas insolubles en ácido es un mejor método para la predicción de digestibilidad de alimentos en condiciones normales, sin interferir en las prácticas normales de alimentación en equinos. La lignina ácido detergente no es considerado un buen marcador interno debido a la dificultad para su recuperación adecuada en las heces.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. *Ubicación del estudio y manejo general:*

El estudio se llevó a cabo en una caballeriza localizada en Los Alpes de Coronado. En esta explotación se suministra el servicio de cuidado y alimentación a equinos cuyos dueños no poseen el espacio o las instalaciones para su estadía.

Los caballos en dicha explotación reciben dietas individuales de acuerdo a su peso y trabajo que realizan. Los equinos se encuentran estabulados y se les suministra una ración de alimento balanceado Corcel de Dos Pinos®, cuya composición nutricional se muestra en el Cuadro 1. Sus rangos de ofrecimiento varían entre los animales, sin embargo se puede establecer de 2 a 3 kilogramos por día de material tal como ofrecido. Dicho ofrecimiento del concentrado se le realiza fraccionado en dos momentos del día, una en la mañana (5:30 a.m.) y la otra en la tarde (3:00 p.m.). Además se les ofrece forraje de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*), el cual es producido, cosechado y somagado en la misma explotación mientras se encuentran estabulados. La edad para dicho forraje se encuentra entre los 80 y 90 días. La composición nutricional se muestra en el Cuadro 2.

Los balances de las dietas se realizan para cuando los caballos se encuentran estabulados proporcionándoles el 100% de los nutrientes para satisfacer sus requerimientos de mantenimiento establecidos por el NRC (2007). Dicho criterio se mantuvo en el estudio con los diferentes niveles de sustitución con el alimento balanceado.

Cuadro 1. Composición nutricional del alimento balanceado Corcel© suministrado a los equinos.

Nutriente*	Contenido
Energía Digestible (kcal/kg)	3 000,00
Humedad (%)	13,00
PC (%)	14,00
EE (%)	3,00
FC (%)	10,00
Calcio (mínimo) (%)	0,80
Calcio (%)	1,00
Fósforo (%)	0,40
Sal (mínimo) (%)	0,50
Sal (máximo) (%)	1,00
CNF (%)	52,00

*Fuente: Laboratorio de ASEG de Calidad, Dos Pinos

Cuadro 2. Composición nutricional del forraje Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) suministrado a los equinos.

Nutriente*	Contenido
MS (%)	30,40
PC (%)	9,17
FDA (%)	40,80
FND (%)	68,61
EE (%)	1,84
Cenizas (%)	9,62
Lignina (%)	5,16
CNF (%)	10,77
Hemicelulosa (%)	27,82
ED (Kcal/Kg MS)**	2 120,76

*Fuente: Laboratorio de ASEG de Calidad, Dos Pinos

**De acuerdo a Pagan (1994 citado por Pulido *et al.* 2003)

2. Estimación de la digestibilidad aparente:

El experimento se realizó utilizando 4 caballos de la raza Pura Sangre Inglés (Cuadro 3), cuyas edades van de los 7 a los 15 años y pesos corporales estimados desde los 507 hasta 535 kilogramos.

Cuadro 3. Características de los caballos utilizados en el estudio.

Caballo	Sexo	Edad (años)	Peso (kg)
1	Macho	7,00	535,00
2	Macho	13,00	532,00
3	Macho	15,00	510,00
4	Macho	15,00	507,00
Promedio		12,50	521,00
DE*		3,78	14,53

*DE=Desviación Estándar

La dieta de los caballos en estudio se basa en el uso del alimento balanceado Corcel de Dos Pinos®, en una ración de dos kilogramos diarios (tal como ofrecidos) y de pasto Estrella, con una edad de 90 días, en raciones desde los 12 hasta los 16 kilogramos diarios (tal como ofrecidos). A partir de dichos alimentos, los caballos satisfacen sus requerimientos de mantenimiento promedio de acuerdo al NRC (2007) (Anexo 1).

Para los cuatro caballos se llevó a cabo una aleatorización mediante un diseño de cuadrado latino 4x4, considerando 4 tratamientos y 4 períodos de evaluación. Los tratamientos consistieron en niveles crecientes de sustitución del concentrado comercial en valores del 0 (tratamiento control), 15, 30 y 45% con pellets de *Stylosanthes* (Cuadro 4). Cada uno de los caballos fue sometido a los diferentes niveles de sustitución para establecer el efecto en cada uno de acuerdo al diseño establecido. Antes de iniciar el experimento, los caballos se sometieron al consumo creciente de los pellets de *Stylosanthes* para confirmar su aprobación y descartar cualquier rechazo.

Cuadro 4. Composición nutricional de los pellets de *Stylosanthes multilinea* proporcionados a los equinos.

Nutriente*	Contenido
MS (%)	88,26
PC (%)	17,94
FAD (%)	36,21
FND (%)	44,60
EE (%)	1,94
Cenizas (%)	12,08
Lignina (%)	5,23
CNF (%)	23,43
Hemicelulosa (%)	8,39
ED (Kcal/Kg MS)**	2 235,24

*Fuente: Laboratorio de ASEG de Calidad, Dos Pinos

**De acuerdo a Pagan (1994 citado por Pulido *et al.* 2003)

Los caballos se sometieron a 9 días de acostumbramiento a cada nivel de sustitución con los pellets de *Stylosanthes* y 5 días de muestreo de las heces para cuantificar el marcador de digestibilidad y estimar su producción. Las heces se muestrearon cada 4 horas para posteriormente elaborar muestras compuestas para los análisis del marcador y la composición nutricional de las mismas.

Para evitar variaciones e interferencias durante los períodos de recolección de heces, se elaboró una rutina diaria para los caballos. En este se incluyó varias actividades que se realizaron desde los períodos de acostumbramiento. Dicho horario (Cuadro 5) incluía las horas para proporcionarles el alimento, la recolección de las heces y la salida a caminar de los equinos. En el caso de los periodos de acostumbramiento a la dieta de cada periodo, las actividades finalizaban a las 9:30 p.m.; durante los días de recolección se llevaba a cabo el horario completo. Con respecto a la ejercitación, cada caballo fue caminado por 10

minutos dos veces al día, con esto se pretendía evitar problemas en sus extremidades y a la vez el desarrollo de algún mal que pudieran padecer por la falta de actividad en las cuabras (“vicios”). Dicho ejercicio no es considerado como trabajo de acuerdo a las definiciones del NRC (2007), por lo cual las dietas se basaron en los requerimientos de mantenimiento para cada uno de los caballos de acuerdo a su peso corporal.

Cuadro 5. Horario de actividades realizadas a lo largo del día.

Horas	Actividad
05:30 a.m.	Alimento balanceado
	Recolección heces
07:30 a.m.	<i>Stylosanthes</i>
9:00 a.m.	Medición consumo agua
09:30 a.m.	Forraje
	Recolección heces
10:00 a.m.	Ejercitación
11:30 a.m.	Forraje
01:30 p.m.	Forraje
	Recolección heces
03:30 p.m.	Forraje
05:00 p.m.	Ejercitación
05:30 p.m.	Alimento balanceado
	Recolección heces
07:30 p.m.	<i>Stylosanthes</i>
09:30 p.m.	Forraje
	Recolección heces
01:30 a.m.	Recolección heces

Durante todo el experimento se llevó registro del consumo de agua de los animales cada 24 horas. A los animales se les ofreció un balde con una capacidad de 21 litros una vez al día. Se midió la cantidad de agua restante y se obtuvo por diferencia el consumo de la misma.

La recolección de heces se realizó a mano, con un recipiente específico para cada uno de los tratamientos. Durante los días de adaptación, las heces eran recolectadas individualmente y pesadas en los recipientes para cada tratamiento. Una vez que se tomaba la información eran desechadas. Para los días de recolección, estas se recolectaban de manera individual, se pesaban, embolsaban y rotulaban para cada uno de los caballos con su respectiva hora de recolección. Debido a que la recolección se debía realizar incluso en horas de la madrugada, las muestras compuestas se realizaban al día siguiente. Dichas muestras compuestas eran realizadas a partir de las heces recolectadas a lo largo del día. Debido a que se contaba con registro de los pesos de cada una de las excreciones, se seleccionaba la masa más pequeña registrada y se proseguía a tomar de cada una de las otras muestras de heces recolectadas la misma cantidad para evitar mayor presencia de una muestra que de otra (uniformización). Las muestras individuales del periodo de recolección y las compuestas se almacenaron en un recipiente aislante de calor en una bodega en donde estaban protegidas del sol y de altas temperaturas. Durante todo momento en el que se manipularon las heces, se procuró minimizar el riesgo de contaminación por agentes externos como la cama de las cuadras, residuos de alimento o cualquier otro material que pudiera alterar la composición de las heces a nivel de laboratorio. En el caso en el que las heces tuvieran residuos de cama, se les eliminó con la ayuda de una brocha.

Los análisis de composición nutricional incluyen materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CT) se realizaron de acuerdo a los procedimientos de AOAC (2010). Con respecto a la fibra detergente neutro (FDN), fibra ácida detergente (FAD) y lignina, se utilizó la metodología de Van

Soest *et al.* (1991). Asimismo se determinó el contenido de cenizas insolubles en ácido con 2N HCl de acuerdo a la metodología de Van Keulen y Young (1977).

La digestibilidad de los nutrientes se determinó por medio de las siguientes ecuaciones:

Digestibilidad aparente de la dieta =

$$100 - \left(100 * \frac{\% \text{indicador en alimento}}{\% \text{ indicador en heces}} * \frac{\% \text{nutriente en heces}}{\% \text{nutriente en alimento}} \right)$$

Para la determinación de cenizas insolubles en ácido, se pesó la muestra y se incineró en una primera etapa. Una vez incineradas, las muestras se sometieron a una digestión en ácido clorhídrico 2N y se filtró en un embudo Buchner con papel filtro libre de cenizas. Se debe garantizar que todo el material incinerado de la muestra es filtrado y recolectado en el papel filtro para evitar pérdidas de material. Una vez filtrada la muestras, se traspasó a su respectivo crisol y se sometió a una segunda incineración, después de la cual, se puso en desecadores y se pesó para obtener los datos necesarios para llevar a cabo los siguientes cálculos.

$$\text{Cenizas insolubles en ácido} = \frac{\text{Peso crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol}}{\text{Peso seco de la muestra}} * 100$$

En los Cuadros 6 y 7 se muestran los contenidos de las cenizas insolubles en ácido obtenidas en las heces analizadas y alimentos involucrados en el estudio. Por medio del Cuadro 8, se muestra el total de cenizas insolubles en ácido para la dieta en kilogramos.

Cuadro 6. Concentraciones (%MS) promedio de cenizas insolubles en ácido en heces.

Periodo	Tratamiento (%)			
	0(control)	15	30	45
1	7,48	7,48	6,64	7,15
2	7,10	6,66	6,45	6,85
3	8,47	8,08	8,37	9,08
4	6,88	6,58	6,99	6,51

Cuadro 7. Concentraciones (%MS) promedio de cenizas insolubles en ácido en los alimentos proporcionados a los equinos.

Cenizas insolubles en ácido (%)	
Estrella	4,57
<i>Stylosanthes</i>	0,29
Corcel©	0,23

Cuadro 8. Concentraciones (%MS) totales de cenizas insolubles en ácido en la dieta.

Periodo	Tratamiento (%)			
	0(control)	15	30	45
1	0,219	0,196	0,224	0,251
2	0,237	0,233	0,196	0,224
3	0,214	0,244	0,240	0,203
4	0,191	0,219	0,251	0,247
Promedio	0,2154	0,2229	0,2277	0,2312

3. *Evaluaciones*

A. *Condición corporal y peso vivo:*

Para la determinación de condición corporal se utilizaron los parámetros mencionados por Warren (2002) para dicho fin.

Las estimaciones de peso vivo se llevaron a cabo por medio la ecuación matemática establecida por Briggs (1998 mencionada por Rojas 2009). Además el peso vivo también se cuantificó con la cinta de la casa comercial AllTech®.

B. *Consumo de los pellets de Stylosanthes*

El consumo de pellet se cuantificó de acuerdo a la proporción suministrada en los diferentes tratamientos del estudio

C. *Costos:*

Se estableció el efecto de la sustitución de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* sobre el costo diario de la ración. Considerando el costo del kilogramo de materia seca de los pellets de *Stylosanthes*, alimento balanceado y forraje.

4. *Análisis Estadístico*

El diseño experimental consistió en un Cuadrado Latino Simple, en donde los 4 caballos del experimento fueron sometidos a los diferentes niveles de sustitución (0, 15 30 y 45% en base fresca) del concentrado por los pellets de *Stylosanthes* como se muestra a continuación (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrado Latino Simple.

		PERIODO DE EVALUACIÓN			
		1	2	3	4
CABALLO	C1	0	15	30	45
	C2	15	30	45	0
	C3	30	45	0	15
	C4	45	0	15	30

La información referente a la digestibilidad aparente y consumo fue analizada para encontrar efectos significativos utilizando el programa SAS (2000) por medio del siguiente modelo.

$$Y_i = \mu + P_j + A_k + T_l + ee_{ijkl}$$

Donde:

Y_i = Digestibilidad

μ = Media de las variables estudiadas

P_j = Período (columna)

A_k = Animal (hilera)

T_l = Tratamiento

ee_{ijkl} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 10, se muestra el consumo promedio de forraje en kilogramos de materia seca para los caballos del estudio. Los consumos de *Stylosanthes* para los tratamientos 15, 30 y 45%, fueron de 261, 522 y 780 gramos de materia seca respectivamente. El consumo de alimento balanceado fue constante a lo largo de los periodos de acuerdo a los tratamientos mostrando valores de 1,74, 1,48, 1,22 y 0,96 kilogramos de materia seca respectivamente para los tratamientos 0%, 15%, 30% y 45%.

Cuadro 10. Consumo promedio de Estrella Africana (kg MS/animal/día).

Periodo	Tratamiento (%)			
	0(control)	15	30	45
1	4,70	4,20	4,80	5,40
2	5,10	5,00	4,20	4,80
3	4,60	5,25	5,15	4,35
4	4,10	4,70	5,40	5,30
Promedio	4,60	4,80	4,90	5,00

Una vez establecidos los promedios de consumo del forraje y las cantidades de *Stylosanthes* y alimento balanceado, se determinaron las relaciones entre dichos alimentos dentro de la dieta. Dichas relaciones se presentan en el Cuadro 11. A pesar de que el *Stylosanthes* es considerado un forraje, en el cuadro 11, se estimó la relación por aparte con respecto a los otros alimentos ya que éste es el ingrediente en estudio. A través de dicha información se puede notar que no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos ni animales en las relaciones entre *Stylosanthes*, forraje y concentrado. Diferente fue el comportamiento que se presentó con respecto al periodo, en el cual se presentaron diferencias significativas en la relación del *Stylosanthes* y el concentrado. Este comportamiento se debe a que ambos alimentos fueron ajustados en la ración a lo largo del experimento de acuerdo a los diferentes tratamientos.

Cuadro 11. Relación promedio de *Stylosanthes*:forraje:concentrado consumido (MS).

Alimento (%)	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0(control)	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
<i>Stylosanthes</i>	0,00d	4,01c	7,92b	11,69a	4,528	0,704	0,868	<,00001
Forraje	72,58	73,25	73,62	73,97	1,824	0,997	0,956	0,895
Concentrado	27,42a	22,74b	18,47c	14,34d	5,208	0,986	0,948	0,0005

*Desviación Estándar de la Media

**Trat=Tratamiento

***Ani=Animal

****Per=Periodo

Por medio de estas relaciones entre las fuentes forrajeras y el alimento balanceado, se concuerda con lo expuesto por Campabadal (s/f), en donde menciona que es de suma importancia que las dietas presenten una cantidad adecuada de materiales forrajeros, por lo que cada ración debe contener una fuente de pasto o de cualquier otro tipo de material fibroso. Las razones de importancia para dicha afirmación son en primera instancia el controlar el consumo de energía, segundo, para mantener un adecuado funcionamiento del tracto digestivo y evitarse de esta manera problemas digestivos y por último, regular el consumo de alimento en caballos que se mantienen en grupos.

Una vez que se determinó las cantidades y relaciones que se mantuvieron en promedio entre los alimentos suministrados a los caballos a lo largo de todo el experimento, se calculó el consumo promedio total de materia seca para cada uno de los tratamientos (Ver Anexo 2). De acuerdo a Warren (2002), se espera que los caballos en mantenimiento consuman entre un 1,5 y 2% de su peso vivo en materia seca diario. Sin embargo, al utilizar dicho parámetro para el experimento, se denotó que al utilizar el 1,5%, los requerimientos establecidos de mantenimiento para cada uno de los caballos sometidos a prueba eran superiores a los estimados, por lo cual este exceso de nutrientes podía alterar los resultados. Ante dicha situación se determinó satisfacer los requerimientos para cada uno de los caballos de acuerdo al peso establecido al inicio de la prueba. Al determinar los porcentajes de peso vivo consumidos en materia seca, el rango es de 1,33 a 1,35% de acuerdo a los promedios de consumo de materia seca diaria que se les proporciona a los equinos (Ver Anexo 3).

El consumo promedio de nutrientes para cada tratamiento se presenta en el Cuadro 12. En dicho Cuadro, se denota que conforme se va sustituyendo el alimento balanceado con los pellets de *Stylosanthes*, se presenta un aumento general en el consumo de todos los nutrientes analizados. Es importante mencionar que de todos los nutrientes evaluados en las dietas, solamente la proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) mostraron diferencias significativas entre los periodos y tratamientos respectivamente. En el caso de los carbohidratos no fibrosos (CNF) presentaron diferencias significativas entre los tratamientos únicamente.

Cuadro 12. Consumos promedio (kg) de materia seca, proteína cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, extracto etéreo y carbohidratos no fibrosos para cada tratamiento.

Nutriente	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0(control)	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
MS	6,52	6,52	6,58	6,62	0,44	0,891	0,975	0,995
PC	0,84a	0,73ab	0,68b	0,85a	0,09	0,523	0,968	0,042
FAD	2,11	2,24	2,31	2,15	0,23	0,357	0,976	0,704
FND	3,66	3,80	3,86	3,73	0,33	0,640	0,976	0,927
EE	0,19	0,18	0,17	0,19	0,03	0,0008	0,969	0,172
CNF	1,41a	1,35a	1,28bc	1,21c	0,09	0,03	0,92	0,98

*Desviación Estándar de la Media

**Trat=Tratamiento

***Ani=Animal

****Per=Periodo

Otra de las mediciones realizadas en el experimento fue el consumo de agua. Con respecto a lo mencionado por Real (1990), en promedio un caballo puede consumir entre un 5 y 6% de su peso vivo, pero las necesidades medias pueden variar entre 10 hasta 90 litros por día. Dichos consumos pueden variar de acuerdo a la talla del equino, el clima, el trabajo y el tipo de ración que consuma. En el Anexo 4 se muestran los promedio diarios de consumo de agua que se registraron por tratamiento. En el caso de la información recolectada no se logra alcanzar el mínimo del porcentaje que indica dicho autor de acuerdo al promedio de peso vivo que tuvieron los equinos, sin embargo si se encuentran dentro del rango de litros comentados. Estos bajos consumos de agua se pueden deber al

hecho de la baja actividad física a la que se sometieron los animales durante la prueba.

La estimación de la cantidad de heces excretadas (en MS) se llevó a cabo por medio de la división del total de la materia seca consumida por el porcentaje de la indigestibilidad de la materia seca (Ver Anexo 5). Además se llevó a cabo el análisis de calidad de las heces recolectadas (Ver Anexo 6). Es importante mencionar que los caballos durante el experimento no presentaron ningún tipo de complicación digestiva, por lo cual no manifestaron diarreas ni heces anormales a través de los tratamientos. Las heces se mantuvieron de acuerdo a la descripción ofrecida por Warren (2002); con un color café o amarillo a verde oscuro. Además la presentación de las heces (“bolitas”), debe ser bien formadas, sin ser muy suaves o muy duras.

De acuerdo a Tao y Mancl (2008), un caballo de 453,59 kilogramos de peso vivo puede producir 23,13 kilogramos de heces diarias. Utilizando esta estimación pero con el peso promedio de los caballos del estudio de 521 kilogramos, estos podrían producir 25 kilogramos de heces diarias. Dichas cantidades, sin embargo son mayores a las encontradas en el presente estudio.

Considerando la calidad nutricional de los alimentos y de las heces, en el Cuadro 13 se denotan las digestibilidades para los diferentes nutrientes. Al considerar el efecto de los tratamientos se determinó que la digestibilidad de la materia seca (MS), proteína cruda (PC) y fibra ácida detergente (FAD) no se alteraron significativamente mientras que las digestibilidades de la fibra detergente neutro (FDN), los carbohidratos no fibrosos (CNF) y el extracto etéreo (EE) mostraron diferencias entre medias debido a la inclusión de los pellets de *Stylosanthes* en los diferentes tratamientos.

Cuadro 13. Digestibilidades aparente (%) de los nutrientes en las dietas utilizadas.

Nutriente	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0(control)	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
MS	64,66	61,77	62,99	64,26	2,76	0,240	0,164	0,070
PC	68,88	65,66	66,94	69,57	2,74	0,182	0,287	0,548
FAD	33,06	35,51	32,57	35,80	7,56	0,151	0,013	0,0001
FND	46,46ab	48,17a	43,46b	46,47ab	5,43	0,137	0,052	0,003
EE	69,54b	82,80ab	78,76ab	83,67a	10,74	0,130	0,253	0,112
CNF	79,00ab	65,00b	80,00a	68,00b	0,07	0,0002	0,815	0,017

*Desviación Estándar de Media

**Trat=Tratamiento

***Ani=Animal

****Per=Periodo

Debido a las características que presentaron los pellets de *Stylosanthes* y su potencial de utilización en dietas de caballos, se podría comparar con los pellets de forraje de alfalfa (*Medicago sativa*). De acuerdo con un estudio realizado por Crozier *et al.* (1997), en donde se evaluó la digestibilidad de henos de alfalfa, festuca (*Festuca arundinacea*) y caucasica (*Bothriochloa caucásica*). Con respecto a la alfalfa, la digestibilidad de la MS fue de un 58% con una desviación estándar de 1,7% ($p < 0.01$) en relación a los otros forrajes. Para el caso de la proteína cruda, se presentó un 73% de digestibilidad con una desviación de 1,2. Referente a la fibra ácida detergente y neutro detergente, se obtuvo un 45 y 47%, con desviaciones estándar de 2 y 1,9% respectivamente.

Al comparar los resultados obtenidos por Crozier *et al.* (1997) se denotan diferencias entre la alfalfa y el *Stylosanthes*. En el caso de la digestibilidad de la materia seca para el *Stylosanthes* fue mayor que la reportada para la alfalfa. Caso contrario ocurrió con la digestibilidad de la proteína cruda y fibra ácido detergente, en las cuales la alfalfa presentó mayor digestibilidad. Ambos materiales presentaron valores similares de digestibilidad para la fibra neutro detergente.

En otro estudio realizado por LaCasha *et al.* (1999), en donde se evaluó el consumo voluntario, digestibilidad y selección de diferentes forrajes hechos heno; la alfalfa mostró una digestibilidad de la MS de 63%, con una desviación estándar de 1,8%, siendo altamente significativa ($p < 0.001$) con respecto a los demás forrajes evaluados (*Bromus willdenowii* Kunth. Cv. Grasslands Matua, *Cynodon*

dactylon L.). La digestibilidad de la PC fue de un 83% con una desviación estándar de 0.9%; y al igual que con la digestibilidad de la materia seca, fue superior en la alfalfa con respecto a los otros forrajes. En el caso de la fibra ácido y neutro detergente, se presentaron valores de 21 y 24% de digestibilidad con desviaciones estándares de 3,9 y 2,9 respectivamente.

Si se comparan los resultados de las diferentes digestibilidades del *Stylosanthes* con el estudio realizado por LaCasha *et al.* (1999), se denota que los valores para la digestibilidad de la materia seca fueron similares, sin embargo en el caso de la proteína cruda esta fue superior en la alfalfa que en el *Stylosanthes*. En el caso de la fibra ácido y neutro detergente, ambos valores fueron inferiores para la alfalfa con respecto a los obtenidos para el *Stylosanthes*.

Takagi *et al.* (2002), realizaron un estudio en el cual compararon diferentes forrajes y presentaciones de alfalfa. Dichas presentaciones fueron heno, cubos y pellets. En el caso de la alfalfa en presentación de heno, se obtuvieron los siguientes valores de digestibilidad de la proteína cruda y extracto etéreo: 80,2, y 16,3%, con desviaciones estándares de 0,4 y 9,9 respectivamente. Para el caso de los cubos de alfalfa, se presentaron una digestibilidad de 79,5% con una desviación de 1,4 para la proteína cruda y de 28,8% con una desviación estándar de 8,9 para el extracto etéreo. En el caso de los pellets de alfalfa, la proteína cruda tuvo una digestibilidad de 78,8% con una desviación estándar de 2,3. La digestibilidad del extracto etéreo fue de 23,7% con una desviación de 3,4.

De acuerdo al estudio realizado por Takagi *et al.* (2002), los valores de digestibilidad para la proteína cruda de la alfalfa en sus tres diferentes presentaciones fueron superiores a la del *Stylosanthes*. Para el caso del extracto etéreo, las tres presentaciones de alfalfa mostraron digestibilidades inferiores que las obtenidas por el *Stylosanthes*.

Al inicio, mediados y final de cada uno de los tratamientos los caballos en estudio fueron sometidos a mediciones para determinar el peso vivo. Para dicho cálculo se utilizó la fórmula de Briggs (1998 mencionado por Rojas 2009). En

dicha fórmula se mide la circunferencia torácica y el largo del caballo. Además de este cálculo matemático, se utilizó la cinta para la estimación de peso vivo de la casa comercial Alltech®. Dependiendo del tratamiento así se manifestaron las variaciones promedio en centímetros con respecto a la circunferencia torácica como se muestra en la Figura 1.

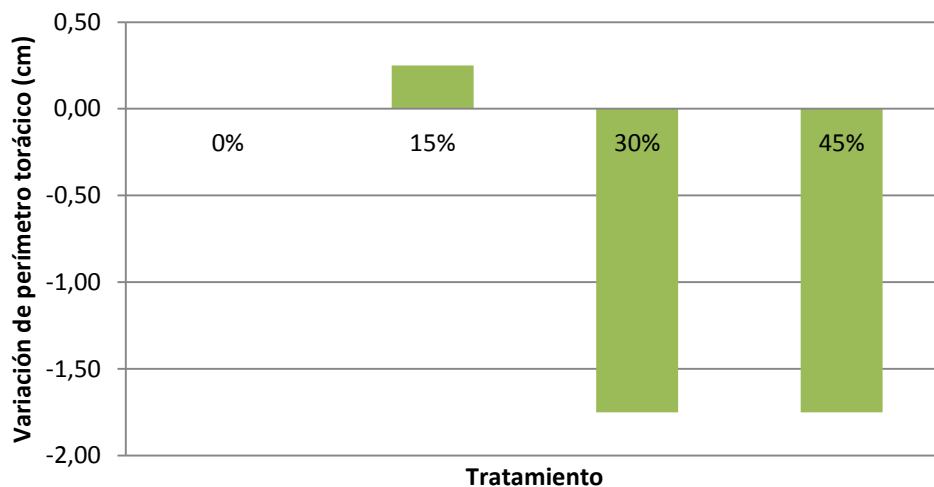


Figura 1. Variación promedio de la circunferencia torácica (cm) de los caballos durante el ensayo.

Debido a estas variaciones en la circunferencia torácica de los equinos, se presentaron variaciones promedios también en la estimación del peso vivo por fórmula matemática como se muestra en la Figura 2.

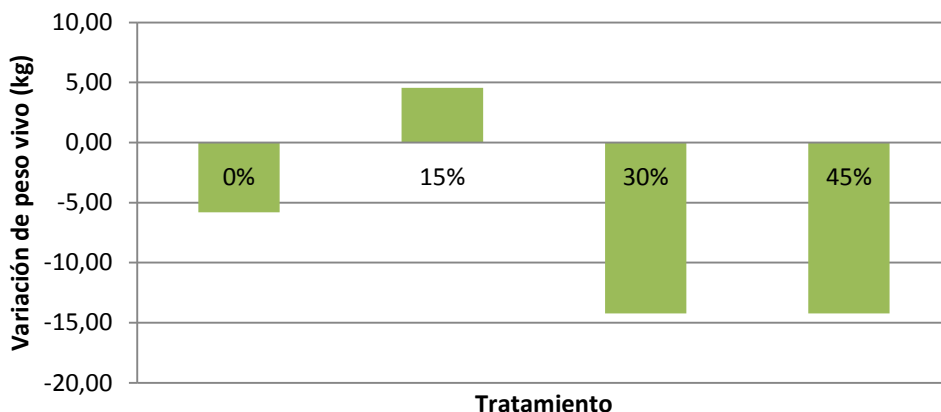


Figura 2. Variaciones promedio del peso vivo (kg) de los equinos por fórmula matemática durante el ensayo.

Al igual que con la estimación del peso vivo por fórmula matemática, al realizar las estimaciones por medio de la cinta, se manifestaron variaciones promedio del peso vivo (Figura 3).

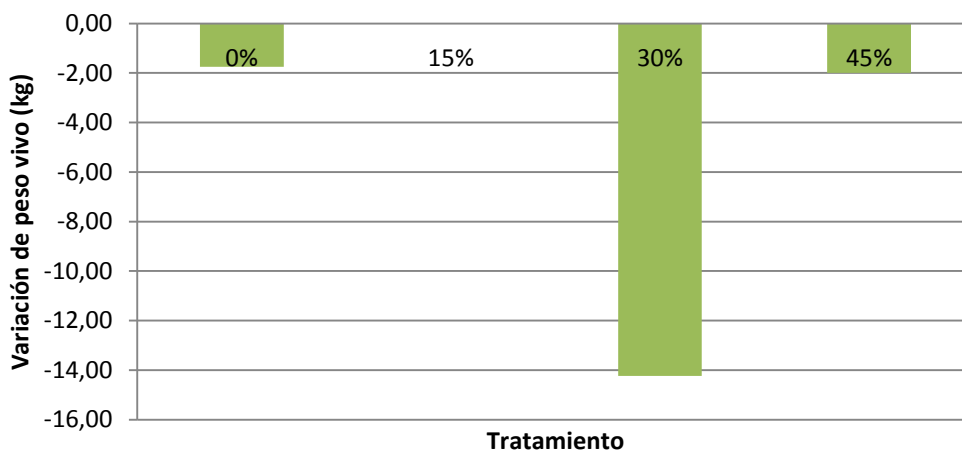


Figura 3. Variaciones promedio (kg) del peso vivo de los caballos por medio del uso de la cinta.

Con respecto a las variaciones en circunferencia torácica de los animales, el tratamiento 0% no se registró variación promedio, para el tratamiento 15%, se encontró una variación promedio de aumento de 2 centímetros. En el tratamiento

30% y 45%, se determinaron pérdidas de 1,75 centímetros en promedio. Dichas variaciones en la circunferencia torácica generan variaciones en los pesos vivos estimados por fórmula matemática como por el uso de la cinta para la estimación de peso.

Al comparar las variaciones de peso promedio determinadas por medio del cálculo matemático y con el uso de la cinta, se puede establecer que en el tratamiento 0%, ambos sistemas presentaron pérdidas de peso. En el caso del cálculo matemático este fue de 5,8 kilogramos, mientras que para la cinta fue de 1,75 kilogramos. En el tratamiento 15%, por medio de la fórmula matemática, los caballos tuvieron una ganancia de peso de 4,56 kilogramos en promedio mientras que con el uso de la cinta no se manifestó ninguna variación en promedio. Las mediciones hechas durante el tratamiento 30%, determinaron variaciones de pérdida de peso en promedio de 14,23 kilogramos para ambos métodos de mediciones establecidos. Con respecto al tratamiento 45%, utilizando el método matemático se presentó una pérdida de 14,23 kilogramos en promedio, mientras que por medio de la cinta la pérdida de peso fue de 2 kilogramos. A pesar de denotarse diferencias en las variaciones de peso vivo de los animales y en la circunferencia torácica, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, animales ni periodos (Ver Anexo 7).

A pesar de que se registraron estas pérdidas de peso en los animales la información recolectada de consumo y digestibilidad no permite determinar las causas de este comportamiento.

La variación del costo de la ración debido a la sustitución de alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* se aprecia en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Costos por dieta diaria evaluada (en \$).

Alimento	Precio (\$**/kg MS)	Costo por dieta evaluada (\$/día)			
		0%(control)	15%	30%	45%
<i>Stylosanthes</i>	0,45	0	0,12	0,24	0,35
Corcel [®]	0,62	1,07	0,91	0,75	0,59
Forraje*	0,02	0,09	0,09	0,09	0,10
Total		1,16	1,12	1,08	1,04

*Arce *et al.* (2012)

**Tipo de cambio ¢503,00

A partir de los precios en dólares por kilogramo de materia seca, se pueden estimar los siguientes costos por dietas promedios consumidas por los equinos en estudio. En el caso del tratamiento 0%, en el cual solamente se utilizaron los valores de Corcel[®] y forraje, se presentó un costo de \$1,16 en total por dieta promedio diaria. Mientras que para los tratamientos del 15, 30 y 45%, se presentaron los siguientes costos \$1,12, \$1,08 y \$1,04 respectivamente, considerando el consumo de *Stylosanthes*, Corcel[®] y forraje. Esto representó una disminución del 3,44, 6,9 y 10,3% del costo de la ración diaria.

Es importante tomar en cuenta que en todas las dietas en los diferentes tratamientos, el forraje representó el mayor porcentaje de la dieta, seguido por el alimento balanceado y por último los pellets de *Stylosanthes*, sin embargo el alimento que presenta mayor costo es el alimento balanceado. Ante esta circunstancia, al sustituir el alimento balanceado por los pellets de *Stylosanthes* se refleja una disminución en los costos de las dietas. Estas diferencias son cercanas a \$0,04 entre tratamientos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Consumo y palatabilidad:

Los caballos de la raza Pura Sangre Inglés no manifestaron ninguna aversión hacia el consumo de los pellets de *Stylosanthes* con los porcentajes de sustitución evaluados (0, 15, 30 y 45%), asimismo, no hubo rechazo por parte de los caballos en el consumo del material.

Debido a que el consumo de los pellets de *Stylosanthes* fue adecuado en cada uno de los tratamientos, se considera que la palatabilidad del material es adecuada para su utilización en equinos. Sin embargo, se pudo observar que los caballos al terminar de comer su ración de *Stylosanthes* mantenían el hábito de masticar e inmediatamente buscaban consumir agua, lo cual puede deberse a la consistencia del alimento y no a factores que medien en su aceptabilidad.

Se recomienda llevar a cabo más investigación con el uso de pellets de *Stylosanthes* en caballos para poder determinar los factores que pueden llevar a la manifestación de coprofagia evidenciada en el presente estudio. Dicha conducta se presentó en un inicio en los caballos consumiendo 15 y 30% de sustitución de los pellets de *Stylosanthes*; sin embargo, al avanzar con el experimento y conforme los equinos fueron rotando por los diferentes niveles de sustitución, incluyendo el control se manifestó la coprofagia sin discriminación en el porcentaje en el que se encontraran. Este comportamiento se presentó a pesar de que los caballos tenían forraje disponible durante todo el tiempo de estabulación, por lo cual no se puede atribuir dicha conducta a un menor acceso a materia seca.

2. Digestibilidad aparente:

La sustitución hasta un 45% del alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* no afectó significativamente las digestibilidades de la MS, PC, FAD, FND, EE y CNF.

La digestibilidad de la materia seca de los pellets de *Stylosanthes* mostró ser cercano a valores reportados en la literatura para los pellets de alfalfa. La digestibilidad de la proteína cruda del *Stylosanthes* fue menor a la de la alfalfa en sus diferentes presentaciones. La digestibilidad encontrada en la fibra ácida y neutro detergente fueron variables en el *Stylosanthes*. La digestibilidad del extracto etéreo en los pellets evaluados fue superior a lo reportado en la alfalfa. Existen características intrínsecas a cada forraje que pueden evidenciarse en las diferencias en digestibilidad entre sus principales fracciones nutricionales.

Los pellets de *Stylosanthes* pueden ser, en cierta medida, comparables con los de Alfalfa, sin embargo se debe investigar más sobre las edades de cosecha adecuadas del material así como el proceso de elaboración con el fin de optimizar la posterior utilización de los nutrientes por los animales.

Debido a las características particulares de forrajes como el *Stylosanthes* y la alfalfa, se debe llevar a cabo un análisis integral de la dieta de los equinos previo a su incorporación como parte de la ración. De esta forma, se puede disminuir la probabilidad de desbalances y afectaciones en los equinos.

Se recomienda llevar a cabo pruebas de comportamiento en equinos con los pellets de *Stylosanthes* para tratar de concluir alguna razón por la cual se evidenciaron las pérdidas de peso en los individuos del ensayo. Este ensayo se podría llevar a cabo con un grupo mayor de animales y por un periodo de tiempo más largo.

3. Costos:

La sustitución del 15, 30 y 45% del alimento balanceado por pellets de *Stylosanthes* causó una disminución del 3,44; 6,9 y 10,3% del costo de la ración diaria con un valor promedio de \$0,08 animal/día.

LITERATURA CITADA

- AOAC INTERNATIONAL. 2010. Official Methods of analysis 18th Edition. George Latimer, USA.
- ARCE, J., VILLALOBOS, L., WINGCHING-JONES, R. 2012. Determinación del costo de producción de pastos de piso en fincas asociadas de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R. L. In: Charla impartida en la Agroveterinaria Dos Pinos. Coronado, San José, Costa Rica. 20p.
- BERGERO D., PRÉFONTAINE, C., MIRAGLIA, N., OEIRETTI, P.G. 2009. A comparison between the 2N and 4N HCl acid-insoluble ash methods for digestibility trials in horses. *Animal* 3 (12): 1728-1732.
- BRIGGS, K. 1998. Understanding equine nutrition. The Blood-Horse, Inc. Estados Unidos. 167 p.
- CAMPABADAL, C. s/f. Alimentación de caballos en condiciones tropicales. Asociación Americana de la Soya. México. 190 p.
- COLEMAN, R.J., LAWRENCE, L.M. 2000. Alfalfa cubes for horses. Cooperative Extension Service ID-145. University of Kentucky. 2 p.
- CROZIER, J.A., ALLEN, V.G., JACK, N.E., FONTENOT, J.P., COCHRAN, M.A. 1997. Digestibility, apparent mineral absorption, and voluntary intake by horses fed alfalfa, tall fescue and caucasian bluestem. *Journal of Animal Science* 75: 1651-1658.
- EMBRAPA. 2000. Estilosantes Campo Grande (en línea). Disponible en: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/divulga/GCD38.html> Consultado el 13 de abril del 2012.
- GOACHET, A.G., PHILIPPEAU, C., VARLOUD, M., JULLIAND, V. 2009. Adaptions to standard approaches for measuring total tract apparent digestibility and gastro-intestinal retention time in horses in training. *Animal Feed Science and Technology* 152: 141-151.

- HAENLEIN, G.F.W., HOLDREN, R.D., YOON, Y.M. 1966. Comparative response of horses and sheep to different physical forms of alfalfa hay. *Journal of Animal Science* 25(3): 740-743.
- LACASHA, P.A., BRADY, H.A., ALLEN, V.G., RICHARDSON, C.R., POND, K.R. 1999. Voluntary intake, digestibility and subsequent selection of Matua bromegrass, coastal bermudagrass and alfalfa hay by yearling horses. *Journal of Animal Science* 77: 2766-2773.
- LAWRENCE, L. 1995. Equine feeding management: the how & when of feeding horses. Cooperative Extension Service ASC-143. University of Kentucky. 4 p.
- MARTÍNEZ, A. 2007. Nutrición de caballos de ocio alimentados en pesebre. Documento de trabajo del departamento de Producción Animal y Gestión. Universidad de Córdoba. 29 p.
- MIRAGLIA, N., BERGERO, D., BASSANO, B., TARANTOLA, M., LADETTO, G. 1999. Studies of apparent digestibility in horses and the use of internal markers. *Livestock Production Science* 60: 21-25.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2007. Nutrient requirements of horses. Sixth Revised Edition. National Academies Press, Estados Unidos. 341 p
- OBERNBERGER, I., THEK, G. 2010 *The pellet handbook: the production and thermal utilization of pellets*. Earthscan. London, Washington DC, USA. 593 p.
- PAGAN, J.D. s/f. Nutrient digestibility in horses. Kentucky Equine Research Inc. Kentucky, USA. 8 p.
- PULIDO, R.G., ROMENY, A., ESCOBAR, A. 2003. Digestibilidad de avena entera y laminada al vapor en yeguas. *Agro Sur* 31 (2): 75-80.
- REAL, C.O. 1990. *Zootecnia equina*. 1^{era} Edición. Trillas, México. 263 p.

- ROJAS, A. 2009. Ecuaciones para la determinación de peso corporal en equinos. Notas de clase, Curso Manejo Integrado del Recurso Alimenticio.
- SALES, J. 2012. A review on the use of indigestible dietary markers to determine total apparent digestibility of nutrients in horses. *Animal Feed Science and Technology* 174: 119-130.
- SHEWMAKER, G.E., UNDERSANDER, D., LAWRENCE, L.M., LACEFIELD, G.D. s/f. Alfalfa: the high-quality hay for horses. National Alfalfa Alliance. 12 p.
- SLADE, L.M., HINTZ, H.F. 1969. Comparison of digestion in horses, ponies, rabbits and Guinea pigs. *Journal of Animal Science* 28(6): 842-843.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM (SAS). 2000. User's Guide Statistics. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- TAKAGI, H., HASHIMOTO, Y., YONEMOCHI, C., ASAI, Y., YOSHIDA, T., OHT, Y., ISHIBASHI, T., WATANABE, R. 2002. Digestibility of nutrients of roughages determined by total feces collection method in thoroughbreds. *Journal of Equine Science* 13(1): 23-27.
- TAO, J., MANCL, K. 2008. Estimating manure production, storage size and land application area (en línea). Fact sheet Agriculture and Natural Resources. Ohio State University Extension. Disponible en: <http://ohioline.osu.edu/aex-fact/pdf/0715.pdf> Consultado el 3 de marzo del 2013.
- TEXEIRA, V.I., DUBEUX, JR.J.C.B., SANTOS, M.V.F., LIRA, JR.M de A., SILVA, H.M.S. 2010. Aspectos agronómicos y bromatológicos de leguminosas forrajeras al noreste Brasileño. *Archivos de Zootecnia* 59 (226): 245-254.
- TROPICAL FORAGES. s/f. *Stylosanthes* Factsheet (en línea). Disponible en: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Stylosanthes_capita.ta.htm Consultado el 1 de mayo del 2012.

- VAN KEULEN, J., YOUNG, B.A. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 44:282.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597
- VILELA, H. s/f. Série leguminosas tropicais genero stilozantes (stylozantes multilínea- Stylozantes Campo Grande (en línea). Disponible en: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_leguminosas_tropicais_stylozantes_multilinea.htm Consultado el 13 de abril del 2012.
- WARREN, J. 2002. *Horses: A guide to selection, care and enjoyment*. 3^{era} Edición. Owl Books, Estados Unidos. 879 p.
- ZEYNER, A., KIENZLE, E. 2002. A method to estimate digestible energy in horse feed. *American Society for Nutritional Sciences* 132: 1771S-1773S.

ANEXOS

Anexo 1. Balances de dietas realizadas (ED (Mcal) y PC (g)) para el estudio en los diferentes tratamientos

Equino	0%		15%		30%		45%	
	ED(Mcal)	PC (g)	ED (Mcal)	PC (g)	ED (Mcal)	PC (g)	ED (Mcal)	PC (g)
C1	-1,66	172,00	-1,03	88,88	-0,97	45,54	-1,01	177,88
C2	-1,01	199,89	-1,05	105,19	-1,08	59,99	-0,97	218,42
C3	-0,96	240,43	-1,06	114,88	-1,10	77,32	-0,98	260,24
C4	-1,19	269,63	-1,00	141,34	-1,09	94,64	-1	73,76

Anexo 2. Consumo de materia seca total (en kg) por tratamiento

Periodo	Tratamiento (%)			
	0	15	30	45
1	6,44	5,94	6,54	7,14
2	6,84	6,74	5,94	6,54
3	6,34	6,99	6,89	6,09
4	5,84	6,44	7,14	7,04

Anexo 3. Porcentaje de peso vivo consumido en materia seca total y por alimento proporcionado

Alimento	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
Total	1,33	1,33	1,34	1,35	0,03	0,015	0,665	0,515
Concentrado	0,28	0,27	0,27	0,28	0,06	0,0005	0,950	0,989
Pasto	0,97	0,97	0,98	0,99	0,04	0,308	0,920	0,925
Stylosanthes	0,08	0,08	0,08	0,08	0,06	<,0001	0,857	0,781

*DEM= Desviación Estándar de la Media

**Trat=tratamiento

***Ani=Animal

****Per=periodo

Anexo 4. Promedio consumo de agua (litros) por tratamiento

Nutriente	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
H2O	11,34	11,23	10,83	11,06	1,02	0,661	0,862	0,953

*DEM= Desviación Estándar de la Media

**Trat=tratamiento

***Ani=Animal

****Per=periodo

Anexo 5. Estimación de heces excretadas (kg) por tratamiento

Periodo	Tratamiento (%)	Total MS Consumida (kg)	Digest* MS(%)	Indigest** MS (%)	kg heces producidas (MS)	kg heces producidas (MF)
I	0	6,44	66,81	33,19	2,14	8,75
	15	5,94	67,28	32,72	1,94	7,68
	30	6,54	63,59	36,41	2,38	10,10
	45	7,14	64,35	35,65	2,54	10,73
II	0	6,84	62,31	37,69	2,58	9,95
	15	6,74	59,44	40,56	2,73	10,38
	30	5,94	60,27	39,73	2,36	8,78
	45	6,54	61,37	38,63	2,52	9,64
III	0	6,34	62,72	37,28	2,36	7,53
	15	6,99	60,93	39,07	2,73	9,19
	30	6,89	62,92	37,08	2,55	8,68
	45	6,09	67,71	32,29	1,97	6,60
IV	0	5,84	66,79	33,21	1,94	8,12
	15	6,44	59,44	40,56	2,61	10,96
	30	7,14	65,19	34,81	2,49	10,96
	45	7,04	63,62	36,38	2,56	11,54

*Digest=Digestibilidad

**Indigest=Indigestibilidad

Anexo 6. Análisis de calidad promedio de las heces recolectadas

Nutriente (%)	Tratamiento (%)			
	0	15	30	45
PC	7,95	7,95	8,07	7,76
FND	65,61	65,11	67,24	66,45
FAD	46,57	46,41	47,35	47,87
EE	1,55	1,20	1,29	1,12
Hemicelulosa	19,04	18,71	19,89	18,59
Cenizas	12,74	12,56	12,55	12,60
CNF	12,16	13,18	10,85	12,07

Anexo 7. Variaciones de peso vivo por medio de fórmula matemática, cinta y circunferencia torácica.

	Tratamiento (%)				DEM*	Probabilidad		
	0	15	30	45		Trat**	Ani***	Per****
Peso vivo estimado	-2,85	-14,73	9,58	-6,88	18,41	0,327	0,098	0,193
Cinta	0,25	-5,75	1,75	-5,50	8,47	0,846	0,303	0,555
Circunferencia	-0,25	-1,25	-0,50	-1,25	1,60	0,167	0,297	0,670

*DEM= Desviación Estándar de la Media

**Trat=tratamiento

***Ani=Animal

****Per=periodo