

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

POSGRADO CONJUNTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**DETERMINACIÓN DE FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNAS Y
DEL VALOR NUTRICIONAL DE PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L)
ASOCIADO CON DOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES**

TESIS

QUE PRESENTA

QFB. NYDIA CORINA VÁSQUEZ AGUILAR

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL GRADO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

GRAL. ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

JULIO 2014

DETERMINACIÓN DE FRACCIONES DE CARBOHIDRATOS Y PROTEÍNAS Y
DEL VALOR NUTRICIONAL DE PASTO BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)
ASOCIADO CON DOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES

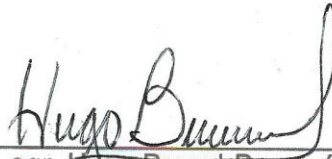
TESIS

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL

PRESENTA

QFB. NYDIA CORINA VÁSQUEZ AGUILAR



Dr. sc. agr. Hugo Bernal Barragán

Director de Tesis.



Ph.D. Roque Gonzalo Ramirez Lozano

Co-Director de Tesis



Ph.D. María Andrea Cerrillo Soto

Co-Asesor



Ph.D. Marco Vinicio Gómez Meza

Co-Asesor



Ph.D. Erasmo Gutiérrez Ornelas

Co-Asesor

Dedicatoria

A mis padres, con todo mi cariño y amor por hacer todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba. Por enseñarme, con su propio ejemplo a ser dedicada, responsable, comprometida y dar todo de mí en todo lo que hago. Por su apoyo incondicional, por creer en mí y por hacerme creer que puedo alcanzar lo que me proponga.

A ti por tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para ti, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de ti, gracias por estar siempre a mi lado, Te amo Gerardo.

Gracias a esas personitas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes: Martha y Adrián.

A mi guía profesional, el Dr. Hugo Bernal Barragán por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Estela, estos años de compartir todo nos sirvieron de práctica para alcanzar esta meta sin caer en el intento. Somos un buen equipo en el terreno profesional, pero más que eso hemos sido confidentes, compañeras y amigas. Y ahora sí: al infinito y más allá...

A todos mis amigos y compañeros de maestría: Alejandra, Jorge, Benito, Vero, Tony, Nelson, Miguel y Vladimir en cada uno de ustedes hay una persona muy especial. He aprendido y disfrutado con ustedes mis horas de estudio, gracias por

la ayuda cuando en ocasiones me he sentido perdida y por esa amistad sincera.
Los voy a extrañar

A todas aquellas personas que alguna vez colaboraron o solamente me dieron una palabra de aliento durante la realización de este trabajo de investigación.

Y especialmente, a Dios, por darme esta oportunidad, por guiarme y siempre ayudarme, por mostrarme su gracia y favorecerme en todo momento, porque su gracia infinita, misericordia y su amor es lo que me ha mantenido de pie durante todo este tiempo. Por darme todo lo que necesito, por permitirme aprender más sobre el mundo, su creación. Y como claramente lo dijo Albert Einstein: “Entre más estudio la ciencia, más creo en Dios”.

Agradecimientos

A la Dirección, personal académico y administrativo del Posgrado en Conjunto Agronomía Veterinaria por el apoyo brindado a este esfuerzo formativo que espero retribuir con creces.

Al Laboratorio de Nutrición Animal, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Dra. Andrea Cerrillo, Dra. Maribel Guerrero Cervantes y a su equipo de trabajo, por las atenciones que tuvieron para conmigo, haciéndome sentir como en casa. ¡Gracias!

Agradezco a mi Comité de tesis por sus atinadas observaciones y sugerencias en la construcción y mejora del trabajo, espero que las vean reflejadas en el producto final.

A mi director de tesis, el Dr. Hugo Bernal Barragán, por compartir su tiempo, humor, entusiasmo y conocimientos.

Al Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano por su sencillez y actitud solidaria para compartir sus conocimientos.

A la Dra. María Andrea Cerrillo Soto por su guía y apoyo, brindados con calidez y confianza en todo momento a lo largo del proyecto.

Al Dr. Erasmo Gutiérrez Ornelas por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Marco Vinicio Gómez Meza por compartir su tiempo, entusiasmo y conocimientos.

A todos ustedes les expreso la seguridad de mis consideraciones, profesional, académica y personal, un abrazo

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios.

A Fundación PRODUCE Nuevo León, por el apoyo al presente proyecto

A la Red Internacional de Nutrición y Alimentación en Rumiantes (PROMEP-SEP)

Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT - UANL) por el apoyo económico al proyecto.

A mis amigos, que no es necesario dar sus nombres y apellidos, pues ellos lo saben y se dan por aludidos.

Abreviaturas

| | |
|--------------|---------------------------------------|
| PMC | Pasto buffel de mala calidad |
| PCI | Pasto buffel de calidad intermedia |
| PBC | Pasto buffel de buena calidad |
| CN | Cáscara de Naranja |
| DDGS | Dried distillers grains with solubles |
| EEM | Error estándar de la media |
| Mín. | Mínimo |
| Máx. | Máximo |
| h | Horas |
| kg | kilogramo |
| kcal | kilocalorías |
| MS | Materia Seca |
| FDN | Fibra detergente neutro |
| FDA | Fibra detergente ácido |
| LDA | Lignina detergente ácido |
| N | Nitrógeno |
| PC | Proteína Cruda |
| EE | Extracto etéreo |
| CNE | Carbohidratos no estructurales |
| Hemi. | Hemicelulosa |
| PG | Producción de gas |

Abreviaturas

| | |
|---------------------|---|
| a | Gas producido de la fracción rápidamente degradable del alimento (ml/200 mg MS) |
| b | Gas producido de la fracción lentamente degradable del alimento (ml/200 mg MS) |
| a + b | Producción potencial de gas (ml/200 mg) |
| c | Velocidad constante de producción de gas (h^{-1}) |
| DIVMS | Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca |
| EM | Energía metabolizable |
| CT | Carbohidratos Totales |
| NFC | Non Fiber Carbohydrates |
| CB2 | Fracción B2 de carbohidratos |
| CC | Fracción C de carbohidratos |
| NNP | Nitrogen Non Protein |
| PSB | Proteína Soluble en buffer |
| NFDN | Nitrógeno en la fracción FDN |
| NFDA | Nitrógeno en la fracción FDA |
| Fracción PA | Fracción A de proteína |
| Fracción PB1 | Fracción B1 de proteína |
| Fracción PB2 | Fracción B2 de proteína |
| Fracción PB3 | Fracción B3 de proteína |
| Fracción PC | Fracción C de proteína |

Índice de Contenido

| | | |
|--------|--|-----|
| | Índice de contenido | vi |
| | Índice de cuadros | x |
| | Índice de figuras | xiv |
| | Resumen | xv |
| 1. | Introducción | 1 |
| 2. | Revisión de literatura | 3 |
| 2.1 | Desarrollo de los sistemas de evaluación de alimentos para el ganado | 3 |
| 2.2 | Fracciones de Carbohidratos | 4 |
| 2.3 | Fracciones de Proteína | 7 |
| 2.4 | Evaluación de fracciones de proteína y digestibilidad ruminal e intestinal de subproductos de maíz | 10 |
| 2.5 | Valor nutricional de pastos de acuerdo a su desarrollo fenológico | 11 |
| 2.6 | Comparativo del valor nutricional de la cáscara de naranja | 13 |
| 2.7 | Comparativo del valor nutricional de los DDGS | 14 |
| 2.8 | Método de producción de gas <i>in vitro</i> | 16 |
| 2.9 | Oportunidades para mejorar el rendimiento y eficiencia a través de la sincronía de nutrientes en rumiantes alimentados con forraje | 18 |
| 2.10 | Objetivos | 21 |
| 2.10.1 | Objetivo General | 21 |
| 2.10.2 | Objetivos Específicos | 21 |
| 2.11 | Hipótesis | 21 |

Índice de Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 3. | Materiales y Métodos | 22 |
| 3.1 | Pasto buffel | 22 |
| 3.2 | Subproductos agroindustriales | 24 |
| 3.3 | Dietas experimentales propuestas | 25 |
| 3.4 | Análisis para determinar la composición química | 25 |
| 3.5 | Producción de gas <i>in vitro</i> | 27 |
| 3.6 | Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca | 28 |
| 3.7 | Energía Metabolizable | 28 |
| 3.8 | Fracciones de carbohidratos y proteínas | 29 |
| 3.8.1 | Fracciones de carbohidratos | 29 |
| 3.8.2 | Fracciones de proteína | 30 |
| 3.9 | Análisis Estadístico | 32 |
| 4. | Resultados y discusión | 33 |
| 4.1 | Análisis del valor nutricional del pasto Buffel | 33 |
| 4.1.1 | Composición química del pasto Buffel | 33 |
| 4.1.2 | Producción de gas a 96 horas | 38 |
| 4.1.3 | Cinética de fermentación a partir de la producción de gas <i>in vitro</i> de muestras de pasto Buffel | 39 |
| 4.1.4 | Producción de gas, digestibilidad y energía metabolizable de muestras de pasto buffel | 41 |
| 4.1.5 | Fracciones de carbohidratos en muestras de pasto buffel | 43 |
| 4.1.6 | Fracciones de proteína en muestras de pasto buffel | 44 |
| 4.2 | Subproductos | 47 |
| 4.2.1 | Composición química de subproductos | 47 |

Índice de Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 4.2.2 | Cinética de fermentación a partir de la producción de gas <i>in vitro</i> de subproductos colectados durante el año de muestreo | 49 |
| 4.2.3 | Producción de gas, digestibilidad y contenido de energía metabolizable en subproductos | 50 |
| 4.2.4 | Fracciones de carbohidratos de subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS | 51 |
| 4.2.5 | Fracciones de proteína en subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS | 54 |
| 4.3 | Ingredientes Dietas buffel + Subproductos | 56 |
| 4.3.1 | Composición química de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel | 56 |
| 4.3.2 | Cinética de fermentación a partir de la producción de gas <i>in vitro</i> de ingredientes de dietas a base de pasto buffel | 58 |
| 4.3.3 | Producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de ingredientes empleados en la elaboración de las dietas. | 59 |
| 4.3.4 | Descripción de las fracciones de carbohidratos de acuerdo a la calidad de los pastos. | 60 |
| 4.3.5 | Fracciones de proteína de los pastos y de los subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS utilizados en las dietas experimentales | 60 |
| 4.4 | Dietas experimentales elaboradas con pasto buffel de tres calidades y la adición de subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS | 62 |

Índice de Contenido

| | | |
|-------|---|----|
| 4.4.1 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la composición química (% MS) de dietas a base de pasto buffel. | 62 |
| 4.4.2 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la cinética de fermentación <i>in vitro</i> (ml/200 mg) de dietas a base de pasto buffel. | 64 |
| 4.4.3 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de dietas a base de pasto buffel. | 65 |
| 4.4.4 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de carbohidratos (% CT) de dietas a base de pasto buffel. | 68 |
| 4.4.5 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de proteína (% PC) de dietas a base de pasto buffel | 69 |
| 5. | Conclusiones | 72 |
| 6. | Bibliografía | 73 |
| 7. | Anexos | 83 |

Índice de Cuadros

| | | |
|-----------------|---|----|
| Cuadro 1 | Valores comparativos del contenido de Materia Seca (g/kg) y del valor nutrimental (g/kg MS) de Pulpa Seca de Cítricos (Belibasakis et al., 1996; Lanza et al., 2004, Bampidis et al., 2006; Caparra et al., 2007) | 14 |
| Cuadro 2 | Comparativos del contenido de Materia Seca (g/kg) y del valor nutrimental (g/kg MS) de granos secos de destilería (Jarret et al., 2011, Kingsly et al., 2010, Kim et al., 2008) | 15 |
| Cuadro 3 | Efecto asociativo de suplementación (Bowman et al., 2004) | 16 |
| Cuadro 4 | Medias mensuales (% base seca) de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, calcio y fósforo de muestras de pasto buffel | 35 |
| Cuadro 5 | Contenido mensual (% base seca) de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (hemi), celulosa, lignina detergente ácido (LDA) y carbohidratos no estructurales (CNE) de muestras de pasto buffel. | 37 |
| Cuadro 6 | Cinética de fermentación estimada a partir de la producción de gas <i>in vitro</i> (ml/200 mg) de pasto buffel colectados durante el año de muestreo. | 40 |
| Cuadro 7 | Valores mensuales de la producción de gas (24h ml/200 mg), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (% base seca) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg de la materia seca) de muestras de pasto buffel | 42 |
| Cuadro 8 | Fracciones mensuales de los carbohidratos totales (%), CT), carbohidratos no fibrosos (NFC), CB2 y CC en muestras de pasto buffel | 43 |

Índice de Cuadros

| | | |
|------------------|--|----|
| Cuadro 9 | Contenido de mensual (% de la proteína cruda) de nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble verdadera (PSB), N en la fibra detergente neutro (NFDN) y N en la fibra detergente ácido (NFDA) en muestras de pasto buffel | 45 |
| Cuadro 10 | Valores mensuales de la proteína cruda (% proteína cruda) en muestras de pasto buffel colectadas en cada mes del estudio. | 46 |
| Cuadro 11 | Contenido de Proteína, Grasa, Cenizas Calcio y Fósforo (% MS) de subproductos (Cáscara de naranja y DDGS) | 48 |
| Cuadro 12 | Contenido estacional (% base seca) de la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (hemi), celulosa, lignina detergente ácido (LDA) y carbohidratos no estructurales (CNE) de muestras de los subproductos | 49 |
| Cuadro 13 | Cinética de fermentación estimada a partir de la producción de gas <i>in vitro</i> (24h ml/200 mg) de subproductos colectados durante el año de muestreo. | 50 |
| Cuadro 14 | Producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de subproductos colectados durante el año de muestreo. | 52 |
| Cuadro 15 | Fracciones mensuales de los carbohidratos totales (%), CT), carbohidratos no fibrosos (NFC), CB2 y CC en los subproductos colectados durante el año de muestreo. | 53 |

Índice de Cuadros

| | | |
|------------------|---|----|
| Cuadro 16 | Contenido de mensual (% de la proteína cruda) de nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble verdadera (PSB), N en la fibra detergente neutro (NFDN) y N en la fibra detergente ácido (NFDA) en subproductos colectados durante el año de muestreo. | 54 |
| Cuadro 17 | Fracciones de proteína cruda (PC) de subproductos (% PC) colectados durante el año de muestreo | 55 |
| Cuadro 18 | Composición química (% MS \pm DE) de los ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas | 57 |
| Cuadro 19 | Contenido de FDN, FDA, Hemicelulosa, Celulosa, Lignina y Carbohidratos no Estructurales (%MS \pm DE) de los ingredientes empleados en la elaboración de las dietas (n=4). | 57 |
| Cuadro 20 | Cinética de fermentación calculada partir de la producción de gas <i>in vitro</i> (ml/200 mg \pm DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel. | 58 |
| Cuadro 21 | Producción de gas 24 h (ml/200 mg \pm DE), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS, %MS \pm DE) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS \pm DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel. | 59 |
| Cuadro 22 | Fracciones de carbohidratos (% CT \pm DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto Buffel | 60 |
| Cuadro 23 | Fracciones de proteína (% PC \pm DE) de los ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto Buffel | 61 |

Índice de Cuadros

| | | |
|------------------|---|----|
| Cuadro 24 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre el contenido de proteína, grasa, cenizas, calcio y fósforo (% MS) de dietas a base de pasto Buffel. | 63 |
| Cuadro 25 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre el contenido de FDN, FDA, Hemicelulosa (Hemicel.), Celulosa (Cel.), Lignina y Carbohidratos no estructurales (CNE, % MS) de dietas a base de pasto buffel. | 64 |
| Cuadro 26 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre los parámetros cinéticos de producción de gas <i>in vitro</i> (ml/200mg) de dietas a base de pasto buffel. | 66 |
| Cuadro 27 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de dietas a base de pasto buffel. | 67 |
| Cuadro 28 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de carbohidratos (% CT) de dietas a base de pasto Buffel. | 68 |
| Cuadro 29 | Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de proteína (% PC) de dietas a base de pasto Buffel. | 70 |

Índice de Figuras

| | | |
|-----------------|---|----|
| Figura 1 | Fracciones de seis alimentos con características contrastantes | 6 |
| Figura 2 | Fracciones de carbohidratos en diferentes alimentos | 7 |
| Figura 3 | Contenido de proteína cruda en alimentos contrastantes | 8 |
| Figura 4 | Fracciones de proteína (g/100g CP) de diferentes alimentos | 9 |
| Figura 5 | Composición química de pastos a diferentes estados fenológicos (Yari et al., 2012) | 12 |
| Figura 6 | Condiciones climatológicas durante el periodo de muestreo (septiembre 2012-septiembre 2013) | 23 |
| Figura 7 | Producción acumulada de gas (ml/200 mg de MS) a 96 h en muestras a base de pasto Buffel. | 39 |

Resumen

Con el objetivo de evaluar la variabilidad del valor nutritivo del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L), ochenta muestras fueron colectadas, de Septiembre de 2012 a Septiembre de 2013 de sitios inalterados de pastoreo en Marín, NL. emulando el comportamiento de pastoreo del ganado. Durante el mismo tiempo, se colectaron 23 muestras de cáscara de naranja y 11 de DDGS (granos secos de destilería con solubles). Para evaluar el efecto de la suplementación limitada (10%) de granos secos de destilería con solubles (DDGS) o pulpa seca de cítricos (DCP) sobre el valor nutritivo de la dieta a base de pasto buffel, doce dietas experimentales fueron formuladas y evaluadas en un arreglo factorial, utilizando tres calidades de pasto (baja, intermedia y buena calidad) y cuatro niveles de suplementación (sin suplementación, con 10% de cáscara de naranja, con 10% de DDGS y con 10% de una combinación 50% cáscara de naranja y 50% DDGS. Cada dieta fue repetida cuatro veces. Se evaluó el contenido de proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, fibra detergente neutro (FDN), detergente ácido (FDA) y lignina. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, la producción de gas y la energía metabolizable. Además se determinaron las fracciones de carbohidratos y proteína de acuerdo al esquema del CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System). Los resultados se analizaron por medio de ANOVA. Se observó alta variabilidad en la composición química, así como en las fracciones de carbohidratos y proteína del pasto buffel colectado a lo largo del año, así como en las dietas a base de pasto buffel suplementadas con subproductos agroindustriales. En conclusión: es necesario utilizar la información generada para desarrollar los sistemas de alimentación modernos para cubrir los requerimientos nutricionales y energéticos del ganado en pastoreo.

Abstract

With the aim to evaluate the variability of the nutritional value of buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L), eighty samples were collected from September 2012 to September 2013 from undisturbed grazing sites in Marin, NL. emulating the grazing behavior of cattle. During the same time, 23 samples of dried citrus pulp and 11 of DDGS (distillers dried grains with solubles) were collected. To evaluate the effect of limited supplementation (10%) with distillers dried grains with solubles (DDGS) or with dried citrus pulp (DCP) on the nutritive value of buffelgrass based diets, twelve experimental diets were formulated and evaluated in a factorial arrangement, using three qualities of grass (low, medium and high quality) and four levels of supplementation (without supplementation, with 10% of dried citrus pulp, with 10% DDGS and 10% a combination 50% dried citrus pulp and 50% DDGS). Each diet was repeated four times. Content of crude protein, ether extract, ash, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin, *in vitro* dry matter digestibility, gas production and metabolizable energy were determined. Also the carbohydrate and protein fractions were determined according to the scheme of CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System. Results were analyzed by ANOVA. High variability was observed in the chemical composition as well as in fractions of carbohydrates and protein of buffelgrass collected throughout the year, as well as in buffelgrass based diets supplemented with DDGS and DCP. In conclusion, the generated information is useful to develop modern feeding systems to satisfy the nutritional and energy requirements of grazing cattle

1. Introducción

Los forrajes constituyen la base de la alimentación del ganado bovino del sistema ganadero vaca-becerro en el noreste de México. Su producción y calidad fluctúa durante el año (Martínez, 2004), por lo que el suministro de suficiente forraje de buena calidad como fuente de nutrientes y energía para el ganado no está garantizado para todo el año.

El pasto Buffel común (*Cenchrus ciliaris* L.) es originario de África y fue introducido a México en la década de los años 50 del siglo XX. En el norte de México y sur de Texas, USA, su distribución es muy amplia (García Dessommes et al., 2003). Este pasto soporta períodos largos de sequía y ha probado tener una calidad nutricional al menos comparable, o superior, al promedio de los zacates de clima cálido. Sin embargo, se estima que una posible limitante del pasto Buffel común es que no es muy resistente al frío, lo cual es restrictivo para la producción de forraje de buena calidad nutritiva en los agostaderos del norte de México a finales del otoño e invierno (Ramírez et al., 2001a).

Dado que la alimentación animal es relevante en relación a la construcción de una ganadería eficiente, es necesario diseñar sistemas de alimentación que maximicen la respuesta productiva con costos cada vez menores de los insumos. Lo anterior hace necesario la búsqueda e investigación de materias primas no convencionales. La pulpa fresca de naranja y los granos secos de destilería son sub-productos agroindustriales provenientes de la industria citrícola y de la industria de producción de etanol, respectivamente, y representan un alto potencial de utilización como complemento de dietas para ganado a base de pasto Buffel.

Información de la composición química, complementada con mediciones de las fracciones de carbohidratos y proteínas de los alimentos para el ganado son importantes porque, según Fox (1992), esta información permite aumentar la

eficiencia de la utilización de nutrientes lo cual proporciona la posibilidad de promover con mayor exactitud el desempeño de los animales

En los últimos años, se ha puesto de manifiesto la necesidad de utilizar nuevos procedimientos para el estudio de los forrajes consumidos por rumiantes. En este sentido, el empleo de la técnica de producción de gas *in vitro* (Menke y Steingass, 1988) se ha incrementado de manera importante para caracterizar y detectar variaciones en la calidad nutritiva de forrajes de naturaleza diferente (Blummel y Becker, 1997; Cerrillo y Juárez, 2004).

El presente estudio se realizó para determinar la composición química, parámetros de digestibilidad y producción de gas, además para estimar las fracciones de los carbohidratos y las proteínas en muestras de zacate Buffel colectadas durante el año. También, se determinó la composición química, parámetros de digestibilidad y producción de gas y fracciones de carbohidratos y proteína de dietas experimentales formuladas con zacate Buffel adicionado con pulpa de cítricos y/o granos secos de destilería (DDGS).

2. Revisión de Literatura

2.1 Desarrollo de los sistemas de evaluación de alimentos para el ganado

La evaluación del valor nutricional de los alimentos para ganado incluye tradicionalmente la caracterización de la composición química, además de la determinación de las fracciones de fibra de acuerdo al método de Van Soest et al. (1991). Información importante es así mismo obtenida al llevar a cabo la determinación del contenido de minerales en el alimento (McDowell, 2003). La determinación de digestibilidad de los alimentos puede ser realizada *in vivo* e *in vitro*, y permite conocer la tasa de aprovechamiento que los animales harán de los nutrientes contenidos (Juárez et al., 2009).

La técnica de medición de producción de gas de alimentos incubados en líquido ruminal *in vitro*, desarrollada por Menke y Steingass (1979) ha sido la base de nuevo métodos de evaluación del valor nutricional de alimentos, ya que permite estudiar la cinética de degradación de los alimentos en el rumen (Rymer et al., 2005), cuya descripción paramétrica ha sido posible gracias al ajuste de la producción de gas durante 96 horas de acuerdo al modelo propuesto por Ørskov y Mc Donald (1979). También la producción de gas es fuente de información que posibilita el cálculo del contenido de energía metabolizable de los alimentos (Menke, 1987).

Un avance más reciente en el estudio del valor nutricional de los alimentos para el ganado fue propuesto por un grupo de investigadores de la Universidad de Cornell, en Estados Unidos, quienes desarrollaron el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Este sistema de evaluación de alimentos considera que el análisis de los mismos debe incluir un conocimiento más detallado de diferentes fracciones de carbohidratos y proteínas de los alimentos, argumentando que estas fracciones varían en la tasa de degradabilidad, con lo cual alimentos con contenidos similares de carbohidratos y/o proteínas pueden tener diferente

valor nutricional de acuerdo a la cantidad de sus diferentes fracciones y a la rapidez con que estas son degradadas en el rumen.

El Sistema Cornell de Carbohidratos y Proteína Netos (CNCPS por sus siglas en inglés, Cornell Net Carbohydrate and Protein System), nos permite calcular los efectos de la variación del suministro de proteína del alimento, en la predicción del suministro de proteína microbiana (MP, Microbial Protein), nitrógeno ruminal y aminoácidos, cuando se desarrollan dietas para satisfacer las necesidades de nutrientes en el ganado (Fox et al., 2004). El sistema CNCPS divide la proteína cruda (PC) en 5 fracciones basadas en la solubilidad en agentes precipitantes de proteínas, buffers y soluciones detergentes.

2.2 Fracciones de Carbohidratos

Carbohidratos (CHO) son el componente más abundante en las dietas para ganado bovino. Una primera clasificación de los mismos permite agruparlos en carbohidratos fibrosos (FC por sus siglas en inglés Fiber Carbohydrates) y carbohidratos no fibrosos (NFC, del inglés Non Fiber Carbohydrates).

Los carbohidratos hemicelulosa y celulosa constituyen la fracción fibrosa lentamente digerible de los carbohidratos, la cual se encuentran asociada con lignina, que es un compuesto polifenólico resistente a la digestión, y que por lo tanto no contribuye al aporte de energía al animal (Mertens, 1997). Carbohidratos no fibrosos incluyen mono- y disacáridos, oligosacáridos, fructanos, sustancias pécticas, β -glucanos y almidón, que son solubles en solución neutro detergente (ND) (Hall, 2003).

El balance adecuado entre el nivel y tipo de carbohidratos fibrosos (FC) y no-fibrosos (NFC) es de gran importancia para la formulación de dietas para ruminantes, ya que los alimentos varían en la cantidad y composición de las fracciones de carbohidratos, y éstas a su vez difieren en la velocidad y tiempo de

fermentación ruminal, y en los productos de fermentación generados, y en su contribución a la producción de proteína microbiana sintetizada en el rumen; y todos estos factores afectan al rendimiento del animal (Hall y Herek, 2001).

Por ejemplo, de acuerdo a Leiva et al., (2000), y Mansfield et al., (2004), las dietas para vacas lecheras en producción, que contenían subproductos agrícolas con alto contenido en fibra soluble y azúcares, disminuyeron el contenido de proteína e incrementaron la producción de grasa en leche, respecto a lo obtenido en vacas alimentadas con dietas altas en almidón. En cambio, dietas para rumiantes ricas en almidón tienen un mayor contenido de energía metabolizable (ME) y tienden a aumentar la cantidad de aminoácidos provenientes de proteína microbiana (AA), pero hay más predisposición a sufrir acidosis ruminal.

En un estudio realizado por Lanzas et al., (2007) se determinaron fracciones de carbohidratos y proteína de seis alimentos de características contrastantes: 2 forrajes ensilados, 1 muestra de grano de maíz con alta humedad, 1 muestra de granos de destilería, 1 muestra de semilla de algodón y 1 muestra de harina de soya. Para las muestras de maíz ensilado, pasto ensilado y semilla de algodón, la fracción predominante fue FDN. En el caso del grano de maíz, la fracción de mayor proporción fue el almidón, el cual también representó el 30% del forraje de maíz ensilado. En el caso de la harina de soya, la fracción predominante fue la proteína cruda (56%), mientras que en caso de los granos de destilería se registró una proporción más balanceada de proteína, FDN y grasa (Figura 1).

Considerando únicamente los carbohidratos contenidos en los seis alimentos analizados por Lanzas et al., (2007), la mayor fracción (74-84%) para el caso de pasto ensilado, granos de destilería y semilla de algodón, fue la compuesta por celulosa y hemicelulosa (Figura 2). Celulosa y hemicelulosa representaron entre el 40 y 50% de maíz ensilado y harina de soya, mientras que el contenido de estos dos carbohidratos fue de apenas 11% en el grano de maíz con alta humedad.

El contenido de almidón representó el 85% de los carbohidratos en el grano de maíz con alta humedad (Figura 2), pero solamente el 37% de los carbohidratos del maíz ensilado, 12% de los carbohidratos de los granos de destilería y solamente fracciones menores del 8% para el pasto ensilado, la harina de soya y la semilla de algodón.

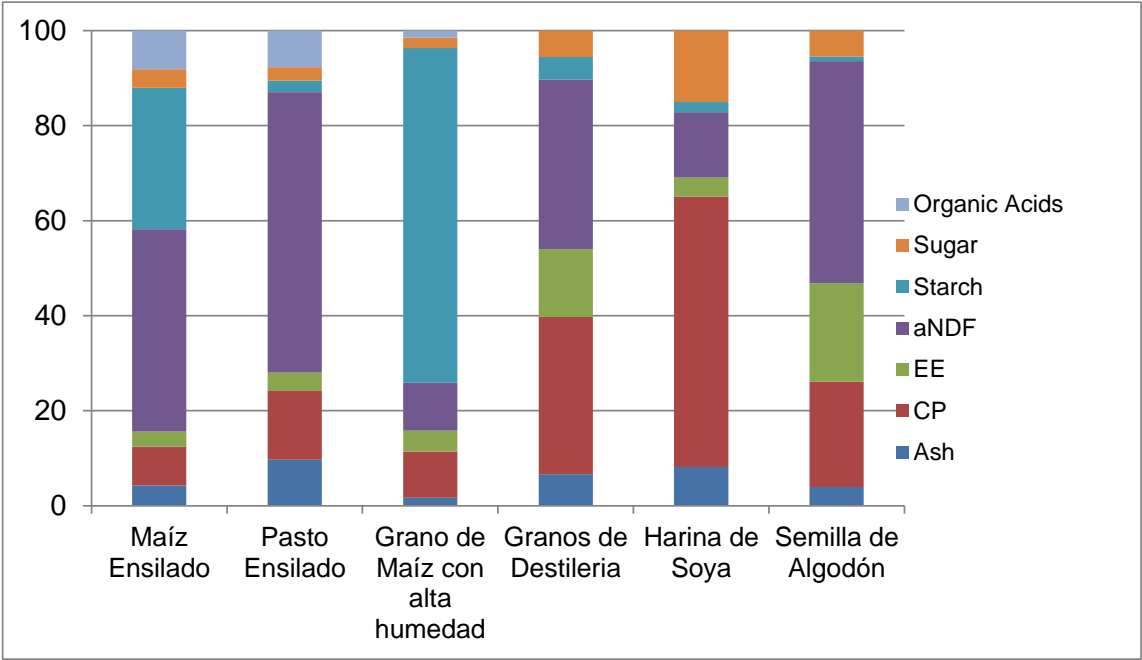


Fig.1. Fracciones de seis diferentes alimentos con características contrastantes

El contenido de azúcar representó 51% de los carbohidratos de la harina de soya, pero aproximadamente solo el 14% de los carbohidratos de los granos de destilería y semilla de algodón (Figura 2), mientras que en el caso de los forrajes ensilados y los granos de maíz con alta humedad el contenido de azúcar fue menor al 5% de los carbohidratos del alimento.

Una parte de los carbohidratos de los forrajes ensilados y del grano de maíz con alta humedad fueron fermentados y transformados a ácidos orgánicos, cuya proporción en los forrajes ensilados, llega a ser de 10 al 12% de los carbohidratos.

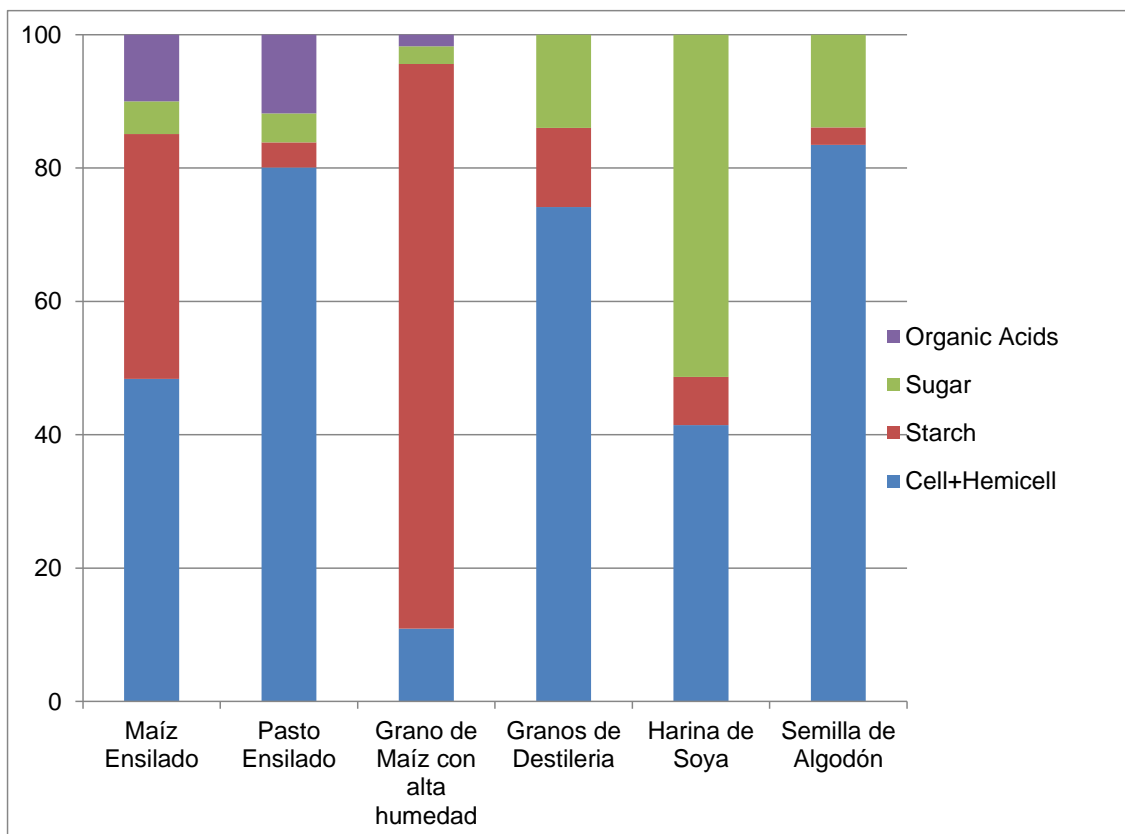


Fig.2. Fracciones de carbohidratos en diferentes alimentos.

2.3 Fracciones de Proteína

Los alimentos de origen vegetal muestran un amplio rango en el contenido de proteína. Por ejemplo Lanzas et al., (2008) registraron valores del contenido de proteína menores al 10% para maíz forrajero ensilado y para grano de maíz de alta humedad, y valores aproximados al 20% de proteína para alfalfa. En el caso de la canola y harinolina, el contenido de proteína osciló entre el 40 y el 50%, y en

el caso de harina de soya y gluten de maíz el contenido de proteína osciló entre 53 y 65%.

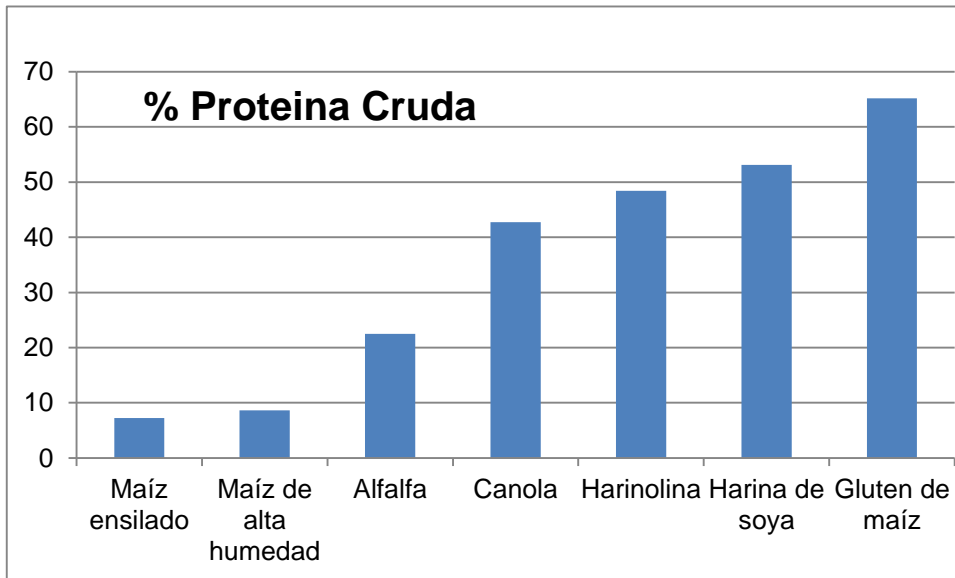


Fig.3. Contenido de Proteína Cruda en alimentos contrastantes

Con respecto a la nutrición proteica del ganado, actualmente se busca formular dietas que además de cubrir los requerimientos nutricionales, reduzcan al mínimo la excreción de N. En las predicciones de la oferta alimentaria de Proteína Degradable en Rumen (RDP, por siglas en inglés Rumen Degradable Protein) y Proteína No Degradable en el Rumen (RUP, por sus siglas en inglés Rumen Undegradable Protein), son considerados los requerimientos de nitrógeno de los microorganismos del rumen y el suministro de proteína microbiana al rumiante (Schwab et al., 2005., Lanzas et al., 2007b).

La alimentación a rumiantes con dietas excesivas en nitrógeno puede contribuir a la contaminación del aire y del agua (NRC, 2000). Para mitigar la contaminación ambiental producida por los efectos negativos del nitrógeno, es importante que las dietas se formulen para cumplir, pero no exceder las exigencias de N de los

microorganismos del rumen y los requerimientos de aminoácidos de los rumiantes. Por lo tanto los modelos nutricionales ayudan a tomar decisiones para predecir el rendimiento de animal, la excreción de nutrientes, así como evaluar la eficiencia de la dieta de acuerdo con una serie de situaciones de manejo y alimentación (Fox et al., 2004).

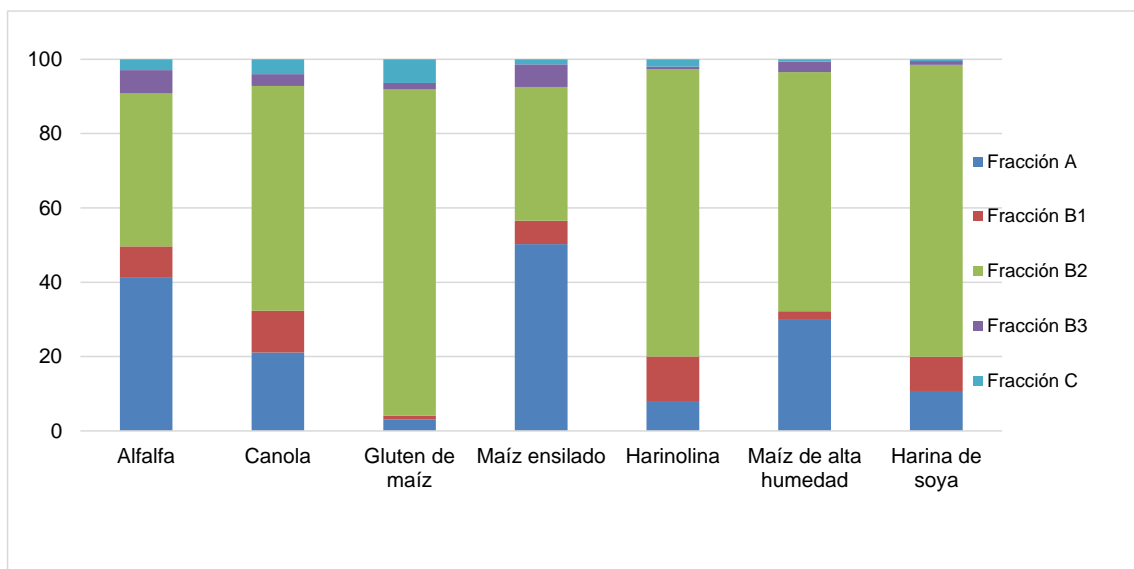


Fig.4. Fracciones de proteína (g/100 g CP) de diferentes alimentos

Lanzas et al., (2008) fraccionaron la proteína contenida en diversos alimentos de origen animal para identificar las proporciones de este contenido proteico, de acuerdo a su degradación potencial. Para los alimentos con contenido de proteína hasta del 20% (maíz ensilado, maíz de alta humedad, alfalfa), la fracción A (fracción de proteína rápidamente degradable) constituyó entre el 30 y 50% de la proteína, mientras que para los alimentos con más del 40% de proteína (canola, harinolina, harina de soya, gluten de maíz), la fracción A constituyó una proporción menor al 22% del contenido de proteína.

La fracción B1, que es la proteína verdadera rápidamente degradable, constituyó entre el 1 y el 12% de los diferentes alimentos, sin identificarse con un patrón claramente definido en las diferentes muestras evaluadas (Figura 4). La fracción B2, es decir la proteína con tasa de degradación intermedia, constituyó la fracción más abundante (36 y 88%) de la proteína de los alimentos. De acuerdo a los resultados de Lanzas et al., (2008), en los alimentos de contenido de proteína menor al 20%, la proporción de la fracción B2 oscila entre 36 y 64%, mientras que en los alimentos con más del 42% de proteína, la fracción B2 constituyó del 60 al 88% del contenido de proteína.

La fracción B3 representó entre el 0.8 y 6.5% de la proteína (Lanzas et al., 2008), habiéndose percibido una ligera tendencia a valores mayores (entre 3 y 6.5%) en alimentos con menos del 40% de proteína y de valores menores al 2% del contenido de proteína, en aquellos alimentos con más del 48% de proteína (concentrados proteicos).

La fracción C (nitrógeno no disponible) varió dependiendo del tipo de alimento, con valores menores al 1% para el maíz de alta humedad y la harina de soya, mientras que valores mayores del 4% fueron registrados en la canola y el gluten de maíz.

2.4 Evaluación de fracciones de proteína y digestibilidad ruminal e intestinal de subproductos de maíz

En un estudio realizado por Kelzer et al., (2010) se menciona que el análisis de fracciones de carbohidratos y proteínas se recomienda con el fin de caracterizar de mejor manera las diferencias en el valor nutricional de los alimentos pecuarios que indiquen la cantidad y la digestibilidad de la proteína de sobrepeso. Por ejemplo, Kelzer et al., (2010) reportaron valores similares de proteína (25.9- 26.9 %), cenizas (7.6 y 6.3%), grasa (13.3 y 11.8) y FDN (30.2 y 33.9%) de dos muestras de DDGS. Sin embargo estas dos muestras que aparentemente tendrían similitud en el valor nutricional, resultaron con diferentes cantidades de fracciones

de carbohidratos, como hemicelulosa (17.1 y 8.7%), celulosa (8.7 y 15.1), así como de lignina (4.4 y 10.1). Además de ello, las dos muestras de DDGS mostraron diferencias contrastantes en los contenidos de las fracciones B1, B2, B3 y C de proteína (Kelzer et al., 2010). El contenido de proteínas de sobrepaso de ambas muestras de DDGS fue 33.2 y 56.3 %. La digestibilidad de esta proteína (de sobrepaso), determinada con la técnica de la bolsa móvil (Kononoff et al., 2007) fue similar ($\approx 92\%$) para ambos tipos de muestra (Kelzer et al., 2010).

2.5 Valor nutricional de pastos de acuerdo a su desarrollo fenológico

Con el desarrollo fenológico de los pastos, se presentan cambios en su composición química, los cuales provocan variaciones en el valor nutricional. En una investigación realizada por Edmunds et al., (2012), el contenido de proteína de pasto del género *Poa* y de alfalfa, tendió a disminuir al pasar del periodo vegetativo hacia la floración, pero en el caso del pasto ryegrass perenne, el contenido de proteína se incrementó al pasar de floración temprana a floración media.

La porción de FDN tendió a incrementarse entre el periodo prefloración y floración temprana, tanto en pasto *Poa* como en alfalfa, pero las muestras de Ryegrass analizadas, correspondientes al periodo pre-floración temprana (Early head) y prefloración media (Mid Head) tendieron a disminuir de 42.7 a 41.9% en su contenido de FDN. El contenido de cenizas de las muestras de ryegrass perenne, alfalfa fresca y *Poa* fresca, mostraron una tendencia a incrementarse desde el periodo pre-floración temprana, mientras que en las muestras de heno de *Poa* y de heno de alfalfa, el contenido de cenizas tendió a disminuir al pasar de estados de pre-floración tardía a floración temprana (Edmunds et al., 2012).

El contenido de grasa de las muestras de alfalfa (fresca y henificada), así como en heno de *Poa*, disminuyó o se mantuvo constante al pasar de estados pre-floración a floración temprana. En cambio el contenido de grasa de las muestras ryegrass

perenne se incrementó al pasar de la pre-floración temprana a pre-floración media (Edmunds et al., 2012). Estos cambios permiten reconocer que el valor nutricional de los forrajes utilizados en alimentación animal presenta cambios dinámicos específicos para cada tipo de pasto, en cortos periodos de tiempo, lo cual dificulta el establecimiento de tendencias generales simplificadas del valor nutricional de los forrajes, tales como afirmar que a medida que se pasa de la pre-floración a floración automáticamente el valor nutricional se disminuye. En ese contexto es que se hace necesario evaluar con más detalle y frecuencia el alimento que consumen los animales de los sistemas productivos pecuarios.

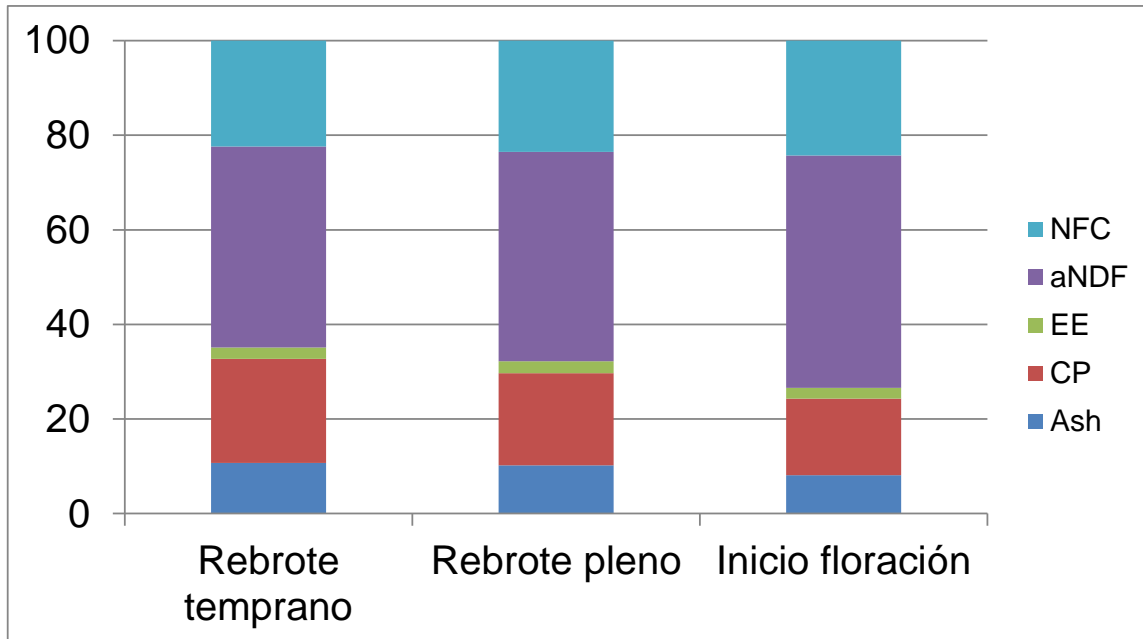


Fig.5. Composición química de pastos a diferentes estados fenológicos (Yari et al., 2012)

El contenido de proteína de alfalfa determinado por Yari et al., (2012), disminuyó de 22.0 a 16.2% ($P < 0.01$) y el de cenizas se redujo de 10.7% a 8.1%, al pasar del

estado rebrote temprano (early bud) a inicio de floración. En cambio el contenido de FDN se incrementó de 42.5 hasta 49.1% ($P < 0.05$).

En un estudio realizado por Robinson et al., (2009) se utilizaron técnicas de producción de gas *in vitro* para determinar si se producían efectos asociados benéficos para la digestibilidad ruminal, entre los alimentos de 2 grupos (cuatro alimentos por grupo): un grupo de California (heno de alfalfa, grano de cebada, ensilaje de maíz, y harina de soya), y un grupo de Holanda (pasto ensilado, ensilaje de maíz, pulpa de cítricos, y harina de gluten de maíz). Estos alimentos fueron incubados individualmente, y en varias combinaciones, en el fluido ruminal, y se midió producción de gas (mL/g MS) a 2, 4, 6, 8, 10, 24, 30, 48 y 72 h de incubación de todas las combinaciones de alimentos. Se determinó el porcentaje de producción de gas de las combinaciones de alimentos, y se comparó con el gas calculado en base a la incubación de los alimentos individuales, lo cual fue utilizado para determinar el grado de asociación.

En los alimentos analizados, tanto de California, como de Holanda, generalmente ocurrieron efectos de la sustitución sencilla de alguno de los alimentos por otros. Los efectos de sustitución que ocurrieron, se disiparon a partir de 6 a 8 horas de incubación. Al analizar los efectos asociativos de ingredientes en tres dietas teóricas formuladas de cada conjunto de alimentos (California y Holanda), los resultados demuestran que los efectos asociativos pueden alcanzar entre un 15-25% en las primeras horas de incubación, y que se disipan con el tiempo de incubación.

2.6 Comparativo del valor nutricional de la cáscara de naranja

A partir de resultados de investigaciones realizadas por diferentes grupos de trabajo (Belibasakis et al., 1996; Lanza et al., 2004, Bampidis et al., 2006; Caparra et al., 2007) se elaboró un comparativo del valor nutrimental de la pulpa seca de cítricos (dried citrus pulp). Se encontró un amplio rango en los valores de proteína

cruda desde 62 g/kg (Belibasakis et al., 1996) hasta 156 g/kg (Lanzas et al., 2004). Por otra parte los valores correspondientes a grasa cruda se encuentran entre 17 y 49 g/kg. Los valores promedio de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido son de 281 y 196 g/kg respectivamente. Así mismo en literatura se reportan valores promedio de minerales tales como calcio (13.7g/kg) y fósforo (2.0 g/kg MS).

Cuadro 1. Valores comparativos del contenido de materia seca (g/kg) y del valor nutrimental (g/kg MS) de pulpa Seca de cítricos (Belibasakis et al., 1996; Lanza et al., 2004, Bampidis et al., 2006; Caparra et al., 2007)

| Parámetro | Promedio | Mín. | Máx. |
|------------------|-----------------|-------------|-------------|
| Materia seca | 895 | 858 | 932 |
| Materia Orgánica | 918 | 832 | 962 |
| Proteína Cruda | 82 | 62 | 156 |
| Extracto Etéreo | 35 | 17 | 49 |
| FDN | 281 | 194 | 365 |
| FDA | 196 | 128 | 257 |
| Lignina | 24 | 9 | 32 |
| Calcio | 14 | 7 | 19 |
| Fosforo | 2 | 1 | 5 |

2.7 Comparativo del valor nutricional de los DDGS

En Granos secos de destilería (DDGS por sus siglas en inglés: Dried Distiller's Grains with Solubles) se reportan valores de proteína desde 17 hasta 38 g/kg (Jarret et al., 2011). Los valores de grasa oscilan entre 3.6 y 11.6 g/kg MS (Jarret

et al., 2011). Para fibra detergente neutro Kingsly et al., (2010) reportaron 25 - 44% y en el caso de fibra detergente ácido se encuentran valores entre 7.7 y 17.9%. Así mismo, se reportan valores aproximados a 6 g/kg de azúcares reductores totales (Kingsly et al., 2010). Minerales como calcio, fósforo, magnesio, cloro, potasio, sodio y azufre, se encuentran presentes aunque en pequeñas concentraciones. También se reportan valores de vitamina A, D y E; siendo esta última la más abundante (Kim et al., 2008).

Cuadro 2. Comparativos del contenido de materia seca (g/kg) y del valor nutrimental (g/kg MS) de granos secos de destilería (Jarret et al., 2011, Kingsly et al., 2010, Kim et al., 2008)

| Parámetro | Promedio | Mínimo | Máximo |
|-------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Materia Seca | 885 | 888 | 944 |
| Proteína Cruda | 26.6 | 6.4 | 38.9 |
| Cenizas | 5.2 | 3.1 | 14.7 |
| Extracto Etéreo | 7.6 | 3.6 | 11.6 |
| Fibra Cruda | 8.6 | 6.2 | 10.9 |
| FDN | 22 | 25.1 | 44.5 |
| FDA | 15 | 7.7 | 28.4 |
| ADL | 6.3 | 2.1 | 10.9 |
| Azúcares Reductores | 3.8 | 2.1 | 5.4 |
| Vitamina E (1000 IU/Kg) | 36.8 | - | - |

En el ganado bovino, la condición corporal de los animales depende en gran medida del nivel nutricional (Fox et al., 2004) y tiene una gran influencia sobre el desempeño reproductivo de vacas de carne (Selk et al., 1988). Con el fin de contribuir al desarrollo de mejores sistemas de alimentación para el ganado, se han desarrollado sistemas computacionales como el CNCPS (Cornell Net

Carbohydrate and Protein System), que permiten predecir los requerimientos nutricionales, integrando información del animal, del ambiente y de los alimentos, para calcular los requerimientos y evaluar dietas para rumiantes.

De acuerdo a Hersom (2008), la mejora en el rendimiento animal y optimización de la utilización de nutrientes que rigen la eficiencia dependen de la sincronía de la digestión de nutrientes en el tracto digestivo. Como consecuencia de ello, la suplementación de alimentos proteicos y energéticos en animales consumiendo forrajes de baja calidad nutricional, puede tener efectos asociativos muy importantes de beneficio para el animal. Bowman et al., 2004 evaluaron el efecto de la suplementación sobre el consumo y digestibilidad tanto de forraje como de la dieta y reportaron que cuando se suplementaba con cantidades limitadas de carbohidratos no estructurales (cáscara de soya, harina de soya y/o cebada) se registran incrementos importantes en el consumo y la digestibilidad tanto del forraje como de la dieta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efectos asociativos de suplementación (Bowman et al., 2004)

| Suplemento, kg/d | 0 | + 1.8 kg cáscara soya, + harina soya | + 1.7 kg cebada + harina soya |
|---|------|--|----------------------------------|
| Consumo Forraje, kg MS (pasto de mala calidad) | 7.3 | 8.8 | 8.5 |
| Consumo Dieta, kg MS | 7.3 | 10.6 | 10.2 |
| Digestibilidad Forraje, % | 58.4 | 65.3 | 63.7 |
| Digestibilidad Dieta, % | 58.4 | 69.8 | 68.6 |

2.8 Método de producción de gas *in vitro*

Este procedimiento es similar a otras metodologías que se utilizan para estimar la digestibilidad *in vitro*, en donde se usan sustratos molidos, un medio anaerobio y

un inóculo de población microbiana mixta del rumen. El sustrato pre-pesado se coloca en frascos o jeringas, se mezcla y se incuba a 39° C y una muestra fresca de líquido ruminal se añade como inóculo. Desde ese momento, la producción de gas resultante de la fermentación se registra, ya sea al final de la fermentación o a intervalos regulares de tiempo; esto último, para aquellos métodos que miden la cinética de la fermentación (Williams, 2000). El modelo exponencial $p = a + b(1 - e^{-ct})$ propuesto por Ørskov y McDonald (1979), se ha utilizado ampliamente para describir la cinética de fermentación. En dicha ecuación, **p** describe la producción de gas al tiempo t, **a**, el gas producido (ml) por la rápida fermentación de la fracción soluble del alimento, **b**, el gas producido (ml) por la fermentación de la fracción insoluble pero lentamente fermentable y **c**, la tasa constante a la cual se produce el gas (h^{-1}) (Nherera et al., 1999). Sin embargo, en años recientes se han propuesto una amplia gama de modelos matemáticos para ajustar los datos de producción de gas (France et al., 2000). De esta manera, las fracciones estimadas mediante el registro de la producción de gas hacen referencia a la cantidad de alimento que se degrada (extent) y al ritmo que este se degrada (rate).

La evaluación de la producción de gas *in vitro* se basa en el concepto de que los volúmenes de gas reflejan la fermentación microbiana esencialmente de carbohidratos solubles y estructurales del sustrato hasta ácidos grasos volátiles de cadena corta, dióxido de carbono y metano (Getachew et al., 1998). De esta manera el gas producido se considera un indicador indirecto de la cinética de fermentación (Rymer et al., 2005), además de proporcionar información sobre el comportamiento de los componentes solubles del sustrato. La técnica ha demostrado ser un procedimiento confiable en la evaluación de la calidad nutritiva de los alimentos. De acuerdo con Menke y Steingass (1988), la cantidad de gas derivado de la incubación de un sustrato *in vitro*, se relaciona estrechamente con su digestibilidad y por consiguiente con su valor energético.

De igual manera los datos de producción de gas pueden predecir la degradabilidad efectiva de MS y MO *in sacco* (Tuah et al., 1996; Deaville y

Givens, 1998), el consumo voluntario de materia seca (Blummel y Ørskov, 1993) y con la síntesis de proteína microbiana (Krishnamoorthy et al., 1991). De igual manera, el procedimiento se ha utilizado ampliamente para caracterizar y detectar variaciones de la calidad nutritiva en una amplia gama de forrajes individuales (Blümmel y Becker, 1997; Fondevila et al. 2002; Cerrillo y Juárez, 2004; Elghandour et al., 2014). Además, la técnica de producción de gas representa una herramienta útil para determinar el efecto de factores antinutricionales sobre la digestibilidad y el consumo (Makkar et al., 1995).

Actualmente se considera que el futuro de los sistemas de evaluación de los alimentos debe tomar en cuenta las características de degradación de los alimentos ya que estos se relacionan estrechamente con el consumo de alimento en los rumiantes al tomar en cuenta las restricciones de la capacidad del rumen, la tasa de degradación y la tasa de paso de los alimentos (Ørskov y Ryle, 1990). A partir de sus resultados, los autores coinciden que la descripción de las características de degradabilidad de estos forrajes a partir de la producción de gas *in vitro*, especialmente la tasa constante de degradación, permite evaluar la calidad nutritiva forrajes consumidos por rumiantes. Sin embargo, se recomienda realizar algunas determinaciones complementarias a la medición de gas, como son la degradación de los sustratos, los perfiles de ácidos grasos volátiles y el crecimiento microbiano para obtener estimaciones más precisas sobre el perfil fermentativo de los alimentos.

2.9 Oportunidades para mejorar el rendimiento y eficiencia a través de la sincronía de nutrientes en rumiantes alimentados con forraje

La necesidad de optimizar la utilización de nutrientes, hace necesario atender aspectos encaminados a mejorar la sincronía de la utilización de nutrientes. De acuerdo a Hersom (2008), la atención del concepto sincronía de la utilización de nutrientes en rumiantes ha permitido principalmente obtener beneficios en aumentos del rendimiento microbiano, la eficiencia de la digestión microbiana en la

utilización de nutrientes, y en menor medida, beneficios en el rendimiento animal. Sin embargo, en la práctica el éxito de la sincronía del suministro de nutrientes en ganado que consume dietas basadas en forrajes enfrenta a varios desafíos. Éstos abarcan desde la necesidad de tener una medición precisa del suministro y consumo del alimento, así como de su composición química.

Para los bovinos alimentados con forraje, la disponibilidad de proteína y carbohidratos del forraje puede ser el aspecto más difícil para establecer la sincronía, ya que en la mayoría forrajes en el agostadero, las tasas de digestión de las fracciones de carbohidratos son mucho más lentas que las correspondientes a las fracciones de proteína.

Adicionalmente, la interacción forraje-suplemento ejerce un impacto importante en la sincronía de la utilización de los nutrientes. Por ello, el tipo de suplemento (por ejemplo, almidón vs. fibra, seco vs líquido), pero también sus contenidos de nutrientes y tasas de degradación, son a menudo consideradas primordiales asociadas con la sincronización de nutrientes en dietas altas en forraje. Otras consideraciones que requieren atención en la evaluación del éxito de la sincronía de nutrientes son patrones temporales de consumo de forraje y suplemento. Por ello se puede establecer que la sincronización de la utilización de nutrientes en rumiantes alimentados con forraje, tiene y seguirá teniendo desafíos para encontrar resultados exitosos en la mejora del rendimiento animal y la optimización de la utilización de los nutrientes (Hersom, 2008).

Por otra parte, el uso de los subproductos para la alimentación del ganado permite convertir el material que tiene una aplicación limitada para su uso como alimento humano en proteína animal, y los rumiantes son elementos fundamentales en ese proceso.

La pulpa de cítricos se obtiene de la fabricación de jugo de naranja y el procesamiento de otros cítricos (Grasser et al., 1995). Su uso como parte de la dieta de ganado se ha asociado con efectos positivos sobre la fermentación

ruminal, la digestión de la fibra (Miron et al., 2001), y la síntesis de proteína microbiana (Ariza et al., 2001). Efectos positivos se han reportado en producción y composición láctea de ganado de leche (Rojas-Bourrillón et al., 2001).

La producción de biocombustibles particularmente etanol, ha aumentado rápidamente a partir de última década del siglo XX en todo el mundo, en un intento por reducir la dependencia respecto al petróleo y mejorar el medio ambiente. Durante el proceso de obtención de etanol a partir de diversos ingredientes ricos en almidón, se generan diversos subproductos de destilería (DDGS), los cuales representan una materia prima con alto contenido en energía, proteína y fósforo.

La inclusión en la alimentación de animales de los granos de destilería con solubles (DDGS) se ha incrementado en las explotaciones pecuarias, ya que estos subproductos representan una alternativa de suministro de nutrientes al animal, que no compite con la alimentación humana, por ser una fuente proteica y energética, que puede sustituir parcialmente la harina de soya y el maíz, además de presentar otras características nutritivas como su contenido en fósforo y lisina. De acuerdo a Birkelo et al., (2004) los granos de destilería con o sin solubles son una fuente excelente de energía para el ganado alimentado con forraje de baja calidad.

En el presente trabajo se presentan resultados del análisis sistemático de muestras de pasto buffel colectadas mensualmente durante un año, así como de la combinación del pasto con dos subproductos agroindustriales.

Considerando la importancia que tiene el conocer de manera más precisa la composición de los alimentos y sus fracciones de carbohidratos y proteína se plantea la realización del presente trabajo experimental con los siguientes objetivos.

2.10 Objetivos

2.10.1 Objetivo General

- Determinar el valor nutritivo de muestras de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) colectadas, mensualmente durante un año, así como en dietas experimentales formuladas con pasto buffel adicionado con pulpa de cítricos y/o granos secos de destilería (DDGS).

2.10.2 Objetivos Específicos

- Evaluar en muestras de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), de cáscara de naranja y de DDGS la composición química y características de digestibilidad *in vitro* de la materia seca y producción de gas *in vitro*.
- Estimar en dietas experimentales conteniendo pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), de cáscara de naranja y de DDGS el nivel de asociación nutricional de las combinaciones de los ingredientes.

2.11 Hipótesis

- La composición química, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y las características de la producción de gas *in vitro* de muestras de pasto buffel varían entre muestreos.
- La adición al pasto buffel con cáscara de naranja o DDGS mejorará la degradabilidad ruminal *in situ*, digestibilidad *in vitro*, producción de gas *in vitro* y energía metabolizable.

3. Materiales y Métodos

3.1 Pasto buffel

De septiembre 2012 a septiembre de 2013, se colectaron un total de 80 muestras de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L) correspondientes a los 12 meses del año en las áreas de pastoreo del campo experimental Marín, de la Facultad de Agronomía, de la UANL. Marín está localizado entre las coordenadas 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste. La elevación del área es 375 msnm. El clima es semiárido. Durante el año de estudio se registró una temperatura media anual de 23.9 °C y una precipitación anual de 585 mm, en un patrón bimodal de épocas de lluvia de abril a junio y de agosto a octubre (Figura 6).

Se realizaron dos muestreos mensuales y en cada ocasión se colectaron tres muestras de sitios diferentes, obteniendo así seis repeticiones por mes, exceptuando los meses de noviembre, diciembre, julio y septiembre en los que se obtuvieron tres, ocho, ocho y cuatro muestras respectivamente. Las muestras se colectaron aleatoriamente de varios sitios excluidos del pastoreo en el municipio de Marín, Nuevo León, México. La colecta se llevó a cabo emulando el comportamiento de pastoreo de los bovinos y se cortó, a ras del suelo, la porción forrajera (incluye semillas, hojas y tallos) de cada planta.

Las muestras colectadas fueron secadas por 48 h a 60°C en una estufa de aire forzado, posteriormente fueron molidas en un molino Wiley (Arthur A. Thomas Co. Filadelfia, PA) para pasar a través de una malla de 1 mm, una vez molidas, fueron almacenadas en recipientes de plástico hasta sus análisis químicos y de digestibilidad en Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía, UANL y laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, respectivamente.

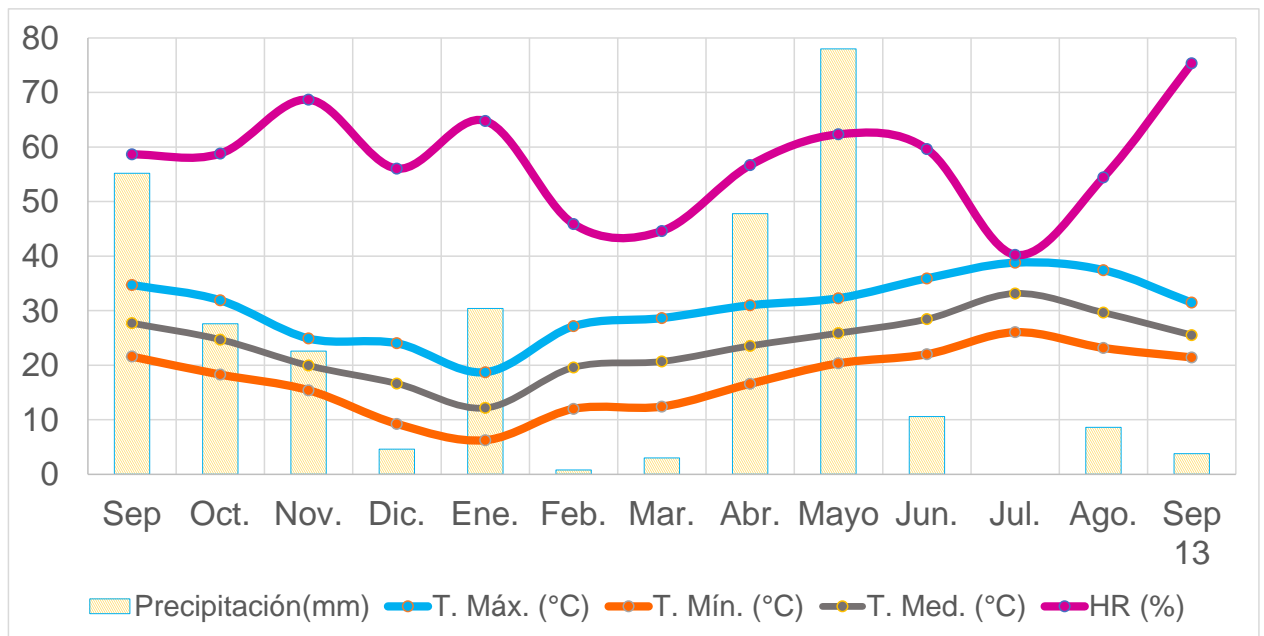


Fig. 6. Condiciones climatológicas durante el periodo de muestreo (sept. 2012-sept. 2013)

Las muestras colectadas durante el mes de septiembre 2012 se obtuvieron después de que durante varios meses no se había tenido precipitación normal en Marín, N.L, de tal forma que la cantidad de pasto presente en el terreno era escasa, observándose solamente pequeños rebrotes. Durante el mes de octubre la cantidad de forraje para los animales continuaba siendo escasa y por lo tanto se observaba la mayor parte del material colectado se encontraba en estadio de madurez. La sequía en los campos prevaleció durante el mes de noviembre, y el pasto presente continuaba estando en estadio de madurez, con un aparente contenido fibroso alto. En los muestreos realizados durante el mes de diciembre se colectaron muestras en estadio vegetativo y floración, sin embargo la cantidad y disponibilidad de pasto para el ganado era escasa.

En el mes de enero 2013 se presentaron lluvias moderadas, sin embargo la cantidad de forraje disponible para los animales durante este mes se encontraba limitada; se obtuvieron pequeñas cantidades de forraje en estadio vegetativo. En febrero se colectaron muestras en estadio vegetativo y floración temprana. Las muestras colectadas durante los meses de marzo y abril 2013 se colectaron de campos en los que había poca disponibilidad de forraje para los animales. Se siguió el criterio de colectar las muestras, tal como lo hacían los animales en pastoreo que fueron observados en ese tiempo.

Las muestras colectadas durante el mes de mayo fueron más abundantes registrándose estados vegetativos y floración temprana, había un panorama mayor disponibilidad de pasto que en los meses anteriores, debido a las lluvias que se presentaron aproximadamente 15 días previos al muestro. Durante el mes de junio se colectaron muestras en estadio floración tardía. En el mes de julio el pasto Buffel presente era moderado con también con estadio floración tardía, acercándose a madurez. En agosto las muestras se colectaron en estadio vegetativo con una altura promedio de 20 cm. Y durante el mes de septiembre de 2013 las muestras se colectaron de campos con escasa disponibilidad de forraje, aunque se registraban pequeños rebrotes y algunas zonas en estadio vegetativo.

3.2 Subproductos agroindustriales

Se estudiaron 23 muestras de cáscara de naranja y 11 muestras de granos secos de destilería con solubles (DDGS), las cuales fueron almacenadas en estado seco hasta su análisis en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía, UANL. Las muestras de cáscara de naranja que se colectaron frescas, fueron cortadas en trozos pequeños para facilitar su manipulación, posteriormente fueron secadas por 48 h a 60°C en una estufa de aire forzado; además, fueron molidas en un molino Wiley (Arthur A. Thomas Co. Filadelfia, PA) para pasar a través de una malla de 1 mm, finalmente fueron

almacenadas en recipientes de plástico hasta sus análisis químicos y de digestibilidad en Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía, UANL y laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, respectivamente. Con el fin de describir la calidad nutricional de los subproductos agroindustriales analizados, se llevó a cabo una agrupación de las muestras de acuerdo a la estación en que fueron colectadas. En el caso de la cáscara de naranja se pudieron establecer grupos de muestras colectadas en las cuatro estaciones del año: otoño, invierno, primavera y verano. Para DDGS se agruparon las muestras colectadas en dos grandes estaciones: Invierno-Primavera y Verano-Otoño.

3.3 Dietas Experimentales Propuestas

Con la finalidad de evaluar el efecto de la suplementación con pequeñas cantidades de granos secos de destilería con solubles (DDGS, por sus siglas en inglés Dried Distiller's Grains with Solubles) o pulpa seca de cítrico (DCP por sus siglas en inglés Dried Citrus Pulp) sobre el valor nutritivo de dietas a base de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L), 12 dietas experimentales fueron formuladas empleando tres calidades de pasto buffel: baja (3.0% PC, 70% FDN), mediana (5.6% CP, 66.5% FDN) y alta calidad (12.4% PC, 60.8 FDN) y cuatro niveles de suplementación (0%, 10% DCP, 10%: 50 DCP:50 DDGS y 10% DDGS). Como subproductos se utilizaron muestras de DCP y DDGS que en promedio contenían 3.8% y 30.6% PC, respectivamente.

3.4 Análisis para determinar composición química

Los siguientes análisis de laboratorio fueron realizados a las muestras estudiadas (de pasto buffel, de los subproductos y a las dietas experimentales). Estos análisis

fueron realizados de acuerdo a la metodología de la AOAC (2005). A continuación se describen someramente los principios de medición y los métodos AOAC correspondientes (en paréntesis):

Humedad (AOAC 930.15): El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta peso constante en estufa de aire, a 103 °C. El resultado corresponde a la materia seca (MS) de la muestra.

Cenizas (método 942.05; AOAC): El contenido de cenizas fue medido como el residuo que queda luego de incinerar una muestra en una mufla a 550 °C durante 4 horas. Para ello se utilizó una mufla marca Lindberg (Thermo Scientific ®, Waltham, MA).

Grasa (método 920.39; AOAC): Se cuantificó el extracto etéreo obtenido al extraer los triacilglicéridos presentes en la muestra empleando éter de petróleo y utilizando el Extractor de grasa ANKOM XT10; (ANKOM Technology, Macedon, NY).

Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido: Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron mediante los procedimientos de Van Soest et al., (1991), empleando el analizador de fibra ANKOM²⁰⁰⁰; (ANKOM Technology, Macedon, NY). El contenido de lignina se determinó con el método de lignina ácido detergente, descrito por Ramírez (2007). Los contenidos de hemicelulosa (FDN-FDA) y celulosa (FDA-Lignina) se calcularon por diferencia como fue descrito por Dryden (2008).

Carbohidratos no estructurales (CNE): contiene almidón y azúcares solubles y se calculó por diferencia al restar los contenidos de proteína, cenizas, grasa y fibra detergente neutro del contenido total de materia seca; según la siguiente fórmula:

$$\text{CNE} = \text{MS} - \text{PC} - \text{Cenizas} - \text{Grasa} - \text{FDN}$$

Donde: CNE= Carbohidratos no estructurales (%), MS= contenido de materia seca (%), PC= contenido de proteína cruda (% MS), Cenizas= contenido de cenizas (% MS), Grasa= contenido de grasa (% MS), FDN= Fibra detergente neutro (% MS)

Proteína: Se determinó el contenido de proteína cruda por el método Dumas (Etheridge et al., 1998), utilizando un analizador elemental por combustión TRUSPEC CHN; (Leco Corp., St. Joseph, MI), donde la muestra es quemada en una atmósfera rica en oxígeno y el gas nitrógeno generado es medido por termoconductividad (Galyean, 1997). El método cuantifica N total de la muestra y mediante un factor de conversión (6.25) es expresado en términos de proteína cruda.

Calcio: El contenido de calcio de las muestras analizadas fue determinado mediante la formación de un complejo coloreado (EDTA-Ca²⁺). Para ello la muestra fue tratada con NaOH para causar la precipitación del magnesio (Mg²⁺) en forma de Mg(OH)₂. Se añadió un indicador (purpurato de amonio), para formar un complejo con el calcio presente en la muestra, desarrollándose coloración rosa. Se utilizó ácido etilendiamino tetra acético (EDTA), para titular la solución hasta la aparición del complejo (EDTA-Ca²⁺) color púrpura (método 944.03; AOAC).

Fósforo (método 957.02; AOAC): El fósforo contenido en las muestras se hizo reaccionar con molibdato de amonio y metavanadato de amonio, originando un compuesto color amarillo denominado fosfomolibdo-vanadato de amonio, el cual se midió por espectrofotometría, en donde la absorbancia es proporcional a la cantidad de fósforo en la muestra.

3.5 Producción de gas *in vitro*

La producción de gas *in vitro* se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Menke y Staingass (1988). En breve se incubaron 200 mg de cada muestra en jeringas calibradas de vidrio de 100 ml (Häberle Labortechnik, Alemania). Como

inóculo se utilizaron 30 ml de una mezcla 2:1 (v/v) de solución amortiguadora de bicarbonato de sodio y amonio (35 g NaHCO₃ y 4 g NH₄HCO₃ por litro) con líquido ruminal (pH 6.8). El fluido ruminal se obtuvo de cuatro ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado comercial (75:25). Se utilizó como estándar una muestra de heno de alfalfa cuya producción de gas era conocida. Para determinar la producción de gas de las muestras se consideró la producción de gas de un blanco, que consistió en la incubación del inóculo sin muestra. La producción de gas se registró a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h. Los datos se ajustaron al modelo $p = a + b(1 - e^{-ct})$ propuesto por Ørskov y McDonald (1979), donde **p**: producción de gas al tiempo t, **a**: gas producido (ml) a partir de la fracción soluble del alimento, **b**: gas producido (ml) a partir de la fracción lentamente degradable y **c**: tasa constante de producción de gas (% / h).

3.6 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

Se determinó mediante la incubación de los alimentos en bolsas F57 de Ankom (con poro de 25 micras) durante 48 horas a 39 °C, con líquido ruminal y saliva artificial, determinando la diferencia de peso del material antes y después de la incubación, seguida del tratamiento de FDN, de acuerdo con el procedimiento Daisy^{II} (ANKOM, 2008).

3.7 Energía metabolizable (EM): Fue estimado a partir de la producción de gas *in vitro* de acuerdo a Menke y Steingass (1988) con las siguientes ecuaciones aplicadas según las muestras fueran forrajes o concentrados:

Para forrajes se utilizó la siguiente fórmula:

$$EM = [2.20 + 0.136(PG_{24h}) + 0.0057(PC) + 0.0029(EE)^2] / 4.184$$

Donde EM: Energía Metabolizable (Mcal/kg MS), PG24h: producción de gas (ml/200mg MS) a las 24 h de incubación, PC: contenido de proteína cruda (g/kg MS), y EE: extracto etéreo (g/kg MS).

Para Concentrados se utilizó la siguiente fórmula:

$$EM = [156 (PG24 h) + 8.4 (PC) + 22.4 (EE) - (Cen) + 1062] / 4.184$$

Donde EM : Energía Metabolizable (Mcal /kg MS), PG24h: producción de gas (ml/200 mg MS) a las 24 h de incubación, PC: contenido de proteína cruda (g/kg MS), EE: extracto etéreo (g/kg MS) y Cen: contenido de cenizas (g/kg MS).

3.8 Fracciones de Carbohidratos y Proteínas

El fraccionamiento de Carbohidratos y Proteína se basó en el sistema CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) que las subdivide de acuerdo a su composición química, características físicas, degradación ruminal y características de degradación post-ruminal (Sniffen et al., 1992).

3.8.1 Fracciones de Carbohidratos

El fraccionamiento de carbohidratos se realizó de acuerdo a lo descrito por Lanzas et al., (2007) quienes proponen que la proteína sea dividida en las siguientes fracciones:

Contenido de carbohidratos totales en el alimento es estimado por la diferencia:

$$CHO (g/kg MS) = 1000 - PC - EE - Cen$$

Donde: Cen: es el contenido de minerales (g/kg MS), PC: es el contenido de proteína en el alimento (g/kg MS), y EE es el contenido de extracto etéreo en el alimento (g/kg MS).

Los carbohidratos están divididos en carbohidratos fibrosos y carbohidratos no fibrosos, con carbohidratos fibrosos definidos como FDN. Sin carbohidratos fibrosos, la fracción de fibra no digerible (CC) está compuesta como:

$$\text{CC (g/kg MS): } \frac{\text{FDN} \times \text{Lignina} \times 2.4}{1000}$$

Donde Lignina: es el contenido de lignina del alimento (g/kg FDN) y FDN es el contenido de FDN en el alimento (g/kg MS).

Los carbohidratos fibrosos disponibles (CB2) están compuestos de la siguiente manera:

$$\text{CB2 (g/kg MS) } \frac{\text{FDN} - (\text{NDICP} \times \text{CP})}{1000} - \text{CC}$$

Donde CC es el contenido de carbohidratos indigeribles del alimento (g/kg MS), CP es el contenido de proteína en el alimento (g/kg MS), FDN es el contenido de fibra detergente neutro en el alimento (g/kg MS) y NDICP es el contenido de proteína insoluble en detergente neutro del alimento (g/kg de CP).

Los carbohidratos no fibrosos son calculados por diferencia:

$$\text{NFC (g/kg MS) = CHO - CB2 - CC}$$

Donde NFC: carbohidratos no fibrosos (g/kg MS), CHO: contenido de carbohidratos totales del alimento (g/kg MS), CB2: fracción B2 de carbohidratos (g/kg MS) y CC: fracción C de carbohidratos (g/kg MS).

3.8.2 Fracciones de Proteína

El fraccionamiento de proteína se realizó de acuerdo a Lanzas et al., (2008) quienes proponen que la proteína sea dividida en las siguientes fracciones:

Fracción A de Proteína (PA): Nitrógeno no proteico (NPN). Incluye amoníaco, péptidos, aminoácidos. Es la fracción nitrogenada rápidamente convertida en amoníaco por los microorganismos ruminales.

$$\text{PA (g/kg MS)} = \text{NPN} \times (\text{Sol CP}/1000) \times (\text{CP}/1000)$$

Donde CP: contenido de proteína en el alimento (g/kg MS); NPN (contenido no proteico del alimento, g/kg de la proteína soluble), PA: es la fracción A de proteína contenido en el alimento (g/kg MS), Sol CP es el contenido de proteína soluble en buffer (g/kg de CP).

Fracción B1 de Proteína (PB1): Proteína verdadera, rápidamente degradada a amoníaco. La fracción B1 es medida como la proteína soluble e buffer que no precipita con agentes precipitantes y que se asume que es rápidamente degradada en el rumen con una velocidad de degradación mayor que 1.0/h.

$$\text{PB1 (g/kg MS)} = (\text{Sol CP}/1000) \times (\text{CP}/1000) - \text{PA}$$

Donde CP: contenido de proteína en el alimento (g/kg MS); PA es el contenido de la fracción A en el alimento (g/kg MS); PB1 es la fracción B1 de la proteína del alimento (g/kg MS), Sol CP es el contenido de proteína soluble en buffer, g/kg de PC.

Fracción B2 de Proteína (PB2): Representa la proteína de degradación intermedia con un rango de degradación dentro de 0.03 a 0.16/h, y es calculada por la diferencia:

$$\text{PB2 (g/kg MS)} = \text{CP} - \text{PA} - \text{PB1} - \text{PB3} - \text{PC}$$

Fracción B3 de Proteína (PB3): Proteína verdadera, mayormente no-degradable, y que está asociada a la pared celular. Es medida como la proteína insoluble en detergente neutro menos proteína insoluble en detergente ácido (NFIP-ADFIP).

$$\text{PB3 (g/kg MS)} = (\text{NDICP} - \text{ADICP}) \times (\text{CP}/1000)$$

Donde ADICP: es el contenido de proteína insoluble en solución detergente ácido el alimento (g/kg CP), CP: es el contenido de proteína en el alimento (g/kg de MS), NDICP es el contenido de proteína insoluble en solución detergente neutro del alimento (g/kg de CP) y PB3 es el contenido de la fracción B3 en el alimento.

Fracción C de Proteína (PC): Proteína verdadera resistente a enzimas de mamíferos y microbianas. Es medida como la proteína insoluble en detergente ácido (ADFIP). La mayoría de esta proteína está asociada con lignina de la pared celular, así como con productos de la reacción de Maillard y con complejos tanino-proteína.

$$\text{PC (g/kg MS)} = \text{ADICP} \times (\text{CP}/1000)$$

Donde ADICP: es el contenido de CP del alimento insoluble en detergente ácido (g/kg de CP); CP: es el contenido de proteína del alimento (g/kg de MS) y PC es el contenido de la fracción C en el alimento, g/kg MS.

3.9 Análisis Estadístico

Resultados para las muestras del pasto buffel colectadas durante los 12 meses se usó un diseño completamente al azar, para las de cáscara de naranja y para las de DDGS también se utilizó un diseño completamente al azar. Los resultados de las dietas experimentales evaluadas fueron analizadas usando un análisis completamente al azar bajo un arreglo factorial A x B, siendo A los cuatro suplementos (sin, cáscara de naranja, DDGS y combinación de cáscara de naranja con DDGS) y B las tres calidades de pasto buffel (en crecimiento, floración y madurez fisiológica). Las medias fueron comparadas por el método Tukey a un nivel de significancia de 0.05.

4. Resultados y Discusión

4.1 Análisis del valor nutricional del pasto Buffel

4.1.1 Composición química del pasto Buffel

El contenido de proteína varió significativamente de 3.4% en el mes de noviembre a 22.7% en las muestras colectadas en mayo (Tabla 4). En los meses de diciembre, junio y julio se registraron valores similares (promedio: 8.3 %). Durante los meses de septiembre 2012, octubre, enero, marzo, abril y agosto se registraron contenidos de proteína en promedio de 10.8% y en los meses de febrero y septiembre de 2013 se registraron valores promedio de 14.1% de proteína los cuales fueron 24% más altos en comparación con los registrados en las muestras colectadas durante el mes de noviembre. En general, el contenido de proteína cruda en las muestras de este estudio fue más alto que las muestras de pasto buffel (8.8 %PC MS) reportadas por Ramírez Lozano (2007) en el noreste de México en el otoño del 2002, y para las muestras (10.8%) evaluadas por González Ronquillo et al. (1998) durante el otoño (septiembre-noviembre). En este estudio, excepto para las muestras colectadas en noviembre, el contenido de proteína cruda de todas las demás muestras fue suficiente para cubrir los requerimientos para mantenimiento y producción de ganado en crecimiento (NRC, 2000).

En este estudio el contenido de EE vario significativamente de 1.5 % (marzo) a 3.0 % en MS (mayo). Durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2012 se registraron contenidos de grasa en promedio de 2.4%. En los meses de enero, febrero, marzo y abril se registró una disminución en el contenido de EE, registrándose valores de hasta 1.5 % de EE a los cuales fueron casi 50 % menores al contenido de EE de las muestras colectadas durante el mes de mayo (Tabla 4). Estos valores son más altos que los reportados por Juárez-Lagunes et al., (1999) quienes evaluaron los pastos *P. fasciculatum*, *A. gavanus*

and *B. brizantha*. De acuerdo a Fox et al., (2004) el contenido de EE en la dieta es importante porque juega un papel importante en el aporte de energía a los animales, sin embargo un contenido de extracto etéreo superior al 4.5% de grasa en MS en la dieta de rumiantes ha sido reportado que afecta la fermentación ruminal (Cunningham and Klein, 2003).

El contenido de cenizas fue significativamente diferente entre los periodos de muestreo (Tabla 4). Registrándose los contenidos más altos en las muestras colectadas en los meses de septiembre de 2012 y 2013 y los más bajos se registraron en los meses de junio y julio y marzo (promedio: 10.0 %) cambiar los meses a minúsculas en todo el documento

Valores obtenidos en este estudio durante los meses de otoño son similares (15.0%) a los reportados por Juárez et al. (2009) para el pasto Tanzania. Alto contenido de cenizas en el pasto es asociado con una fermentación reducida de la materia orgánica en el rumen, y una disminución en la digestibilidad de FDN especialmente cuando el contenido de sílice es alto, teniendo efectos negativos en el contenido de energía metabolizable en forrajes (Yan et al., 2004).

Valores similares fueron reportados por Ramírez Lozano (2007) para pasto Buffel colectado en 1999; sin embargo, Ramírez et al., (2004) reportó el contenido de calcio superior a 1.1% MS en muestras de pasto Buffel colectadas durante el otoño. En este estudio, todas las muestras tuvieron suficientes cantidades de calcio para cubrir los requerimientos de crecimiento (0.19-0.73 % MS) y para lactancia temprana (0.22 a 0.38 % MS) de ganado de carne (McDowell, 2003). Calcio es el mineral más abundante en el cuerpo y tiene la mayoría de las funciones (90% del contenido de calcio en el cuerpo) como componente estructural de los huesos y dientes; sin embargo juega un papel muy importante en el metabolismo celular (NRC, 2000).

Cuadro 4. Medias mensuales (% base seca) de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, calcio y fósforo de muestras de pasto buffel

| Meses | PC | EE | Cenizas | Calcio | Fósforo |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| sep 2012 | 12.9 bcde | 2.6 ab | 15.0 a | 0.38 bc | 0.12 a |
| oct 2012 | 9.2 ef | 2.1 bcd | 13.7 ab | 0.59 ab | 0.09 abc |
| nov 2012 | 3.4 g | 2.4 bc | 11.3 bc | 0.46 abc | 0.06 bcd |
| dic 2012 | 8.3 f | 2.3 bc | 13.7 ab | 0.52 ab | 0.10 ab |
| ene 2013 | 15.9 b | 2.0 cde | 13.5 ab | 0.50 ab | 0.12 ab |
| feb 2013 | 13.9 bcd | 2.0 cde | 13.5 ab | 0.46 abc | 0.10 ab |
| mar 2013 | 11.0 cdef | 1.5 e | 9.9 c | 0.54 ab | 0.08 abcd |
| abr 2013 | 9.8 def | 1.7 de | 11.1 bc | 0.62 a | 0.08 abcd |
| may 2013 | 22.7 a | 3.0 a | 12.3 abc | 0.41 bc | 0.12 ab |
| jun 2013 | 8.4 cd | 2.5 abc | 10.1 c | 0.44 bc | 0.03 d |
| jul 2013 | 8.1 f | 2.0 bcde | 10.1 c | 0.43 bc | 0.02 d |
| ago 2013 | 9.9 def | 2.2 bcd | 13.4 ab | 0.30 cd | 0.04 cd |
| sep 2013 | 14.3 bc | 2.3 bc | 14.8 a | 0.20 d | 0.03 d |
| Medias | 11.4 | 2.2 | 12.5 | 0.45 | 0.08 |
| EEM | 0.3 | 0.03 | 0.1 | 0.01 | 0.003 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e,f,g Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

En este estudio el contenido de Calcio de las muestras fue diferente (P<0.01) entre meses de muestreo. Los contenidos oscilaron desde 0.20 % (septiembre 2013) hasta 0.62 % (abril). Sin embargo, durante los meses de septiembre, mayo, junio y julio de 2012 las muestras tuvieron valores similares (promedio = 0.42 %).

El contenido de fósforo fue significativamente diferente entre periodos de muestreo (Cuadro 4). Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan a los reportados por García Dessommes et al., (2003) (promedio=0.10% SM) y a los reportados por Ramírez et al., (2004) (promedio=0.10% MS). Forrajes maduros usualmente contienen menos de 0.15% P en base seca, sin embargo los requerimientos para ganado de carne son usualmente superiores que 0.2% MS, (NRC, 2000). El fósforo en rumiantes es importante para la salud de los microorganismos

ruminales, para el adecuado funcionamiento del metabolismo celular (Ramírez-Lozano, 2007).

El contenido de hemicelulosa varió significativamente de 23.7 (mayo) a 34.6% (agosto) (Cuadro 5). Los contenidos más elevados de hemicelulosa se registraron durante los meses de julio a septiembre (promedio = 32.4%). Valores similares fueron reportados por Ramírez Lozano (2007). De acuerdo a Barnes et al, (2003), la hemicelulosa se compone de una variedad de pentosas (arabinosas, xilosas, entre otras), potencialmente digerible y una fuente de energía para rumiantes, excepto si la digestión sea limitada por la alta concentración de lignina (Van Soest, 1994).

El contenido de celulosa también mostró diferencias altamente significativas entre muestras colectadas durante el periodo de estudio. Los valores más elevados fueron en los meses de octubre, junio, julio, agosto y septiembre 2013 (promedio = 32.6% MS) y valores similares se presentaron en las muestras colectadas en noviembre, diciembre y abril (25.7%), y en las muestras colectadas en enero, febrero y mayo se registraron los valores más bajos (23.2%).

Ramírez- Lozano (2007) reportaron altos valores promedios (35.0% MS) en muestras colectadas durante el otoño e invierno de 2002. La celulosa constituye el componente de mayor concentración en la pared celular (Delmer, 1999), y se compone de un polímero lineal de unidades de glucosa β -1, 4 unidas (Stelte et al., 2011). Además de contribuir de manera importante como fuente de energía, celulosa juega un papel importante en la función normal del rumen.

Cuadro 5. Contenido mensual (% base seca) de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (hemicel), celulosa, lignina detergente ácido (LDA) y carbohidratos no estructurales (CNE) de muestras de pasto buffel.

| Meses | FDN | FDA | Hemicel | Celulosa | LDA | CNE |
|--------------|---------|------------|-----------|----------|---------|-----------|
| sep 2012 | 59.2 b | 33.4 abcd | 25.8 cde | 27.7 bcd | 5.7 bc | 10.4 def |
| oct 2012 | 61.2 b | 33.3 abcd | 27.9 bcde | 32.9 a | 7.6 ab | 12.2 de |
| nov 2012 | 63.3 ab | 38.3 a | 25.05 de | 25.7 cde | 5.3 bcd | 19.6 ab |
| dic 2012 | 57.5 bc | 33.5 abcd | 24.0 e | 25.7 cde | 7.7 ab | 18.3 abc |
| ene 2013 | 58.3 bc | 32.5 bcde | 25.8 cde | 23.6 de | 8.9 a | 14.0 bcde |
| feb 2013 | 57.7 bc | 28.9 de | 28.8 bcd | 22.0 e | 6.9 ab | 12.9 cde |
| mar 2013 | 57.5 bc | 33.3 abcd | 24.2 e | 27.7 bcd | 5.5 bcd | 20.2 a |
| abr 2013 | 57.9 bc | 31.0 cde | 26.9 cde | 25.7 cde | 5.3 bcd | 19.6 ab |
| may 2013 | 51.4 c | 27.7 e | 23.7 e | 24.2 de | 3.4 cde | 8.7 efg |
| jun 2013 | 64.3 ab | 34.8 abc | 29.5 bc | 31.2 ab | 3.7 cde | 14.8 abc |
| jul 2013 | 68.7 a | 37.2 ab | 31.6 ab | 33.6 a | 3.6 cde | 11.0 def |
| ago 2013 | 69.5 a | 35.0 abc | 34.6 a | 32.8 a | 2.2 e | 5.5 fg |
| sep 2013 | 63.9 ab | 32.8 abcde | 31.1 ab | 30.0 abc | 2.8 de | 3.5 g |
| Medias | 60.8 | 33.2 | 27.6 | 27.9 | 5.3 | 13.1 |
| EEM | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e,f,g Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

En este estudio el contenido de LDA mostró diferencias estadísticamente significativas (P<0.05), registrándose valores de más elevados en las muestras colectadas en los meses de octubre, diciembre, enero y febrero (promedio: 7.8%), registrándose contenidos intermedios para las muestras colectadas en septiembre 2012, noviembre, marzo y abril (promedio 5.5%) y contenidos promedio de 3.6% se presentaron en las muestras colectadas en mayo, junio y julio. Sin embargo en las muestras de los meses de agosto y septiembre de 2013 se registraron valores promedio de 2.5%.

Estos resultados son similares a los reportados por Ramírez Lozano (2007) quien reportó valores entre 4.0 y 9.0 % en materia seca en muestras de pasto buffel colectadas durante el otoño e invierno. Valores similares (5.0-7.0 %) fueron también reportados por Ramírez et al., (2004) durante el otoño e invierno. La lignina es un polímero altamente ramificado el cual resulta de la combinación de tres alcoholes de núcleo de fenilpropano (p-cumarico, ferulico y sinapil; Jarrige et al., 1995). Localizados especialmente en la pared secundaria de las células vegetales, las cuales tienen función estructural, reduciendo la pérdida de agua y limitando la presencia de microorganismos patógenos, atributos deseables desde el punto de vista de supervivencia de plantas (Moore et al., 1995). Sin embargo desde el punto de vista de nutrición animal, la lignina es el principal factor limitante de la disponibilidad de carbohidratos estructurales, celulosa y hemicelulosa de animales herbívoros, ya que es indigerible (Ramírez Lozano, 2007).

El CNE fue variable ($P < 0.01$) entre meses de muestreo (Cuadro 5) siendo más bajos en septiembre (3.5%) y más levados (20.2%) en marzo. Juárez Lagunes et al. (1999) reportaron resultados similares a los de este estudio en los pastos tropicales *B. dyctyoneura* (11.8 % MS), y pasto Guinea (12.4 % MS). Además, en enero y febrero fueron similares a los pastos *B. brizanta* (14.6 % MS) y *B. decumbens* (13.1). De acuerdo a Ramírez (2007) el contenido de carbohidratos no estructurales incrementa la densidad energética en la dieta y mejora la cantidad de proteína microbiana producida en el rumen.

4.1.2 Producción de gas a 96 horas

La producción de gas *in vitro* registrada a las 3 h fue menor que 6 ml gas /200 mg. A las 6 y 9 h, los valores de gas aumentaron en promedio a 10.8 y 11.9 ml gas/200 mg por muestra (Figura 7). Después de 24 h de incubación, la producción de gas acumulada en promedio fue de 35.6 ml/200 mg, sin embargo a las 48 h en promedio los datos de las muestras de los diferentes meses variaron entre 41 y 57

ml/200 mg ($P>0.05$). A las 72 y 96 h valores entre 45 y 64 ml gas/200 mg fueron registrados, presentándose diferencias estadísticamente significativas.

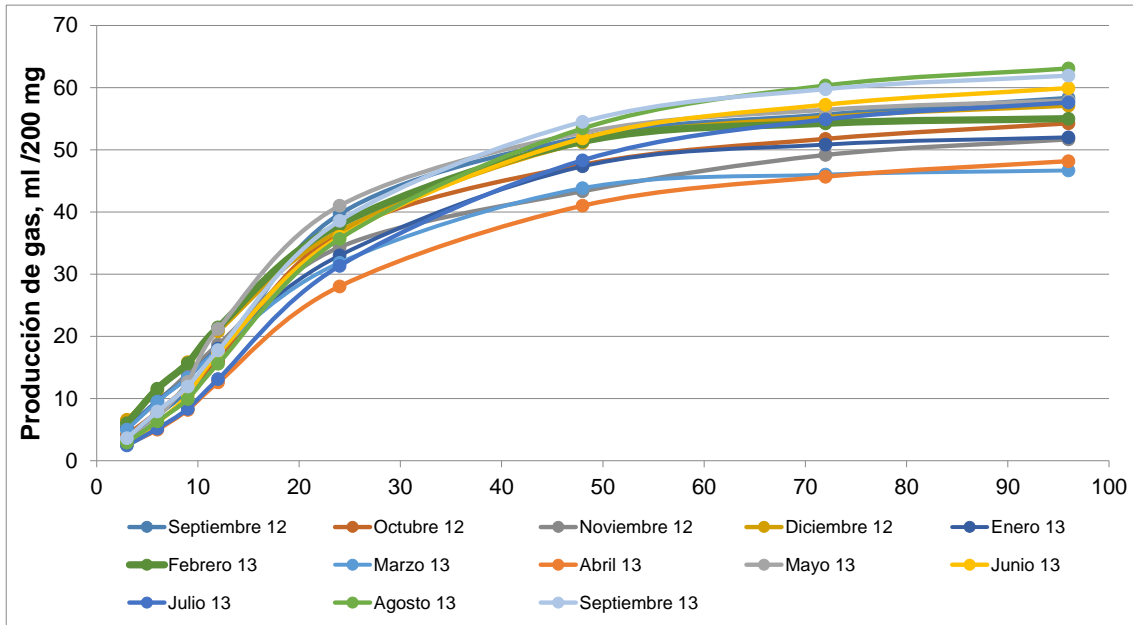


Figura 7. Producción acumulada de gas (mL/200 mg de MS) a 96 horas en muestras pasto Buffel

El promedio de gas producido en el presente estudio a las 24 h de incubación (35.6 ml gas/200 mg) fue más alto ($P<0.05$) que los reportados por Juárez et al., (2009) para pastos tropicales (23.2 ml gas/200 mg MS). La importancia de los valores de producción de gas obtenidos a las 24 h, permite estimar la digestibilidad y contenido de energía de los alimentos consumidos por rumiantes (Williams, 2006).

4.1.3 Cinética de fermentación a partir de la producción de gas *in vitro* de muestras de pasto Buffel

Los parámetros de producción de gas (**a**, **b**, **a+b** y **c**), en todas las muestras, fueron significativamente diferentes entre los muestreos mensuales (Cuadro 6).

Los valores de la fracción **b** reportados por Juárez et al., 2009 para el pasto Pangola (59.7 ml gas/200 mg) fueron menores que los obtenidos para el pasto Buffel en septiembre y diciembre del presente estudio.

Cuadro 6. Cinética de fermentación estimada a partir de la producción de gas *in vitro* (ml/200 mg) de pasto buffel colectados durante el año de muestreo.

| | a | b | a+b | c |
|--------------|-----------|----------|------------|-----------|
| sep 2012 | -3.6 f | 64.9 bc | 61.3 ab | 0.037 abc |
| oct 2012 | -2.6 def | 59.2 cd | 56.7 cde | 0.037 abc |
| nov 2012 | -0.9 ab | 53.9 d | 53.1 e | 0.040 ab |
| dic 2012 | -0.3 a | 65.6 abc | 65.3 ab | 0.041 a |
| ene 2013 | -1.5 abcd | 55.0 d | 53.6 de | 0.037 abc |
| feb 2013 | -1.4 abc | 58.4 cd | 57.1 cde | 0.044 a |
| mar 2013 | -1.8 bcde | 55.6 d | 53.8 de | 0.036 abc |
| abr 2013 | -1.9 bcde | 54.3 d | 52.5 e | 0.030 cd |
| may 2013 | -3.3 f | 63.8 bc | 60.5 bcd | 0.042 a |
| jun 2013 | -2.8 ef | 67.3 ab | 64.6 ab | 0.032 bcd |
| jul 2013 | -2.8 ef | 68.0 ab | 65.2 ab | 0.028 d |
| ago 2013 | -2.9 ef | 72.6 a | 69.7 a | 0.030 cd |
| sep 2013 | -2.5 cdef | 68.8 ab | 66.2 ab | 0.030 cd |
| Medias | -2.2 | 62.1 | 60.0 | 0.036 |
| EEM | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 0.0001 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** |

a= gas producido de la fracción rápidamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), b= gas producido de la fracción lentamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), c= velocidad constante de producción de gas (h⁻¹); a+b=producción potencial de gas (ml/200 mg)

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e,f Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

Juárez et al., (2009) indicaron que la fracción insoluble pero degradable (**b**) de la medición de gas *in vitro*, es un estimador de la disponibilidad de carbohidratos de las muestras para microorganismos ruminales. El potencial de la producción de gas *in vitro* (**a+b**) en muestras colectadas en los meses de septiembre, diciembre,

mayo, junio, julio, agosto de 2012 y septiembre de 2013 (promedio =64.7 ml) fue más alto que el reportado por Juárez et al. (2009) para pastos tropicales.

En este estudio, la velocidad de degradación c fue significativamente diferente entre las muestras colectadas en los diferentes muestreos con valores que oscilan entre 2.0 y 4.0 % h^{-1} (Cuadro 6). Estos valores son menores que los promedios de velocidad de degradación 6% h^{-1} reportados por Ramírez et al., (2004) para el pasto buffel colectado en diferentes estaciones del año, pero más altas que las tasas de degradación de 1.7% h^{-1} reportadas por Juárez et al., (2009) para el pasto Guinea. Valores elevados para esta variable pueden indicar una rápida y alta disponibilidad de nutrientes de los alimentos para microorganismos del rumen, mientras que valores bajos pueden ser resultado de un aumento en las cantidades de pared celular, el cual puede disminuir la velocidad de fermentación de los sustratos (Fievez et al., 2005).

4.1.4 Producción de gas, digestibilidad y energía metabolizable de muestras de pasto buffel

La producción de gas a 24 horas fue significativamente diferente ($P < 0.01$) entre los muestreos mensuales (Cuadro 7). También la digestibilidad mostró diferencias estadísticamente significativas entre periodos de muestreo, registrándose los valores de digestibilidad más elevados en las muestras colectadas durante los meses de enero y febrero (87.7%) y los valores más bajos de digestibilidad se registraron en las muestras colectadas en el mes de noviembre (61.1%) siendo 30% menores en comparación con los porcentajes de digestibilidad de las muestras de enero y febrero.

Toro-Velásquez et al., (2010) reportaron valores similares de 0.600 $g\ g^{-1}$ para pasto *Brachiaria* spp durante el verano-otoño en Brasil. Los valores bajos de DMO reportados en este estudio pueden ser debido a altos niveles de celulosa y

hemicelulosa, ya que estos factores afectan de manera negativa la digestibilidad de la materia seca (Ramírez-Lozano, 2007).

Cuadro 7. Valores mensuales de la producción de gas (24h ml/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% base seca) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg de la materia seca) de muestras de pasto buffel

| Meses | PG 24 h | DIVMS | EM |
|--------------|-----------|----------|----------|
| sep 2012 | 39.7 abc | 69.5 def | 1705 cde |
| oct 2012 | 36.7 abcd | 68.4 ef | 1674 cde |
| nov 2012 | 34.3 cde | 61.1 f | 1616 de |
| dic 2012 | 42.5 a | 74.6 cde | 1821 bcd |
| ene 2013 | 31.8 def | 85.6 ab | 1737 cde |
| feb 2013 | 38.0 abc | 89.8 a | 1979 b |
| mar 2013 | 29.3 ef | 73.1 cde | 1710 cde |
| abr 2013 | 28.1 f | 76.4 cde | 1591 e |
| may 2013 | 41.0 ab | 80.6 bc | 2130 a |
| jun 2013 | 36.0 bcd | 74.6 cde | 1852 bc |
| jul 2013 | 31.3 def | 72.8 cde | 1685 cde |
| ago 2013 | 35.7 bcd | 78.2 bcd | 1852 bc |
| sep 2013 | 38.6 abc | 78.6 bc | 2009 b |
| Medias | 35.6 | 75.6 | 1797 |
| EEM | 0.3 | 0.5 | 12.4 |
| Probabilidad | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e,f Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

La digestibilidad no solamente determina la concentración de energía en los alimentos, pero también tiene un alto impacto en el nivel de consumo de forraje (Huhtanen et al., 2007). La cantidad de materia orgánica digerida por microorganismos ruminales se estima también por la cantidad de nutrientes disponibles para animales y está seriamente relacionada con el contenido de energía de los forrajes (Kamalak et al., 2005). Sin embargo, los rumiantes que consumen pasto buffel, evaluado en este estudio, pueden tener un buen consumo solamente en los meses de enero y febrero. En este estudio el contenido de

energía metabolizable fue significativamente diferente entre periodos de muestreo (Cuadro 7). Juárez et al., (2009) reportaron valores más bajos de energía (1.4 Mcal/kg MS) para pastos tropicales.

4.1.5 Fracciones de carbohidratos en muestras de pasto buffel

El contenido de carbohidratos totales registró un máximo (774-829 g/kg MS) en las muestras colectadas en los meses de noviembre 2012, marzo, abril, junio y julio de 2013, los valores más bajos se registraron en las muestras colectadas en el mes de septiembre de 2013 (674 g/kg/MS; Cuadro 8).

Cuadro 8. Fracciones mensuales de los carbohidratos totales (%), CT), carbohidratos no fibrosos (NFC), CB2 y CC en muestras de pasto buffel

| | CT | NFC | CB2 | CC |
|--------------|----------|----------|----------|-----------|
| sept 2012 | 696 ef | 18.9 bc | 61.5 cd | 19.6 abc |
| oct 2012 | 733 cde | 19.8 abc | 55.3 def | 24.9 ab |
| nov 2012 | 829 a | 24.0 ab | 60.5 cde | 15.5 bcde |
| dic 2012 | 757 bcd | 23.4 ab | 48.0 f | 28.6 a |
| enero 2013 | 691 ef | 25.7 ab | 49.4 ef | 24.9 ab |
| feb 2013 | 706 def | 21.0 abc | 55.6 def | 23.3 ab |
| mar 2013 | 776 abc | 27.1 a | 55.9 def | 17.0 bcd |
| abr 2013 | 774 abc | 26.7 ab | 56.9 def | 16.4 bcd |
| may 2013 | 619 g | 24.5 ab | 61.8 cd | 13.7 cde |
| jun 2013 | 790 abc | 19.3 abc | 69.6 bc | 11.1 cde |
| jul 2013 | 797 ab | 14.1 cd | 74.9 ab | 10.9 cde |
| ago 2013 | 746 bcde | 9.7 d | 83.3 a | 7.00 e |
| sept 2013 | 674 fg | 7.5 d | 82.7 a | 9.8 de |
| Medias | 738 | 20 | 63 | 17 |
| EEM | 3.3 | 0.5 | 0.7 | 0.5 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e,f Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

El contenido de carbohidratos no fibrosos representó entre 15 y un 27% del total de carbohidratos en la mayoría de las muestras. Excepción a ello fueron las muestras de agosto y septiembre 2013 en las que la fracción NFC representó menos del 10% de los carbohidratos totales.

La fracción CB2 de carbohidratos varió entre un 48% de los carbohidratos totales en el mes de diciembre de 2012 hasta un 83.3% en agosto de 2013. En la mayoría de los meses la fracción CB2 de las muestras de pasto buffel representó entre el 55 y el 70% de los carbohidratos totales. Las muestras de pasto buffel tuvieron valores de fracción C de carbohidratos que variaron entre 7 y 28.6% de los carbohidratos totales. Los valores superiores a 20% se registraron en octubre de 2012 y entre diciembre de 2012 y febrero de 2013.

4.1.6 Fracciones de proteína en muestras de pasto buffel

El contenido de NNP tuvo un máximo (51-52.9 % de PC) en las muestras colectadas en julio y agosto de 2013, valores bajos (entre 5.7 y 21.0 % de PC) se obtuvieron en octubre y noviembre de 2012 y en mayo de 2013 (Cuadro 9). La mayor proporción de PC de la muestra en forma de proteína soluble en buffer (PSB) se registró en el mes de septiembre de 2013 (13.4% de PC), en cambio el valor mínimo se obtuvo en noviembre de 2012 (0.6% de PC). Valores intermedios (2.6 hasta 7.1% de PC como PSB) se obtuvieron en los restantes meses del año.

El contenido de N en la fracción FDN (NFDN) varió desde valores mínimos de 3.6 hasta valores máximos de 25.9%. Valores superiores fueron registrados en los meses de septiembre, octubre y diciembre de 2012 y los valores más bajos se obtuvieron en junio, julio y agosto de 2013 (Cuadro 9). El N en la fracción FDA (NFDA) mostró valores que oscilaron de 26.7 a 38.3 % (Cuadro 9).

Cuadro 9. Contenido de mensual (% de la proteína cruda) de nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble verdadera (PSB), N en la fibra detergente neutro (NFDN) y N en la fibra detergente ácido (NFDA) en muestras de pasto buffel

| Meses | NNP | PSB | NFDN | NFDA |
|--------------|------------|---------|------------|------------|
| sep 2012 | 28.5 cde | 5.1 bc | 22.0 abc | 33.5 abcd |
| oct 2012 | 21.0 ef | 2.6 cd | 25.9 a | 33.3 abcd |
| nov 2012 | 5.7 f | 0.6 d | 9.7 bcde | 38.3 a |
| dic 2012 | 25.8 de | 3.1 cd | 22.7 ab | 33.5 a |
| ene 2013 | 28.8 bcde | 5.0 bc | 14.2 abcde | 32.5 bcde |
| feb 2013 | 39.6 abcde | 6.3 abc | 14.2 abcde | 28.9 de |
| mar 2013 | 41.6 abc | 5.4 bc | 8.4 cde | 33.2 abcd |
| abr 2013 | 40.9 abcd | 4.7 bcd | 11.0 bcde | 31.0 cde |
| may 2013 | 12.1 ef | 10.4 a | 18.6 abcd | 26.7 e |
| jun 2013 | 44.5 abc | 5.9 bc | 5.6 de | 34.8 abc |
| jul 2013 | 52.9 a | 5.7 bc | 3.6 e | 37.2 ab |
| ago 2013 | 51.0 a | 7.1 ab | 6.8 de | 35.0 abc |
| sep 2013 | 46.7 ab | 7.4 ab | 9.8 bcde | 32.8 abcde |
| Medias | 33.8 | 5.3 | 13.3 | 33.1 |
| EEM | 1.0 | 0.2 | 0.8 | 0.3 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001), ^{a,b,c,d,e}. Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

El contenido de proteína de las muestras de pasto buffel colectadas a través del año tuvo promedios mensuales que variaron entre el 34 (noviembre 2012) y 227 g/kg MS en mayo de 2013. La fracción A de proteína representó un 5.8 % de PC en el mes de noviembre de 2013 y los valores máximos se registraron en julio y agosto 2013 (51 a 53 % de PC). Estos valores de fracción A de proteína son de superiores a los reportados por Frota Morenz et al., (2012) para muestras de pasto elefante (*P. purpureum*) cortado de 30 días de crecimiento posterior a cada corte, y por Toro Velásquez et al. (2010) para pastos Tanzania (*P. maximum*), Marandú (*B. brizantha*) y Tifton 85 (*Cynodon spp*) de 28 a 42 días de rebrote

Cuadro 10. Valores mensuales de la proteína cruda (% proteína cruda) en muestras de pasto buffel colectadas en cada mes del estudio.

| Meses | PC | Fracción A | Fracción B1 | Fracción B2 | Fracción B3 | Fracción C |
|--------------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| sep 2012 | 129 bcde | 28.5 bcd | 11.2 bc | 38.3 bc | 19.3 a | 2.7 c |
| oct 2012 | 92 ef | 21.0 de | 6.7 c | 46.5 b | 23.8 a | 2.0 c |
| nov 2012 | 34 g | 5.8 e | 12.4 bc | 70.0 a | 2.9 d | 8.9 ab |
| dic 2012 | 83 f | 26.6 cd | 8.2 c | 48.2 ab | 7.2 bcd | 9.8 a |
| ene 2013 | 159 b | 29.8 bcd | 5.7 c | 43.8 b | 15.4 ab | 5.3 abc |
| feb 2013 | 139 bcd | 39.6 abc | 5.3 c | 40.8 bc | 7.9 bcd | 6.3 abc |
| mar 2013 | 110 cdef | 41.6 abc | 6.7 c | 40.5 bc | 1.7 d | 9.5 ab |
| abr 2013 | 98 def | 40.8 abc | 7.4 c | 38.7 bc | 2.9 d | 10.1 a |
| may 2013 | 227 a | 12.1 de | 33.7 a | 35.6 bc | 14.8 abc | 3.8 bc |
| jun 2013 | 84 cd | 44.5 abc | 26.1 ab | 19.0 c | 0.4 d | 10.0 a |
| jul 2013 | 81 f | 52.9 a | 17.9 abc | 18.8 c | 0.1 d | 10.3 a |
| ago 2013 | 99 def | 51.0 a | 20.0 abc | 19.5 c | 2.6 d | 6.8 abc |
| sep 2013 | 143 bc | 46.7 ab | 5.5 c | 36.6 bc | 5.2 cd | 6.0 abc |
| Medias | 113.7 | 33.9 | 12.8 | 38.2 | 8.0 | 7.0 |
| EEM | 0.3 | 1.03 | 1.0 | 1.3 | 0.6 | 0.3 |
| Probabilidad | *** | *** | *** | *** | *** | *** |

EEM= error estándar de las medias; *** (P<0.001)

a,b,c,d,e, Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

La fracción B1 fue más homogénea entre los diferentes meses, ya que representó entre 5 y 12 % de PC en ocho meses del periodo de estudio (P>0.05). El valor máximo se registró en mayo de 2012 (33.7% de PC). La fracción B2 de proteína tuvo valores entre 35 y 48% de PC en ocho meses del año, el valor máximo (70% de PC) se registró en noviembre de 2012. Valores bajos de fracción B2 de proteína (19 a 20% de PC) se tuvieron en los meses de junio a agosto de 2013. Los resultados obtenidos en el presente estudio para la fracciones B1 y B2 son en conjunto similares a los valores reportados en conjunto para fracciones B1 + B2 por Frota Morenz et al., (2012) para pasto elefante (*P. purpureum*) cortado a 30 días, pero son aproximadamente 30 a 45% superiores a los valores reportados por Toro Velásquez et al. (2010) para pastos Tanzania (*P. maximum*), Marandú (*B. brizantha*) y Tifton 85 (*Cynodon spp*) de 28 a 42 días de rebrote.

Los valores calculados para fracción B3 de proteína (< de 24% de PC) fueron en general menores a los reportados (23 a 34 % de PC) por Toro Velásquez et al., (2010) y por Frota Morenz et al., (2012). Los resultados de fracción C de proteína (2.0 a 10.3% de PC) son similares a los reportados por Frota Morenz et al., (2012) para muestras de pasto elefante (*P. purpureum*) cortado de 30 días de crecimiento posterior a cada corte. Sin embargo Toro Velásquez et al., (2010) reportaron para pastos Tanzania (*P. maximum*), Marandú (*B. brizantha*) y Tifton 85 (*Cynodon spp*) de 28 a 42 días de rebrote valores de fracción C de proteína entre 19 y 27% de PC (Cuadro 10).

4.2 Subproductos

4.2.1 Composición química de subproductos

Las muestras de cáscara de naranja analizadas en el presente trabajo mostraron variabilidad significativa en proteína, cenizas, calcio y fósforo, mientras que el contenido de grasa no varió significativamente (Cuadro 11).

En el caso de las muestras de DDGS analizadas en el presente trabajo hubo variación significativa en el contenido de fósforo, de tal forma que las muestras de invierno-primavera tuvieron 0.39% de fósforo, mientras que las muestras colectadas en verano y otoño tuvieron 0.09% de fósforo (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de Proteína, Grasa, Cenizas Calcio y Fósforo (% MS) de subproductos (Cáscara de naranja y DDGS)

| Concepto | Proteína | Grasa | Cenizas | Calcio | Fósforo |
|---------------------------|----------|-------|---------|--------|---------|
| Cáscara de Naranja | | | | | |
| Otoño | 4.0 b | 2.8 | 6.4 a | 1.5 | 0.11 a |
| Invierno | 5.3 ab | 2.7 | 6.4 ab | 1.8 | 0.10 a |
| Primavera | 7.3 a | 2.5 | 4.9 bc | 1.8 | 0.08 a |
| Verano | 7.5 a | 2.3 | 4.3 c | 1.0 | 0.02 b |
| EEM | 0.213 | 0.183 | 0.1186 | 0.101 | 0.007 |
| Probabilidad | *** | NS | *** | NS | ** |
| DDGS | | | | | |
| Inv- Primavera | 30.3 | 6.4 | 7.1 | 0.31 | 0.39 a |
| Ver-Otoño | 32.9 | 4.9 | 5.6 | 0.52 | 0.09 b |
| EEM | 1.327 | 0.338 | 0.397 | 0.079 | 0.03 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | *** |

EEM= error estándar de las medias; ** (P<0.01) *** (P<0.001), NS= no significativo

a,b,c,d,e,f Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

Las muestras de cáscara de naranja analizadas en el presente trabajo no mostraron diferencia en su contenido de FDN, FDA, celulosa y CNE, mientras que el contenido de hemicelulosa y lignina varió significativamente, con valores máximos de 4.6 % y valores mínimos de 1.6% de hemicelulosa. Contrario a ello las muestras de DDGS colectadas en invierno-primavera tuvieron contenidos de fracciones de fibra similares (P>0.05) a las muestras colectadas en verano-otoño (Cuadro 12).

Cuadro 12. Contenido estacional (% base seca) de la fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (hemi), celulosa, lignina detergente ácido (LDA) y carbohidratos no estructurales (CNE) de muestras de los subproductos

| Concepto | FDN | FDA | Hemi | Celulosa | LDA | CNE |
|---------------------------|------|------|--------|----------|--------|------|
| Cáscara de Naranja | | | | | | |
| Otoño | 17.6 | 16.0 | 1.6 c | 14.7 | 1.3 a | 58.7 |
| Invierno | 16.1 | 13.6 | 2.5 bc | 11.1 | 0.6 b | 61.2 |
| Primavera | 16.4 | 13.1 | 3.3 ab | 12.0 | 1.0 ab | 57.1 |
| Verano | 17.8 | 13.1 | 4.6 a | 12.7 | 0.5 b | 51.4 |
| EEM | 0.6 | 0.6 | 0.2 | 0.5 | 0.1 | 3.0 |
| Probabilidad | NS | NS | *** | NS | ** | NS |
| DDGS | | | | | | |
| Inv-Primavera | 31.2 | 12.0 | 19.2 | 10.9 | 1.2 | 17.1 |
| Verano-Otoño | 28.7 | 10.0 | 21.1 | 9.0 | 1.1 | 18.6 |
| EEM | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 1.1 | 0.3 | 3.0 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; ** (P<0.01); *** (P<0.001); NS = no significativa.

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

4.2.2. Cinética de fermentación a partir de la producción de gas *in vitro* de subproductos colectados durante el año de muestreo

Se registraron diferencias en los parámetros calculados entre las fechas de muestreo en los subproductos de cascara de naranja estudiados. (Cuadro 13).

La producción de gas a partir de la fracción soluble del alimento *a*, vario de 1.4 hasta 2.5 ml/ 200 mg MS, mientras que el gas producido por la fracción insoluble pero lentamente degradable *b*, fluctuó de 77.0 a 87.8 ml. La tasa constante de producción de gas *c* osciló entre 0.102 y 0.162 %/h. En el caso de las muestras analizadas de DDGS, no se registraron diferencias en los parámetros de fermentación (Cuadro 13). De acuerdo con Getachew et al. (1998), la cinética de

producción de gas depende de las porciones relativa de las fracciones solubles, insolubles pero degradables y no degradables de los sustratos. En este sentido, las variaciones en las diferencias entre muestreos representarían diferencias en los componentes químicos de las muestras estudiadas.

Cuadro 13. Cinética de fermentación estimada a partir de la producción de gas *in vitro* (24h ml/200 mg) de subproductos colectados durante el año de muestreo.

| Concepto | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>a + b</i> | <i>c</i> |
|---------------------------|----------|----------|--------------|----------|
| Cáscara de Naranja | | | | |
| Otoño | 2.1 ab | 87.8 a | 89.9 a | 0.162 a |
| Invierno | 2.5 a | 77.0 b | 79.5 b | 0.116 b |
| Primavera | 1.8 ab | 79.1 ab | 80.8 ab | 0.1017 b |
| Verano | 1.4 b | 80.4 ab | 81.8 ab | 0.108 b |
| EEM | 0.133 | 1.195 | 1.121 | 0.004 |
| Probabilidad | * | * | * | *** |
| DDGS | | | | |
| Inv- Primavera | 2.64 | 60.9 | 63.55 | 0.06 |
| Verano-Otoño | 2.00 | 61.2 | 63.24 | 0.04 |
| EEM | 0.339 | 1.155 | 0.977 | 0.005 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |

a= gas producido de la fracción rápidamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), *b*= gas producido de la fracción lentamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), *c*= velocidad constante de producción de gas (h⁻¹); *a + b*=producción potencial de gas (ml/200 mg)

EEM= error estándar de las medias; *(P<0.05); *** (P<0.001) NS = no significante.

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

4.2.3 Producción de gas, digestibilidad y contenido de energía metabolizable en subproductos

La producción de gas medida a las 24 h de fermentación de la muestra en liquido ruminal fue mayor en las muestras e cáscara de naranja colectadas en otoño, así

como en las muestras de DDGS colectadas en invierno-primavera, respecto a las muestras colectadas en las restantes épocas de año (Cuadro 14). La producción de gas a 24 horas y la composición química de los alimentos se asocia a los valores de la energía metabolizable medidos *in vivo* (Menke y Steingass, 1988), por lo que los resultados reportados en el presente trabajo respaldan diferencias nutritivas significativas entre los subproductos estudiados.

4.2.4 Fracciones de carbohidratos de subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue muy alta (98 %) para las muestras de cáscara de naranja y alta (93%) para las muestras de DDGS. En ambos casos no se registró diferencia significativa entre épocas de año (Cuadro 14). El contenido de energía metabolizable fue mayor ($P < 0.01$) en las muestras de cáscara de naranja colectadas en primavera y verano, con respecto a las colectadas en otoño e invierno. En cambio las muestras de DDGS analizadas no mostraron diferencias significativas en su contenido de energía metabolizable ($P = 0.364$; Cuadro 14).

No hubo diferencia significativa en el contenido de las fracciones de carbohidratos de las muestras de cáscara de naranja. El contenido de carbohidratos totales en las muestras de cáscara de naranja fue superior a 850 g/kg de MS. En la cáscara de naranja la fracción NFC de las muestras colectadas durante las cuatro estaciones del año, representó en promedio 78% del contenido de carbohidratos totales (Cuadro 15).

Cuadro 14. Producción de gas (PG 24h, ml/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS, % MS) y contenido de energía metabolizable (EM, kcal/kg de materia seca) de subproductos colectados durante el año de muestreo.

| Concepto | PG 24h | DIVMS | EM |
|---------------------------|--------|-------|---------|
| Cáscara de Naranja | | | |
| Otoño | 82.6 a | 98.0 | 2920 b |
| Invierno | 68.0 b | 98.2 | 2953 b |
| Primavera | 68.2 b | 97.1 | 3087 ab |
| Verano | 70.6 b | 99.0 | 3164 a |
| EEM | 1.1 | 0.2 | 25.8 |
| Probabilidad | ** | NS | ** |
| DDGS | | | |
| Inv- Primavera | 44.2 a | 93 | 2715 |
| Verano-Otoño | 39.3 b | 93 | 2648 |
| EEM | 0.7 | 0.6 | 35.2 |
| Probabilidad | ** | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; * (P<0.05), ** (P<0.01); NS = no significante.

^{a,b} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

Cuadro 15. Fracciones mensuales de los carbohidratos totales (%), CT), carbohidratos no fibrosos (NFC), CB2 y CC en los subproductos colectados durante el año de muestreo.

| Concepto | CT | NFC | CB2 | CC |
|---------------------------|------|------|------|------|
| Cáscara de Naranja | | | | |
| Otoño | 852 | 79.3 | 16.9 | 3.7 |
| Invierno | 856 | 81.2 | 11.6 | 7.2 |
| Primavera | 858 | 80.9 | 16.2 | 2.9 |
| Verano | 855 | 70.4 | 28.2 | 1.4 |
| EEM | 5.5 | 2.9 | 3.1 | 1.6 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |
| DDGS | | | | |
| Inv - Primavera | 561 | 49.4 | 38.0 | 12.6 |
| Verano-Otoño | 559 | 56.6 | 41.6 | 4.7 |
| EEM | 14.6 | 3.0 | 3.6 | 3.4 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de las medias; NS = no significativo. ($P < 0.05$)

Los valores de fracción CB2 de las muestras de cáscara de naranja colectadas durante el periodo de estudio representaron entre el 12 y 28% de PC, sin que hubiera diferencia estadística significativa. La fracción CC representó en promedio solamente un 3.8% del contenido de carbohidratos totales. Bajas concentraciones de la fracción C en los subproductos de cítricos muestran que el contenido de carbohidratos de los mismos puede ser fácilmente fermentado en el rumen (Lashkari et al., 2012).

No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en la proporción de NFC (promedio: 53% de CT), CB2 (promedio: 40 % de CT) y CC (5 a 12% de CT) entre las muestras de DDGS colectadas en dos épocas del año (Cuadro 15).

4.2.5 Fracciones de proteína en subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS

El contenido de NNP de las muestras de cáscara de naranja no tuvo variación significativa entre épocas (valores entre 41.2 y 66.4% de la PC; P=0.054). En cambio para DDGS las muestras colectadas en verano-otoño tuvieron un contenido de NNP superior al de las muestras colectadas en invierno-primavera (Cuadro 16).

Cuadro 16. Contenido de mensual (% de la proteína cruda) de nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble verdadera (PSB), N en la fibra detergente neutro (NFDN) y N en la fibra detergente ácido (NFDA) en subproductos colectados durante el año de muestreo.

| Concepto | NNP | PSB | NFDN | NFDA |
|---------------------------|-------|--------|-------|-------|
| Cáscara de Naranja | | | | |
| Otoño | 53.9 | 3.2 b | 0.354 | 15.1 |
| Invierno | 50.2 | 4.5 ab | 0.370 | 14.3 |
| Primavera | 41.2 | 6.7 a | 0.001 | 13.1 |
| Verano | 66.4 | 6.1 a | 0.001 | 13.1 |
| EEM | 3.391 | 0.278 | 0.104 | 0.628 |
| Probabilidad | NS | ** | NS | NS |
| DDGS | | | | |
| Inv- Primavera | 9.6 | 42.8 | 10.4 | 12.02 |
| Verano-Otoño | 22.4 | 40.5 | 9.6 | 10.07 |
| EEM | 1.791 | 6.4 | 1.423 | 0.934 |
| Probabilidad | ** | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de las medias; ** (P<0.01), NS = no significativo.

^{a,b} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

En el caso de PSB las muestras de cáscara de naranja colectadas en otoño e invierno tuvieron valores menores a los de las cáscaras analizadas en primavera-

verano. En cambio las muestras de DDGS tuvieron contenidos de PSB similares a lo largo del año (Cuadro 16). Para ambos subproductos el contenido de proteína en FDN y en FDA fue menor al 15% y sin mostrar diferencias significativas entre las épocas del año en que se colectaron las muestras.

En la cáscara de naranja la fracción A de proteína de las muestras colectadas en las cuatro estaciones de año fue similar (41 a 66% de PC; $P>0.05$). Los valores de fracción B1 de proteína de las muestras colectadas en primavera fueron superiores (51% de PC; $P<0.05$) a las de las muestras de verano (15.6 % de PC), pero en general los valores obtenidos fueron superiores a los reportados por Lashkari et al., (2012).

Cuadro 17. Fracciones de proteína cruda (PC) de subproductos (% PC) colectados durante el año de muestreo

| Concepto | PC | Fracción A | Fracción B1 | Fracción B2 | Fracción B3 | Fracción C |
|---------------------------|--------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Cáscara de Naranja | | | | | | |
| Otoño | 4.0 b | 47.8 | 35.1 ab | 14.9 | 1.9 | 0.2 a |
| Invierno | 5.3 ab | 53.6 | 32.5 ab | 12.7 | 1.1 | 0.03 b |
| Primavera | 7.3 a | 41.2 | 51.0 a | 7.8 | 0.004 | 0.02 b |
| Verano | 7.5 a | 66.4 | 15.6 b | 18.0 | 0.005 | 0.022 |
| EEM | 0.213 | 3.240 | 2.818 | 2.058 | 0.402 | 0.018 |
| Probabilidad | *** | * | *** | NS | NS | ** |
| DDGS | | | | | | |
| Inv - Prim | 30.3 | 13.2 | 16.0 | 60.3 | 8.1 | 2.3 |
| Ver-Otoño | 32.9 | 22.4 | 18.1 | 49.9 | 8.5 | 1.0 |
| EEM | 1.327 | 2.27 | 2.837 | 2.117 | 1.475 | 0.306 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | * | NS | NS |

EEM = error estándar de las medias; * ($P<0.05$), ** ($P<0.01$), *** ($P<0.001$), NS = no significativo.

^{a,b} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas ($P<0.05$)

No hubo diferencias significativas en el contenido de las fracciones B2 y B3 de proteína de las muestras de cáscara de naranja analizadas a lo largo del año. La

fracción C tuvo valores menores a 0.3% de PC. En el presente trabajo los valores de fracciones B2, B3 y C fueron en conjunto menores a los valores reportados por Lashkari et al., (2012). Las fracciones de proteína A, B1, B2, B3 y C de las muestras de DDGS tuvieron valores similares ($P>0.05$) en las muestras colectadas a lo largo del año.

Las fracciones de proteína A y B1 fueron cada una en promedio el 17% del contenido total de la proteína total. La fracción B2 de proteína en muestras de DDGS colectadas en verano-otoño (49.9% de PC) fueron menores ($P<0.05$) a las colectadas en invierno-primavera (60.3% de PC). El contenido de B3 representó un 8% de la proteína total y la fracción C representó solamente entre el 1 y 2% del contenido de proteína total de las muestras de DDGS tuvieron valores similares ($P>0.05$) en las muestras colectadas a lo largo del año. Nuestros resultados para fracciones A, B2 y B3 de proteína de DDGS concuerdan con los reportados por Kelzer et al., (2010) sin embargo nuestros resultados para fracción B1 de proteína fueron mayores y los de fracción C de proteína menores a los reportados por Kelzer et al. (2010)

4.3 Ingredientes Dietas buffel + Subproductos

4.3.1 Composición química de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel

El contenido de proteína de los ingredientes empleados para la elaboración de las dietas fue variable. En los pastos el contenido de proteína aumentó conforme se mejoraba la calidad de los mismos, registrándose el contenido proteico más elevado en pasto de buena calidad (Cuadro 18). El contenido de proteína más elevado se registró en los DDGS (30.7%), mientras que en las muestras de cáscara de naranja se registraron contenidos de proteína similares a las muestras de pasto de mala calidad.

Cuadro 18. Composición química (%MS ± DE) de los ingredientes utilizados en la elaboración de las dietas

| Concepto | PC | EE | Cenizas | Calcio | Fósforo |
|-------------|------------|-----------|------------|-----------|-------------|
| PMC | 3.0 ± 1.2 | 1.9 ± 0.3 | 8.1 ± 0.4 | 1.1 ± 0.8 | 0.06 ± 0.01 |
| PCI | 5.6 ± 1.6 | 2.0 ± 0.4 | 11.8 ± 2.0 | 0.4 ± 0.3 | 0.06 ± 0.01 |
| PBC | 12.4 ± 1.7 | 2.2 ± 0.3 | 11.3 ± 0.6 | 0.7 ± 0.1 | 0.08 ± 0.02 |
| CN | 3.8 ± 1.9 | 3.1 ± 1.4 | 5.4 ± 2.3 | 1.7 ± 0.4 | 0.1 ± 0.02 |
| DDGS | 30.7 ± 1.6 | 5.8 ± 1.5 | 5.6 ± 0.6 | 0.4 ± 0.1 | 0.4 ± 0.11 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

En los DDGS se registró el contenido más elevado de grasa (5.8%, Cuadro 18). Los minerales calcio y fósforo se presentaron en mayor proporción en las muestras de cáscara de naranja (Cuadro 18).

Cuadro 19. Contenido de FDN, FDA, Hemicelulosa, Celulosa, Lignina y Carbohidratos no Estructurales (%MS ± DE) de los ingredientes empleados en la elaboración de las dietas (n=4).

| | FDN | FDA | Hemicelulosa | Celulosa | Lignina | CNE |
|-------------|------------|------------|--------------|------------|-----------|------------|
| PMC | 70.1 ± 4.1 | 38.9 ± 2.0 | 31.2 ± 5.0 | 33.8 ± 0.4 | 5.1 ± 2.0 | 16.9 ± 4.6 |
| PCI | 66.5 ± 3.0 | 35.1 ± 1.9 | 31.4 ± 2.3 | 31.0 ± 1.7 | 4.1 ± 1.4 | 14.1 ± 1.9 |
| PBC | 60.8 ± 2.5 | 30.6 ± 2.3 | 30.2 ± 0.3 | 27.3 ± 2.6 | 3.3 ± 0.5 | 13.3 ± 3.9 |
| CN | 16.8 ± 1.5 | 11.5 ± 0.9 | 5.2 ± 1.0 | 10.6 ± 1.2 | 1.0 ± 0.4 | 71.0 ± 5.8 |
| DDGS | 38.7 ± 3.3 | 10.2 ± 1.3 | 28.6 ± 2.7 | 8.3 ± 0.9 | 1.8 ± 0.8 | 19.2 ± 3.6 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de Naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

Se observó una relación entre la calidad del pasto y el contenido de fibra, ya que conforme mejora la calidad del pasto, disminuye tanto el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido (Cuadro 19). El contenido de

carbohidratos no estructurales representa la fracción más abundante en las muestras de cáscara de naranja, registrándose contenidos superiores al 70%.

4.3.2 Cinética de fermentación a partir de la producción de gas *in vitro* de ingredientes de dietas a base de pasto buffel

Los parámetros de fermentación *in vitro* **a**, **b** y **c** de los pastos empleados en la elaboración de las dietas no fueron afectados por la calidad del pasto, sin embargo si se observaron diferencias en estos parámetros en los subproductos utilizados en la elaboración de las dietas (Cuadro 20).

Cuadro 20. Cinética de fermentación calculada partir de la producción de gas *in vitro* (ml/200 mg ± DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel.

| | a | b | a + b | c |
|-------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| PMC | -5.0 ± 1.8 | 55.7 ± 7.0 | 50.7 ± 6.4 | 0.08 ± 0.1 |
| PCI | -5.3 ± 1.8 | 59.5 ± 7.0 | 54.2 ± 8.0 | 0.03 ± 0.01 |
| PBC | -5.8 ± 1.3 | 58.0 ± 5.3 | 52.2 ± 5.7 | 0.04 ± 0.01 |
| CN | -0.05 ± 0.8 | 80.7 ± 7.6 | 80.7 ± 6.8 | 0.08 ± 0.03 |
| DDGS | 1.1 ± 2.6 | 58.3 ± 2.3 | 59.4 ± 3.2 | 0.07 ± 0.01 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

a= gas producido de la fracción rápidamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), **b**= gas producido de la fracción lentamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), **c**= velocidad constante de producción de gas (h⁻¹); **a + b**=producción potencial de gas (ml/200 mg)

4.3.3 Producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de ingredientes empleados en la elaboración de las dietas.

La producción de gas a 24 horas en los pastos de diferentes calidades fue en promedio 25.9 ml/200 mg, una producción intermedia en los DDGS (37.9 ml/200 mg) y los valores más elevados en las muestras de cáscara de naranja (71.1 ml/200mg; Cuadro 21).

También la digestibilidad *in vitro* de la materia seca mostró diferencias entre calidades de pasto, ya que conforme mejoraba la calidad de pasto, la digestibilidad se incrementó (Cuadro 21). En el caso de los subproductos, cáscara de naranja y DDGS se registraron valores de digestibilidad superiores al 90% (Cuadro 21).

El contenido de energía metabolizable fue 27% mayor en el pasto de buena calidad en comparación con el pasto de mala calidad y los contenidos de energía metabolizable más elevados se registraron en los subproductos utilizados (Cuadro 21).

Cuadro 21. Producción de gas 24 h (ml/200 mg \pm DE), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS, %MS \pm DE) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS \pm DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel.

| | PG 24h | DIVMS | EM |
|-------------|----------------|----------------|------------------|
| PMC | 22.0 \pm 7.9 | 63.2 \pm 5.3 | 1307 \pm 273.3 |
| PCI | 26.6 \pm 7.2 | 74.9 \pm 2.3 | 1497 \pm 255.4 |
| PBC | 29.0 \pm 5.8 | 79.4 \pm 2.1 | 1670 \pm 220.7 |
| CN | 71.1 \pm 6.1 | 99.1 \pm 2.6 | 3149 \pm 147.6 |
| DDGS | 37.9 \pm 4.9 | 93.0 \pm 2.7 | 2586 \pm 221.2 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

4.3.4 Descripción de las fracciones de carbohidratos de acuerdo a la calidad de los pastos.

Los pastos utilizados para elaborar las dietas de pasto buffel con subproductos tuvieron diferencias significativas en la composición de sus fracciones de carbohidratos (Cuadro 22). El contenido de las fracciones de carbohidratos totales, NFC, CB2 y CC fueron más elevado en el pasto de mala calidad, en comparación con las demás calidades de pasto (Cuadro 22).

Cuadro 22. Fracciones de carbohidratos (% CT \pm DE) de ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel

| | CT | NFC | CB2 | CC |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| PMC | 870 \pm 11.4 | 21.2 \pm 5.0 | 64.9 \pm 8.9 | 13.9 \pm 5.3 |
| PCI | 806 \pm 26.2 | 20.6 \pm 2.0 | 67.3 \pm 5.9 | 12.1 \pm 4.2 |
| PBC | 742 \pm 16.0 | 23.9 \pm 4.5 | 65.4 \pm 5.5 | 10.7 \pm 1.3 |
| CN | 878 \pm 48.4 | 81.7 \pm 1.8 | 15.6 \pm 2.2 | 2.7 \pm 1.0 |
| DDGS | 580 \pm 14.7 | 44.0 \pm 6.3 | 48.3 \pm 4.8 | 7.6 \pm 3.0 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

4.3.5 Fracciones de proteína de los pastos y de los subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS utilizados en las dietas experimentales

Los pastos utilizados para elaborar las dietas de pasto buffel con subproductos tuvieron diferencias significativas en la composición de sus fracciones de proteína (Cuadro 23). La fracción A del pasto de buena calidad fue 3 veces superior a la del pasto de calidad intermedia y este valor fue a su vez 3 veces mayor al correspondiente al pasto de mala calidad. La fracción B1 del pasto de mala calidad tuvo valores menores a los de los pastos de calidad intermedia y de buena calidad. En el caso de la fracción B2 el pasto de buena calidad tuvo valores tres

veces superiores a los de los pasto de mala calidad y calidad intermedia (Cuadro 23). En forma similar el valor de fracción B3 del pasto de buena calidad fue notoriamente mayor a los de pastos de mala calidad y calidad intermedia. La proteína contenida en la fracción C de los pastos de calidad intermedia y de buena calidad fue similar, mientras que el valor de fracción C de proteína del pasto de mala calidad fue menor (Cuadro 23).

Cuadro 23. Fracciones de proteína (% PC \pm DE) de los ingredientes empleados en la elaboración de dietas a base de pasto buffel

| | PC | Fracción A | Fracción B1 | Fracción B2 | Fracción B3 | Fracción C |
|-------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| PMC | 30 \pm 1.2 | 19.5 \pm 2.6 | 38.5 \pm 20.5 | 9.8 \pm 19.5 | 21.6 \pm 11.4 | 10.6 \pm 7.9 |
| PCI | 56 \pm 1.6 | 23.9 \pm 12.3 | 39.8 \pm 23.9 | 6.5 \pm 13.0 | 20.6 \pm 7.9 | 9.1 \pm 6.2 |
| PBC | 124 \pm 1.7 | 36.6 \pm 1.9 | 14.5 \pm 10.1 | 13.1 \pm 13.4 | 21.1 \pm 3.6 | 3.6 \pm 2.5 |
| CN | 38 \pm 1.9 | 37.4 \pm 9.5 | 30.5 \pm 3.0 | 14.4 \pm 12.6 | 17.6 \pm 6.3 | 0.03 \pm 0.02 |
| DDGS | 307 \pm 1.6 | 16.0 \pm 2.5 | 44.0 \pm 4.2 | 19.3 \pm 8.0 | 19.4 \pm 5.0 | 1.2 \pm 0.3 |

PMC: pasto buffel de mala calidad, PCI: pasto buffel de calidad intermedia, PBC: pasto buffel de buena calidad, CN: cáscara de naranja, DDGS: granos secos de destilería con solubles

En el Cuadro 23 se encuentran además los valores promedio de proteína de las fracciones A, B1, B2, B3 y C, así como las desviaciones estándar de las muestras de cáscara de naranja y DDGS utilizadas para elaborar las dietas experimentales de pasto buffel con adición de subproductos. En el caso de la cáscara de naranja aproximadamente dos tercios del contenido de proteína se encuentran contenidos en las fracciones A y B1. Aproximadamente un tercio de la proteína se encuentra contenida en las fracciones B1 y B3. La fracción C tiene un valor de proteína cercano a 0 (Cuadro 23).

En el caso de DDGS una gran cantidad de proteína está localizada en la fracción B1. Las fracciones A, B2 y B3 contienen cantidades similares de proteína equivalentes a 16% de la proteína total en cada fracción. La fracción C de proteína tiene una cantidad equivalente al 1% de la proteína total (Cuadro 23).

4.4 Dietas experimentales elaboradas con pasto buffel de tres calidades y la adición de subproductos agroindustriales cáscara de naranja y DDGS

4.4.1 Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la composición química (% MS) de dietas a base de pasto buffel.

No hubo significancia estadística ($P>0.05$) de la interacción calidad de pasto por suplemento. Los contenidos de cenizas y proteína fueron 30% y 70% menores, respectivamente, para las dietas de baja calidad que para las dietas con pasto de alta calidad (Cuadro 24), registrándose valores promedio de 11% de en la dietas de mediana y buena calidad.

El contenido de proteína de la dietas de buena calidad fue 33% más elevado en comparación con las dietas elaboradas a base de pasto de mala calidad. Los contenidos de fibra detergente neutro mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P<0.01$) registrándose contenidos que oscilaron entre el 58 y el 68% (Cuadro 24).

Las dietas elaboradas con pasto buffel de alta calidad tuvieron 14% menor contenido de FDN, 7% menos hemicelulosa, 19% menos celulosa y 29% más bajo contenido de lignina que las dietas a base de pasto buffel de baja calidad, las cuales tuvieron 68.1% de FDN, 30.9% de hemicelulosa, 32.5% de celulosa y 4.7% de lignina (Cuadro 25).

Cuadro 24. Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre el contenido (% base seca) de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas, calcio y fósforo de dietas a base de pasto buffel.

| Concepto | PC | EE | Cenizas | Calcio | Fósforo |
|---------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|
| Calidad Pasto | | | | | |
| Mala | 4.3 c | 2.3 | 7.9 b | 1.1 a | 0.07 b |
| Mediana | 6.7 b | 2.1 | 11.0 a | 0.6 b | 0.08 a |
| Buena | 12.9 a | 2.4 | 10.9 a | 0.8 ab | 0.09 a |
| EEM | 0.4 | 0.1 | 0.000 | 0.1 | 0.004 |
| Probabilidad | *** | NS | *** | * | ** |
| Suplemento | | | | | |
| Sin suplemento | 7.0 b | 2.0 b | 10.4 | 0.8 | 0.06 c |
| Cáscara de Naranja | 7.3 b | 2.2 ab | 9.8 | 0.6 | 0.06 bc |
| DDGS | 9.4 a | 2.6 a | 9.9 | 1.1 | 0.09 a |
| CN: DDGS | 8.0 ab | 2.3 ab | 9.7 | 0.742 | 0.09 ab |
| EEM | 0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 0.01 |
| Probabilidad | ** | * | NS | NS | *** |
| Calidad*Suplemento | | | | | |
| EEM | 0.9 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.01 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; *($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$); NS = no significativo

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

Cuadro 25. Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre el contenido de FDN, FDA, Hemicelulosa (Hemicel.), Celulosa (Cel.), Lignina y Carbohidratos no estructurales (CNE, % MS) de dietas a base de pasto buffel.

| | FDN | FDA | Hemicel | Cel. | Lignina | CNE |
|---------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Calidad Pasto | | | | | | |
| Mala | 68.1 a | 37.2 a | 30.9 a | 32.5 a | 4.7 a | 17.4 |
| Mediana | 63.4 b | 33.3 b | 30.1 ab | 29.6 b | 3.7 ab | 16.7 |
| Buena | 58.2 b | 29.5 c | 28.7 b | 26.2 c | 3.3 b | 15.6 |
| EEM | 0.667 | 0.583 | 0.62 | 0.468 | 0.360 | 0.747 |
| Probabilidad | *** | *** | ** | *** | ** | NS |
| Suplemento | | | | | | |
| Sin suplemento | 65.8 a | 34.8 | 30.9 | 30.7 | 4.2 | 14.8 b |
| Cáscara de Naranja | 61.7 b | 33.3 | 28.4 | 29.5 | 3.8 | 19.0 a |
| DDGS | 63.3 ab | 32.7 | 30.6 | 28.8 | 4.0 | 14.8 b |
| CN: DDGS | 62.3 b | 32.5 | 29.8 | 28.8 | 3.7 | 17.8 ab |
| EEM | 0.770 | 0.673 | 0.716 | 0.540 | 0.416 | 0.862 |
| Probabilidad | ** | NS | NS | NS | NS | ** |
| Calidad*Suplemento | | | | | | |
| EEM | 1.333 | 1.116 | 1.241 | 0.936 | 0.721 | 1.493 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; ** (P<0.01); *** (P<0.001); NS = no significante

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

4.4.2 Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la cinética de *in vitro* (ml/200 mg) de dietas a base de pasto buffel.

Los parámetros de fermentación *in vitro* **a**, **b** y **c** no fueron afectadas por la calidad del pasto ni por el tipo de suplemento (P>0.05; Cuadro 26).

Los valores de la fracción **b** registrados en el presente estudio oscilaron entre el 54.9 y 60.4 ml, sin que se registrara diferencia significativa.

El potencial de la producción de gas *in vitro* (**a + b**) en las dietas elaboradas a partir de diferentes calidades de pasto registraron valores promedio de 54.4 ml. En este estudio, la velocidad de degradación **c** no fue significativamente diferente ($P>0.01$) entre las muestras colectadas en los diferentes muestreos se registraron valores que oscilan entre el 3.3 y el 5.0 % h^{-1} (Cuadro 26).

4.4.3 Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de dietas a base de pasto buffel.

La producción de gas a 24 horas en las dietas a base de pasto buffel presentó diferencias relacionadas con la calidad del pasto, registrándose valores que oscilaron entre 24.7 y 32.7 ml/200mg, sin que se presentará diferencia por la adición de suplemento y/o interacción calidad de pasto por suplemento (Cuadro 27). Las diferencias en la producción de gas *in vitro* están comúnmente relacionadas con el valor nutricional de los sustratos y por consiguiente con su composición química. En este sentido, Cerrillo y Juárez (2004) concluyeron que constituyentes de la pared celular ejercen un efecto negativo sobre la producción de gas *in vitro*, lo que pudiera explicar las diferencias entre dietas que contenían distinta calidad de pasto.

Cuadro 26. Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre los parámetros cinéticos de producción de gas *in vitro* (ml/200mg) de dietas a base de pasto buffel.

| | a | b | a+b | c |
|---------------------------|----------|----------|------------|----------|
| Calidad de Pasto | | | | |
| Mala | -3.92 | 54.91 | 50.99 | 0.050 |
| Mediana | -4.00 | 59.98 | 55.97 | 0.033 |
| Buena | -4.15 | 60.37 | 56.22 | 0.043 |
| EEM | 0.657 | 1.68 | 1.821 | 0.009 |
| Probabilidad | NS | * | NS | NS |
| Suplemento | | | | |
| Sin suplemento | -5.376 | 57.76 | 52.38 | 0.050 |
| Cáscara de Naranja | -3.28 | 56.83 | 53.55 | 0.046 |
| DDGS | -4.22 | 59.72 | 55.49 | 0.034 |
| CN: DDGS | -3.20 | 59.36 | 56.15 | 0.038 |
| EEM | 0.759 | 1.94 | 2.103 | 0.010 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |
| Calidad*Suplemento | | | | |
| EEM | 1.315 | 3.363 | 3.643 | 0.018 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |

a= gas producido de la fracción rápidamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), **b**= gas producido de la fracción lentamente degradable del alimento (ml/200 mg MS), **c**= velocidad constante de producción de gas (h⁻¹); **a+b**=producción potencial de gas (ml/200 mg)

EEM = error estándar de la media; *(P<0.05); NS = no significativo

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue de 81.8% para las dietas de alta calidad y 67.2% para las dietas a base de pasto buffel de baja calidad e inversamente correlacionadas (r: -0.832; P<0.01) con el contenido de FDN (Cuadro 27).

El contenido de energía metabolizable fue 26% mayor (P<0.05) en las dietas de alta calidad, que en las dietas a base de pasto de baja calidad (1424 kcal/kg MS). La adición de DDGS incrementó (P<0.05) un 28% el contenido de extracto etéreo

y 34% el contenido de proteína de pasto buffel. La adición de cáscara de naranja y DDGS a la dieta aumentó en promedio 5.5 % ($P < 0.05$) la DIVMS del pasto buffel no suplementado (72.5%).

Cuadro 27. Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre la producción de gas 24 h (ml/200 mg), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (% MS) y contenido de energía metabolizable (kcal/kg MS) de dietas a base de pasto buffel.

| Concepto | PG 24h | DIVMS | EM |
|---------------------------|--------|--------|---------|
| Calidad de Pasto | | | |
| Mala | 24.7 b | 67.2 c | 1424 b |
| Mediana | 29.3 b | 77.6 b | 1601 ab |
| Buena | 32.7 a | 81.8 a | 1804 a |
| EEM | 1.729 | 0.654 | 62.27 |
| Probabilidad | ** | *** | *** |
| Suplemento | | | |
| Sin suplemento | 25.9 | 72.5 b | 1491 |
| Cáscara de Naranja | 30.9 | 76.2 a | 1663 |
| DDGS | 30.1 | 76.5 a | 1636 |
| CN: DDGS | 28.7 | 77.0 a | 1649 |
| EEM | 1.997 | 7.56 | 71.89 |
| Probabilidad | NS | *** | NS |
| Calidad*Suplemento | | | |
| EEM | 3.459 | 1.309 | 124.53 |
| Probabilidad | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; *($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$); *** ($P < 0.001$); NS = no significativo

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas ($P < 0.05$)

4.4.4 Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de carbohidratos (% CT) de dietas a base de pasto buffel.

No hubo interacciones significativas en las fracciones de carbohidratos de las dietas experimentales con tres calidades de pasto buffel y cuatro tipos de suplemento, por lo que se expresarán los resultados correspondientes a los factores principales (Cuadro 28).

Cuadro 28. Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de carbohidratos (%CT) de dietas a base de pasto buffel.

| Concepto | CT | NFC | CB2 | CC |
|----------------------------|--------|---------|-------|-------|
| Calidad Pasto | | | | |
| Mala | 856 a | 22.6 b | 64.3 | 13.1 |
| Mediana | 802 b | 24.3 b | 64.7 | 11.0 |
| Buena | 738 c | 27.1 a | 62.2 | 10.7 |
| EEM | 5.896 | 0.804 | 1.505 | 1.038 |
| Probabilidad | *** | *** | NS | NS |
| Suplemento | | | | |
| Sin suplemento | 806 ab | 21.9 c | 65.8 | 12.2 |
| Cáscara naranja | 808 a | 27.2 a | 61.7 | 11.1 |
| DDGS | 782 b | 23.5 bc | 64.5 | 12.0 |
| CN: DDGS | 799 ab | 26.0 ab | 63.0 | 11.0 |
| EEM | 6.808 | 0.928 | 1.138 | 1.199 |
| Probabilidad | * | *** | NS | NS |
| Calidad* Suplemento | | | | |
| EEM | 11.792 | 1.607 | 3.011 | 2.077 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; *(P<0.05);* (P<0.05); *** (P<0.01); NS = no significante

^{a,b,c} Letras diferentes en columna indican diferencias significativas (P<0.05)

Las dietas elaboradas con pasto de mala calidad tuvieron una mayor ($P < 0.05$) cantidad de carbohidratos totales, comparadas con las de dietas elaboradas utilizando pastos de buena y mediana calidad. El contenido de la fracción NFC de carbohidratos fue mayor ($P > 0.05$) en las dietas elaboradas con pasto de buena calidad (27.1% de CT) que en aquellas elaboradas con pasto de mala y mediana calidad (22 a 24 de CT).

El tipo de suplemento adicionado ocasionó variación en el contenido de carbohidratos totales y de la fracción NFC de las dietas experimentales elaboradas, siendo éstos más elevados en las dietas a las cuales se les adicionó cáscara de naranja (Cuadro 28). El contenido de las fracciones CB2 y CC de carbohidratos de las dietas experimentales no mostró diferencia significativa relacionada con la calidad de pasto ni con el tipo de suplemento utilizado (Cuadro 28).

4.4.5 Efecto de tres niveles del factor calidad de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de proteína (% PC) de dietas a base de pasto buffel

Las dietas elaboradas con pasto de buena calidad tuvieron un mayor ($P < 0.05$) contenido de la fracción A de proteína (37.1% de PC, Cuadro 29). En las dietas elaboradas con pasto buffel de mala y mediana calidad la fracción B1 representó entre el 35 y el 40% de PC. El contenido más bajo (18.1% de PC) de la fracción B1 de proteína se registró en las dietas elaboradas con pasto de buena calidad. La proteína contenida en las fracciones B2 y B3 de las dietas experimentales no mostró diferencia significativa relacionada con la calidad del pasto utilizada.

Los resultados para fracciones B1 y B2 en conjunto de las dietas experimentales elaboradas con pasto de mala y mediana calidad son similares a los resultados reportados por Frota Morenz et al., (2012), mientras que las fracciones B1 y B2 en

conjunto de las dietas elaboradas con pasto de buena calidad son equivalentes a los valores reportados por Toro Velásquez et al., (2010). En el presente trabajo se obtuvieron valores de fracción C de proteína de las dietas experimentales que son similares a los valores reportados por Frota Morenz et al., (2012) pero menores a los publicados por Toro Velásquez et al., (2010).

Cuadro 29. Efecto de tres calidades de pasto y de cuatro tipos de suplementos sobre las fracciones de proteína (% PC) de dietas a base de pasto buffel.

| Meses | PC | Fracción A | Fracción B1 | Fracción B2 | Fracción B3 | Fracción C |
|-----------------------------|-------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Calidad Pasto | | | | | | |
| Mala | 42 c | 24.3 b | 35.0 ab | 9.1 | 20.7 | 10.9 a |
| Mediana | 67 b | 22.9 b | 41.4 a | 7.3 | 21.3 | 7.2 ab |
| Buena | 129 a | 37.1 a | 18.1 b | 11.4 | 29.9 | 3.4 b |
| EEM | 0.455 | 2.533 | 5.5 | 3.327 | 2.89 | 1.497 |
| Probabilidad | *** | *** | * | NS | NS | ** |
| Suplemento | | | | | | |
| Sin suplemento | 70 b | 26.7 | 30.9 | 9.8 | 24.8 | 7.8 |
| C. Naranja | 73 b | 27.3 | 37.0 | 9.0 | 19.4 | 7.7 |
| DDGS | 94 a | 28.8 | 25.8 | 12.7 | 26.3 | 6.3 |
| CN: DDGS | 80 ab | 29.5 | 32.3 | 5.6 | 25.4 | 7.3 |
| EEM | 0.525 | 2.948 | 6.35 | 3.841 | 3.34 | 1.728 |
| Probabilidad | ** | NS | NS | NS | NS | NS |
| Calidad * Suplemento | | | | | | |
| EEM | 0.909 | 5.106 | 11.00 | 6.653 | 5.786 | 2.994 |
| Probabilidad | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

EEM = error estándar de la media; *(P<0.05); ** (P<0.01), *** (P<0.001); NS = no significativa

^{a,b} Letras diferentes en renglón indican diferencias significativas (P<0.05)

La proteína contenida en las fracciones A, B1, B2, B3 y C de las dietas experimentales no mostró diferencia significativa relacionada con el tipo de

suplemento adicionado. Los resultados para fracciones B1 y B2 en conjunto de las dietas experimentales elaboradas con inclusión de 10% de diversos subproductos agroindustriales son similares a los resultados reportados por Toro Velásquez et al., (2010), y ligeramente inferiores a los reportados por Frota Morenz et al., (2012). En el presente trabajo se obtuvieron valores de fracción C de proteína de las dietas experimentales que son similares a los valores reportados por Frota Morenz et al., (2012) pero menores a los publicados por Toro Velásquez et al., (2010).

5. Conclusiones

El valor nutricional de las muestras colectadas de pasto buffel colectadas durante el otoño e invierno varía considerablemente entre meses. Este hecho puede ser influenciado por las condiciones climatológicas registradas durante el estudio. Pareciera que durante los meses de septiembre, enero y febrero cuando el contenido de proteína fue más alto la digestibilidad de la materia orgánica también fue más elevada.

La variabilidad del contenido nutricional de las muestras analizadas tiene una influencia importante y deberá ser considerada cuando se calculen las necesidades diarias de suplementación de energía y proteína para vacas lactantes que pastorean pasto buffel.

Para el caso de las dietas a base de pasto buffel, la calidad del pasto buffel determina el valor nutritivo de las dietas; la suplementación con DDGS aumenta el contenido de proteína y grasa y la inclusión de cáscara de naranja mejora la digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que existe variabilidad en el contenido de fracciones de carbohidratos y de proteínas contenidos en el pasto buffel colectado a través del año en la región centro norte de Nuevo León.

6. Bibliografía

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A
- Ariza, P., A. Bach, M.D. Stern and M.B. Hall. 2001. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. J. Anim. Sci. 79: 2713–2718.
- Bampidis V.A. and P.H. Robinson .2006. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. Anim. Feed Sci. and Technol. 128:175–217.
- Barnes, R.F.; C. Jerry Nelson.; K.J. Moore and M. Collins. Forages: The science of grassland agriculture II. 6. Ed. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, 2003. 791p.
- Belibasakis, N.G. and D. Tsirgogianni. 1996. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. Anim. Feed Sci. Technol. 60: 87-92.
- Birkelo, C.P., M.J. Brouk and D.J. Schingoethe. 2004. The energy content of wet corn distillers grains for lactating Dairy cows. J. Dairy Sci. 87:1815-1819.
- Blümmel, M. and E. R. Ørskov. 1993. Comparison of *in vitro* gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 40: 109-119.
- Blümmel, M. and K. Becker. 1997. The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughage neutral-detergent fibres as described by *in vitro* gas production and their relationship to voluntary feed intake. British Journal of Nutrition 77: 757-768.
- Bowman, J. G. P., Sowell B. F; Surber L. M. M and T. K. Daniels. 2004. Nonstructural carbohydrate supplementation of yearling heifers. Journal of Animal Science 82: 2724-2733.
- Caparra, P., F. Foti, M. Scerra, M.C. Sinatra and V. Scerra. 2007. Solar-dried citrus pulp as an alternative energy source in lamb diets: Effects on growth and carcass and meat quality. Small Rumin. Res. 68: 303–311.

- Cerrillo Soto M.A y A.S. Juárez. 2004. *In vitro* gas production parameters in cacti and tree species commonly consumed by grazing goats in a semiarid region of North Mexico. *Livestock Res. Rural Develop.*16: Art # 21.
[on line] <http://www.cipav.org.co/lrrd>.
- Cerrillo Soto, M.A., A.S. Juárez Reyes, J.A. Rivera Ahumada, M. Guerrero Cervantes, R.G. Ramírez Lozano y H. Bernal Barragán. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia.* 37: 906-913.
- Cunningham, J.G and B.G. Klein. *Fisiología Veterinaria.* 3^a ed. Madrid: Elsevier, 2003. 545 p
- Deaville, E. R. and D.I. Givens. 1998. Estimation of rumen degradable organic matter of forages using different techniques. *Proceedings of the British Society of Animal Science.* Scarborough, March 1998. p. 57.
- Delmer, D.P. 1999. Cellulose biosynthesis: Exciting times for a difficult field of study. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 50: 245- 276.
- Dryden, G. McL. In: CABI (Ed). *Animal Nutrition Science.* .Ed. Oxfordshire, RU, 2008. 302 p.
- Edmunds, B. K.; H.S. Südekum, H. Spiekens and F.J. Schwarz. 2012. Estimating ruminal crude protein degradation of forages using *in situ* and *in vitro* techniques. *Anim. Feed Sci. Technol.* 175:95-105
- Etheridge, R.D.; G.M. Pesti; E.H. Foster.1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (LECO CNS 2000) on samples typical of animal nutrition analytical laboratory. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73:21-28.
- Elghandour, M.M.Y., J.C. Vazquez-Chagoyan, A.Z.M Salem, A.E. Kholif, J.S. Martinez-Castañeda, L.M. Camacho and M.A. Cerrillo-Soto. 2014. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* at direct addition or pre-incubation on *in vitro* gas production kinetics and degradability of four fibrous feeds. *Italian J. of Anim. Sci.* 13, 295-301.

- Fievez, V.; O.J. Babayemi and D. Demeyer. 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 124:197-210.
- Fondevila, M.; J.C.M. Nogueira-Filho, and A. Barrios-Urdan. 2002. *In vitro* microbial fermentation and protein utilization of tropical forage legumes grown during the dry season. *Anim. Feed Sci. Technol.* 95: 1-14.
- Fox, D.G., C.J. Sniffen, J.D. O'Connor, J.B. Russell and P.J. Van Soest. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim.Sci.*70:.3578-3596
- Fox, D. G., L. O. Tedeschi, T. P. Tylutki, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell, and T. R. Overton. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 112:29–78.
- France, J.; J. Dijkstra, M.S.Dhanao, S.Lopez and A. Bannik. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed *in vitro*: derivation of models and other mathematical considerations. *Br. J. Nutr.* 83: 143-150.
- Frota Morenz, M.J.; J.F. Coelho da Silva, L.J. Magalhães Aroeira, F. Deresz, H. Maldonado Vásquez, F.C. Ferraz Lopes, D.S. Campos Paciullo and L. Orlando Tedeschi. 2012. Evaluation of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System model on the prediction of dry matter intake and milk production of grazing crossbred cows. *R. Bras.Zootec.* 41(2): 398-406
- García MOCA, M.R. Gonzalez, A.Z.M Salem, B.J Romero, J.F. Pedraza and J.G Estrada. 2011. Chemical composition and *in vitro* gas production of some legume browse species in subtropical areas of México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 589 – 595.
- García Dessommes, G.J.; R.G. Ramírez Lozano, R. Foroughbakhch, R. Morales Rodríguez y G. García Díaz. 2003. Valor nutricional y digestión ruminal de cinco líneas apomíticas y un híbrido de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 41 (2): 209-218.

- Galyean, M.L.1997. Laboratory procedures in animal nutrition research. West Texas A&M University, Division of Agriculture and Texas A&M Research and Extension Center, Amarillo. 192 pp.
- Getachew, G.; M. Blummel, H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. *In vitro* measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 72, 261-281.
- Getachew, G.; E.J. De Peters, P.H. Robinson FadelJG. 2005. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. Anim. Feed Sci. Technol.123–124: 547–559.
- González Ronquillo M.; M. Fondevila, A.Barrios and Y. Newman. 1998. *In vitro* gas production from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) fermentation in relation to the cutting interval, the level of nitrogen fertilization and the season of growth. Anim. Feed Sci.Technol. 72:19-32.
- Grasser, L.A., J.G. Fadel, I. Garnett, and E.J. De Peter. 1995. Quality and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. J. Dairy Sci. 78: 962–971.
- Hall, M.B and C. Herejk. 2001. Differences in yields of microbial crude protein from *in vitro* fermentation of carbohydrates. J. Dairy Sci. 84: 2486–2493.
- Hall, M.B. 2003. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. J. Anim. Sci. 81: 3226–3232
- Hersom, M. J. 2008. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. J. Anim. Sci. 86: E306- E317
- Huhtanen, P.; M. Rinne and J. Nousiainen.2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. Animal. 1:758-770.
- Jarret G., P. Cozannet, J. Martinez and J.Y. Dourmad. 2011. Effect of different quality wheat dried distiller's grain solubles (DDGS) in pig diets on composition of excreta and methane production from faeces and slurry. Livestock Science 140: 275–282

- Juarez-Lagunes, F.I., D.G. Fox, R.W. Blake and N. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in Tropical Mexico. *J. Dairy Sci.* 82: 2136-2145.
- Juárez Reyes, A.S., M.A. Cerrillo Soto, E. Gutiérrez Ornelas, E.M. Romero Treviño, J. Colín Negrete and H. Bernal Barragán. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Técnica Pecuaria en México*.47: 55-67.
- Kamalak, A.; O. Canbolat., A. Erol, M. Kizilsimsek, C.O. Ozkan and E. Ozkose. 2005. Chemical composition and *in vitro* gas production characteristics of several tannin containing tree leaves. *Livestock Research Rural Development*.16:44.
- Kim, Y; N.S. Mosier , R. Hendrickson, T. Ezeji, H. Blaschek , B. Dien , M. Cotta, B. Dale , M.R. Ladisch. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol by-products: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresource Technology* 99: 5165–5176
- Kelzer J.M., P.J. Kononoff, L.O. Tedeschi, T.C. Jenkis, K. Karges and M.L. Gibson. 2010. Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products. *J.Dairy Sci.* 93:2803-2815
- Kingsly, A.R.P., K.E. Ileleji , L. C. L. Clementson , A. Garcia, D. E. Maier R.L. Stroshine and Scott Radcliff . 2010. The effect of process variables during drying on the physical and chemical characteristics of corn dried distiller's grains with solubles (DDGS) – Plant scale experiments. *Bioresource Technology* 101: 193–199
- Krishnamoorthy, U., H. Soller, H.H. Steingass, K.H. Menke. 1991. A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65: 28-35.
- Kononoff, P. J., Ivan, S. K. and Klopfenstein T. J. 2007. Estimation of the proportion of feed protein digested in the small intestine of cattle consuming wet corn gluten feed. *Journal of Dairy Science* 90: 2377-2385

- Lanza M., V. Fasone, V. Galofaro, D. Barbagallo, M. Bella and P. Pennisi .2004. Citrus pulp as an ingredient in ostrich diet: effects on meat quality. *Meat Science* 68: 269–275
- Lanzas, C., C.J. Sniffen, S. Seo, L. O. Tedeschi and D.G. Fox. 2007a. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 136:167-190
- Lanzas, C., L. O. Tedeschi, S. Seo, and D. G. Fox. 2007b. Evaluation of protein fractionation systems used in formulating rations for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 90:507–521.
- Lanzas C, G.A. Broderick and D.G. Fox. 2008. Improved feed fractionation schemes for formulating rations with the Cornell Net Carbohydrates and Protein System. *J. Dairy Sci.* 91:4881-4891
- Lashkari, S. and A. Taghizadeh. 2012. Nutrient digestibility and evaluation of protein and carbohydrate fractionation of citrus by-products. *J. of Anim. Physiol. and Anim. Nutr.* Vol. 97: 701-709.
- Leiva, E., M.B. Hall, H.H Van Horn. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as sources of neutral detergent-soluble carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 83: 2866–2875.
- Martínez, O. 2004. “Bancos de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical”, en *Estrategias de alimentación para ganado bovino en el trópico*. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, EDICA.
- Makkar, H. P. S., M. Blümmel, and K. Becker. 1995. Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycol and tannins, and their implication in gas production and true digestibility *in vitro* techniques. *British J. of Nutrition* 73, pp. 897-913.
- Mansfield, H.R., M.D. Stern and D.E Otterby. 2004. Effects of beet pulp and animal by-products on milk yield and *in vitro* fermentation by rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.* 77: 205–216.
- McDowell, L.R. 2003. *Minerals in animal and human nutrition*. 2. Ed. Elsevier Science, Amsterdam, Holanda. p. 35-37.

- Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim Res Develop.* 28:7-55.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.*80: 1217- 1240.
- Miron, J., E. Yosef and D. Ben-Ghedalia. 2001. Composition and *in vitro* digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. *J. Agric. Food Chem.* 49:2322–2326.
- Moore K.J. and R.D. Hatfield .1995. Carbohydrates and forage quality. En Fahey JC (Ed.) *Forage Quality, Evaluation and Utilization.* University of Nebraska. Lincoln, NE, USA. pp. 229-280.
- Nherera, F.V., L.R. Ndlovu and B.H.R Dzwela. 1999. Relationships between *in vitro* gas production characteristics, chemical composition and *in vivo* quality measures in goats fed tree fodder supplements. *Small Rumin. Res.* 31: 117-126.
- NRC. 2000 *Soil and Water Quality: An Agenda for Agriculture.* National Academy Press, Washington, DC.
- Ørskov E V, y McDonald. 1979 The estimation of protein degradability in the rumen from determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric.Sci.* 92: 499-503.
- Ørskov, E.R., and M. Ryle. 1990. *Energy Nutrition in Ruminants.* Elsevier Applied Science. London and New York. Pp.
- Posada S.L., and R.R Noguera. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Liv. Res.Rural Develop.* 17: 4.
- Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L., Alba-Ávila, J., García-Castillo, C.G. and Espinosa-Vázquez, M. 2001a. Seasonal dynamics of dry matter, crude protein and cell wall digestion in total plant, leaves and stems of common buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.). *J. Appl. Anim. Res.*, 19: 209-218.
- Ramírez, R.G., Foroughbakhch, R., Hauad, L., Alba-Avila, J., Garcia-Castillo, C.G. and Espinosa-Vázquez, M. 2001b. Seasonal variation of *in situ* digestibility

- of dry matter, crude protein and cell wall of total plant leaves and stems of Nueces buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*). *J. Appl. Anim. Res.*, 20: 73-82.
- Ramírez Lozano, R.G.; G.F.W Haenlein.; C.G. García Castillo., et al. 2004. Protein, lignin and mineral contents and in situ dry matter digestibility of native Mexican grasses consumed by range goats. *Small Rumin. Res.* 52:261-269.
- Ramírez Lozano, R. G. 2007. *Los pastos en la nutrición de los rumiantes*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Robinson, P.H, G. Getachew and J.W. Cone. 2009. Evaluation of the extent of associative effects of two groups of four feeds using an *in vitro* gas production procedure. *Anim. Feed Sci. Technol.* 150: 9–17
- Rodríguez R., D. Alfonso, A. Oramas and Y. Hernández. 2010. Efectos de los taninos de *Albizia lebbeyi* en la fermentación *in vitro* del pasto estrella (*Cynodon dactylon*) durante el periodo seco. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola.* 44, 3: 267-271.
- Rojas-Bourrillón, A., L.Gamboa; M. Villarreal, E. Viquez, R. Castro and M. Poore. 2001. La sustitución de maíz por pulpa de cítricos deshidratada sobre la producción y composición láctea de vacas encastadas Holstein en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 25: 45–52.
- Rymer, C.; J.A. Huntington, B.A Williams and D.I. Given. 2005. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123-124: 9-30.
- Sanabria C.P.; R. Barahona, T.T. Tiemann, C.E Lascano, E.M. Martínez and F. Rodríguez. 2006. Efecto de la inclusión de forraje de *Vigna unguiculata*, *Flemingia macrophylla* y *Calliandra calothyrsus* a una dieta basal de *Brachiaria humidicola* sobre los principales grupos de microorganismos ruminales y parámetros de fermentación *in vitro*. *Memorias del 2do taller de Taninos en la nutrición de Rumiantes en Colombia.* 33-34.
- Selk, G. E.; R.P Wettemann, K.S. Lusby, J.W. Oltjen, S.L. Mobley, R.J Rasby and J.C. Garmendia .1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *Journal of Animal Science*, 66: 3153-3159.

- Schwab, C. G., P. Huhtanen, C. W. Hunt, and T. Hvelplund. 2005. Nitrogen requirements in cattle Pages 13–70 in Nitrogen and Phosphorus Nutrition of C. E. Pfeffer and A. Hristov, ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Sniffen, C.J, J.D. O'Connor, P.J Van Soest, D.G, Fox, J.B Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70:3562-3577.
- Stelte, W., J.K Holm, A.R Sanadi, S. Barsberg, J. Ahrenfeldt and U. B. Henriksen. 2011. A study of bonding and failure mechanisms in fuel pellets from different biomass resources. Biomass Bioenergy. 35(2): 910-918.
- Toro Velásquez P.A., T.T. Berchielli., R. Reis Andrade, A. Rivera Rivera, P.H. Moura Dian, I.A Molina de Almeida Texeida. 2010. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 39:1206-1213.
- Tuah, A. K., D. B Okail, E.R. Ørskov, D. Kyle, W. Shand, J.F.G. Greenhalgh, F. Y. Obese and Karikari, P. K. 1996. *In sacco* dry matter degradability and *in vitro* gas production characteristics of some Ghanaian Feeds. Livestock Research for Rural Development, Vol. 8, No. 1, January 1996. pp. 23-33.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583 - 3597.
- Van Soest P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 1994. 2nd ed. USA: Cornell University Press.
- Villegas M.C.; M.M. Meneses, L.A.R. Miranda and O.C. Loera. 2010. Producción de gas *in vitro* y desaparición de la materia seca del cultivo solido con hongos ligninolíticos. Agrociencia. 44: 917-929.
- Yan, T. and R.E Agnew. 2004. Prediction of nutritive value in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy concentration using nutrient composition and fermentation characteristics. Journal of Animal Science.82:1367-1379.
- Yari, M., R. Vaizadeh, A.A. Naserian, G.R. Ghorbanhi, P.R. Moghaddam and A. Jonker. 2012. Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal

degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Animal Feed Sci. and Technol.* 172:162-170

Williams, B. A., 2000. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: D. I. Givens and R. F. E. Givens (Eds). *Forage Evaluation in Ruminant* Axford and H. M. Omed. pag. 189-213.

Williams, B.A. 2006. Cumulative gas production: how to measure it, and what can and cannot tell you. En Sandoval-Castro CA, Hovel FD DeB, Torres-Acosta JFJ, Ayala Burgos A (Eds) *Herbivores: the assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. BSAS. Nottingham University Press. Nottingham, RU. Pág.145-151.

7. Anexos

Cuadro A1.- Indicativos del Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables medidas en muestras de pasto buffel durante un año (12 grados de libertad para cada variable).

| gl=12 | Cuadrados Medios | | R ² | CV | Fcal | P | Media |
|-------------------|----------------------|---------|----------------|------|--------|-------|-------|
| | Tratamiento (Mes) | Error | | | | | |
| PC | 109.211 | 6.199 | 0.759 | 41.9 | 17.618 | 0.000 | 11.4 |
| EE | 0.859 | 0.079 | 0.687 | 20.1 | 12.265 | 0.000 | 2.2 |
| Cenizas | 18.541 | 1.652 | 0.668 | 16.5 | 11.222 | 0.000 | 12.5 |
| Calcio | 0.052 | 0.006 | 0.632 | 26.1 | 8.743 | 0.000 | 0.45 |
| Fósforo | 0.009 | 0.001 | 0.662 | 56.0 | 10.939 | 0.000 | 0.08 |
| FDN | 165.093 | 11.747 | 0.716 | 9.8 | 14.054 | 0.000 | 60.80 |
| FDA | 47.818 | 7.079 | 0.547 | 11.0 | 6.744 | 0.000 | 33.2 |
| Hemicel. | 69.414 | 3.971 | 0.758 | 13.5 | 17.482 | 0.000 | 27.60 |
| Celulosa | 96.035 | 5.225 | 0.767 | 15.9 | 18.379 | 0.000 | 27.9 |
| LDA | 32.214 | 1.853 | 0.757 | 45.3 | 17.384 | 0.000 | 5.3 |
| CNE | 150.821 | 8.050 | 0.770 | 40.8 | 18.736 | 0.000 | 13.1 |
| NFC | 218.740 | 14.1812 | 0.726 | 33.0 | 14.768 | 0.000 | 20.13 |
| CB2 | 887.37 | 29.358 | 0.844 | 20.6 | 30.226 | 0.000 | 62.74 |
| CC | 345.16 | 20.56 | 0.750 | 45.7 | 16.79 | 0.000 | 17.13 |
| Fracc. PA | 1160.64 | 75.152 | 0.734 | 44.8 | 15.44 | 0.000 | 33.92 |
| Fracc. PB1 | 498.783 | 69.357 | 0.563 | 90.9 | 7.192 | 0.000 | 12.84 |
| Fracc. PB2 | 1038.716 | 114.135 | 0.62 | 42.5 | 9.101 | 0.000 | 38.18 |
| Fracc. PB3 | 334.898 | 22.084 | 0.731 | 91.6 | 15.164 | 0.000 | 8.01 |
| Fracc. PC | 52.049 | 7.958 | 0.539 | 50.8 | 6.54 | 0.000 | 7.06 |

Cuadro A2.- Indicativos del Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables medidas en muestras de cascara de naranja durante un año (3 grados de libertad para cada variable).

| gl= 3 | Cuadrado Medio | | R ² | CV | Fcal | P | Media |
|-------------------|---------------------------|---------|----------------|------|--------|-------|-------|
| | Tratamiento (Estación) | Error | | | | | |
| PC | 10.258 | 0.968 | 0.639 | 25.2 | 10.602 | 0.000 | 5.86 |
| EE | 0.297 | 0.737 | 0.060 | 32.4 | 0.403 | 0.753 | 2.57 |
| Cenizas | 6.129 | 0.642 | 0.642 | 22.8 | 9.547 | 0.001 | 5.5 |
| Calcio | 0.841 | 0.227 | 0.370 | 37.4 | 3.715 | 0.029 | 1.5 |
| Fósforo | 0.008 | 0.001 | 0.532 | 61.8 | 7.193 | 0.002 | 0.08 |
| FDN | 4.046 | 8.513 | 0.073 | 16.6 | 0.475 | 0.703 | 16.97 |
| FDA | 8.615 | 7.051 | 0.169 | 19.6 | 1.222 | 0.331 | 13.95 |
| Hemicel. | 8.335 | 0.822 | 0.682 | 43.7 | 10.134 | 0.000 | 3.02 |
| Celulosa | 10.867 | 4.866 | 0.271 | 19.3 | 2.233 | 0.119 | 12.62 |
| LDA | 6.049 | 0.127 | 0.489 | 57.5 | 6.049 | 0.005 | 0.86 |
| CNE | 110.901 | 202.236 | 0.080 | 24.3 | 0.548 | 0.655 | 57.07 |
| NFC | 173.411 | 185.90 | 0.128 | 57.9 | 0.933 | 0.444 | 77.95 |
| CB2 | 327.258 | 211.19 | 0.197 | 69.9 | 1.55 | 0.234 | 18.25 |
| CC | 37.327 | 55.313 | 0.096 | 17.5 | 0.675 | 0.578 | 3.80 |
| Fracc. PA | 730.353 | 231.32 | 0.333 | 32.5 | 3.157 | 0.049 | 52.27 |
| Fracc. PB1 | 1357.139 | 174.947 | 0.551 | 56.2 | 7.757 | 0.001 | 33.53 |
| Fracc. PB2 | 116.834 | 93.295 | 0.165 | 73.2 | 1.252 | 0.319 | 2.06 |
| Fracc. PB3 | 4.51 | 3.569 | 0.166 | 66.7 | 1.264 | 0.315 | 0.77 |
| Fracc. PC | 0.039 | 0.007 | 0.454 | 100 | 5.261 | 0.008 | 0.07 |

Cuadro A3.- Indicativos del Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables medidas en muestras de DDGS durante un año (1 grado de libertad para cada variable).

| gl= 1 | Cuadrado Medio | | R ² | CV | Fcal | P | Media |
|-------------------|----------------|---------|----------------|------|--------|-------|--------|
| | Estación | Error | | | | | |
| PC | 18.213 | 19.20 | 0.095 | 13.8 | 0.948 | 0.356 | 31.60 |
| EE | 6.171 | 1.245 | 0.355 | 23.6 | 4.957 | 0.053 | 5.66 |
| Cenizas | 5.915 | 1.574 | 0.32 | 22.7 | 3.758 | 0.089 | 6.33 |
| Calcio | 0.126 | 0.068 | 0.170 | 64.4 | 1.848 | 0.207 | 0.41 |
| Fósforo | 0.240 | 0.010 | 0.735 | 80.5 | 24.929 | 0.004 | 0.24 |
| FDN | 16.744 | 15.178 | 0.109 | 13.1 | 1.103 | 0.321 | 29.97 |
| FDA | 10.446 | 9.522 | 0.109 | 28.3 | 1.097 | 0.322 | 11.04 |
| Hemicel. | 9.34 | 3.165 | 0.269 | 9.7 | 2.951 | 0.124 | 20.168 |
| Celulosa | 9.84 | 12.375 | 0.081 | 35.4 | 0.795 | 0.396 | 9.92 |
| LDA | 0.009 | 0.735 | 0.001 | 72.8 | 0.012 | 0.915 | 1.12 |
| CNE | 6.407 | 96.06 | 0.007 | 52.2 | 0.067 | 0.802 | 17.82 |
| NFC | 49.971 | 98.204 | 0.054 | 67.0 | 0.509 | 0.494 | 51.51 |
| CB2 | 36.16 | 142.336 | 0.027 | 28.7 | 0.254 | 0.626 | 39.82 |
| CC | 171.148 | 129.103 | 0.128 | 18.7 | 1.326 | 0.279 | 8.67 |
| Fracc. PA | 231.25 | 56.556 | 0.312 | 47.2 | 4.089 | 0.074 | 17.82 |
| Fracc. PB1 | 11.649 | 87.782 | 0.015 | 52.2 | 0.133 | 0.729 | 17.07 |
| Fracc. PB2 | 298.714 | 48.887 | 0.404 | 15.7 | 6.11 | 0.035 | 55.12 |
| Fracc. PB3 | 0.457 | 23.736 | 0.002 | 55.4 | 0.019 | 0.893 | 8.33 |
| Fracc. PC | 4.052 | 1.021 | 0.306 | 71.7 | 3.969 | 0.078 | 0.31 |

Cuadro A4.- Indicativos del Análisis de Varianza (ANOVA) de las variables medidas en dietas experimentales (11 grados de libertad para cada variable).

| gl= 11 | Cuadrado Medio | | | | | | | | |
|-----------|------------------|-------|---------|-------|----------------|------|-----------------|--------------|-------|
| | Calidad Pasto | Supl. | Cal*Sup | Error | R ² | CV | Fcal Cal*Sup | P Cal*Sup | Media |
| PC | 321.19 | 13.95 | 0.44 | 3.306 | 0.852 | 52.1 | 0.133 | 0.991 | 7.9 |
| EE | 0.311 | 0.720 | 0.145 | 0.228 | 0.308 | 22.0 | 0.636 | 0.700 | 2.3 |
| Cenizas | 48.51 | 1.151 | 0.301 | 1.208 | 0.702 | 17.7 | 0.249 | 0.957 | 9.9 |
| Calcio | 0.932 | 0.533 | 0.125 | 0.267 | 0.304 | 68.0 | 0.467 | 0.828 | 0.8 |
| Fósforo | 0.002 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.516 | 27.3 | 0.686 | 0.662 | 0.08 |
| FDN | 393.46 | 39.02 | 2.88 | 7.113 | 0.783 | 7.9 | 0.406 | 0.870 | 63.3 |
| FDA | 239.26 | 13.64 | 0.469 | 5.437 | 0.727 | 11.7 | 0.086 | 0.997 | 33.3 |
| Hemicel. | 19.46 | 15.15 | 2.2 | 6.157 | 0.306 | 8.7 | 0.357 | 0.901 | 29.9 |
| Celulosa | 160.98 | 9.93 | 0.269 | 3.502 | 0.737 | 10.8 | 0.077 | 0.998 | 29.4 |
| LDA | 8.26 | 0.494 | 0.104 | 2.079 | 0.199 | 36.5 | 0.050 | 0.999 | 3.9 |
| CNE | 14.10 | 55.20 | 4.273 | 8.918 | 0.406 | 20.5 | 0.479 | 0.819 | 16.6 |
| NFC | 37.112 | 67.90 | 6.156 | 10.33 | 0.523 | 16.5 | 3.592 | 0.732 | 24.6 |
| CB2 | 19.306 | 38.52 | 6.62 | 36.25 | 0.140 | 8.9 | 0.183 | 0.980 | 63.8 |
| CC | 27.066 | 4.795 | 0.858 | 17.25 | 0.106 | 33.1 | 1.569 | 0.999 | 11.6 |
| Frac. PA | 981.4 | 19.72 | 78.94 | 104.3 | 0.399 | 41.1 | 0.757 | 0.608 | 28.1 |
| Frac. PB1 | 564.37 | 255.8 | 136.42 | 483.9 | 0.263 | 71.2 | 0.282 | 0.942 | 31.5 |
| Frac. PB2 | 63.33 | 103.6 | 18.704 | 177.1 | 0.081 | 100 | 0.106 | 0.995 | 9.3 |
| Frac. PB3 | 428.57 | 117.0 | 38.51 | 133.9 | 0.230 | 48.2 | 0.288 | 0.939 | 23.9 |
| Frac. PC | 221.91 | 4.353 | 3.372 | 35.84 | 0.270 | 85.7 | 0.094 | 0.997 | 7.2 |