UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS PECUARIAS CON ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL

SUSTITUCIÓN DEL MAÍZ POR ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE *(Ipomoea batatas L.)* COMO FUENTE ENERGÉTICA EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN CRECIMIENTO.

PRESENTADO POR:
CARLOS SOLÍS GONZÁLEZ
6-85-309

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

MAYO, 2011

SUSTITUCIÓN DEL MAÍZ POR ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE (*Ipomoea batatas L.)* COMO FUENTE ENERGÉTICA EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN CRECIMIENTO.

TRABAJO DE GRADUACIÓN COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS PECUARIAS CON ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN ANIMAL

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Manuel H. Ruiloba. PhD. _____
Director

Pedro Guerra M. MSc. _____
Miembro

Alex D. Samudio. MSc. _____
Miembro

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

MAYO, 2011

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios TODOPODEROSO por guiarme siempre por el camino del trabajo honrado y la superación

A SENACYT por brindarme el apoyo y la oportunidad de superarme personal y profesionalmente. A la Dra Betty Ann Rowe de Catsambanis (Vice-rectora VIP-UP), Licda Jane Saldaña (SENACYT) en especial al Dr Juan M Osorio (Decano-FCA) por su valiosa ayuda y mediación oportuna durante este programa de maestría.

Al doctor Manuel H. Ruiloba, tutor de este trabajo por su confianza y amistad, por compartir sus conocimientos y experiencias con mi persona, por su gran apoyo durante mi formación académica y en la elaboración de esta investigación, a los Ing Alex Samudio y Pedro Guerra miembros del comité de revisión por su valiosa colaboración y anuencia para la realización de este trabajo

Al cuerpo de profesores de esta maestría; Dres Elizabeth De Freitas, Richard Taylor, Johan Lotz, Ricardo Noguera, Ramón García, Norman Escrucería, Marcos George (q.e.p.d.), Ing. Edil Araúz y Efraín Staff. Al Dr José R Binns por su colaboración. A los ingenieros Tirso Solís G., Génita Grajales, Carlos Méndez y Jacob Franco, los Licd@s. Magdalena Justavino, Reysa M. Vega, Eliseo

Moreno y Gloriela Samudio por su colaboración y voz de aliento para la culminación de este trabajo.

Al personal del taller de maquinaria; Eynar Ávila, Porfirio y José Marín, Gertrudis Pimentel, Jorge Acosta y Diomedes Aguilar. En el área de Cría-Ceba a Raúl Matos, Modesto Miranda, Eduar Montero y Octubar Cortés y especialmente a Anel Sanjur por su colaboración y dedicación durante la fase de alimentación de los animales utilizados en este trabajo.

Al personal del IDIAP, Dr Said Caballero, Dr José Bernal, Ing Audino Melgar, Ing. Arturo Fuentes, Téc Milagros De Gracia, por su desinteresada colaboración en la realización de este trabajo

A los profesores de la UNCAHI; Víctor Jiménez y Aracely Vega por su colaboración en la parte analítica de este trabajo

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo mi más sincero agradecimiento

Ing. Carlos Solís G.

DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mi hijo Carlos Tomás, quien llena mi vida de alegría, entusiasmo y de fuerzas para continuar cada día por el camino de la superación, a mis padres Cecilia y Carlos por ser siempre pilares importantes en mi formación como persona de bien, a mis hermanas Damaris, Cecilia, Yamara y Jennifer, a mis sobrinos Carlos Manuel y Alan José y a ti Ruby por estar siempre a mi lado compartiendo momentos de alegrías y tristezas A todos ellos mis muestras de cariño y agradecimiento.

A la memoria de mi abuelo Tomás Flores (q.e.p d.) mi guía en todo momento, a mi tío José y demás familiares que comparten conmigo la satisfacción de la superación y el deber cumplido

Dedico igualmente este trabajo a mis compañeros, colegas y amigos de maestría Juan Ramón y Manuel con quienes compartí momentos de satisfacción, alegrías y tristezas durante los años de estudio.

Con aprecio,

Carlos Solís G.

SUSTITUCIÓN DEL MAÍZ POR ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE *(Ipomoea batatas L.)* COMO FUENTE ENERGÉTICA EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN CRECIMIENTO.

RESUMEN

En Panamá las fuentes energéticas para alimentación animal provienen de granos importados como el maíz y derivados de granos y subproductos locales como la melaza En los últimos años estas fuentes han mantenido un aumento sostenido de precios a nivel nacional e internacional, lo que afecta la producción animal La búsqueda de fuentes energéticas no tradicionales de producción local y bajo costo posibilitan al cultivo del camote, debido a su adaptación a las condiciones agroclimáticas del país, ciclo corto de producción, rendimiento y contenido de almidón y azúcares simples a nivel del tubérculo y proteína a nivel del follaje El objetivo general de la investigación fue evaluar el nivel de sustitución del maíz en grano por ensilaje integral de camote *(Ipomoea batatas L)* como fuente energética en la alimentación de bovinos en crecimiento Para esto se trabajó en los objetivos específicos (a) evaluar el ensilaje integral de camote en términos de la respuesta animal (ganancia de peso, conversión alimenticia y digestibilidad de la ración), costo de alimentación y capacidad para sustituir al maíz en grano en raciones para animales en crecimiento; (b) determinar las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote; y (c) comparar la degradabilidad ruminal *in situ* del ensilaje integral de camote con la del maíz en grano Para el objetivo específico (a) se realizó un ensayo utilizando un diseño completamente al azar y 4 niveles de sustitución del maíz en grano por ensilaje integral de camote (0, 33, 75 y 100%, base seca), con igual número de repeticiones/tratamiento. Se utilizaron 16 animales Brahaman cruzados con peso vivo (PV) inicial promedio de 260 kg (4/tratamiento), manejados en corrales individuales, los que consumieron raciones isoenergéticas e isoproteícas a base de maíz molido, ensilaje integral de camote, torta de soya, torta de coquito, heno, urea y sal mineral Todos los animales recibieron 5 gr diarios de lasalocid sódico en la ración. Los resultados no muestran diferencias significativas entre tratamientos (P>0.05) para la ganancia de peso vivo (GPV), con valores de 1 35, 1 28, 1 50 y 1 35 kg/animal/día para 0, 33, 75 y 100% de sustitución, respectivamente El consumo de MS (CMS) y consumo de PC (CPC)/100 kg de PV disminuyeron a medida que aumentó el ensilaje en la ración, con valores de 2 70, 2 62, 2.59 y 2 56; 0 343, 0.323, 0.311 y 0 292 para cada tratamiento, respectivamente. Las conversiones alimenticias no fueron diferentes (P>0 05) entre tratamientos, con valores para la conversión alimenticia de la MS (CAMS) de 6 55, 6.23, 5.60 y 5 80 kg/kg de aumento de PV; conversión alimenticia de la proteína cruda (CAPC) de 0.834, 0 764, 0 675 y 0.745 kg/kg de aumento de PV y conversión alimenticia de la energía metabolizable (CAEM) de 18.05, 15 64, 14 26 y 14 91 Mcal/kg aumento de PV para 0, 33, 75 y 100% de sustitución, respectivamente, aunque las mismas presentaron un tendencia a disminuir a medida que aumentó el nivel de ensilaje en la ración La digestibilidad ***in vivo*** aparente para la MS (DAMS), PC (DAPC), FDN (DAFDN) y FDA (DAFDA), determinada utilizando la fibra

indigerible detergente ácida (FIDA) como marcador interno, fue superior para el tratamiento sin ensilaje (P<0.05), pero en general no difirieron entre los tratamientos con ensilaje (P>0 05) El consumo de NDT (CNTD) y consumo de EM (CEM), calculados a partir del CMS y DAMS, disminuyeron significativamente (P>0 099) en la medida que aumentó la sustitución del maíz por el ensilaje integral de camote El costo de producción del ensilaje integral resultó alto, B/.0 091/kg fresco, ya que se obtuvo un rendimiento de biomasa (tubérculo + follaje) bajo, producto de una fertilización y densidad de siembra baja Se estimó que al corregir estos factores el costo de producción del ensilaje integral puede reducirse a B/.0 052/kg fresco. El costo de alimentación (CAL, B/ /animal/día) disminuyó linealmente al aumentar el ensilaje integral de camote en la ración Al comparar el nivel 0 y 100 % de sustitución, utilizando el costo original de producción del ensilaje (B/ 0 091/kg fresco), el CAL disminuyó 27 7%, pero con el costo corregido (B/ 0 052/kg fresco) este disminuyó 44 1%, lo que indica la viabilidad económica del ensilaje integral del camote como fuente energética con respecto al maíz en grano en la alimentación de bovinos en crecimiento Para el objetivo específico (b) se realizó un ensayo utilizando tres animales (320 kg de PV) con cánula ruminal permanente, cada uno asignado a una ración con niveles de sustitución del maíz por ensilaje integral de camote de 0, 50 y 100 % (T_0, T_{50} y T_{100}). Posterior a un periodo de adaptación de nueve días, se tomaron muestras del líquido ruminal durante tres días consecutivos cada dos horas durante el periodo diurno. El pH disminuyó linealmente en función del tiempo, con valores promedio de 6 2, 5.8 y 6 1 para T_0, T_{50} y T_{100}, respectivamente. La prueba de homogeneidad de pendientes indicó diferencia significativa (P<0.05) entre animales o raciones. A medida que el nivel de ensilaje integral aumentó en la ración, el nivel de N-NH_3 disminuyó, con valores promedio de 14.16, 12.72 y 5.29 mg/dl para T_0, T_{50} y T_{100}, respectivamente, sin embargo, el ANOVA sólo indicó diferencia significativa (P>0 05) con respecto a T_{100} En función del objetivo específico (c), se determinaron los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la MS del maíz molido (MA) y ensilaje integral de camote (EN) con los animales fistulados y raciones descritas anteriormente Con el modelo de Ørskov y McDonald (1979), se obtuvieron valores de 44 31 y 43 14 % (P>0 9326), 50 14 y 40 15 % (P<0 0005), 0 0839 y 0.0745 %/hora (P>0 1341), 94 46 y 83 31 % (P<0 0003) y 8.26 y 9.39 horas (P<0.0015) para la fracción soluble (B_0), fracción no soluble (B_1), tasa de degradación de B_1 (k), degradabilidad potencial (D_p) y tiempo medio de degradación (t½) para MA y EN, respectivamente Prácticamente la máxima degradabilidad potencial (D_p) de ambos materiales se obtuvo alrededor de las 48 horas de incubación. Se concluye que bio-económicamente es viable la sustitución del maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos en crecimiento, principalmente a altos niveles de sustitución, las raciones con altos niveles de ensilaje integral de camote permitieron condiciones ruminales más favorables que las raciones a base de maíz en grano y el ensilaje integral de camote presentó buenos parámetros degradativos *in situ* que demuestran su potencialidad nutricional en raciones para bovinos

Palabras clave: ensilaje integral de camote, ganancia de peso vivo, eficiencia de conversión, parámetros fermentativos, degradabilidad ruminal.

Evaluation of substitution levels of corn for integral silage of sweet potato *(Ipomoea batatas L.)* as a feeding energy source in growing steers.

ABSTRACT

In Panama, energy sources for animal feeding come from imported grains like corn, byproducts and local products such as molasses. In recent years, these sources have maintained a steady increase in prices nationally and internationally affecting animal production. The search for non-traditional energy sources and low-cost local production enable the sweet potato (***Ipomoea batatas L.***), because of its adaptation to the growing conditions of the country, short production cycle, yield and starch and simple sugars content of tuber and protein level of the foliage The overall objective of this work was to assess the level of substitution of corn grain for integral silage of sweet potato as a feed energy source for growing cattle For this we worked on specific objectives: (a) to evaluate the integral silage of sweet potato in terms of animal performance (weight gain, feed conversion and digestibility of the ration), feed cost and ability to replace corn grain in feed for growing animal, (b) to determine the rumen fermentation characteristics at different levels of substitution of corn grain for integral silage of sweet potato, and (c) to compare the ***in situ*** rumen degradability of integral silage of sweet potato with the corn grain diet For the specific objective (a) a trial was performed using a completely randomized design and 4 levels of substitution of corn grain for integral silage of sweet potato, (0, 33, 75 and 100%, dry basis) with an equal number of repetitions per treatment Sixteen cross breed Brahman were used with average initial live weight (BW) of 260 kg (4/treatment), managed in individual pens, consuming isoenergetic and isoproteic rations based on ground corn, integral silage of sweet potato, soybean, palm oil byproduct, hay, urea and mineral salt Daily, all animals received 5 g of lasalocid sodium in the diet. The results did not show significant differences between treatments (P> 0.05) for live weight gain (BWG), with values of 1 35, 1 28, 1.50 and 1.35 kg / animal / day for 0, 33, 75 and 100% of substitution, respectively. Dry matter (DMI) and crude protein intake (CPI) / 100 kg of BW decreased as increased the silage in the ration, with values of 2 70, 2 62, 2 59 and 2.56; 0 343, 0 323, 0 311 and 0 292 for each treatment, respectively Feed conversions was not different (P> 0.05) between treatments, values for feed conversion of DM were (DMFC) 6 55, 6 23, 5.60 and 5 80 kg / kg of BW increased, feed conversion of crude protein (CPFC) were 0 834, 0 764, 0 675 and 0.745 kg / kg kg of BW increased and feed conversion of metabolizable energy (MEFC) were 18 05, 15.64, 14 26 and 14 91 Mcal / kg of BW increased, for 0, 33, 75 and 100% substitution, respectively, although they had a tendency to decrease as increase the level of silage in the ration The apparent ***in vivo*** digestibility of DM (DMAD), PC (CPAD), NDF (NDFAD) and ADF (ADFAD),

determined using indigestible acid detergent fiber (INDF) as internal marker, was superior to treatment without silage (P <0 05), but overall was not different between silage treatments (P> 0 05). Total nutrient digestible intake (TNDI) and ME intake (MEI), calculated from the DMI and DMAD, decreased significantly (P> 0 099) with increasing the substitution of corn silage for integral silage of sweet potato. The cost of integral silage production was high, B/ 0 091/kg fresh because the low yield of biomass (tuber + foliage), produced by a low fertilization and planting density It was estimated that correcting these factors the cost of integral silage production can be reduced to B/ 0 052/kg fresh The feeding cost (FC, B / / Animal / day) decreased linearly with increasing the amount of integral sweet potato silage in the ration By comparing the 0 and 100% of substitution, using the original cost of silage production (fresh B/ 0 091/kg), the FC decreased 27.7%, but with the adjusted cost (B/.0.052/kg cool) this decreased 44 1%, indicating the economic viability of integral silage of sweet potato as an energy source compared to corn grain in growing cattle diet For the specific objective (b) a trial was carried out using three animals (320 kg of BW) with permanent ruminal cannula, each one assigned to a ration with substitution levels of corn for integral sweet potato silage of 0, 50 and 100% (T_0, T_{50} and T_{100}) Following an adaptation period of nine days, rumen fluid samples were collected for three consecutive days every two hours during the day Rumen pH decreased linearly with time, with mean values of 6 2, 5.8 and 6.1 for T_0, T_{50} and T_{100}, respectively The test of homogeneity of slopes indicated a significant difference (P <0 05) between animals or rations As the level of integral silage in the ration was increased, the level of N-NH_3 decreased, with means values of 14.16, 12 72 and 5.29 mg / dl, for T_0, T_{50} and T_{100}, respectively However, the ANOVA only indicated significant difference (P> 0 05) for T_{100} Depending on the specific objective (c), rumen degradability parameters were determined ***in situ*** for ground corn (MA) and integrated silage of sweet potato (EN) using the fistulated animals and rations described above Using the model of Ørskov and McDonald (1979), the degradability values were 44.31 and 43.14 % of (P> 0 9326), 50 14 and 40 15 % (P <0 0005), 0.0839 and 0.0745 % / hour (P> 0.1341), 94 46 and 83.31 % (P <0 0003) and 8.26 and 9.39 hours (P <0 0015) for the soluble fraction (B_0), insoluble fraction (B_1), B_1 degradation rate (k), potential degradability (PD) and degradation half-time (tm) to MA and IN, respectively Practically, the maximum potential degradability (PD) of both materials was around 48 hours of incubation We conclude that substitution of corn grain for integral silage of sweet potato in growing cattle rations is bio economically viable, mainly to high levels of substitution; rations with high levels of sweet potato silage allowed rumen conditions more favorable than those rations based on corn grain, integrated silage of sweet potato made good ***in situ*** degradability parameters that demonstrate its nutritional potential for cattle rations

Keywords: Integral silage of sweet potato, live weight gain, feed conversion efficiency parameters, fermentation, rumen degradability.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO III

DEDICATORIA V

RESUMEN VI

ABSTRAC VIII

INDICE DE CONTENIDO X

INDICE DE CUADROS XIV

ÍNDICE DE GRÁFICAS XVIII

INDICE DE ANEXOS XIX

INTRODUCCIÓN 1

JUSTIFICACIÓN 4

Objetivos 5

Hipótesis 6

Revisión de literatura 7

1. 0. Descripción general del camote 7

2.0. Características agronómicas 9

3.0. Preparación del suelo 11

4.0. Propagación de la semilla 12

5.0. Siembra 12

6.0. Fertilización 13

7.0. Cosecha 14

8.0. Cultivares recomendados para el país 14

9.0. Costos de producción del camote 19

10.0. Composición química y calidad nutritiva 19

11.0. Formas de utilización por los animales 22

METODOLOGÍA 36

ENSAYO 1: Evaluación bio-económica de diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de

camote en raciones para bovinos machos en crecimiento 36
A. Producción del ensilaje integral de camote 36
a.1. Cultivo del camote 36
a.2 Confección del ensilaje 40
a 3 Determinación del costo de producción del ensilaje 43
B. Evaluación de la respuesta animal 44
b.1. Ganancia de peso vivo y conversión alimenticia 44
b.2. Digestibilidad *in vivo* de las raciones. 52
b.3. Costo de alimentación y costo equivalente de reemplazo del maíz en grano 57
ENSAYO 2: Determinación de las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos en crecimiento 59
A. Características fermentativas ruminales 59
a 1 Determinación de las características fermentativas ruminales 59
a 2. Parámetros químicos a medir. 63
a.3 Modelo y análisis estadístico 65
ENSAYO 3: Evaluación comparativa de la cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS del grano de maíz y ensilaje integral de camote 67
A. Evaluación de la cinética de degradación 67
a.1. Degradabilidad ruminal in situ 67
a.2. Parámetros a medir 69
a.3. Modelo y análisis estadístico 70
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 71
ENSAYO 1: Evaluación bio-económica de diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de

camote en raciones para bovinos machos en crecimiento.. 71
A. Producción del ensilaje integral de camote. 71
a.1 Cultivo del camote 71
a 2 Confección del ensilaje 73
a.2 1 Rendimiento en campo y relación follaje-tubérculo.. . 73
a.2.2 Cosecha y picado del material 74
a 3 Determinación del costo de producción del ensilaje . 76
a 3 1 Costo de producción del cultivo 76
a.3.2 Costo de elaboración del ensilaje. 78
a 3.3 Costo de producción del ensilaje 79
B. Evaluación de la respuesta animal 80
b 1 Ganancia de peso vivo y conversión alimenticia ... 80
Variable Ganancia de peso vivo (GPV, kg/animal/día). 80
Variable: Consumo de materia seca (CMS/100kg de PV) . 83
Variable. Consumo de Proteína Cruda (CPC/100kg de PV) 87
b.2 Digestibilidad *in vivo* de las raciones . . . 89
Variable: Digestibilidad aparente de la MS (DAMS). . 89
Variable: Digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO) 92
Variable: Digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC) 93
Variable: Digestibilidad aparente de la fibra detergente neutra (DAFDN).. 95
Variable: Digestibilidad aparente de la fibra detergente ácida (DAFDA).. 96
Variable: Consumo de nutrientes digeribles totales (CNDT), energía digestible (CED) y energía metabolizable (CEM) 98
Variable Conversión alimenticia de la MS (CAMS). . . 103
Variable: Conversión Alimenticia de la PC (CAPC) 104

Variable: Conversión alimenticia de la EM (CAEM) . . . 106
b 3 Costo de alimentación y costo equivalente de reemplazo del maíz en grano. 108
Variable. Costo de alimentación (CAL) 108
Variable: Costo equivalente de reemplazo del maíz en grano (CERM)... 112
ENSAYO 2: Determinación de las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos en crecimiento.. 113
A. Características fermentativas ruminales 113
a.1. Determinación de las características fermentativas ruminales . 113
Variable: pH ruminal 113
Variable: Concentración de Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$) en el líquido ruminal (mg/dl). 117
Variable. Concentración de AGV en el líquido ruminal 122
ENSAYO 3: Evaluación comparativa de la cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS del grano de maíz y ensilaje integral de camote 122
Variable: Degradabilidad de la fracción soluble (B_0) de la MS. 122
Variable. Degradabilidad de la fracción no soluble (B_1) de la MS 124
Variable. Tasa de degradación (k) de la MS.. 126
Variable: Degradación potencial (D_p) de la MS... 127
Variable: Tiempo medio de degradación ($t_{½}$) de la MS 128
CONCLUSIONES..... 131
RECOMENDACIONES.... 132
BIBLIOGRAFÍA. 133
ANEXOS. 154

INDICE DE CUADROS

Nº	TÍTULO	PÁGINA
I	Fortalezas del cultivo del camote	10
II	Rendimientos promedios de follaje y tubérculo de las variedades utilizadas.....	15
III	Rendimientos de tubérculo y follaje de tres variedades de camote bajo tres densidades de siembra en Gualaca-Chiriquí-Panamá	16
IV	Caracterización bromatológica del follaje y la raíz de diferentes genotipos de batata	21
V	Ganancia de peso (kg/an/día) en toretes alimentados con diferentes combinaciones raíces y follaje de camote	28
VI	Degradabilidad ruminal de la MS y la MO del ensilaje de camote...	31
VII	Composición química y pH de microsilos de batata de rechazo	32
VIII	Parámetros químicos y fermentativos del ensilaje del tubérculo de camote..	33
IX	Composición química (base seca) de ensilados de follaje y raíz comercial de camote...	35
X	Herbicidas utilizados para el control de malezas durante el desarrollo cultivo y su lugar de aplicación	39
XI	Composición bromatológica (base seca) de los ingredientes utilizados	46
XII	Composición de los suplementos secos para cada tratamiento....	46

Nº	TÍTULO	PÁGINA
XIII	Composición (base seca) de las raciones experimentales...	47
XIV	Esquema de alimentación utilizado en la fase de adaptación.	50
XV	Cantidad de ración, proteína cruda y energía metabolizable ofrecida a los animales/ 100 kg/PV, base seca	50
XVI	Esquema utilizado para la determinación de la digestibilidad *in vivo*, aplicado a cada animal	56
XVII	Composición en base seca de las raciones experimentales	60
XVIII	Composición (base fresca) de los suplementos secos para cada tratamiento	60
XIX	Esquema de alimentación y cantidades de ración (base fresca) suministradas.	63
XX	Distribución de los diferentes tiempos y la cantidad de bolsas de nylon incubadas por animal.	70
XXI	Costo de producción del cultivo/ha	77
XXII	Costo de elaboración del ensilaje integral de camote	78
XXIII	Costo de producción del ensilaje integral de camote.	80
XXIV	Peso vivo y ganancia de peso vivo (GPV) promedio de los animales por tratamiento...	82
XXV	ANOVA para la ganancia de peso vivo diaria (GPV)	83
XXVI	Caracterización bromatológica (base seca) de los ingredientes de las raciones experimentales	85
XXVII	Parámetros de consumo de MS promedio en la fase de evaluación	86

Nº	TÍTULO	PÁGINA
XXVIII	ANOVA para la variable consumo de CMS/100 kg de PV	86
XXIX	Parámetros de consumo de PC promedio en la fase de evaluación	88
XXX	ANOVA para la variable Consumo de Proteína Cruda (CPC/100kg de PV)..	89
XXXI	Digestibilidad aparente de la MS (DAMS, %)	91
XXXII	ANOVA para la digestibilidad aparente de la MS (DAMS)	91
XXXIII	Digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO, %)	92
XXXIV	ANOVA para la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO)	93
XXXV	Digestibilidad aparente de la PC (DAPC, %)	94
XXXVI	ANOVA para la digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC)..	94
XXXVII	Digestibilidad aparente de la FDN (DAFDN, %).	96
XXXVIII	ANOVA para la digestibilidad aparente de la FDN (DAFDN)	96
XXXIX	Digestibilidad aparente de la FDA (DAFDA, %).	97
XL	ANOVA para la Digestibilidad aparente de la FDA (DAFDA).	98
XLI	Consumo de nutrientes digeribles totales (CNDT), energía digestible (CED) y energía metabolizable (CEM)	101
XLII	ANOVA para Consumo de EM (Mcal, 100 kg de peso vivo)	102
XLIII	Estimación del contenido de EM del ensilaje integral de camote	102
XLIV	Conversión alimenticia de la MS (CAMS, kg de MS consumida/kg de aumento de peso vivo)	104
XLV	ANOVA para la variable Conversión de la MS (CAMS)	104
XLVI	Conversión alimenticia de la PC (CAPC, kg de PC consumida/kg de aumento de peso vivo)...	105

Nº	TÍTULO	PÁGINA
XLVII	ANOVA para la variable Conversión alimenticia de la PC (CPC)	106
XLVIII	Conversión alimenticia de la EM (CAEM, Mcal de EM consumida/kg de aumento de peso vivo).	107
XLIX	ANOVA para la variable Conversión alimenticia de la EM (CAEM)	107
L	Costo de alimentación (CAL, B/./100 kg peso vivo/día)	110
LI	ANOVA para el costo de alimentación (CAL, B/./100 kg peso vivo/día)	110
LII	Costo equivalente de reemplazo de 10 kg de maíz en grano por ensilaje integral de camote	113
LIII	Concentración de N-NH_3 en el líquido ruminal (mg/dl)	120
LIV	ANOVA para la variable concentración de N-NH_3 en el líquido ruminal	120
LV	Valores de parámetros de degradabilidad ruminal	124
LVI	ANOVA para B_0 de la MS	124
LVII	ANOVA para B_1 (fracción no soluble, pero lentamente degradable) de la MS	126
LVIII	ANOVA para tasa constante de degradación (k) de la MS	127
LIX	ANOVA para Dp (degradación potencial de la MS)	128
LX	ANOVA para el tiempo medio de degradación ($t_{½}$) de la MS	129

INDICE DE GRÁFICAS

Nº	TÍTULO	PÁGINA
1	Costo de alimentación (CAL B/ 100 kg de PV/día)	111
2	Costo de alimentación (CAL B/ an/día).	111
3	Comportamiento promedio del pH ruminal por ración	116
4	Prueba de homogenidad de pendientes para la variable pH	117
5	Comportamiento diario de N-NH3 (mg/dl).. . .	121
6	Comportamiento promedio del $N\text{-}NH_3$ por ración (mg/dl) ..	121
7	Degradación ruminal *in situ* de la MS del maíz molido y del ensilaje integral de camote...	130

INDICE DE ANEXOS

TÍTULO	PÁGINA
Cultivo de camote de camote..	155
Diferentes métodos de cosecha y picado del material cosechado....	156
Confección del ensilaje integral de camote (tubérculo más follaje)	157
Ingredientes para la preparación de las diferentes raciones experimentales.....	158
Infraestructura utilizada	159
Animales consumiendo sus respectivas raciones.	159
Muestras para determinar la digestibilidad aparente de las raciones experimentales	159
Determinación de parámetros fermentativos y degradabilidad ruminal mediante el uso de animales fistulados.....	160

INTRODUCCIÓN

El camote o boniato *(Ipomoea batatas L)* es originario de Centroamérica, ocupa el séptimo lugar en la producción agrícola mundial después del trigo, arroz, maíz, papa, cebada y yuca, con 126 millones de ton/año que se producen en más de 100 países China es el principal productor, quien produce el 85% de la producción mundial, donde se utiliza como base en la alimentación de cerdos. En América, Estados Unidos, Brasil y Cuba ocupa el primer, segundo y tercer lugar, respectivamente, en este último país es catalogado como un cultivo de primera necesidad (FAO, 2005, FAO, 2007) En Panamá no constituye un cultivo de importancia comercial y se cultiva en diferentes áreas, principalmente en Azuero Experimentalmente se han reportado rendimientos promedios de hasta 60 ton de material fresco/ha (E Ruíz, comunicación personal, IDIAP, Los Santos, 2010)

El camote es un cultivo que se adapta a una gran variedad de climas y condiciones agropecuarias tropicales, con buenas distribuciones de precipitación pluvial, lo que le permite un crecimiento continuo durante todo el año (Gómez y Fernández, 2002) Este es un cultivo versátil, ya que se puede utilizar en diferentes formas, fresco (follaje y tubérculo), ensilado (follaje, tubérculo, integral), cocido y seco en hojuelas, harina y comprimidos, tanto en monogástricos (cerdos, ave, tilapias, perro y gato) como rumiantes (bovinos, caprinos y ovinos)

González y Tepper (s f) indican que la composición química de la raíz de camote (tubérculo o batata) muestra variabilidad en términos de materia seca (24 a 32 %), proteína cruda (2 9 a 8 0 %), almidones (45.2 a 57 4%) y energía bruta (3844 a 4075 Kcal/kg), en base al cual se comporta como un recurso energético; además el follaje, contiene 13 5 a 15 8 % de materia seca, 18.6 a 22 8 % de proteína cruda, 18 6 a 22 8 % de FDN, 13 6 a 26 6 % de FAD y 9 a 8 4 % de lignina (http //www sian info ve/porcinos/eventos/peru/carlosgtepper htm) El almidón de la batata está compuesto en su mayor parte por amilopectina (60-70%) y es fácilmente digestible en todas las especies, esta también presenta un contenido apreciable en azúcares (7,5%), principalmente sacarosa y hemicelulosas (5%), con un bajo grado de lignificación (FEDNA, 2003)

El ensilaje consiste en la fermentación anaeróbica de un substrato orgánico (restos vegetales, etc) con fines de alimentación animal El ensilaje de camote puede resultar práctico para la alimentación del ganado, ya que se utiliza en forma integral (tubérculo y follaje) Con el ensilaje de forraje y/o raíz de camote se logran buenas características fermentativas y nutricionales, con valores promedios para proteína de 12 2, 7 8 y 10 2 %, base seca, para el ensilado de follaje, tubérculo y material integral (tubérculo + follaje) respectivamente, (Sánchez, 1996)

En Panamá, el recurso alimenticio básico para bovinos es la pastura, pero las principales fuentes para alimentación suplementaria provienen básicamente

de granos importados como el maíz, pulidura de maíz, afrecho de trigo, torta de soya y subproductos de destilería producidos localmente como la melaza, estos mismos recursos constituyen la dieta básica de la producción porcina y aviar La demanda creciente de estas fuentes energéticas para actividades industriales como la producción de alcohol han generado importantes aumentos sostenidos de precios en los últimos años, aunado a problemas de disponibilidad y limitaciones de practicidad y precio, lo que ha limitado su utilización en alimentación animal y ha obligado a buscar otras alternativas en alimentación para suplir tal demanda En este sentido, el cultivo de camote se presenta como una alternativa potencial, ya que es fuente de energía y de proteína

En Panamá existe poca información de investigación y experiencia sobre la producción y utilización del camote en la alimentación animal, excepto algunos trabajos agronómicos (Batista, 2003, Ruíz, 2004) y de ensilajes (Ruiloba, 2005ab) realizados en el IDIAP Estos trabajos agronómicos iniciales indican que el camote se adapta a las condiciones agro climáticas del país y que materiales disponibles como Tainung 66, CIP-40005-8 y CIP- 440046-14 presentan producciones promedios de 45 4, 23 4 y 36 2 toneladas frescas de tubérculo y 40 3, 32 2 y 48.1 toneladas frescas de follaje /ha (Batista, 2003)

JUSTIFICACIÓN

La justificación de esta propuesta se fundamenta en la búsqueda de alternativas energéticas que no compitan con la alimentación humana y que contribuyan a reducir los costos de la alimentación bovina Es así que el cultivo del camote representa una alternativa a esta problemática debido a su adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, Ruiz *et al* , (2009) y Raudez y Poveda (2004), alta producción de biomasa fresca (Ruiz *et al.*, 2009) y características químicas-nutricionales adecuadas para la alimentación de bovinos (FEDNA, 2003) Por otro lado, este puede ser competitivo en costo con las fuentes energéticas tradicionales como el maíz en grano y melaza Actualmente, el maíz en grano y melaza presentan costos en el mercado local de aproximadamente B/.0.50 y 0 12/kg MS, respectivamente En cambio, estimaciones basadas en datos de Ruiz *et al* , (2009) indican que el tubérculo de camote puede tener un costo aproximado de B/ 0 034/kg fresco (0 10/kg MS), lo que lo posibilita como una alternativa energética a fuentes tradicionales

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el nivel de sustitución del maíz en grano por ensilaje integral de camote *(Ipomoea batatas L)* como fuente energética en la alimentación de bovinos en crecimiento

Objetivos específicos:

1. Evaluar el ensilaje integral de camote en términos de la respuesta animal (ganancia de peso, conversión alimenticia y digestibilidad de la ración) y costo de alimentación así como su capacidad para sustituir al maíz en grano en raciones para animales en crecimiento
2. Determinar las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote
3. Comparar la degradabilidad ruminal *in situ* del ensilaje integral de camote con la del maíz en grano

HIPÓTESIS

En función del objetivo específico 1, las hipótesis son:

Ho: El ensilaje integral de camote, como fuente energética, es igual al maíz en grano en términos de respuesta animal (ganancia de peso, eficiencias de conversión alimenticia) en la alimentación de bovinos en crecimiento

Ha: El ensilaje integral de camote, como fuente energética, no es igual al maíz en grano en términos de respuesta animal (ganancia de peso, eficiencias de conversión alimenticia) en la alimentación de bovinos en crecimiento.

En función del objetivo específico 2, las hipótesis son:

Ho: El patrón de fermentación (pH, $N\text{-}NH_3$) de raciones a base de ensilaje integral de camote es igual al patrón de fermentación de una ración a base de maíz en grano

Ha: El patrón de fermentación (pH, $N\text{-}NH_3$) de raciones a base de ensilaje integral de camote no es igual al patrón de fermentación de una ración a base de maíz en grano

En función del objetivo específico 3, las hipótesis son:

Ho: La degradación ruminal del ensilaje integral de camote es igual a la del maíz en grano

Ha: La degradación ruminal del ensilaje integral de camote no es igual a del maíz en grano

REVISIÓN DE LITERATURA

1. 0. Descripción general del camote:

El camote es una planta perenne, cultivada anualmente, que pertenece a la familia de convolvuláceas (Convolvulaceae) A diferencia de la papa, que es un tubérculo o esqueje engrosado, el camote es una raíz reservante El tallo es generalmente largo y rastrero, aún cuando existen variedades con tallos cortos y erectos, que se traducen en facilidades para la cosecha La forma de las hojas varía con el cultivar, desde acorazonadas hasta en forma de palma de mano con incisiones pronunciadas (González, 1994) Las raíces son abundantes, ramificadas, tuberosas y voluminosas, produciendo tubérculos de formas y colores variados según la variedad, su carne es excelente, azucarada y rica en almidón, con un elevado contenido en caroteno y vitamina C y una proporción apreciable de proteínas (Ruíz *et al* , 2009)

El camote ocupa actualmente el séptimo lugar en la producción mundial después del trigo, arroz, maíz, papa, cebada y yuca, con una producción de 126 millones de toneladas/año (FAO, 2007) En América Latina la producción de camote se ha estancado o contraído, aún así, la tasa de crecimiento proyectada para el camote como alimento humano para el periodo 1993 al 2020 es de 2 7% anual (Scott *et al* , 2000)

El cultivo de camote especialmente las raíces (tubérculos) contienen factores anti-nutricionales (inhibidores de tripsina) que son disminuidos por procesos como el ensilaje (Peters *et al* 2000), es altamente rendidor, con producciones mayores a 50 toneladas de materia fresca/ha, del cual se puede aprovechar el tubérculo y follaje Este cultivo es energético, permite hasta dos ciclos/año, es de fácil propagación y se adapta a diferentes ecosistemas (Gómez y Fernández, 2002)

La siembra de camote se viene incrementando ligeramente a nivel mundial debido a ciertas ventajas económicas que tiene su cultivo entre las que podemos citar la rusticidad, bajo requerimiento de fertilizantes y alto rendimiento por unidad de superficie (Gómez y Fernández, 2002) Un aspecto importante en este cultivo es que su producción es fácil y económica y rinde más carbohidratos por hectárea que otro tipo de tubérculos (Truong *et al* , 1986)

Ortega y Marcano (2004) indican que en proyección las raíces y tubérculos presentan un futuro promisorio, especialmente para la batata en países en desarrollo, futuro que está relacionado con su uso para productos industriales y consumo humano y animal, así el uso masivo de la batata en alimentación animal reduce la importación de granos, lo que reduce la presión del precio internacional de los granos para otros países en desarrollo.

Montaldo (1991) sostiene que el camote se clasifica en dos tipos según su utilización tipo pulpa seca y tipo pulpa húmeda En Asia se prefiere el de pulpa seca, dura, blanca, con alto contenido de almidón, poca proteína y carotenos que se utiliza en la industria de extracción del almidón, producción de alcohol y alimentación animal, mientras que en los paises de Occidente se utiliza principalmente para la alimentación humana, por lo que se prefiere que tenga más proteína y caroteno.

2.0. Características agronómicas:

El camote se adapta desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altura, sin embargo, para establecer plantaciones comerciales con buenos rendimientos se cultiva entre los 0 y 900 msnm, donde se presentan temperaturas de 20 a 30°C Este requiere de 12 a 13 horas diarias de luz (Ruíz *et al.*, 2009), se adapta a suelos francos a franco arenosos con buena aireación, buena nivelación, bien drenados aunque se produce en suelos pesados siempre que se hagan camas y zanjas de drenaje que liberen las aguas fuera del plantío (Bonilla, 2009) y pH entre 4 5 a 7 5 (Valdivia, s f) Si el suelo es muy fértil, el desarrollo de hojas y tallos es muy vigoroso, pero su rendimiento de raíces es muy bajo al igual que su calidad, las raíces de mejor calidad (tamaño y uniformidad) se obtienen en suelos arenosos y pobres, aunque los rendimientos son bajos Otros autores como Vieira *et al* , (2001) sostienen que el camote tiene un rango altitudinal óptimo de 0 a 2000 msnm, se adapta a climas calientes, suelos de cualquier textura, requiere una precipitación pluvial de 750 a 1250

mm/año y es más exigente en agua en la fase de crecimiento. Al acercarse la cosecha, la reducción del agua mejora la formación y calidad de tubérculos, el agua en exceso provoca demasiado crecimiento vegetativo, pocos tubérculos y la pudrición de ellos Fuglie (2007) sostiene que en condiciones tropicales un factor importante es la posibilidad de encontrar materiales de camote que se adapten bien a diferentes condiciones ambientales y que su rendimiento permita el desarrollo del cultivo como una alternativa viable económicamente Sin embargo, Ortega-Cartaya (1998) presentan (Cuadro I) un resumen de las fortalezas del cultivo, incluidas características, rangos edafoclimáticos y productivos del mismo

Cuadro I. Fortalezas del cultivo del camote.

Características	Fortalezas
Ciclo vegetativo	Corto (3-6 meses)
Tipo de plantación	Anual
Tipo de propagación	Vegetativa (esquejes, raíces)
Adaptación climática	
* Altura	Hasta 2000 msnm
* Temperatura óptima	24 °C
Resistencia a vientos	Muy alta
Resistencia a sequía	Sí
Potencial para mecanización	Alto
Requerimiento de fertilizantes	Bajo
Requerimiento de materia orgánica	Bajo
Período de conservación en el suelo	Alto

Potencialidades de rendimiento	
* Raíces	Alto (30 – 40 t fresco/ha)
* Follaje	Muy Alto (25 – 30 t fresca/ha)

Fuente: Ortega-Cartaya (1998)

3.0. Preparación del suelo:

Esta es una labor importante ya que asegura un buen control de malezas y facilita las condiciones para un mejor desarrollo del cultivo. Esta labor debe iniciarse entre 45 y 60 días antes de la siembra. Se deben realizar labores como el subsolado, arado, rastreado y surcado

Subsolado: Se recomienda cuando el terreno a utilizar para la siembra se encuentra compactado, esta labor se realiza sólo cuando sea necesario

Arado: Se realiza con la finalidad de romper y voltear las primeras capas de suelo e incorporar las malezas El disco debe cortar entre 30 y 40 cm de profundidad.

Rastreado: Es recomendable dos pases de rastra para desmenuzar adecuadamente el suelo y facilitar un buen desarrollo de las raíces y tubérculos, así como el control de malezas

Surcado: Esta labor es importante ya que es la que construye la cama o camellones donde se siembra y desarrolla el cultivo, además sirve para el manejo del exceso de agua y evitar encharcamientos Debe ser alto (30-40 cm) y ancho (0 80 a 1 0 m).

4.0. Propagación de la semilla:

El camote se reproduce en dos formas, sexual y asexualmente. Sexualmente se reproduce con la semilla verdadera, la cual se obtiene de la misma planta La reproducción asexual, que es la forma de reproducción más utilizada, puede realizarse de dos formas· utilizando trozos de tubérculos o por bejucos La siembra con tubérculos incrementa los costos de transporte, mientras que la siembra con bejucos es el método más efectivo, ya que se dispone de material vegetativo durante todo el año (Ruíz *et al.*, 2009) En Cuba, investigaciones realizadas en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT, 2004), indican que la siembra con esquejes o bejucos es el método más fácil y comúnmente utilizado, técnica y económicamente, para multiplicar o propagar el cultivo debido a su naturaleza rústica, amplia adaptabilidad y ciclo corto

5.0. Siembra:

En Panamá, específicamente en la región de Azuero, la siembra se realiza cuando se establecen las lluvias, en los meses de agosto o septiembre (Ruíz y Batista, 2006), aunque en regiones donde las lluvias se establecen desde abril a diciembre se puede dar varios ciclos al año (Ruíz *et al* , 2009) El camote es un cultivo que crece en el trópico durante todo el año En Perú el camote se siembra todo el año http //www apades org/cultivos/camo htm y en Cuba indican puede sembrarse durante todos los meses del año (INIVIT, 2004)

6.0. Fertilización:

En Panamá, especialmente en la región de Azuero, se recomienda aplicar abono completo a razón de 36.8 kg (N)/ha, 32 kg (P)/ha y 80 kg (K)/ha, así permite alcanzar rendimientos entre 30 y 40 ton de tubérculo/ha (Ruíz *et al*, 2009)

Jacob y Uexkull (1973) sostienen que el camote requiere 50kg/ha de N, 150 kg/ha de P_2O_5 y 200 kg/ha de K_2O Huamani (2006) señala que los elementos indispensables para este cultivo son NPK a razón de 60, 40 y 40 kg/ha, respectivamente Chamba (s f.) cita que en Argentina los suelos destinados a la producción de camote no se fertilizan por considerarse que la misma es una planta rústica que produce excelentes cosechas con la sola necesidad de buenas condiciones climáticas Silva *et al.*, (2004) informan que en Brasil cuando se siembra el camote seguido de otro cultivo que haya sido fertilizado, por lo general no es necesario volver a aplicar fertilizante al suelo, aunque en base al análisis del contenido mineral este cultivo extrae 60 a 133 kg de N, 20 a 45,7 kg de P_2O_5, 100 a 236 kg de K_2O, 31 a 35 kg de CaO y 11 a 13 kg de MgO/ha, con una producción de 13 a 15 t/ha, estos autores agregan que la extracción de nutrientes depende del cultivar, características físicas y químicas del suelo, clima y ciclo del cultivo.

7.0. Cosecha:

En relación a la cosecha, esta puede realizarse todo el año, las variedades precoses pueden cosecharse después de los 90 días y las tardías a los 150 días. Los parámetros para determinar la cosecha son. edad del cultivo, maduración de las hojas, defoliación y agrietamiento de la tierra alrededor de la planta, lo que denota el crecimiento del tubérculo (Ruíz *et al.,* 2009) Para cosechar el tubérculo o raíz, Folquer (1978) y Montaldo (1991) indican que primero cortan las guías o bejucos con machete y las colocan entre los surcos, y la extracción de los tubérculos del suelo puede hacerse con herramientas manuales como la azada o la coa, esto si se trata de pequeñas parcelas, en grandes extensiones se efectúan dos o tres pases de arado, para "destapar" los tubérculos, los que se recogen manualmente

8.0. Cultivares recomendados para el país:

Panamá es un país que no tiene tradición en la producción de camote, pero se están realizando esfuerzos en variedades tanto para consumo humano como para alimentación animal En el IDIAP, investigaciones realizadas por Batista (2003) con el propósito de iniciar esfuerzos experimentales para la utilización del camote en alimentación animal, iniciaron con una recolección de materiales promisorios en el país para una selección agronómica a nivel de Gualaca, Panamá, en el cual se evaluaron siete variedades disponibles, entre las cuáles podemos mencionar las siguientes. CIP-40005-8, CIP-440077-22, CIP-440082-24, CIP-440046-14, CIP-40000-3, DLP-3851 y Taignum-66. En el Cuadro II se

presentan los rendimientos promedios de tubérculo y follaje, destacándose la variedad Taignum-66, CIP-40005-8 y CIP-440046-14

Cuadro II. Rendimientos promedios de follaje y tubérculo de las variedades utilizadas.

VARIEDAD DE CAMOTE	RENDIMIENTO, Kg. fresco/planta		
	TUBÉRCULO	FOLLAJE	TOTAL
CIP-40005-8	1.136	1 136	2.273
CIP-440077-22	0 182	0.636	0 818
CIP-440082-24	0 136	0.636	0 772
CIP-440046-14	0.818	0 909	1.727
CIP-40000-3	0.682	0 909	1.591
DLP-3851	0 091	0.591	0.682
Taignum-66	**1.045**	**1.273**	**2.318**

Fuente: Batista, 2003

Ruiz (2004) realizó una caracterización y evaluación agronómica de 24 clones de camote en Azuero, Panamá, donde los cultivares evaluados expresaron una máxima producción promedio de tubérculos de 1070 gr/planta (24 t/ha) La máxima producción de follaje fue de 1,362 5 gr/planta (54 t/ha) Se determinaron tres cultivares con buenos promedios de producción de tubérculos y forraje, con los porcentajes cercanos a los requeridos para consumo humano y animal (40% tubérculos y 60% follaje) Los tres cultivares seleccionados con mayor producción y mejor proporción pertenecen a la colección nacional DLP 3858, 3869 y 3890. Batista (2005), trabajando con las mejores variedades de

ensayos anteriores en cuanto comportamiento y rendimiento de tubérculo y follaje (Taignum-66, CIP-40005-8 y CIP-440046-14), realizó un trabajo de densidad de siembra con la finalidad de estudiar como esta afecta el rendimiento del camote, encontrando que el rendimiento de tubérculo no resultó muy afectado, en cambio, el rendimiento de follaje se incrementó en la medida que la densidad de siembra aumentó En términos de variedad, Taignum-66 presentó el mayor rendimiento de tubérculo, pero la CIP-440046-14 presentó el mayor rendimiento de follaje, tal como se aprecia en el Cuadro III

Cuadro III. Rendimientos de tubérculo y follaje de tres variedades de camote bajo tres densidades de siembra en Gualaca-Chiriquí-Panamá.

VARIEDAD	DENSIDAD DE SIEMBRA, plantas/ha	RENDIMIENTO, ton. materia fresca/ha		
		TUBÉRCULO	FOLLAJE	TOTAL
CIP-40005-8	33,333	26 6	29 9	56 5
CIP-40005-8	41,666	27 0	33 3	60 3
CIP-40005-8	55,555	16 6	33 4	50 0
Promedio		**23.4**	**32.2**	**55.6**
Taignum-66	33,333	38 3	30 0	68 3
Taignum-66	41,666	48 0	41 0	89 0
Taignum-66	55,555	50 0	50 0	100 0
Promedio		**45.4**	**40.3**	**85.8**
CIP-440046-14	33,333	33 0	45 0	78 0
CIP-440046-14	41,666	37 4	43 7	81 1
CIP-440046-14	55,555	38 3	55 5	94 3
Promedio		**36.2**	**48.1**	**84.5**

Fuente: Batista, 2005

Batista (2005), evaluando el comportamiento productivo de la variedad Taignum-66 en Los Santos, encontró que el rendimiento de tubérculo y follaje fue de 40.0 y 24 7 toneladas de material fresco/ha, respectivamente y que estos resultados son superiores en un 20 0 % a los encontrados en Gualaca, pero la producción de follaje fue similar y que esta diferencia en el tubérculo pudo deberse a mejores condiciones climáticas o de suelo Autores como Hahn y Hozyo, Bouwkamp y Kays, Suni, citados por Tique *et al.*, (2009); Marín y Suni (2000) citan que la producción de raíces reservantes es producto de un proceso complejo que tiene lugar en los primeros 30-40 días después de siembra (DDS) y que los cambios histológicos que conducen al engrosamiento de las raíces reservantes están limitados por factores climáticos, especialmente la precipitación

Algunas variedades de camote, que se pueden cultivar dos o tres veces al año, presentan rendimientos anuales de hasta 125 ton de biomasa fresca/ha, de los cuales 64% es forraje (Pinchinat, 1970) Albán y Cadavid (s f.) reportan rendimientos máximos de 84 ton de material fresco con 33,000 plantas/ha (10.3 ton de MS de tubérculos y 5 9 ton de MS de follaje) y rendimientos medios de 53 0 ton de material fresco/ha con 33,000 plantas/ha (4 5 ton de MS de tubérculos y 5 12 ton/ha de MS de follaje) para variedades productoras de follaje

Las variedades recomendadas para el país han surgido de trabajos realizados principalmente por el IDIAP, por medio de pruebas de caracterización,

evaluación agronómica y producción, tanto de tubérculos como de follaje Las características varietales se evaluaron siguiendo los descriptores para la batata (CIP, AVRDC, IPGRI, citadas por Ruíz *et al.*, 2009) Las variedades recomendadas para el país son

Cultivar 3858:

Clon con una cobertura media del suelo, de 50 a 74%, tallos de coloración morada, hojas con tres lóbulos, raíz de forma redonda, color de piel morado y pulpa blanca

Cultivar 3869:

Clon con una cobertura de suelo de 75 a 90%, tallos de coloración verde y manchas moradas, hojas con tres lóbulos, raíz de forma redonda, color de piel morado y pulpa blanca

Cultivar 3890:

Clon de mediana cobertura media de suelo, de 50 a 74%, tallos totalmente morados, hojas con siete lóbulos, color de piel morado y pulpa crema.

Cultivar Tainung -66:

Clon de mediana cobertura del suelo, de 50 a 74%, tallos de coloración verde con manchas moradas, hojas con tres lóbulos, piel y pulpa de color anaranjado.

Cultivar CIP-14: (Variedad utilizada en esta investigación).

Clon de alta cobertura del suelo, 75 a 90%, tallos moderadamente morados, hojas con siete lóbulos, piel de color rojo- morado y pulpa blanca

9.0. Costos de producción del camote:

Ruíz *et al*, (2009) indican que el costo de producción de 1.0 ha de camote en Panamá (Azuero) es de B/ 1212.00, de este el 11 0 % es maquinaria (utilizada en la preparación del terreno), 54 0 % insumos (de este el 33 6% en fertilizantes) y 35 0 % mano de obra (de este el 75 5% de la cosecha manual)

10.0. Composición química y calidad nutritiva:

Tubérculo de camote:

En promedio, la raíz reservante del camote tiene entre 20 y 30% de materia seca, en los casos más bajos puede llegar a 13-15% y en los más altos al 40% (Martí, 1998) Esta materia seca está compuesta por un alto contenido de almidón, principalmente amilopectina (60-70%), que es fácilmente digestible por todas las especies, apreciable contenido de azúcares (7,5%), principalmente sacarosa, hemicelulosas (5%) y lignina (2%, LAD), además contiene 2 8, 8 8, y 3 6% de fibra bruta (FB), fibra neutro detergente (FDN) y fibra ácido detergente (FAD), respectivamente, bajo contenido de grasa (< 1%), de modo que dietas ricas en estos alimentos pueden presentar deficiencias en ácido linoleico (FEDNA, 2003) Además contiene Ca (0,11%), P (0,14 %), Mg (0,05 %), K (0,65 %) e hierro (35mg/kg) Este tubérculo es deficitario en proteína y aminoácidos esenciales y tiene un inhibidor de tripsina que resulta parcialmente inactivado cuando se deshidrata a alta temperatura, pero no cuando se deseca al sol (FEDNA, 2003). El contenido de proteína cruda del tubérculo es de 2,8 a 9%, dependiendo de la variedad, mientras que Gómez y Fernández (2002) indican un

contenido de 4 9% y Sánchez (1996) de 3 0 a 8.0 %, base seca Diferentes autores citados por Sulbarán *et al.*, (s f) indican que el tubérculo de camote posee altos valores de energía digestible (3300 kcal/kg), producto de su elevado contenido de almidones González (1994) ha indicado valores entre 3844 y 4075 Kcal de energía bruta/kg MS, pero otros estudios citan valores entre 3,160 y 3,220 kcal de energía bruta/kg de MS, equivalente a 90 - 96% de lo aportado por la yuca y el sorgo, respectivamente FEDNA (2003) presenta un valor de 2660 Kcal de energía metabolizable/kg MS

Follaje de camote:

El follaje de camote es equivalente a un pasto de buena calidad, con un 12% de proteína cruda, 65% de digestibilidad y muy buena aceptación por el ganado (Backer *et al.*, 1976). Este es rico en proteína, azúcares y vitaminas, pero es relativamente alto en fibra y tiene un bajo contenido de materia seca, lo que se explica porqué la introducción del mismo en las dietas reduce frecuentemente la ingesta de materia seca y debido a su alto contenido proteico puede usarse para reemplazar parcialmente otras fuentes de proteína (González y Tepper (s f)) Su contenido de materia seca puede variar entre 10 y 20% (Vásquez *et al*, 2004), con valores entre 12 y 17% de proteína cruda, menos de 18% de fibra cruda y una digestibilidad de la materia seca superior al 70% (Ffoulkes *et al.*, y Ruiz *et al*, citados por Ruiz *et al*, 1981) Otras investigaciones con diferentes variedades y clones de camote indican que el follaje contiene en promedio 11.6%

de proteína cruda, 2 2% de grasa, 22 5% de fibra cruda y 12.7% de ceniza, base seca (Gómez y Fernández, 2002) Se ha indicado que el contenido de proteína cruda del follaje puede llegar hasta 17% de proteína cruda, dependiendo de la variedad

El follaje de camote posee una baja densidad energética, aproximadamente 1964 kcal de energía digestible/kg MS, con un nivel de 24 5 a 32 8 % de FDN y 13 6 a 26 6 % de FAD (González, 1994) Para la industria, las hojas son ricas en betacaroteno, substancia a partir de la que se produce la vitamina A (http //www apades org/cultivos/camo htm)

En el Cuadro IV se presenta el análisis del follaje y las raíces de la batata, materiales recomendados para la utilización en explotaciones dirigidas a la producción de materias primas para la industria y concentrados para la alimentación animal (Luciani, citado por Ortega y Marcano, 2004)

Cuadro IV. Caracterización bromatológica del follaje y la raíz de diferentes genotipos de batata.

Parte de la planta	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	ELN (%)	C (%)
Follaje	92 2	16 5	3 2	19 4	48 7	12.5
Raíz	90 6	3.3	0 6	4.6	88 9	2.4

Fuente: Luciani, Barrios y Colmenáres, citados por Ortega y Marcano, 2004

MS Materia Seca, PC Proteína Cruda, EE extracto Etéreo, FC Fibra Cruda, ELN Extracto Libre de Nitrógeno, C Cenizas

11.0. Formas de utilización por los animales:

Hay que indicar que existe muy poca información sobre la utilización de este cultivo en la alimentación de rumiantes y que la mayor parte de la información encontrada está relacionada con la alimentación de cerdos en todos los países productores de este cultivo. León-Velarde y Mendiburo (2004) indican que una de las limitantes en el desarrollo de la producción animal es el costo que conlleva la nutrición, lo cual obliga a la búsqueda de alternativas alimenticias. Una de estas alternativas es aprovechar cultivos bien adaptados al trópico, de ciclo corto, uso integral y alto rendimiento, como el caso de la batata o camote, de la cual son utilizadas sus raíces y follaje

En la alimentación animal, el tubérculo de camote se consume en forma fresca, sancochado, harina, pellets y ensilaje, en igual forma, el follaje se puede utilizar en muchas de estas formas como fresca, ensilada o henificada (Bermúdez, citado por Tique *et al* , (2009)

Las investigaciones sobre la utilización de camote en alimentación de rumiantes se remontan a 1936 con Lush, Lozano, Jennings y Mather, Darlows, y Massey, citados por Backer (1980), pero no son muchas. En producción de carne de vacuno se ha sustituido fuentes tradicionales de energía como el maíz por tubérculo, produciendo ganancias de peso de hasta 1 0 kg /an/día (Darlow *et al* , citado por Ruíz, 1980) En investigaciones más recientes, donde el camote ha sido utilizado en diferentes proporciones de tubérculo – follaje y tubérculo y

follaje en forma individual, ha presenta buenas características nutricionales que lo posibilitan como una alternativa en la alimentación animal (Gómez y Fernández, 2002) También se han realizado investigaciones para determinar las características nutricionales del ensilado de follaje y raíces de camote a través de análisis químico y pruebas de degradabilidad (Sánchez, 1996)

Forma fresca (tubérculo):

En forma fresca la mayor parte de la literatura encontrada está relacionada con trabajos en monogástricos como el cerdo (González *et al.*, 2002; Peters *et. al*, 2000, González, 1994; Acurero *et al*, 1991) Guido (2002) indica que el camote puede utilizarse como producto complementario en la alimentación de cerdos, aves, ovejas y bovinos de leche, suministrado de forma directa y como forraje, por su alto contenido nutricional, buena palatabilidad, fácil ingesta y rápida absorción e incorporación en la ganancia de peso del animal Backer *et al.*, (1980) indican que los tubérculos de camote se pueden clasificar como alimentos de alto valor energético, ya que presenta 92% de DIVMS

Peters *et al*, (2000) recomiendan que las dietas basadas en tubérculo de camote deban suplementarse con fuentes proteicas adecuadas Este presenta un bajo contenido de fibra y alto contenido de almidón, características que le permite proporcionar un alto contenido de energía, por lo que puede ser utilizado en la alimentación animal reemplazando en forma parcial a insumos energéticos como el maíz

El tubérculo tiene una alta digestibilidad en vacunos (Goyzueta, 1963) y cerdos (Angulo *et al*, 1979) Esta se mejora por el proceso de cocción, como ha sido demostrado en perros y gatos por Ramsos *et al., y* Trudell y Morris, citados por Matute *et al.,* (2003)

El Centro Internacional de la Papa (CIP) (León-Velarde y Gómez, 2003) encontró que la incorporación de camote al maíz forrajero entre un 25 a 50% incrementa la producción de leche con un mínimo uso de concentrado. Asimismo, disminuye los costos de alimentación de conejos en 20%, permitiendo un crecimiento de 10% Por otro lado, la harina de raíces de camote puede emplearse satisfactoriamente para complementar las dietas de tilapias (10%) y pollos (<30%)

Follaje (tallos, pedúnculos y hojas):

El follaje es de alto valor nutritivo y tienen una palatabilidad agradable para el ganado vacuno y caprino (Ugarte, (s.f), cuyes, conejos y cerdos (Burga, (s f)) en forma fresca o ensilado Para la alimentación de rumiantes es un recurso fibroso-proteico de buena calidad, por la digestibilidad de sus componentes (Díaz *et al*, 1997, citado por González *et al*, (s f)), igualmente, puede usarse deshidratado y molido en la alimentación de aves y cerdos (Barrios *et al.,* citados por Fuenmayor *et al.,* 2004) En épocas de cosecha, el follaje puede integrarse a una ración en forma directa, sin otro proceso que dejarlo "orear", a fin de salvar potenciales riesgos de meteorismo (Vassallo, 2007) Backer *et al.,* (1980) indican

que el follaje de camote presenta 62% de digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVM) Quezada (2001) indica que este recurso presenta 11.89, 1 57, 26 78, 13 13 y 46 63% de proteína, grasa, fibra, cenizas y NIFEX, respectivamente

Ruíz *et al* , (1981) sostiene que una de las limitantes para el uso de follaje de batata en la alimentación animal es su disponibilidad, ya que no es constante durante todo el año, producto que su disponibilidad es producto de una o dos cosechas al año y no coinciden con el periodo de escasez de pasturas, por lo que esta debe conservar como heno o ensilaje En condiciones de trópico el henificado no es viable, ya que este presenta dificultades de deshidratación rápida en el campo, por lo que el ensilaje es el método apropiado para conservación de forrajes en el trópico húmedo

En Nigeria, el follaje de camote es conservado para la alimentación de rumiantes en la época seca (Olorunnisomo, 2007) Este mismo autor determinó la digestibilidad aparente de la MS, PC, FDN, FDA, lignina y energía bruta en ovejas West African Dwarf, encontrando que la digestibilidad de la MS mejoró significativamente ($P<0,05$) cuando el forraje se cortó a las 4 y 6 semanas de intervalo, sin embargo no hubo diferencia o significativa ($P> 0,05$) a las 8 semanas con respecto al control Estas digestibilidades de la MS variaron entre 64 01 (control) a 75 72% (follaje cortado a las 4 semanas). La digestibilidad de la FDA, lignina, y energía bruta presentaron una tendencia general igual que la digestibilidad de la PC, que fue mayor a medida que el intervalo de corte se hizo

más corto La mejora en la digestibilidad se asoció con un mayor nivel de PC y reducción de la fibra del follaje, así mismo como aumenta la frecuencia de corte (Un *et al* , 2003, Meyreles *et al* , 1977, Preston y Leng 1997)

La producción de follaje para alimentación animal es factible considerando modificaciones en el manejo del cultivo de batata, tal como introducir cortes intermedios que conduzcan a obtener una mayor biomasa forrajera con una reducción mínima de las raíces (20 a 25%), así mismo, es posible su utilización en ensilajes (Vásquez, 2007) Este mismo autor señala que el follaje debe ser utilizado en forma inmediata por los animales ya que por su contenido acuoso, al ser apilado, sufre pérdidas por procesos fermentativos

Rocha (1999), en vacas lecheras, evaluó el efecto de la suplementación a base de follaje de camote donde evaluó dos suplementos, uno a base de subproducto de trigo y sal (control) y otro a base de subproducto de trigo, sal y pasta de algodón (suplemento experimental con mayor aporte de proteína sobrepasante), encontrando que la producción de leche con el suplemento experimental fue mayor (15.4 vs 13 8 kg/día).

Integral/ fresco (tubérculo y follaje):

Quezada (2001) indica que la combinación 79 y 21% follaje-tubérculo, base seca, presenta 10.49, 23 12 y 52 69% de proteína cruda, fibra cruda y NIFEX, respectivamente Backer *et al* , (1980) trabajaron con tubérculo y follaje

(T/F) fresco (picado) en machos Brahaman cruzados (184 kgPV), con la finalidad de estudiar el uso del camote en la producción de carne. Estos utilizaron cinco tratamientos 0 100, 25 75, 50 50, 75 25 y 100·0 T/F (Cuadro V), complementados con urea, 0, 18, 35, 53, y 71% del nitrógeno total, respectivamente, para lograr raciones isonitrogenadas (11 25% PC) Se encontró que la mayor ganancia de peso fue en el tratamiento 50·50%, 0 847 kg/an/dia, seguido de 0.823, 0 805, 0 709 y 0.656 kg/an/dia para los tratamientos 100·0, 75.25, 25:75 y 0 100% T/F, igual comportamiento presentó la eficiencia de conversión, con valores de 6 24, 6 63, 6 51, 7 39 y 8.51, respectivamente La DIVMS indicó que aunque hubo una ingesta constante, esta aumentó de 62% a 99% en los tratamientos 0 100 y 75/25% T/F para caer al 92% en el tratamiento 100·0 T/F, lo que puede indicar que el consumo estuvo limitado por factores químicos (Jones, citado por Backer *et al.* (1980) Sin embargo, esta diferencia pudo deberse a que la urea reduce la digestibilidad de la ración, ya que la misma aumentó de 0 a 71% para mantener la ración isonitrogenada Estos resultados indican que la DIVMS del follaje fue 62%, la cual es inferior a las encontradas en otros estudios realizados por Ffoulkes *et al*, (1978) y Ruiz *et al*, (1980) y en particular Ruiz *et al.*, (1981) que reportó un valor de 72% utilizando la misma variedad de camote y tipo de estudio El consumo de MS en esta investigación fue en promedio de 2 37 kgMS/100kgPV, el consumo de EM aumentó conforme aumentó la proporción de tubérculos en la ración de 5.05 a 6.34 Mcal/kgMS, debido al alto contenido de almidón, bajo contenido de pared celular y un

contenido energético mayor que el follaje (Ruíz *et al*, *1980,* McDowell *et al.,* 1974, Montaldo, 1972)

Cuadro V. Ganancia de peso (kg/an/día) en toretes alimentados con diferentes combinaciones raíces y follaje de camote.

Ración (% base seca)		Consumo	Ganancia de Peso
Tubérculo	Follaje	(KgMS/100kgPV)	kg/an/día
0	100	2 4	0 656
25	75	2 3	0 708
50	50	2 3	0 847
75	25	2 4	0 805
100	0	2.4	0 823

Fuente: Backer (1976)

Harina (tubérculo):

En la literatura revisada no se encontró reportes de la utilización de harina en bovinos, pero si en especies menores como aves (Angulo *et al.* y Ramírez, citados por González y Díaz, s f ; Posada *et al.*, 2006), ovinos (Vásquez, 2007), tilapias (Pizzini *et al*, 2003) y cerdos (Acurero *et al*, 1991, 1993, Pietrosemoli, 2007)

En trabajos realizados en cerdos, a los que se les suministró un 25% de sustitución de la fuente energética por harina de tubérculo de camote, se obtuvo una mayor ganancia de peso con la ración experimental, requiriendo un menor

tiempo para llegar a los 60 kg de peso vivo y sin deterioro significativo en la eficiencia de conversión alimenticia (León, 1991)

Vásquez *et al*, (s f) trabajando en ovinos de engorde con niveles de sustitución de harina de maíz por harina de camote de 0, 40, 60 y 80%, encontraron que es posible sustituir en esta forma harina de maíz con ventaja económica y que la sustitución puede realizarse hasta el nivel máximo de 80%, sin afectar el rendimiento y la calidad de la carne.

Angulo *et al*, citados por González (s f) determinaron que en pollitas (0 - 8 semanas) se puede sustituir hasta 75 % sin causar deterioros (P >0 05) sobre el consumo e incremento de peso vivo, de igual modo, Ramírez, citado por González (s f) en ponedoras encontró un nivel óptimo de sustitución entre el 25 y 50 % del maíz sin afectar los índices productivos

Ensilado (integral):

Quezada (2001) indica que el ensilaje integral de camote (tubérculo + follaje) presenta buenas características organolépticas como color amarillo verdoso - marrón verdoso, olor agradable avinagrado y textura firme, resultado de una buen proceso de fermentación y almacenamiento. Este mismo autor estudió las características nutricionales de un ensilaje integral de camote (raíces no comerciales y follaje) en la alimentación de vacas lecheras en el que evaluó dos tratamientos: sin y con ensilaje de camote (12.7% base seca), encontrando que

los tratamientos no afectaron el peso vivo y el consumo de MS con ensilaje (20 6 kg) no fue diferente (P<0 05) al obtenido con el tratamiento sin ensilaje (21 0 kg), igualmente la producción de leche no fue diferente entre tratamientos (20.1kg con ensilaje y 20.8 kg sin ensilaje), concluyendo que es posible incluir ensilado de camote en la alimentación de vacas lecheras

Ensilaje de raíces (Tubérculo):

Para el ensilaje de raíces de camote no se requiere pre-secado y el proceso es rápido Primero se eliminan las partes podridas o dañadas por gorgojo o tetuán (*Euscepes postfasciatus*, *Cylas* spp.) y luego se trocea (rayar, picar o rebanar) las raíces en particulas pequeñas como sea posible (Peters *et al*, 2000), lográndose un buen ensilaje Quezada (2001) determinó la degradabilidad ruminal de la MS y MO del ensilaje de camote (Cuadro VI) entre 6 y 72 horas, mientras que Sánchez (1996) trabajando con ensilaje de tubérculo de camote encontró valores de 7 8 y 8.8% para proteína y fibra respectivamente (Cuadro IX), resultados que indican buenas características fermentativas y nutricionales Quezada (2001) trabajó con ensilado de raíces no comerciales de camote (base seca) encontrando valores de 5 24, 9.33, 8.17 y 75 51% de proteína, fibra cruda, cenizas y extracto libre de nitrógeno (NIFEX), respectivamente

Cuadro VI. Degradabilidad ruminal de la MS y la MO del ensilaje de camote.

Horas de incubación	MS	MO
6	29 7	26 7
12	37.5	35 9
24	43 4	41 2
48	53 7	53 8
72	66 8	66.9

Fuente: Quezada (2001)

Quezada (2001) indica que el ensilaje de tubérculos presenta una MS de 23 58%, la composición química de la materia seca del ensilado fue 7 85% de proteína, 1 96% de grasa, 27 69% de fibra, 14.96% de ceniza y 47.54% de NIFEX, contenía menos proteína y NIFEX que el material antes del ensilaje. La recuperación de materia seca fue 58 20% donde las perdidas posiblemente se debieron al marchitado a que se expuso el forraje picado y al contenido de humedad del material antes del ensilaje Las degradabilidad ruminal (medida en 2 ovinos) fue de 43 4% y 41 2% para la MS y MO respectivamente, a las 24 horas de incubación Manresa *et al.*, (2007) trabajó sobre el ensilaje de batata de rechazo a escala de laboratorio, donde comparó el valor nutritivo de la batata antes y 60 días después de ensilado, analizó la composición química y el pH encontrando que la batata ensilada mostró menor concentración de FC, EE y mayor concentración de PB y ceniza Los valores de TND, ED y EM fueron levemente más bajos tal como se muestra en el Cuadro VII

Cuadro VII. Composición química y pH de microsilos de batata de rechazo.

Silo de Batata	pH	MS	FC	EE	Cz	NT	PB	HC	TND	EB	ED	EM
		%								Kcal/Kg		
Inicial	--	30	6	0,8	3	1,25	7,9	82	84	3970	3710	3220
Final (día 60)	4,15	31	5,5	0,7	4,4	1,7	10,6	79	83	3970	3660	3190
Δ % del inicial		3,3	-8,3	-12,5	46,6	36,0	34,2	-3,7	-1,2	0,00	-1,3	-0,9

Fuente: Manresa *et al* , 2007

MS Materia Seca, FC Fibra Cruda, EE Extracto Etéreo, Cz Cenizas, NT Nitrógeno Total, PB Proteína Bruta, HC Carbohidratos, TND Total de Nutrientes Digestibles, EB Energía Bruta, ED Energía Digestible, EM Energía Metabolizable

En Panamá, Ruiloba (2005a) estudió el efecto de la melaza y sal cruda (Cuadro VIII) en el ensilaje de tubérculos de camote (variedad Taignum-66), encontrando a los 100 días de ensilado buenas características fermentativas y organolépticas en el material y que el nivel de melaza y sal no afectaron el contenido de MS, PC y $N\text{-}NH_3$, pero aumentaron el contenido de ácido láctico, aunque los otros ácidos no fueron afectados por estos aditivos y que la adición de los mismos no es necesaria para la conservación adecuada de esta raíz, lo que puede estar asociado con la disponibilidad de azúcares y almidón que esta contiene

Cuadro VIII. Parámetros químicos y fermentativos del ensilaje del tubérculo de camote.

% Melaza	% Sal	% MS	% PC	% $N\text{-}NH_3$	pH	% Ácido láctico	% Ácido acético	% Ácido propió-nico	% Ácido butírico
0.0	**0.0**	27 52	5 52	8 82	4 03	0 56	3 30	0 14	0.00
0.0	**0.5**	29 04	5 22	9 25	4 03	0 27	2 54	0 26	0.00
0.0	**1.0**	30 23	5 88	9 43	3.62	1 49	1.19	0 08	0.00
2.0	**0.0**	28 61	5 47	10 46	3.73	0 80	2 06	0 37	0.00
2.0	**0.5**	26.66	5 51	8 55	4.08	1 00	3 77	0.44	0.00
2.0	**1.0**	27 00	5 88	9 05	3 71	1 53	1 69	0 30	0 42

Fuente: Ruiloba, 2005

Para el ensilaje de raíces de camote es aún más necesario el empleo de aditivos con un alto contenido de materia seca, pues las raíces no se pueden pre-secar tan fácilmente como el follaje Asimismo, el bajo contenido de proteínas de las raíces puede limitar el crecimiento de los microorganismos fermentadores, es así que los aditivos ricos en proteínas (guano de pollo y urea) pueden ayudar Además el uso de sal es particularmente relevante en el caso de las raíces, pues se ha indicado que evita la fermentación del almidón y azúcares (Peters *et al.*, 2000)

Ensilaje de follaje (tallos, pedúnculos y hojas):

En Panamá, Ruiloba (2005b) trabajó a nivel de laboratorio en la evaluación del ensilaje de follaje de camote utilizando forrajes secos como gallinaza y afrecho de trigo con el objetivo de disminuir su humedad y al mismo tiempo mejorar sus características fermentativas, encontrando que con gallinaza el material resultó dañado; no así con afrecho de trigo donde el material presentó buena apariencia, un color verde oscuro o chocolate claro, un olor característico de un buen ensilaje y que en la medida que se incrementó el nivel de afrecho de trigo en el ensilaje se redujo la humedad de este, lo que indica que fermentativamente el follaje de camote requiere la adición de un material seco que reduzca su humedad y en el caso del afrecho de trigo el nivel de adición está entre 20 y 30 %

En trabajos con ensilaje de forraje de camote se han obtenido valores promedios para proteína y fibra cruda de 12.2 y 22 5%, respectivamente (Cuadro IX), los que nutricionalmente son adecuados para un ensilado (Sánchez, 1996) Ruíz (1980) indicó que el follaje de camote produce un ensilaje de alta calidad, sin necesidad de aditivos

Cuadro IX. Composición química (base seca) de ensilados de follaje y raíz comercial de camote (tubérculos).

	100% Follaje 0% Raíz	66% Follaje 34% Raíz	34% Follaje 66% Raíz	0% Follaje 100% Raíz
Proteína	12.2	10 2	9.8	7 8
Grasa	2 4	1 7	1 4	1 0
Fibra	22 5	16 9	7 9	8 8
Ceniza	13.2	12.4	8 1	5 0

Fuente: Sánchez (1996)

Peters *et al* , (2000) indica que el follaje de camote contiene prácticamente todos los nutrientes necesarios para un buen proceso fermentativo y que para hacer un ensilado del mismo hay que controlar su alto contenido de humedad (hasta 90% de agua), lo que se controla con un pre-secado de 2 a 4 horas en un día seco y soleado hasta que pierda del 40 a 45% de humedad; de lo contrario hay riesgo de perder nutrientes por lixiviación o todo el ensilado Durante el secado el follaje debe voltearse regularmente para que este proceso sea rápido y uniforme Además se recomienda cosechar la cantidad de follaje que se va a picar, pre-secar y ensilar el mismo día, para minimizar las pérdidas de nutrientes (Peters *et al* , 2000)

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en el Centro de Enseñanza e Investigaciones Agropecuarias de Chiriquí (CEIACHI) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicado en el corregimiento de Chiriquí, localizado a los 8°22'14" de latitud norte y 82°21'44" longitud oeste, a una elevación de 25 msnm (Aguilar, 1998; PRESA, S A 1980) Se encuentra dentro de la zona climática tropical de sabana, con temperatura anual promedio de 33 2 (máxima) y mínima de 21.6 °C, precipitación pluvial anual promedio de 2545 mm (CEIACHI, 2010), humedad relativa promedio de 75% (Aguilar, 1998)

ENSAYO 1: Evaluación bio-económica de diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos machos en crecimiento.

A. Producción del ensilaje integral de camote:

a.1. Cultivo del camote:

La producción del cultivo de camote se realizó en base a la tecnología planteada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (Ruíz, 2009), aunque esta tecnología fue producida bajo las condiciones edafo-climáticas de la península de Azuero, en varios aspectos diferentes a las condiciones de Chiriquí. Se seleccionó un área de aproximadamente 1.0 ha., localizada en la parcela Nº 11B de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en base a características

agronómicas, accesibilidad y distancia a las instalaciones donde se ensilaría el cultivo

Preparación del terreno:

Se inició aproximadamente 30 días antes de la siembra con un pase inicial de rastra pesada en forma cruzada y seguidamente dos pases de rastra pesada y liviana espaciados cada ocho días Al día siguiente del último pase de rastra (pesada y liviana) se realizó el surcado con un surcador de dos puntas a una distancia promedio programada entre surcos de 1 0 m

Variedad cultivada:

Se utilizó el cultivar CIP-14, una de las variedades seleccionadas y recomendadas por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), (Ruíz *et al* , 2009) el cual fue obtenido en la Finca Experimental El Ejido, IDIAP, ubicada en El Ejido, distrito de Los Santos, provincia de la Los Santos Esta se transportó en forma vegetativa en un pick-up, entre las 8 00 am y 3·00 pm, como material amontonado, sin protección de los rayos solares y del viento. En el lugar de siembra, este se almacenó a la sombra y antes de la siembra se le eliminaron manualmente las hojas con tijera, dejando solamente el tallo (esqueje o bejuco), seguidamente el tallo se cortó (picó) con machete a una distancia que incluyera de tres a cuatro nudos (3 ó 4 yemas)

El material CIP-14 ha sido catalogado por el IDIAP como promisorio, por su producción de tubérculo (36 2 ton/ha) y de follaje (48 1 ton/ha), con una densidad de siembra de 33,333 plantas/ha , posee alta cobertura de suelo, tallos con coloración moderadamente morada y hojas medianas de siete lóbulos. La forma del tubérculo es elíptica o redonda y de color rosado y pulpa blanca (Ruíz *et al* , 2009)

Siembra:

La siembra se realizó en agosto de 2009, utilizando el método manual (a chuzo) Para esto se colocó el tallo en el centro del camellón dejando un nudo o yema fuera de la superficie, a una distancia entre plantas de 0 33 m y entre surcos de 1 0 m , para una densidad teórica de 33,333 plantas/ha , tal como indican las recomendaciones del IDIAP (Ruíz *et al.*, 2009)

Fertilización:

El manejo agronómico del cultivo se realizó en base a recomendaciones del IDIAP (Ruíz *et al* , 2009), se utilizó abono completo 12-24-12 (48 kg/ha de N, 96 kg/ha de P_2O_5 y 48 kg/ha de K_2O), a razón de 4 0 quintales/ha La primera fertilización se realizó a los 25 días de la siembra, colocando 5 0 g de abono completo por planta a una distancia aproximada entre 5.0 y 8 0 cm de la base de la planta La segunda aplicación se realizó al voleo con una sembradora manual de semillas

Control de malezas:

Se realizaron controles manuales y químicos Los controles manuales se realizaron para el control de malezas de hoja ancha, principalmente de las malezas que se encontraban en el camellón o lomo del surco , cuando la infestación o proliferación de estas así lo requería Los controles químicos (Cuadro X) se realizaron para malezas de hoja larga a razón de 1.0 litros/ha con productos a base de Fluazifop-p-butil, aplicado sobre el follaje con bomba de mochila, el mismo se aplicó, igualmente cuando la infestación así lo requería Entre surcos se utilizaron herbicidas totales o no selectivos de amplio especto a base de glifosato a razón de l 0 lt/ha , aplicado sobre el follaje de las malezas, levantando el follaje de camote y colocándolo sobre el camellón procurando que el producto no entrara en contacto con el cultivo

Cuadro X. Herbicidas utilizados para el control de malezas durante el desarrollo cultivo y su lugar de aplicación.

Nombre Genérico	Malezas que controla	Dosis	Aplicación
Glifosato	Poaceas, ciperáceas (herbicida total)	1 0 lt/ha	Aplicación entre surcos
Fluazifop-p-butil	*Poaceas*	1 0 lt/ha	Aplicación en todo el cultivo

Control de enfermedades:

Durante el ciclo del cultivo no se presentaron enfermedades

Control de plagas:

Se realizaron controles con aplicaciones de insecticidas organofosforados de amplio espectro a base de Clorpirifos etil fosforotioato (Equivalente a 480 g de I A) a razón de 1 0 lt/ha, aplicado con bomba de mochila, solo o en combinación con herbicidas utilizados en el control de malezas, igualmente se realizaron controles periódicos con cebos hormicidas a base de sulfonamidas (Mirex S®) y fipronil (Blitz) y productos en polvo a base de fenitrotion (Hormitox) colocados directamente en las entradas de las colonias o bien en el camino a estas

a.2. Confección del ensilaje:

Para medir el rendimiento de biomasa y la proporción tubérculo-follaje del cultivo se realizaron 33 muestreos al azar en el área de estudio. Para esto se utilizó un marco de PVC de 1 0 m^2, el que después de ser lanzado al azar en el cultivo se centró con respecto al surco correspondiente y se procedió al corte con machete del follaje (tallo-hoja) de las plantas que se encontraban dentro del marco y a la extracción con pico y pala de los tubérculos que igualmente se encontraron dentro del marco Luego ambas partes se pesaron utilizando una pesa de reloj, se depositaron en sacos de poliéster y se colocaron en un lugar sombreado. Al final del muestreo, se procedió a la separación y pesada de la fracción hoja y tallo en cada muestra Posteriormente el follaje y tubérculo obtenido se mezcló por separado para obtener muestras compuestas de las diferentes partes o fracciones cosechadas (tubérculo y follaje) para la

determinación de materia seca Las muestras compuestas fueron picadas por separado con machete a un tamaño promedio de 0 5 a 1 0 cm y secadas en cuadriplicado en un horno de aire forzado a 65° C por 24 horas. En el caso del tubérculo, la muestra a secar se maceró en una copa de porcelana antes de colocarla en el horno para facilitar el secado

Cosecha y picado del material:

Debido a que en el país no hay suficientes experiencias sobre la cosecha de un cultivo de camote para ensilaje, tres semanas antes de la cosecha se realizó una prueba de cosecha y picado del material a ensilar con la finalidad de determinar la mejor forma o técnica a utilizar al momento de cosechar y picar el material para ensilar Se ensayaron tres métodos de cosecha de la planta integral y dos equipos para el picado del material cosechado (follaje y tubérculo)

Los métodos de cosecha fueron (1) tractor con surcador de dos puntas, (2) tractor con surcador de una punta y (3) arrancado manual del follaje más surcador de una punta para el tubérculo Con método 1 y 2, primero se colocó manualmente follaje sobre la parte superior del surco (camellón) y se procedió a pasar sobre el camellón el tractor con el surcador a una profundidad de aproximadamente 40 cm, con la finalidad de extraer juntos el follaje y los tubérculos del suelo Con el método 3, primero se arrancó manualmente el follaje y seguidamente se procedió a pasar el tractor con el surcador de una punta a aproximadamente 40 cm de profundidad dos veces por la parte superior del

surco (camellón) para así recoger los tubérculos expuestos sobre el suelo y colocarlos junto con el follaje en el campo

Para el picado del material cosechado (follaje y tubérculo) los equipos probados fueron (1) picadora de pastos estacionaria (marca PENHA 5000) acoplada al toma fuerza del tractor a 4000 revoluciones por minuto y (2) segadora de maiz (marca Jumil-JM50) acoplada al toma fuerza del tractor a 4000 revoluciones por minuto

Para la cosecha del material a ensilar se utilizó el método tres (3) Una vez cosechado el material, este se dejó en el campo entre 36 y 48 horas, volteándolo en la mañana y en la tarde, con la finalidad que el mismo se pre-secara uniformemente Seguidamente el material se amontonó manualmente para facilitar el picado, el que se realizó en base al método dos (2) probado anteriormente. Al momento de picar el material se tomaron muestras del follaje y tubérculo para determinar su contenido de materia seca y caracterizarlo con respecto a algunos análisis bromatológicos como proteína cruda (PC), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) Las muestras se secaron utilizando el procedimiento indicado anteriormente en el punto a 2 La picadora se alimentó simultáneamente con follaje y tubérculo, con la finalidad de obtener un producto picado lo más homogéneamente mezclado Una vez picado el material, este se trasportó en carretones al lugar donde se ensilaría

El material se ensiló utilizando la técnica del silopress Antes de verter el material picado a la máquina de ensilaje se procedió a un mezclado final del material picado, en el mismo carretón donde se transportó con la finalidad de asegurar una mezcla homogénea del material dentro de la bolsa de silopress La alimentación de la máquina de ensilaje se realizó manualmente con palas y trinchantes y el proceso de ensilaje se realizó de acuerdo al procedimiento rutinario que utiliza la Facultad de Ciencias Agropecuarias El silo se abrió a los 70 días después de realizado el ensilado.

a.3. Determinación del costo de producción del ensilaje:

Costo de producción del cultivo:

Para esto se hizo un registro de las unidades físicas utilizadas en la producción del cultivo, sin incluir la cosecha. Este incluyó la semilla, transporte de semilla, fertilizante, herbicidas, insecticidas, preparación del suelo y mano de obra en preparación de la semilla, siembra, resiembra, fertilización y controles manuales y químicos de malezas y plagas Con el costo unitario de estas unidades físicas se calculó el costo de producción del cultivo

Costo de elaboración del ensilaje:

Para esto se realizó un registro de las unidades físicas empleadas o gastadas en las etapas de cosecha, pre-secado, picado, acarreo y llenado del silo Con sus respectivos costos unitarios se calculó el gasto total en la realización o elaboración del ensilaje

Costo de producción del ensilaje:

Para determinar el costo de producción del ensilaje por unidad de peso ensilado (material colocado en el silo) y unidad de ensilaje útil para alimentación bovina, adicional a la determinación del costo en la producción del cultivo y elaboración del ensilaje, se realizó lo siguiente:

Determinación de la cantidad de ensilaje útil y no útil (dañada) para alimentación de bovinos:

Para esto se realizó un registro de la cantidad de cada una de estas fracciones en la medida que se retiraba del silo el material ensilado para la alimentación de bovinos.

Determinación de la cantidad de material ensilado (colocado en el silo):

Para esto se asumió una pérdida inherente al proceso fermentativo y de lixiviación de líquidos de 15 %, basado en los reportes de Jahn *et al*, (s f) para ensilajes de maíz

B. Evaluación de la respuesta animal:

b.1. Ganancia de peso vivo y conversión alimenticia:

Con un diseño experimental completamente al azar e igual número de réplicas se evaluaron cuatro tratamientos de sustitución del maíz molido por

ensilaje integral de camote 0, 33, 75 y 100%, ($T_{0\%}$, $T_{33\%}$, $T_{75\%}$ y $T_{100\%}$) utilizando raciones iso-energéticas e iso-proteicas

Caracterización bromatológica de los ingredientes de la ración:

Los ingredientes utilizados para estas fueron maíz (molido), harina de soya, harina de coquito, sal mineral, urea, heno de suazi y ensilaje integral de camote Para elaborar las raciones a los ingredientes se les determinó el contenido de materia seca (método del secado en horno) y proteína cruda (PC) (método de Kjeldhal, AOAC, 1970) en laboratorio En el caso de la energía metabolizable (EM) y fibra detergente neutro (FDN) se utilizaron valores de la literatura (Cuadro XI) Con el maíz (molido), harina de soya, harina de coquito, sal mineral y urea se prepararon cuatro suplementos secos de acuerdo a las cantidades indicadas en el Cuadro XII

Las raciones experimentales (Cuadro XIII) se elaboraron en términos iso-energéticas e iso-proteicas, con valores de energía metabolizable (EM) y proteína cruda de 2 6 Mcal/kg y 12 5%, respectivamente y niveles de sustitución de maíz molido por ensilaje integral de camote de 0, 33, 75 y 100%

Cuadro XI. Composición bromatológica (base seca) de los ingredientes utilizados.

	MS %	PC %	EM*	FDN %
Maíz (molido)	88.00	9.00	3,20	12.00
Heno de Swazi	90.00	4,58	1,80	72.00
Harina de soya	90 00	42 00	2,80	12.00
Ensilaje integral de Camote	35 00	4,44	2,40	40 59
H. Coquito	90 00	10.00	2 91	45 00
Sal mineral	100.00	0.00	0.00	0.00
UREA	96 00	273.00	0.00	0 00

*EM Mcal/kg

Fuente: Fernández, H 2002, Vargas y Zumbado, 2003, Shimada, 1983

Cuadro XII. Composición de los suplementos secos para cada tratamiento.

Sustitución	$T_{0\%}$	$T_{33\%}$	$T_{75\%}$	$T_{100\%}$
Maíz (molido)	83 22	70 00	41 50	0.00
H. de soya	15 30	19 84	32 80	48 90
T. Coquito	0 00	9 60	23 72	47.60
Sal mineral	0 68	0 55	0 92	2 20
UREA	0 80	1 00	1 10	1 30
TOTAL	**100.00**	**100.00**	**100.04**	**100.00**

Cuadro XIII. Composición (base seca) de las raciones experimentales.

TRATAMIENTOS (%)	$T_{0\%}$	$T_{33\%}$	$T_{75\%}$	$T_{100\%}$
INGREDIENTES (%)				
Maíz (molido)	55 00	36 70	12.30	0.00
Heno de swazi	33.70	27.60	9.30	3 40
Harina de soya	10.00	10.00	10 00	10.00
Ensilaje de camote	0 00	19.20	59 60	74.80
Harina de coquito	0 00	5.00	7 00	10.00
Sal mineral	0 50	0 50	0 50	0 50
Urea	0 80	1 00	1 10	1.30
TOTAL	**100.00**	**100.00**	**99.80**	**100.00**
Contenido de PC (%)	12 81	12 79	12 06	12 22
Contenido de EM, Mcal/kgMS	2 65	2 61	2 55	2.54
Contenido de FDN (%)	33 12	35 40	35 68	38 20

Para la caracterización bromatológica de los ingredientes de las raciones experimentales se tomaron muestras en la fase de evaluación, incluyendo el suplemento seco, heno y ensilaje integral de camote, durante la última semana (siete días) de cada periodo de evaluación Las muestras de ensilaje integral de camote se secaron a 65 °C por 48 horas para la determinación de MS parcial. Con cada ingrediente se hicieron muestras compuestas para sus respectivos análisis bromatológicos A todas las muestras se le hizo proteína cruda (PC) por el método de Kjeldhal (AOAC, 1970), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) por el método de (Goering y Van Soest, 1970) Adicionalmente, al ensilaje integral de camote se le midió el pH, para lo cual se

utilizó el método descrito por la Japan Livestock Technology Association (2000), que incluye una extracción en agua destilada y medición con un potenciómetro (Corning Model 5) y N amoniacal residual o fijado ($N\text{-}NH_3$) en el ensilaje por destilación y titulación de acuerdo al método de Kjeldhal (AOAC, 1970), los AGV por cromatografía de gases, utilizando el extracto obtenido para la medición del pH (Japan Livestock Technology Association, 2000)

La ganancia de peso vivo (GPV, kg/animal/día) se estimó en base a los valores de peso vivo correspondientes por periodos para cada animal. La eficiencia de conversión alimenticia (ECA, kg MS/kg de aumento de peso vivo) se estimó individualmente por animal, dividiendo el consumo promedio diario por periodo entre la GPV correspondiente al animal y periodo.

Evaluación de los tratamientos o raciones:

Se utilizaron 16 animales (68% Brahaman y 32% Simbra), con peso y edad promedio inicial de 250 a 300 kg y 16 a 18 meses respectivamente Inicialmente estos fueron sometidos a análisis coprológicos (carga parasitaria) y de hemoglobina, se les aplicó un complejo vitamínico a razón de 2 ml cada 100 kg de peso (Vitamina A, 3,000 000 U.I , Vitamina D_2, 1,000 000 U I , Vitamina E, 1,000 000 U I /ml), se desparasitaron dos veces en base a los resultados de los análisis coprológicos con Ivermectina a razón de 1 0 ml/50kg de PV. Estos fueron confinados individualmente al azar en corrales con piso de cemento, divisiones de cañaza y techo de zinc galvanizado, con área por corral de 7 0 m^2, provistos

de comederos y bebederos de material plástico. El periodo experimental tuvo una duración de 60 días, incluyendo una adaptación de 18 días y dos periodos de evaluación de 21 días cada uno

En la fase de adaptación los animales fueron alimentados de acuerdo al tratamiento y peso vivo, con un consumo de 2 50 kg MS/100 kg de peso vivo/día, mitad en la mañana (8 00 am) y mitad en la tarde (2 00 pm), de acuerdo al esquema de alimentación que se presenta en el Cuadro XIV, de tal forma que el animal experimentara un proceso de adaptación gradual a la ración. Adicional a la cantidad de ración ofrecida, los animales recibieron heno de swazi (***Digitaria swazilandensis***) en cantidad para lograr el consumo de MS establecido.

Al momento de alimentar los animales en el comedero cada suplemento fue mezclado 2 5 g de lasalocid sódico/comida, ensilaje integral de camote y el heno de acuerdo a las cantidades indicadas en el Cuadro XV. El heno fue picado en una segadora de maíz (marca Jumil-JM50) a aproximadamente a 4000 revoluciones por minuto para obtener un tamaño de particula entre 2 0 a 10.0 cm , que reduce el desperdicio de heno y facilita su mezclado con los otros ingredientes de la ración en el comedero El rechazo de alimento se midió diariamente a las 7 00 am, para monitorear el consumo. Los animales fueron pesados al inicio y final de la fase, en condiciones de ayuna, a las 8 00 am, utilizando una balanza digital marca TRU-TES®(EC-2000)

Cuadro XIV. Esquema de alimentación utilizado en la fase de adaptación.

	Días	1-2	3-4	5-6	7-10	11-15
Ración	% del total diario	50	65	80	90	100

Cuadro XV. Cantidad de ración, proteína cruda y energía metabolizable ofrecida a los animales/ 100 kg/PV, base seca.

TRATAMIENTO (0%)	Cantidad, kg o Mcal/100 kg de PV/día		
Ración	**Ración**	**PC***	**EM****
Suplemento	1 67	0 30	5.17
Heno	1 06	0 05	1.91
Ensilaje	0.00	0.00	0 00
Total	**2.74**	**0,35**	**7.08**
TRATAMIENTO (33%)			
Suplemento	1 27	0 25	3 86
Heno	0.84	0.04	1 51
Ensilaje	0 48	0 02	1 14
Total	**2.59**	**0.31**	**6.51**
TRATAMIENTO (75%)			
Suplemento	0 79	0.23	2 32
Heno	0.38	0 02	0 68
Ensilaje	1 61	0 08	3 86
Total	**2.78**	**0.33**	**6.86**
TRATAMIENTO (100%)			
Suplemento	0.56	0.21	1 55

Heno	0 23	0 01	0 41
Ensilaje	1 96	0 09	4 69
Total	**2.74**	**0.31**	**6.65**

*PC kg

**EM Mcal

Durante la fase de evaluación se utilizó el manejo de la alimentación establecido en la fase de adaptación, pero en base a cada animal individual por tratamiento, ofreciéndole la ración en función de su peso vivo En esta fase los animales fueron pesados a los 18, 39 y 60 días, en ayuna

Modelo y análisis estadístico:

El modelo lineal aditivo utilizado en esta fase fue

$$Y_{ijk} = u + T_i + An_j(T_i) + P_k + T_i{*}P_k + \beta_i(X_i - \overline{X}) + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Ganancia de peso (kg)

μ = Media general de las observaciones

T_i = Efecto de los TRT (niveles de sustitución)

$An_j(T_i)$ = Efecto de los animales dentro de los TRT

P_k = Efecto del periodo

$T_i{*}P_k$ = Efecto de la interacción TRT por periodo

β_i = Coeficiente parcial de regresión

X_i = Peso inicial (kg)

$\overline{X}$ = Promedio del peso inicial (kg)

E_{ijk} = Error acumulativo.

Con este modelo, los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS (1999), se utilizó el procedimiento PROC GLM, se realizaron comparaciones de medias a través de la prueba de Tukey, el alpha utilizado en esta investigación fue de 5% Se analizó la ganancia de peso vivo (GPV kg/anim/día), consumo de materia seca (CMS), consumo de proteína cruda (CPC), conversión alimenticia de la MS (CAMS), conversión alimenticia de la proteína cruda (CAPC), digestibilidad aparente de la MS (DAMS), digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO), digestibilidad aparente de la PC (DAPC), digestibilidad aparente de la fibra detergente neutra (DAFDN), digestibilidad aparente de la fibra detergente ácida (DAFDA). Se realizó una prueba de normalidad para las variables dependientes peso final (PFIN) y ganancia de peso vivo (GPV) a través del PROC UNIVARIATE NORMAL para el cual se tomó en consideración la prueba de Shapiro-Wilk, citada por Ruiloba, (2005a)

b.2. Digestibilidad *in vivo* de las raciones:

Un diseño completamente al azar fue utilizado para evaluar la digestibilidad ***in vivo*** de los cuatro tratamientos o raciones utilizadas en la prueba de ganancia de peso vivo y conversión alimenticia descrita anteriormente, en la que se estudiaron cuatro tratamientos de sustitución de maíz molido por ensilaje integral de camote, utilizando raciones iso-energéticas e iso-proteicas Las raciones utilizadas fueron las mismas que se presentan en el Cuadro XV

Método de determinación de la digestibilidad:

Para determinar la digestibilidad de las raciones se utilizó el método *in vivo*, a base de un marcador interno, en este caso la fibra detergente ácida indigerible (FDAI), basado en el método de Cochran *et al.*, (1988), pero con una incubación de la muestra en el rumen por 12 días, siguiendo el periodo que utilizó Rinne *et al.*, (1997) y Nousiainen *et al.*, (2004) Esta determinación se realizó durante la fase B, correspondiente a la evaluación de la ganancia de peso vivo y conversión alimenticia, utilizando los mismos animales, infraestructura, raciones y manejo. Esta se determinó en cada uno de los dos periodos de evaluación, durante los siete últimos días de cada periodo Para calcular la FDAI, a las muestras compuestas de los alimentos ofrecidos, rechazados y heces se les efectuaron análisis de FDA en un digestor ANKOM 200/220 Fiber Analizer (model A-200), siguiendo los procedimientos analíticos de la técnica de Goering y Van Soest (1970), antes como después de ser incubadas en el rumen de los animales fistulados Se obtuvo de esta manera la FDA de los alimentos y la FDA de los residuos, valores que se utilizaron para determinar la FDAI mediante la siguiente fórmula **FDAI (% MS)**

$$= \frac{\text{Gramos de FDA en el residual la bolsa después de la incubación} \times 100}{\text{Gramos de FDA en la muestra original antes de la incubación}}$$

Muestreos:

El proceso de campo utilizado para la determinación de la digestibilidad se presenta en el esquema indicado en el Cuadro XVI Diariamente se limpió el piso con agua a las 7·00 am y posteriormente se procedía a la pesada y muestreo del rechazo, a la alimentación y al muestro de las heces De los suplementos de cada tratamiento se tomaron muestras de aproximadamente 0 35 kg/día, e igual cantidad de muestra de heno, cada una de estas se colocó en una bolsa plástica y se guardó a temperatura ambiente Al momento de preparar la ración para cada animal se tomaron muestras de aproximadamente 0.25 kg/animal de ensilaje integral de camote, dos veces al día, de heces se tomaron aproximadamente 0 20 kg/muestra dos veces al día (mañana y tarde) procurando tomar material fecal que no estuviese contaminado con orina o restos de alimentos. De los animales que presentaron alimento de rechazo se tomaron aproximadamente 0 20 kg/comedero. Las muestras de ensilaje, alimento rechazado y heces se guardaron en bolsas plásticas individuales debidamente identificadas en un congelador a -30°C

Posteriormente se prepararon muestras compuestas de cada ingrediente de la alimentación (suplemento, heno y ensilaje) En el caso del suplemento y heno se hizo una muestra compuesta por tratamiento/periodo Para esto se colocaron las muestras correspondientes sobre una bandeja de metal y se mezclaron lo más homogéneamente posible, sacando una muestra compuesta de aproximadamente 0.50 kg Las muestras de ensilaje ofrecido, alimento rechazado

y heces se secaron en el horno a 65°C por 48 horas Todas las muestras secas se molieron en un molino marca Thomas con una malla de 1.0 mm y se guardaron en bolsas plásticas debidamente identificadas para sus posteriores análisis de laboratorio

En el caso del ensilaje y heces las muestras que se descongelaron por espacio de 90 minutos y se prepararon muestras compuestas por animal/periodo, utilizando el proceso indicado para el suplemento y heno, secándose posteriormente a 65°C por 48 horas En el caso del rechazo de alimento, las muestras se descongelaron y se secaron individualmente a 65°C por 48 horas y se molieron, para luego preparar una muestra compuesta por animal/periodo. Todas las muestras compuestas se secaron en un horno a 105 °C por 24 horas, para determinar su contenido de materia seca total

La digestibilidad ***in vivo*** de las raciones se determinó mediante la fórmula descrita por Lascano *et al* , (1990) utilizada para determinar la digestibilidad de cualquier nutriente **DN (%) = [1 – (CMF x NH)/(CMH x NF)] x 100**

Donde:

CMF = Concentración del marcador en el alimento (%)
NH = Concentración del nutriente en las heces (%)
CMH = Concentración del marcador en las heces (%)
NF = Concentración del nutriente en el alimento (%)

En el caso de la digestibilidad de la MS la digestibilidad *in vivo* de la misma puede ser calculada mediante la fórmula descrita por Lascano *et al* , (1990)

DMS (%) = (1- CMF/CMH) x 100

Donde

CMF = Concentración del marcador en el forraje (%)

CMH = Concentración del marcador en las heces (%)

Cuadro XVI. Esquema utilizado para la determinación de la digestibilidad *in vivo*, aplicado a cada animal.

Día	ACTIVIDAD
1	Pesar el alimento ofrecido (suplemento, heno y ensilaje) y tomar una muestra para análisis (guardar las muestras de suplemento y heno a temperatura ambiente y las de ensilaje en frío a una temperatura aproximada de -30°C
	No pesar el rechazo
	No tomar muestras de heces
2, 3, 4, 5, 6 y 7	Pesar el alimento ofrecido (suplemento, heno y ensilaje) y tomar una muestra para análisis (guardar las muestras de suplemento y heno a temperatura ambiente y las de ensilaje en frío a una temperatura aproximada de -30°C
	Pesar el rechazo y tomar una muestra para análisis (guardar las muestras en frío a una temperatura aproximada de -30°C)
	Tomar una muestra de las heces (2 veces al día, mañana y tarde) que se encuentren en cada corral, preferiblemente recién defecada Guardarla en frío a una temperatura aproximada de -30°C

	Pesar el rechazo y tomar una muestra para análisis (guardar las muestras en frío a una temperatura aproximada de -30°C.
8	Tomar una muestra de las heces (2 veces al día, mañana y tarde) que se encuentren en cada corral, preferiblemente recién defecada Guardarlas en frío a una temperatura aproximada de -30°C

Con la DAMS y el consumo de materia seca (CMS, kg/100 kg de peso vivo/día) se estimó el consumo de nutrientes digeribles totales (CNDT, kg/100 kg de peso vivo/día), consumo de energía digestible (CED, Mcal/100 kg de peso vivo/día) y el consumo de energía metabolizable (CEM, Mcal/100 kg de peso vivo/día), de acuerdo a las siguientes relaciones

CNDT = CMS*DAMS

CED = (4.4*CNDT)/1000

CEM = CED*0 82

Modelo y análisis estadístico:

Se utilizará el mismo modelo utilizado en el punto b 1 , correspondiente a la ganancia de peso vivo y conversión alimenticia

b.3. Costo de alimentación y costo equivalente de reemplazo del maíz en grano:

Costo de alimentación con las raciones experimentales:

Para estimar el costo de alimentación (CAL) se tomó en cuenta el registro de consumo levantado en el punto b.1 (Ensayo 1, fase B), el costo estimado del

ensilaje en el punto a 3 (Ensayo 1, fase A) y los costos promedios de mercado de los otros ingredientes de la ración (maíz molido, torta de soya, torta de coquito, urea, sal mineral y lasalocid sódico, promediados para los dos periodos de la fase de evaluación (punto b 1., fase B). Además, se calculó el costo de alimentación por kg de ganancia de peso, dividiendo el costo de alimentación diaria entre la ganancia de peso vivo diario.

Costo equivalente de reemplazo del maíz en grano:

Con los contenidos de PC, EM y el costo unitario del maíz en grano, ensilaje integral de camote, torta de soya y torta de coquito presentados anteriormente se estimó el costo equivalente de reemplazo de 1 0 kg fresco de maíz en grano por ensilaje integral de camote fresco (CERM), en iguales niveles de contenido de PC y EM en la mezcla ensilaje integral de camote y torta de soya o torta de coquito Como los contenidos de PC y EM de estos ingredientes no son iguales, se utilizó torta de soya o torta de coquito para lograr la equivalencia o igualar los contenidos de PC y EM

ENSAYO 2: Determinación de las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos en crecimiento.

A. Características fermentativas ruminales:

a.1. Determinación de las características fermentativas ruminales:

Una prueba de homogenidad de pendientes y un diseño jerárquico fueron utilizados para evaluar el efecto de tres niveles de sustitución (0, 50 y 100%) de maíz molido por ensilaje integral de camote sobre los parámetros fermentativos ruminales pH y $N\text{-}NH_3$ respectivamente

Caracterización bromatológica de los ingredientes de la ración:

Las raciones experimentales fueron preparadas con los mismos ingredientes y bajo el sistema utilizado en la fase de evaluación de la ganancia de peso vivo y conversión alimenticia (punto b 1) En los Cuadros XVII y XVIII, se presentan las composiciones de las raciones experimentales y de los suplementos secos de las raciones experimentales utilizadas en esta fase

Cuadro XVII. Composición en base seca de las raciones experimentales.

Tratamientos	$T_{0\%}$	$T_{50\%}$	$T_{100\%}$
Ingredientes (%)			
Maíz (molido)	55 00	24 50	0 00
Heno de swazi	33 70	18 45	3 40
Harina de soya	10 00	10 00	10 00
Ensilaje de camote	0 00	39 40	74 80
Harina de coquito	0 00	6 00	10 00
Sal mineral	0 50	0 50	0 50
Urea	0 80	1 05	1 30
TOTAL	**100.00**	**99.99**	**100.00**

Cuadro XVIII. Composición (base fresca) de los suplementos secos para cada tratamiento.

	Nivel de sustitución		
Ingredientes	**0%**	**50%**	**100%**
Maíz (molido)	83,22	55,75	0.00
Harina de soya	15,30	26,32	48,90
Torta de Coquito	0 00	16,66	47,60
Sal mineral	0,68	0,74	2,20
Urea	0,80	0,56	1,30
Total	**100.00**	**100.00**	**100.00**

Evaluación de los tratamientos o raciones:

Se utilizaron tres animales fistulados con cánulas ruminales permanentes para animales de más de 204 kgPV, con reborde interior y exterior, flexibles, 10 cm de diámetro de centro, hasta 7 5 cm de espesor de pared y 1.13 kg de peso, (https //www bardiamond com/SECURE/shoppingcart asp?Page=1), con peso y edad promedio entre 260 a 380 kg y 20 a 36 meses respectivamente. La fistulación fue realizada utilizando el procedimiento quirúrgico indicado por Bard Diamond, Inc (s f), modificado por Caballero y Bernal al utilizar un periodo de ocho días post-operatorios para colocar la cánula, tiempo este que es requerido para que la herida estuviese completamente seca (S Caballero, comunicación personal, IDIAP, Gualaca, Chiriquí, 2010) Posterior a esta cirugía los animales fueron sometidos a un manejo clínico y una alimentación bajo condiciones de corral por ocho días, de acuerdo a las recomendaciones de Rivera y Estrada (1986), cuidados hasta lograr la completa cicatrización de la fístula Seguidamente se realizó un proceso de monitoreo de la fístula y de acostumbramiento a la cánula

Antes que los animales se incorporaran a la fase de caracterización fermentativa, estos fueron desparasitados con ivermectina a razón de (1.0 ml/50kg pv) y vitaminados con un complejo vitamínico a razón de 2 ml cada 100 kg de peso (Vitamina A; 3,000 000 U I., Vitamina D_2, 1,000.000 U I., Vitamina E, 1,000.000 U I./ml) Estos fueron confinados individualmente en los mismos corrales utilizados en la fase de evaluación de la ganancia de peso vivo y conversión alimenticia (b 1) Se utilizó un periodo de pre-adaptación de nueve

días para el manejo en confinamiento con una ración única a base de (suplemento, heno y ensilaje de maíz), incluyendo un manejo diario de inmovilización con cuerdas (amarrado) y extracción de material ruminal.

Inmediatamente después de esta pre-adaptación, se inició el periodo experimental, dividido en nueve días de adaptación y tres días de evaluación o toma de muestras Al entrar a la fase de adaptación se les tomó el peso inicial de entrada (día 1) con ayuda de una cinta métrica no elástica, pasando circularmente la cinta por la parte más baja de la cruz, por detrás de las espaldillas (Wattiaux, 1999), con la finalidad de calcular las cantidades de alimento a ofrecer En esta fase los animales fueron alimentados de acuerdo al tratamiento y peso vivo, con un consumo de MS de 2 60 kg/100 kgPV/día, mitad en la mañana y mitad en la tarde Durante los primeros cinco días de la fase de adaptación, adicional a la cantidad de ración ofrecida, los animales recibieron heno de swazi (***Digitaria swazilandensis***) en cantidad para lograr el consumo de MS establecido En el Cuadro XIX se presenta el esquema de alimentación y las cantidades de ración suministradas en ambas fases Los animales se alimentaron a las 8 00 am y 1 00 pm y a las 7 00 am se midió diariamente el rechazo.

Cuadro XIX. Esquema de alimentación y cantidades de ración (base fresca) suministradas*.

		Adaptación			Evaluación		
	Días	**1-2**	**3-5**	**6-9**	**10**	**11**	**12**
Ración	**Cant. (kg)**	**50%**	**70%**	**90%**	**90%**	**90%**	**90%**
Suplemento	4.00	2.00	2 80	3 60	3 60	3.60	3 60
Heno	2.50	1 25	1 75	2 25	2 25	2.25	2.25
Ensilaje	11 25	5.63	7 88	10 13	10.13	10.13	10.13
Totales	**17.75**	**8.78**	**12.43**	**15.98**	**15.98**	**15.98**	**15.98**

* Ración promedio de todos los niveles de sustitución

a. 2. Parámetros químicos a medir:

Los parámetros químicos a determinar son pH, ácidos grasos volátiles (AGV) acético, propiónico y butírico y el N-NH_3 (nitrógeno amoniacal), a partir de muestras del líquido ruminal El monitoreo de pH se realizó por potenciometría (Bateman, 1970), utilizando un potenciómetro estacionario (Corning Model 5), el N-NH_3 por destilación y titulación de acuerdo al método de Kjeldhal (AOAC, 1970), AGV por cromatografía de gases.

Toma de muestras de líquido ruminal y análisis químicos:

Se tomaron muestras de líquido ruminal a la hora 0 antes de la alimentación de la mañana y a las 2,4,6,8,10 horas post-alimentación. Para la toma de la muestra primero se inmovilizó el animal (se amarró), después se le quitó el tapón a la cánula y se procedió a la toma de la muestra ruminal en forma manual,

tomando material de diferentes partes del saco ventral del rumen Las muestras obtenidas se colocaron sobre una gasa doble y por presión mecánica se recogió el líquido en un vaso químico. Inmediatamente cada muestra se pasó a un embase plástico con tapa de rosca (capacidad de 60 ml) y se procedió a medir el pH introduciendo el electrodo en el embase que contenía el líquido ruminal por aproximadamente 10 segundos Una vez se midió el pH, se le adicionaron cinco (5) gotas de $HgCl_2$ (cloruro de mercurio) al 5% para inactivar las bacterias ruminales y detener la fermentación Cada muestra se identificó con el número del animal, la fecha y hora de toma de la muestra y se guardaron a -29°C para posteriores análisis de $N\text{-}NH_3$ y AGV

Las muestras de líquido ruminal y del extracto obtenido del ensilaje integral de camote por el método de la Japan Livestock Technology Association (2000) fueron descongeladas a temperatura ambiente y dejadas en reposo por espacio de 60 minutos para que sedimenten las partículas que pudieran haber pasado a través de las gasas durante la extracción mecánica de la muestra. Para la determinación analítica del $N\text{-}NH_3$ se utilizó el procedimiento indicado en la fase b 1 2, correspondiente a la caracterización bromatológica de los ingredientes de las raciones experimentales Con una jeringuilla de 10 ml con aguja (18GX1 ½") se extrajeron 10 ml del líquido sobrenadante de la muestra, los que se sometieron a destilación en un aparato marca TECATOR (KEJELTEC SYSTEM 1002, Destiling Unit) y titulación de acuerdo al método de Kjeldhal (AOAC, 1970) El $N\text{-}NH_3$ se calculó a través de formula descrita por Preston (1986):

$$N\text{-}NH_3\ (mg/dl) = \frac{(T-B)(0.01\ N)(14.007)\ (1000)}{ml\ de\ muestra}$$

T = Volumen de titulación (ml)

B = Blanco

N = Normalidad del ácido

a.3. Modelo y análisis estadístico:

Variable pH: La prueba de homogenidad de pendientes se realizó sobre las siguientes hipótesis

$$Ho = \beta_i = \beta_j$$

$$Ha = \beta_i \neq \beta_j$$

Donde:

$_i$ = Niveles de sustitución T_0, T_{50}, $T_{100\%}$

$_j$ = Niveles de sustitución T_0, T_{50}, $T_{100\%}$

Con esta prueba se hicieron las siguientes comparaciones de pendientes T_0 vs T_{50}; T_0 vs T_{100}, y T_{50} vs T_{100} La "t calculada" se determinó de acuerdo a la fórmula descrita por Steel y Torrie (1992)

$$S^2p = \frac{(CME\beta_1 + CME\beta_2)}{n_1 - 2 + n_2 - 2}$$

$$t_c = \frac{b_1 - b_2}{\{S^2p[1/\Sigma(X_{1j} - \overline{X}_1)^2 + 1/\Sigma(X_{2j} + \overline{X}_2)^2\}^{1/2}}$$

Donde:

S^2p = Varianza ponderal, estimador de la variación de la regresión

$CME\beta_{1,2}$ = Cuadrado medio del error de la pendiente 1 y 2

$n_{1,2}$ = Grados de libertad total de la pendiente 1 y 2

t_c = "Te" calculada

$b_{1,2}$ = Coeficiente de regresión de la pendiente 1 y 2

$X_{1,2j} - X_{1,2}$ = Suma al cuadrado de los tiempos de medición de la pendiente 1 y 2

Variable N-NH_3 Para esta variable se utilizará un diseño jerárquico y el modelo lineal aditivo utilizado en esta fase fue:

$$Y_{ijk} = u + T_i + D_j(T_i) + H_k(D_j{*}T_i) + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = N-NH_3 (mg/dl)

μ = Media general de las observaciones

T_i = Efecto de los TRT (niveles de sustitución)

$D_j(T_i)$ = Efecto de los DÍAS dentro de los tratamientos

$H_k(D_j{*}T_i)$ = Efecto del tiempo en horas, dentro de la interacción día por tratamiento

E_{ijk} = Error acumulativo

ENSAYO 3: Evaluación comparativa de la cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS del grano de maíz y ensilaje integral de camote.

A. Evaluación de la cinética de degradación:

a.1. Degradabilidad ruminal in situ:

Un diseño de bloque fue utilizado para medir la degradación ruminal *in situ* de cada una de las fracciones (B_0, B_1, k, degradabilidad potencial y tiempo medio de degradación) que componen la ecuación matemática que describe la cinética de la degradación ruminal *in situ* del ensilaje integral de camote y maíz en grano

Inmediatamente se terminó el ensayo 2, se inicio este ensayo, con un periodo experimental de 72 horas Para este ensayo, los animales tuvieron 12 días de adaptación, que comprendió todo el ensayo 2, ya que cada animal fistulado continuó en la misma ración. La técnica *in situ* de Mehrez & Ørskov (1977), se utilizó para determinar degradabilidad ruminal de la MS del maíz molido y el ensilaje integral de camote Esta técnica consiste en la en la inserción en el rumen de bolsas de nylon con cantidades medidas de un determinado alimento durante un periodo de tiempo definido con la finalidad de estimar su taza de degradación.

Manejo y alimentación de los animales:

Para determinar la degradabilidad *in situ* de la MS del maíz molido y del ensilaje integral de camote se utilizaron las mismas raciones experimentales, los mismos animales fistulados y el mismo manejo animal utilizados en el ensayo 2 sobre determinación de las características fermentativas ruminales Se utilizaron las muestras compuestas de maíz molido y del ensilaje integral de camote ofrecido en el punto b 1 , Ensayo 1, fase B (Ganancia de peso vivo y conversión alimenticia) Se utilizaron bolsas de nylon (10 5 X 23.0 cm y porosidad 1,200 orificios/cm^2), pesadas individualmente en una balanza analítica e identificadas con un marcador color negro permanente (marca Bic Parking 2300), a las que se introdujo el material previamente pesado de acuerdo al tratamiento experimental. Con cuidado para no tener perdidas en el material introducido, estas fueron cerradas en su parte superior con un hilo de nylon Nº (70/100–15 8) Cada tratamiento se incubó en su respectiva bolsa por duplicado (Cuadro XX) en el correspondiente animal fistulado a cada tiempo de incubación (0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 y 72 horas) En cada bolsa se introdujeron aproximadamente 2.0 g de los alimentos a evaluar (maíz molido y ensilaje integral), pesados en una balanza de precisión (marca Cobos Model 92SM-202-A-DR). En total se incubaron en cada animal 36 bolsas, todas dentro de una bolsa de malla que se colocó en el rumen del animal, sujetas a la parte externa de la cánula por un cordel de nylon para evitar que la misma se fuera al fondo del rumen Esta bolsa de malla también se utilizó para facilitar la localización y extracción de las bolsas de nylon al momento

de cumplirse el tiempo de incubación Una vez cumplido el tiempo de incubación, se extrajo de la bolsa de malla las correspondientes bolsas de nylon, que inmediatamente fueron lavadas con abundante agua de la llave hasta que el agua saliera incolora, las bolsitas del tiempo cero (0) se introdujeron en el rumen por espacio de 5 segundos Una vez lavadas las bolsas de nylon, se secaron en el horno a 65°C por 48 horas y luego se pesaron para determinar por diferencia la cantidad de MS o componente químico desaparecido y calcular el nivel de degradabilidad en el tiempo fijado

a.2. Parámetros a medir:

El parámetro a medir durante este periodo experimental fue la degradabilidad (%) de la materia seca del ensilaje integral de camote y del maíz molido Esta se obtuvo con la ecuación matemática de Ørskov y McDonald (1979), que describe la cinética de la degradación ($\mathbf{D= B_0 + B_1(1-exp^{(-k*t)})}$), para lo cual se utilizó el procedimiento no lineal (NLIN) del SAS (1999) y el método Marquardt (SAS, 1999), donde

D= Degradabilidad potencial, %

B_0= Fracción soluble o completamente degradable que sale rápidamente del saco de nylon, %

B_1= Fracción no soluble pero potencialmente degradable por los microorganismos, % Es la diferencia entre el intercepto (B_0) y la asíntota.

k= Tasa de degradabilidad de la fracción B_1, %

t= Tiempo de degradación, hora.

La degradación potencial (Dp) se obtuvo con la ecuación $Dp=B_0+B_1$ y el tiempo medio de degradación ($t_{½}$, hora) con la ecuación $t_{½} = (\ln 2)/k$ (Faichney, 1975).

Cuadro XX. Distribución de los diferentes tiempos y la cantidad de bolsas de nylon incubadas por animal.

	Tiempo de incubación (horas)									
Material	**0**	**3**	**6**	**9**	**12**	**24**	**36**	**48**	**72**	**TOTAL**
Maíz (molido)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	**18**
Ensilaje integral de camote	2	2	2	2	2	2	2	2	2	**18**

a.3. Modelo y análisis estadístico:

Un diseño de bloques completos al azar fue utilizado para determinar la degradabilidad ruminal *in situ* del ensilaje integral de camote y el maíz en grano El modelo lineal aditivo utilizado en esta fase fue

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + R_i{*}T_j + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Degradabilidad *in situ*

μ = Media general de las observaciones

R_i = Efecto de la Ración

T_j = Efecto de los Tratamientos (maíz/ensilaje)

$R_i{*}T_j$ = Efecto de la interacción Ración por Tratamiento.

E_{ijk} = Error acumulativo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 1: Evaluación bio-económica de diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos machos en crecimiento.

A. Producción del ensilaje integral de camote:

a.1. Cultivo del camote:

El camote demostró ser un cultivo con buena adaptación agroclimática, ya que se desarrolló adecuadamente en el área de siembra, la que presentó una precipitación pluvial anual de 2500 mm, un poco elevada para este cultivo, el cual requiere precipitaciones anuales entre 750 a 1,250 mm/año (Vieira, 2001). Sin embargo, presentó una alta resistencia fitosanitaria al no enfrentar enfermedades y pocos ataques de plagas

Durante su ciclo productivo el cultivo no presentó enfermedades, pero si leves ataques de plagas que han sido reportadas en otras regiones del país (Ruíz *et al* , 2009), tales como *Agroiconota propincua, Typophorus nigritus* y otras no reportadas por estos autores como arrieras (*atta sp*) y saltamontes (ortópteros) La arriera fue la plaga que más afectó el cultivo desde los 22 dds hasta el momento de la cosecha, presentando ataques periódicos. En el periodo de crecimiento la arriera atacó severamente la planta a nivel del follaje y tallo, pero en el periodo próximo a la cosecha el ataque fue parcial, sólo a nivel del follaje.

Se observó que cuando las plantas en recuperación fueron nuevamente atacadas por las arrieras, estas retrasaban el crecimiento de la planta o producían su muerte En el caso de los saltamontes el daño fue mínimo, observándose daños en el follaje a mediados del ciclo del cultivo cuando ya el mismo presentaba una amplia cobertura sobre el suelo Esta situación pudo deberse a que en las áreas periféricas o cercanas al cultivo habían áreas de barbecho y otros cultivos que usualmente son atacados por estas plagas

Los problemas más importantes enfrentados durante el ciclo de cultivo se presentaron con el uso de la maquinaria agrícola (preparación del terreno y cosecha) y la fertilización El surcador presentó desajustes durante el proceso de surcado que provocaron una reducción del área efectiva de siembra de aproximadamente 30%, ya que la distancia promedio entre surcos obtenido fue de 1 30 m (± 0 20) en vez de 1 0 m , tal como indica el procedimiento descrito por (Ruíz, 2009) En el caso de la fertilización, se utilizaron 182 kg/ha de abono completo 12-24-12, que aportaron 48, 96 y 48 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O, respectivamente Resultados del rendimiento de biomasa que se presentan posteriormente indican que esta fertilización no fue suficiente para el cultivo ya que Jacob y Uexkull (1973), recomiendan que de acuerdo al tipo de suelo el camote requiere 50kg/ha de N, 150 kg/ha de P_2O_5 y 200 kg/ha de K_2O Información basada en el análisis de suelo y criterios de fertilización indican que el cultivo requiere en promedio entre 10 y 12 quintales de abono completo/ha (T. Solís, comunicación personal, Facultad Ciencias Agropecuarias, Chiriquí, 2011)

a.2. Confección del ensilaje:

a.2.1. Rendimiento en campo y relación follaje-tubérculo:

El rendimiento agronómico de biomasa del cultivo (follaje+tubérculo) fue de 23.025 y 5 310 toneladas métricas (Tm) de materia fresca y seca, respectivamente En base fresca este material presentó una relación tubérculo/follaje de 0 95/1 00 (48 72% y 51.29% T/F) y en base seca de 2 00/1 00 (66.7 Y 33 3%), lo que representa un rendimiento de tubérculo y follaje de 11 218 y 11 812 Tm/ha, base fresca y 3 542 y 1 768 Tm/ha, base seca, respectivamente

Estos rendimientos están muy por debajo de los obtenidos en Azuero por Batista de 50 a 55 ton frescas/ha (A Batista, comunicación personal, IDIAP, Los Santos, 2010) y en Gualaca, Chiriquí por Batista (2005), de 78.0 ton de material fresco/ha, con la variedad CIP-14 Batista (2005) reportó una relación tubérculo/follaje de 0 75 1 00, base húmeda Resultados obtenidos por Albán y Cadavid (s.f), trabajando con 16 clones de camote, indican rendimientos promedios de 54470 kg de material fresco/ha (31810 y 22660 kg de tubérculo y follaje), con 26 95 y 12 48% de MS para el tubérculo y follaje, respectivamente Esto representó un rendimientos en base seca de 8500 y 2820 kg de MS/ha de tubérculo y follaje, una relación tubérculo/follaje de 1.4·1.0 y 3.0·1.0, base fresca y seca, respectivamente Estos bajos resultados obtenidos en el presente trabajo se atribuyen al aumento de la distancia entre surcos, lo que redujo el número de plantas de 33333 a 23333/ha y a la fertilización aplicada, que sólo representó un

tercio de lo que aparentemente requería el cultivo bajo las condiciones de suelo en que se sembró De acuerdo a los resultados de Albán y Cadavid (s.f) la relación tubérculo/follaje obtenida en este trabajo fue igualmente baja Se observó que el camote requiere de suelos con buen drenaje, ya que en las partes bajas e inundables (alrededor del 30% del área cultivada) sólo se produjo el 18 6% del total de biomasa fresca cosechada

a.2.2. Cosecha y picado del material:

Con el método de cosecha de tractor con surcador de dos puntas (método 1) los tubérculos y follaje quedaron envueltos en una gran cantidad de tierra y la extracción de tubérculos fue baja, lo que aumentó el tiempo y mano de obra de cosecha Con el método de tractor con surcador de una punta (método 2) se extrajo una mayor cantidad de tubérculos que con el método anterior, pero el follaje quedó envuelto en la tierra, aumentando el tiempo y mano de obra de cosecha Con el método de arrancado manual del follaje más surcador de una punta para el tubérculo (método 3), se extrajo la mayor parte del tubérculo sin cantidades apreciables de tierra adherida al mismo, además se observó una reducción en el tiempo y mano de obra de cosecha

En el picado del material cosechado (follaje y tubérculo), el método con una picadora de pasto estacionaria (PENHA FR5000) acoplada al toma fuerza del tractor a 4000 revoluciones por minuto (método 1) no funcionó debido a que el equipo se atascaba frecuentemente con el follaje (tallos largos) y los tubérculos

se picaban lentamente, lo que aumentó el tiempo y mano de obra para el picado. Con el método de segadora de maíz acoplada al toma fuerza del tractor a 4000 revoluciones por minuto (método 2) se logró un adecuado picado del material (follaje y tubérculo) en términos de tamaño de partícula y mezclado de la misma, sin atascamiento, a un menor tiempo y uso de mano de obra

Al momento de la cosecha el contenido de materia seca del follaje, tubérculo y material integral (follaje + tubérculo) fue de 14 50, 31 30 y 22 90 % y al momento del picado fue de 33 04, 32 18 y 32.61%, respectivamente Estos valores en el material pre-secado corresponden con los recomendados por Demanet (s f.) 28 a 35%, quien indica que cuando es mayor de 25% se reduce el nivel de efluentes Gordon (1985), Rohr y Thomas (1984), Mc Donald *et al.*, (1991) trabajaron con ensilajes pre-marchitados y de corte directo concluyendo que el pre-secado produce un efecto positivo en la calidad de la fermentación, más que un efecto en el incremento de materia seca *per se*, ya que el aumento en el contenido de materia seca actúa principalmente restringiendo la intensidad de la fermentación, lo que causa una reducción en la producción y concentración de ácidos totales y nitrógeno amoniacal En el caso del tubérculo de camote, Peters *et al.*, (2000) indican que este no requiere pre-secado y que la calidad del ensilado de follaje y raíces de camote dependerá de las condiciones anaeróbicas del silo.

El rendimiento estimado del cultivo al momento del ensilaje en términos de follaje, tubérculo y material integral pre-secado fue de 5.299, 10 665 y 15.964 Tm/ha con 32 6% de MS, ya que la pérdida en agua representó un 30 0% de la producción total (7 060 Tm/ha)

a.3. Determinación del costo de producción del ensilaje:

a.3.1. Costo de producción del cultivo:

El costo de producción del cultivo (Cuadro XXI) fue de B/ 779 95/ha De este costo, 36 54 % corresponde a mano de obra, 33 59 % a insumos, 17 05 % a semilla y transporte y 12 82 % a la preparación del terreno Este costo fue 21 34% más elevado que el reportado por el IDIAP (Ruíz *et al*, 2009). Se considera que esto se debe básicamente al gasto en el control manual de malezas, posiblemente producto de un control previo a la siembra no efectivo y a una mayor distancia entre surcos, tanto es así que este aspecto representó el 56 14 y 20 54% del costo en mano de obra y costo total del cultivo respectivamente

El costo/Tm de materia fresca y seca fue de B/ 33 87 y 146 88, respectivamente. Los costos logrados en este trabajo son altos debido al bajo rendimiento obtenido, producto de la baja fertilización, distancia entre surcos y densidad de siembra, por lo que se considera que al corregir estos aspectos el costo de producción agronómico aumentaría a B/ 939 95, pero con un

rendimiento mínimo de 65 Tm/ha, lo que reduciría el costo a B/.14 46 y 63.63 por Tm fresca y seca, respectivamente

Cuadro XXI. Costo de producción del cultivo/ha.

Motivo de gasto	Medida	Cantidad	Precio	Costo (B/.)
Preparación del terreno				
Arado	hora	1,5	22,20	33,33
Rastra	hora	2 0	22,20	44,44
Surcado	hora	1 0	22,20	22,22
Subtotal				**100**
Semilla				
Semilla vegetativa	bultos		55,00	55,00
Transporte	día		78,00	78,00
Subtotal			133,00	**133,00**
Insumos:				
Herbicidas	litro	1 0	62,00	62,00
Insecticidas	libra	6 0	4,25	25,50
Insecticidas	litro	1,5	33,00	49,50
Fertilizantes (12-24-12)	kg	181 0	0,6903	124,95
Subtotal				**261,95**
Mano de obra				
Siembra y resiembra	jornal **	8.0	10,00	80,00
Abonamiento	jornal	4,5	10,00	45,00
Control químico de malezas y plagas	jornal	9,5	10,00	95,00
Control manual de malezas	jornal	6,5	10,00	65,00
Subtotal				285,00
COSTO TOTAL (B/.)				**779,95**

** Jornal ocho horas de trabajo

a.3.2. Costo de elaboración del ensilaje:

El costo de elaboración del ensilaje se indica en el Cuadro XXII, donde se observa un costo de B/. 356.64, de estos el costo en equipo es el más elevado, seguido por la mano de obra y bolsa silopress, con el 58 88, 28 03 y 13 07% del costo total, respectivamente Este costo correspondió a 9 165 Tm de material puesto en el silo, indicando un costo de B/ 38 92/Tm.

Cuadro XXII. Costo de elaboración del ensilaje integral de camote.

Motivo de gasto	Medida	Cantidad	Precio	Total
Mano de obra				
Arrancado de follaje	jornal*	3.0	10.00	30 00
Recolección de tubérculos	jornal	3.0	10 00	30 00
Apilado del material	jornal	1 0	10 00	10 00
Picado y llenado del silo	jornal	3 0	10 00	30.00
Subtotal				**100.00**
Equipo agrícola				
Extracción del tubérculo	hora	2 0	20 00	40 00
Picado y acarreo	hora	3.0	45 00	135 00
Ensilado	hora	1 0	35 00	35 00
Subtotal				**210.00**
Materiales				
Bolsa para ensilaje	mt.	8 0	5.80	46.64
Subtotal				**46.64**
TOTAL (B/.)				**356.64**

* Jornal ocho horas de trabajo

a.3.3. Costo de producción del ensilaje:

El ensilaje prácticamente no presentó cantidades importantes de ensilaje dañado, situación que es propia de un ensilaje bien preparado y trabajado con medidas adecuadas de protección de la bolsa de silopress contra animales y otros riesgos, además de un adecuado proceso de extracción del material del silo, lo que ayudó a evitar pérdidas después de abierto el mismo

Asumiendo una pérdida por fermentación y efluentes de líquidos de 15 % del total de material ensilado, la cantidad de ensilaje cosechado del silo fue de 7 79 Tm, ya que según Jahn (s f), durante el proceso de fermentación y su posterior utilización, las pérdidas de materia seca pueden variar entre un mínimo de 8 a 10% hasta un 25% del total ensilado

En base a estas cantidades se calcularon los costos que se presentan en el Cuadro XXIII sobre costo de producción del ensilaje integral de camote. Como se ha indicado anteriormente estos costos pudieron ser más bajos, especialmente el costo de producción del ensilaje, ya que el mismo tendría un costo de B/ 0 056/kg y 56 66/Tm de material cosechado ofrecido a los animales

Cuadro XXIII. Costo de producción del ensilaje integral de camote.

	B/./Tm fresca
Costo de producción agronómico	33 87
Costo de elaboración del ensilaje	38 92
Costo de producción del ensilaje(*)	72.79
Costo de producción del ensilaje cosechado del silo (**)	91 5

(*) Costo de producción agronómico + costo de elaboración del ensilaje

(**) Costo de producción del ensilaje corregido por una pérdida en el silo de 15 %

B. Evaluación de la respuesta animal:

b.1. Ganancia de peso vivo y conversión alimenticia:

Variable: Ganancia de peso vivo (GPV, kg/animal/día).

En la fase de adaptación, la GPV promedio fue de 1 24 kg/animal/día, lo que indica que los animales respondieron positivamente a la alimentación y manejo, aunque existe la posibilidad que esta respuesta también incluya crecimiento compensatorio

En el Cuadro XXIV se presentan las GPV promedio por tratamiento, con una ganancia general promedio de 1 37 kg/an/día La GPV obtenida en el tratamiento sin ensilaje integral de camote corresponde con valores reportados en la literatura para raciones altas en granos, como el informado por Elizalde *et al*, (2003), 1.31 kg/an/día La literatura no presenta información sobre resultados con la alimentación a base de ensilaje integral de camote Sin embargo, Backer,

citado por Pezo y Muñoz (1979), obtuvo 0 710 kg/an/día en toretes de 220 kg de peso vivo a base de raciones con tubérculos y follaje fresco de camote; por otro lado, Darlow *et al.*, citados por Ruíz *et al*, (1980), lograron 1.0 kg/an/día con raciones a base de tubérculos secos de camote

En la fase de evaluación, la prueba de Shapiro – Wilk (1965), indicó una distribución normal para la ganancia de peso vivo (GPV), con Pr <W de 0 8353, mayor al alfa utilizado (0 05) En el Cuadro XXIV se presenta el peso vivo y ganancia de peso vivo promedio por periodo y tratamiento El ANOVA (Cuadro XXV) para la GPV correspondiente a la fase de evaluación indicó un efecto significativo de la covariable peso vivo De las variables independientes bajo estudio sólo el periodo experimental (PER) indicó un efecto significativo (P<0 0198), aunque el efecto de tratamiento (TRT) presentó una tendencia importante en este sentido, al presentar una P de 0 1023, nivel que en respuestas biológicas de este tipo, con variaciones propias de hasta 20%, aún es de consideración especial (M Ruiloba, comunicación personal, IDIAP, Gualaca, Chiriquí, 2011) El coeficiente de determinación R^2 para la GPV fue de 0.754, que indica que el 75 4 % de la variación de los datos los explica el modelo utilizado El coeficiente de variación (CV) fue de 20 68 %, similar al reportado por Elizalde *et al.*, (2003), en similar condición de alimentación en confinamiento.

La prueba de Tukey no reportó diferencias significativas (P>0.05) entre las GPV promedio (Cuadro **XXIV**), lo que indica que el ensilaje integral de camote

tiene la capacidad nutricional de contribuir a sustituir hasta un 100 % al grano de maíz en raciones balanceadas de crecimiento, con un aporte a la EM de alrededor del 70 % del total, asumiendo un contenido de EM de 2 4 Mcal/kg de MS, tal como se hizo en la formulación de las raciones experimentales; sin embargo, es necesario definir este aspecto

Cuadro XXIV. Peso vivo y ganancia de peso vivo (GPV) promedio de los animales por tratamiento.

Tratamiento	Fase de adaptación			Fase de evaluación				Promedio (kg/an/día)
				Periodo 1		Periodo 2		
	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	GPV (kg/día)	Peso final (kg)	GPV (kg/an/día)	Peso final (kg)	GPV (kg/an/día)	
$T_{0\%}$	264 47	277 06	1 06	311 62	1 44	331.81	1 26	**1.35[a]**
$T_{33\%}$	242 22	260 14	1 12	293 70	1.40	309 13	1 17	**1.28[a]**
$T_{75\%}$	262 41	285 47	1 44	319 33	1 41	344 73	1 59	**1.50[a]**
$T_{100\%}$	261 50	283 04	1 35	315.02	1 33	336 80	1 36	**1.35[a]**
Promedio	**257.62**	**276.42**	**1.24**	**309.92**	**1.40**	**330.61**	**1.34**	**1.37**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XXV. ANOVA para la ganancia de peso vivo diaria (GPV).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	1 3149	0 4383	2 58	0 1023
AN(TRT)	12	2 0407	0 1700	2 02	0.1271
PER	1	0 6244	0 6244	7 42	0.0198
TRT*PER	3	0 2046	0 0682	0.81	0.5141
$\beta_1(P_{inic} - X_{Pinic})$	1	0 7454	0 7454	8.86	0.0126
ERROR	11	0 9258	0 0841		
TOTAL	31	3 7664			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Consumo de materia seca (CMS/100kg de PV).

En el Cuadro XXVI se presenta la caracterización bromatológica de los integrantes de las diferentes raciones experimentales. En la fase de adaptación el consumo de suplemento y heno se dio de acuerdo a la cantidad ofrecida al animal, en cambio, en los primeros días hubo niveles altos de rechazo del ensilaje ofrecido, principalmente en el tratamiento con el nivel más alto de este, aunque posteriormente el consumo llegó al nivel ofrecido En el Cuadro XXVII se presenta la información sobre CMS correspondiente a la fase de evaluación, donde se observa un mayor consumo de MS (CMS) en el segundo periodo que en el primero, a pesar que en este el rechazo (%MSR) también fue mayor

En el cuadro XXVIII se presenta el ANOVA para el CMS, este no incluye el efecto de la covariable peso vivo, ya que no resultó significativa (P>0 5264) La interacción TRT*PER no resultó significativa (P>0 4234), al igual que el efecto de tratamiento (P>0 1349) El efecto del animal anidado en tratamiento (AN(TRT)) resultó significativo (P< 0.05), lo que indica la variabilidad entre animales, aunque este efecto no se observó con la GPV (Cuadro XXV) El efecto del PER también resultó significativo (P<0 0001). El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0 967 y 3 36 el CV

El promedio general para el CMS fue de 2 545 kg/100kg PV, propio para un animal en producción La prueba de Tukey (Cuadro XXVII) sólo indicó diferencia significativa (P<0.05) entre $T_{100\%}$ y el resto de los tratamientos, con un menor consumo de 15.8 % promedio para T_{100} % con respecto a los otros tratamientos. El rechazo promedio de MS ofrecida aumentó con el nivel de ensilaje en la ración (Cuadro XXVII) y explica al menos en parte el menor consumo de MS obtenido con T_{100} Lopes *et al.*, (2009) indican que los ensilajes pueden reducir el consumo hasta en un 30-40%, lo que está relacionado con el pH, concentración de ácidos orgánicos y contenido de MS del forraje ensilado. Los CMS promedio obtenidos son similares a los reportados por la NRC (1984) para animales en crecimiento y desarrollo con GPV entre 1 20 y 1.40 kg/an/día, rango que incluye las GPV obtenidas en el presente trabajo. Con respecto al PER, el CMS promedio fue de 2 45 y 2.64 kg MS/100 kg PV para el primer y segundo periodo experimental

(P<0 0198), respectivamente, diferencia que pudo deberse a un error en la oferta de heno en el segundo periodo, del orden de 0 20 kg MS/100 kg de peso vivo/día

Cuadro XXVI. Caracterización bromatológica (base seca) de los ingredientes de las raciones experimentales.

	MS %	PC %	EM Mcal/kg	FDN %	FDA %
SUPLEMENTOS					
$T_{0\%}$	91 00	17 68	3 09	19 05	3 81
$T_{33\%}$	91 00	20 30	3 04	26 40	8 03
$T_{75\%}$	91 00	29 40	2 93	40 60	12 56
$T_{100\%}$	91 00	40.60	2 77	61 50	23 11
Heno de Swazi	91 84	4 58	1 80	70 00	38 24
Ensilaje *	34 98	4 83	2 40	40 50	16 70

Cuadro XXVII. Parámetros de consumo de MS promedio en la fase de evaluación.

Consumo de MS (Primer periodo)					Consumo de MS (Segundo periodo)				CMS promedio
TRATA-MIENTO	MSO (1)	MSR (2)	CMS (3)	%MSR (4)	MSO (1)	MSR (2)	CMS (3)	%MSR (4)	
$T_{0\%}$	2 63	0 03	2 60	1 14	2 84	0 04	2 80	1 41	**2.70[a] (*)**
$T_{33\%}$	2.56	0 04	2 52	1 57	2 82	0 10	2 72	3 55	**2.62[a]**
$T_{75\%}$	2.67	0 20	2 46	7 49	2 88	0.17	2.72	5.91	**2.59[a]**
$T_{100\%}$	2 64	0.42	2 22	15 91	2 90	0 57	2 33	19 66	**2.26[b]**
Promedio	**2.63 ±0.040**	**0.17 ±0.158**	**2.45 ±0.142**	**6.53 ±5.970**	**2.86 ±0.032**	**0.22 ±0.207**	**2.64 ±0.183**	**7.63 ±7.124**	**2.54 ±0.168**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

(1) Materia seca ofrecida, kg/100kg peso vivo/día

(2) Materia seca rechazada, kg/100 peso vivo/día

(3) Consumo de materia seca, kg /100 peso vivo/día

(4) Materia seca rechazada, %, (MSR/MSO)*100

Cuadro XXVIII. ANOVA para la variable consumo de CMS/100 kg de PV.

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	0 8304	0 2768	2 25	0.1349
AN(TRT)	12	1 4762	0 1230	16 79	0 0001
PER	1	0 2850	0 2850	38.89	0.0001
TRT*PER	3	0 0221	0 0073	1 01	0 4234
ERROR	12	0 0879	0 0073		
TOTAL	31	2 7017			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Consumo de Proteína Cruda (CPC/100kg de PV).

El suministro de PC se presenta en el Cuadro XXIX, donde se observa una mayor oferta en el segundo periodo y una menor oferta en el primer periodo al aumentar el nivel de ensilaje Esta situación pudo deberse en parte a que en el primer periodo el nivel de PC del ensilaje (4 17 %, base seca) resultó inferior al considerado inicialmente en el cálculo de la ración (4 40 %, base seca), disminuyendo el nivel de PC ofertada al aumentar el nivel de ensilaje en la ración Por otro lado, en el segundo periodo el nivel de PC del ensilaje (5.50 %, base seca) resultó mayor al obtenido en el primer periodo. El CPC promedio fue 0.317 kg/100 kg de peso vivo/día, superior a la recomendación presentada por la NRC (0.252 kg/100 kg de peso vivo/dia) para animales similares en peso vivo y GPV, sin embargo, se asumió que la calidad genética de los animales y calidad nutritiva de la proteína utilizada en el presente trabajo es inferior a las que hacen referencia los requerimientos de la NRC (1984) De no ser así, esta diferencia es importante, ya que para el animal tiene un costo energético alto eliminar excedentes de nitrógeno (Di Marco, 2006) pero también puede incrementar el costo de alimentación

El ANOVA para el CPC se presenta en el Cuadro XXX sin la covariable peso vivo inicial, ya que esta no resultó significativa (P>0 5019) El R^2 resultó alto (0.954) y el CV bajo (2 89) La interacción TRT*PER resultó significativa (P< 0 0296), lo que indica que el efecto de TRT depende del PER En el primer

periodo la CPC promedio resultó menor en un 8 2 % con respecto al segundo periodo y en cada uno de estos la tendencia de este parámetro fue a disminuir con el aumento del nivel de ensilaje en la ración, lo que estuvo relacionado con el aumento en el nivel de rechazo (PCR) (Cuadro XXIX), producto del incremento en el nivel de ensilaje en la ración

Cuadro XXIX. Parámetros de consumo de PC promedio en la fase de evaluación.

	Consumo de PC (Primer periodo)				Consumo de PC (Segundo periodo)				CPC prome-dio
TRATA-MIENTO	PCO (1)	PCR (2)	CPC (3)	%PCR (4)	PCO (1)	PCR (2)	CPC (3)	%PCR (4)	
$T_{0\%}$	0 339	0 002	0 337^{a}	0 59	0.351	0.002	0 350^{a}	0 57	**0.343^{a}**
$T_{33\%}$	0 317	0 001	0 316^{a,b}	0 32	0 335	0 005	0 330^{a,b}	1.50	**0.323^{b}**
$T_{75\%}$	0 300	0 008	0 292^{b}	2 67	0 342	0 011	0.331^{b}	3 22	**0.311^{b}**
$T_{100\%}$	0 296	0 021	0.276^{b,c}	7 10	0 340	0 031	0 309^{c}	9 12	**0.292^{c}**
Promedio	**0.313 ±0.02**	**0.008 ±0.01**	**0.305 ±0.02**	**2.67 ±2.71**	**0.342 ±0.01**	**0.012 ±0.01**	**0.330 ±0.01**	**3.60 ±3.32**	**0.317 ±0.02**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

(1) PC ofrecida, kg/100 kg peso vivo/día

(2) PC rechazada, kg/100 kg peso vivo/día

(3) PC consumida, kg/100 kg peso vivo/día

(4) PC rechazada, % (PCR/PCO)*100

Cuadro XXX. ANOVA para la variable Consumo de Proteína Cruda (CPC/100kg de PV).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	0 0109	0 0036	10.45	0.0012
AN(TRT)	12	0 0041	0 0003	4 12	0.0104
PER	1	0.0050	0 0050	59 13	0 0001
TRT*PER	3	0 0010	0 0003	4.22	0 0296
ERROR	12	0 0010	0 00008		
TOTAL	31	0 0221			

* AN(TRT) como término de error

b.2. Digestibilidad *in vivo* de las raciones.

Variable: Digestibilidad aparente de la MS (DAMS).

En el Cuadro XXVI se presenta el contenido de fibra detergente ácida (FDA) para los diferentes ingredientes de las raciones experimentales. En el Cuadro XXXI se presentan los valores para las DAMS, donde se destaca que $T_{0\%}$ presentó mayores valores que los tratamientos con ensilajes y que entre estos últimos hubo poca diferencia

La prueba de Shapiro – Wilk (1965) indicó una distribución normal para DAMS, con una Pr <W de 0 2875, mayor al alfa utilizado (0 05) Para esta variable la covariable peso inicial no fue significativa (P> 0 0977) En el Cuadro XXXII se presenta el ANOVA correspondiente, donde se destaca efecto individual de las diferentes variables Esta variable presentó un R^2 fue de 0.9106 y un CV

de 3 36% En el caso de AN(TRT), el efecto obtenido indica la variabilidad entre animales que presentó este parámetro, lo cual es propio del mismo El PER resultó significativo (P<0.0001), con un mayor valor en el primer periodo. Sólo se obtuvo diferencias importantes en el contenido de FDN y FDA del ensilaje entre periodos, con valores de 34 54 y 46 63 y 13 47 y 20 31%, respectivamente, lo que pudo afectar negativamente la DAMS en el segundo periodo, ya que la digestibilidad disminuye al aumentar el contenido de carbohidratos estructurales (Calsamiglia, 1997). El efecto de TRT también resultó significativo (P<0.0127), producto de una mayor digestibilidad para el tratamiento sin ensilaje (T_0), ya que entre los tratamientos con ensilaje no hubo diferencia significativa (Cuadro XXXI). En el presente estudio el contendido promedio de FDN y FDA en la MS consumida fue de 38 1, 40.5, 44 7 y 46 9 y 16.8, 19 9, 18 8 y 19 7 % para T_0, T_{33}, T_{66} y $T_{100\%}$, respectivamente, indicando diferencias entre T_0 y los tratamientos con ensilaje del orden 3 a 6 unidades porcentuales, que no necesariamente explica toda la diferencia entre T_0 y los tratamientos con ensilaje en cuanto a DAMS, diferencia promedio que fue de 7 1 unidades porcentuales Esto plantea la posibilidad de una diferencia entre la digestibilidad del maíz y el tubérculo de camote La correlación simple entre la DAMS y la FDN y entre la DAMS y la FDA resultaron negativas, con valores de 0 693 y 0 965, respectivamente, lo que está de acuerdo a lo indicado por Calsamiglia (1997) En las raciones con ensilaje, los suplementos contenían torta de coquito, cuyo nivel aumentó de 5 a 14 % al incrementarse el nivel de ensilaje Este ingrediente contiene alrededor de 18 %

de fibra cruda, la que a su vez contiene 66 82, 41 71 y 8.57 de FDN, FDA y lignina (Vargas y Zumbado, 2003) respectivamente, aparentemente de baja digestión, lo que pudo contribuir a la disminución de la DAMS, principalmente en los tratamientos altos en ensilaje. No hay que descartar diferencias producidas por el marcador interno utilizado (FDAI), principalmente generadas a nivel analítico de la misma, tal como indica Berchielli *et al.*, (2005).

Cuadro XXXI. Digestibilidad aparente de la MS (DAMS, %).

TRATAMIENTO	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	80 28	74 57	77 43^{a} (*)
$T_{33\%}$	72 89	66 77	69 83^{b}
$T_{75\%}$	72 23	69 11	70.67^{b}
$T_{100\%}$	72 29	68 43	70 36^{b}
Promedio	**74.42**	**69.72**	**72.07**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XXXII. ANOVA para la digestibilidad aparente de la MS (DAMS).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT (*)	3	308 7295	102 9098	5 55	0.0127
AN(TRT)	12	222.4837	18.5403	3 15	0 0289
PER	1	176.6260	176 6260	29 99	0 0001
TRT*PER	3	12 4935	4 1645	0 71	0 5660
ERROR	12	70 6640	5 8886		
TOTAL	31	790 9969			

(*) AN(TRT) como término de error

Variable: Digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO).

La DAMO presentó valores muy similares a la DAMS (Cuadro XXXIII), con un promedio general ligeramente superior, 72.75 y 72.07 %, respectivamente. La prueba de Shapiro – Wilk (1965), indicó una distribución normal (Pr <W de 0 5721) para la DAMO El ANOVA para esta variable se presenta en el Cuadro XXXIV, sin la covariable peso inicial, ya que no resultó significativa (P> 0 1917) El R^2 para DAMO fue de 0 911 y el CV de 3 02 Los efectos de las variables independientes fueron similares a las obtenidas con la DAMS, con un mayor valor para la DAMO del T_0 con respecto a los tratamientos con ensilaje (Cuadro XXXIII)

Cuadro XXXIII. Digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO, %).

TRATAMIENTO	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	80 54	75 22	77.88[a] (*)
$T_{33\%}$	73 09	67 55	70 32[b]
$T_{75\%}$	71 91	71 14	71 53[b]
$T_{100\%}$	71 66	70 89	71 27[b]
PROMEDIO	**74.30**	**71.20**	**72.75**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XXXIV. ANOVA para la digestibilidad aparente de la materia orgánica (DAMO).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	287 1962	95 7320	5 90	0 0103
AN(TRT)	12	194 6018	16 2168	3 34	0 0233
PER	1	76 7870	76 7870	15 81	0 0018
TRT*PER	3	43 5206	14 5068	2 99	0 0735
ERROR	12	58 2823	4 8568		
TOTAL	31	660 3881			

(*) AN(TRT) como término de error

Variable: Digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC):

En el Cuadro XXXV se presenta la DAPC, donde se observa un mayor valor para el T_0 con respecto a los otros tratamientos La prueba de Shapiro – Wilk (1965), indicó una distribución normal (Pr <W de 0 3342) El ANOVA indicó una R^2 de 0 7914 y CV de 5 35% y no diferencia significativa para ninguno de los efectos estudiados (Cuadro XXXVI) A nivel de tratamiento, la prueba de Tukey (Cuadro XXXV) indicó diferencia significativa entre T_0 y T_{33} y entre los diferentes niveles con ensilaje (P>0 05)

En la PC consumida, el 85 9, 80 0, 70 1 y 65 8 % fue aportada por el suplemento, donde el maíz disminuyó progresivamente hasta 0 0 %, y el 0 0, 7 6, 24 6 y 30 9 % fue aportada por el ensilaje integral de camote en T_0, T_{33}, T_{66} y T_{100}, respectivamente Esto relaciona los valores más altos de DAPC con los

niveles más altos de PC del maíz en la ración y los valores más bajos con los niveles más altos de ensilaje en la ración El maíz se utilizó en la ración en forma molida, en cambio el ensilaje y heno se utilizaron picados. Es posible que el procesamiento del maíz haya contribuido a mejorar la degradación de su proteína, tanto a nivel del rumen como del abomaso e intestino delgado, mejorando la DAPC

Cuadro XXXV. Digestibilidad aparente de la PC (DAPC, %).

TRATAMIENTO	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	76,07	74,74	75,41[a] (*)
$T_{33\%}$	72,63	68,83	70,73[ab]
$T_{75\%}$	68 10	70.36	69.23[b]
$T_{100\%}$	72,48	66,56	69,52[b]
PROMEDIO	**72.33**	**70.12**	**71.12**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XXXVI. ANOVA para la digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	196.8122	65.6040	2 23	0 1373
AN(TRT)	12	353 0738	29 4228	2 02	0 1185
PER	1	38 6188	38 6188	2 65	0 1293
TRT*PER	3	74 2136	24.7378	1.70	0 2199
ERROR	12	174 6316	14 5526		
TOTAL	31	837 3502			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Digestibilidad aparente de la fibra detergente neutra (DAFDN).

En el Cuadro XXXVII se observa que la DAFDN presenta un patrón similar al de la DAMS y DAPC, en el sentido de ser mayor para T_0 y prácticamente similar entre los tratamientos con ensilaje. El ANOVA (Cuadro XXXVIII), con una distribución normal de acuerdo a la prueba de Shapiro – Wilk (1965) (Pr <W de 0 7476) y un R^2 de 0 9035 y un CV de 3 68%, no presentó efecto significativo de la interacción TRT*PER (P>0 1010), pero sí de los efectos individuales de las variables independientes La prueba de Tukey para los tratamientos se presenta en el Cuadro XXXVII

La DAFDN presentó una correlación de - 0 653 y - 0 963 con el contenido de FDN y FDA de la MS consumida, lo que explica la disminución progresiva que esta presentó en los tratamientos con ensilaje, ya que estas fracciones también aumentaron con el nivel de ensilaje en la ración, incluyendo el aporte de la torta de coquito en el suplemento También hay que considerar que con raciones altas en carbohidratos simples y almidones el pH ruminal baja, lo que puede afectar la digestión de la fibra, producto de cambios en la composición de la microflora (Krause *et al* , 2002, Blass, 1995)

Cuadro XXXVII. Digestibilidad aparente de la FDN (DAFDN, %).

TRATAMIENTO	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	73 84	65 36	69.60^{ab} ( )
$T_{33\%}$	67 15	62 19	64 67^{c}
$T_{75\%}$	66 86	66 71	66 79^{bc}
$T_{100\%}$	64 87	63 74	64 30^{c}
PROMEDIO	**68.18**	**64.50**	**66.34**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XXXVIII. ANOVA para la digestibilidad aparente de la FDN (DAFDN).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	334 9693	111.6564	17.52	0.0001
AN(TRT)	12	186 9452	15.5787	2.44	0.0678
PER	1	80 9405	80.9405	12 70	0 0039
TRT*PER	3	113 4547	37.8182	5.93	0.1010
ERROR	12	76 4751	6.3729		
TOTAL	31	792 7849			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Digestibilidad aparente de la fibra detergente ácida (DAFDA).

Los valores promedios obtenidos para la DAFDA se presentan en el Cuadro XXXIX Este parámetro presentó una distribución normal (prueba de Shapiro – Wilk (1965) Pr <W de 0 3906) Los resultados del ANOVA se presentan en el

Cuadro XL, donde se observa que la interacción TRT*PER resultó significativa (P< 0 0151) Este parámetro presentó un R^2 de 0 8798 y un CV de 9.74.

En el primer periodo la DAFDA resultó mayor que la correspondiente al segundo periodo, tal como ocurrió con los otros parámetros de digestibilidad. En cada periodo, la DAFDA presentó una tendencia a disminuir al aumentar el nivel de ensilaje en la ración, lo que está asociado al aumento en la fracción fibrosa de la misma. Este parámetro presentó correlaciones altas y negativas con el contenido de FDN y FDA en la MS consumida, con valores de - 0 963 y - 0 708, respectivamente

Cuadro XXXIX. Digestibilidad aparente de la FDA (DAFDA, %).

TRATAMIENTO	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	69 372	57.044	63,21[a (*)]
$T_{33\%}$	61 993	54 225	58,11[ab]
$T_{75\%}$	48.886	56 723	52,80 [b]
$T_{100\%}$	51 234	51.481	51,36 [b]
PROMEDIO	**57.871**	**54.87**	**56,37**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XL. ANOVA para la Digestibilidad aparente de la FDA (DAFDA).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	700 9726	233 6575	2.07	0 1578
AN(TRT)	12	1354.818	112.901	3 74	0.0151
PER	1	72 132	72 132	2 39	0 1479
TRT*PER	3	475.490	158.496	5 26	0 0151
ERROR	12	361 797	30.149		
TOTAL	31	2965 211			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Consumo de nutrientes digeribles totales (CNDT), energía digestible (CED) y energía metabolizable (CEM).

En el Cuadro XLI se presentan los valores de CNDT, CEM y CEM estimados a partir del CMS y DAMS En general, estos disminuyeron en la medida que aumentó la sustitución del maíz por el ensilaje integral de camote, independientemente del periodo En promedio, al comparar el CNDT y CEM con los valores de la NRC (1984) para animales del mismo peso y fase de crecimiento, se observa valores similares, 1 88 kg y 6.64 Mcal/100 kg de peso vivo/día, respectivamente, sin embargo, T_0 presentó un valor superior y T_{100} uno inferior En el Cuadro XLI también se observa que prácticamente solo en el primer periodo correspondiente a T_0 la EM ofertada (EMO) es inferior a la EM consumida (CEM) Dado que el rechazo de alimento que este tratamiento

presentó fue muy bajo (0 041 kg MS/100 kg de peso vivo/día), se estimó que para igualar la EMO con el CEM se requiere una DAMS de 73 5 %, valor muy inferior al obtenido en el primer periodo (80 28 %), pero muy similar al del segundo periodo (74 27 %), donde EMO y CEM prácticamente no difirieron.

De acuerdo a la NRC (1984), el T_{100} presentó un CEM para una GPV de 0 909 kg/animal/día; sin embargo, se logró 1 35 kg/animal/día, lo que implica una alta eficiencia de utilización de la EM Asumiendo una estimación adecuada de la DAMS, una posible explicación puede estar relacionada con un aporte directo importante a nivel ruminal de ácido láctico del ensilaje, el cual es transformado a ácido propiónico, un precursor de la glucosa Por otro lado, es posible que el almidón aportado por el ensilaje, el cual no se pudo determinar, pero se considera alto dado que alrededor del 65 – 70 % de la MS del tubérculo de camote es almidón (FEDNA, 2003) y en el presente ensilaje la relación tubérculo/follaje fue de 2.1, base seca, tenga un alto nivel de escape del rumen, representando también una fracción importante en el aporte de glucosa a nivel metabólico

En el Cuadro XLII se presenta el ANOVA para el CEM El R^2 y CV para este parámetro fue de 0 939 y 6 00, respectivamente. Sólo el AN(TRT) presentó efecto significativo sobre el CEM ($P<0$ 0003) Los resultados de la prueba de Tukey se indican en el Cuadro XLI, resultando T_{33} y T_{75} sin diferencia significativa ($P>0$ 05), pero T_{100} resultó menor ($P<0$ 05) a los otros tratamientos. La

estimación de CEM inicial fue de 7 3 Mcal/100 kg de peso vivo/día, sin embargo, el tratamiento más cercano a este valor fue T_0, que prácticamente no presentó rechazo de alimento ofrecido T_{33} tampoco presentó un rechazo importante de alimento ofrecido, pero su CEM fue 9 7 % menos que el esperado En los otros tratamientos la diferencia se atribuye al rechazo de alimento que estos presentaron Sin embargo, es posible que parte de estas divergencias se deban a diferencias reales en los coeficientes de EM utilizados para los ingredientes de las raciones y a los errores obtenidos en la estimación de la DAMS, parámetro utilizado para calcular el CEM

En base a la información del Cuadro XLI se obtuvo que el contenido promedio de EM para $T_{0\%}$, $T_{33\%}$, $T_{75\%}$ y $T_{100\%}$ fue de 2 80, 2 52, 2 56 y 2 56 Mcal/kg MS, respectivamente, valores muy similares a los formulados para cada ración o tratamiento Por sustracción del aporte de EM de maíz, torta de soya, torta de coquito y heno de swazi al CEM se obtuvo el consumo de EM aportado por el ensilaje integral de camote Al dividirlo por su consumo de MS, se obtuvo su contenido de EM, valores que se presentan en el Cuadro XLIII Este valor es muy similar al obtenido de tablas de composición de alimentos para bovinos de carne (NRC,1996) para el ensilaje de maíz con mazorca (2 54 ± 0 197 Mcal/kg MS) Para la elaboración de las raciones experimentales se utilizó un valor para el ensilaje integral del camote de 2 40 Mcal/kg de MS

Cuadro XLI. Consumo de nutrientes digeribles totales (CNDT), energía digestible (CED) y energía metabolizable (CEM).

Primer Periodo					Segundo Periodo				Promedio			
Trata-miento	CNDT (1)	CED (2)	CEM (2)	EMO (3)	CTDN (1)	CED (2)	CEM (2)	EMO (3)	CNDT (1)	CED (2)	CEM (2) (*)	EMO (3)
$T_{0\%}$	2 09	9 18	7 53	6 89	2 09	9 19	7 54	7 44	2 09	9 18	7 53[a]	7 16
$T_{33\%}$	1 84	8 09	6 63	6 50	1 82	8 01	6 57	7 21	1 83	8 05	6 59[b]	6 85
$T_{66\%}$	1 78	7 85	6 44	6 76	1 88	8 25	6 77	7 23	1 83	8 05	6 60[b]	7 00
$T_{100\%}$	1 62	7 12	5 84	6 61	1 61	7 10	5 82	7 25	1 62	7 11	5 83[c]	6 93
Promedio	**1.83 ± 0.19**	**8.06 ± 0.85**	**6.61 ± 0.69**	**6.69 ± 0.14**	**1.85 ± 0.19**	**8.14 ± 0.86**	**6.67 ± 0.71**	**7.28 ± 0.09**	**1.84 ± 0.19**	**8.10 ± 0.85**	**6.66 ± 0.69**	**6.99 ± 0.11**

(1) kg/100 kg peso vivo/día

(2) Mcal/100 kg peso vivo/día

(3) EM ofertada al animal, Mcal/100 kg peso vivo/día

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XLII. ANOVA para Consumo de EM (Mcal, 100 kg de peso vivo).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	11 66392500	3 88797500	2 61	0.0993
AN(TRT)	12	17 84497500	1 48708125	9 23	0 0003
PER	1	0 03380000	0.03380000	0 21	0 6552
TRT*PER	3	0 18872500	0 06290833	0 39	0 7621
ERROR	12	1 93397500	0 16116458		
TOTAL	31	31 66540000			

* AN(TRT) como término de error

Cuadro XLIII. Estimación del contenido de EM del ensilaje integral de camote.

Periodo	Primer periodo			Primer periodo			Promedio
Tratamiento	$T_{33\%}$	$T_{75\%}$	$T_{100\%}$	$T_{33\%}$	$T_{75\%}$	$T_{100\%}$	
Consumo de MS del ensilaje (*)	0 51	1.44	1 71	0.49	1 3	1 65	1.18±0 50
Consumo de EM del ensilaje (*)	1 25	3 79	4 26	1 07	3 5	3 89	2.96±1 29
Concentración EM del ensilaje (**)	2 45	2.63	2 49	2 19	2 69	2 36	2 47±0 17
Promedio	**1.40** ±0 80	**2.62** ±0 96	**2.82** ±1 07	**1.25** ±0 71	**2.50** ±0 91	**2.63** ±0.93	

(*) kg/100 kg peso vivo

(**) Mcal/kgMS

Variable: Conversión alimenticia de la MS (CAMS).

La CAMS promedio y ANOVA correspondiente se presentan en el Cuadro XLIV y XLV, respectivamente En este caso la covariable peso vivo inicial no resultó significativa (P>0 3293) El R^2 para este parámetro fue de 0.630 y el CV de 30.37 Sólo el PER presentó efecto significativo (P<0. 0.0281), con una menor eficiencia de conversión en el segundo periodo, producto de un mayor CMS, caracterizado por un mayor consumo de FDN (0 995 y 1 203 kg /100 kg de peso vivo/día para el primer y segundo periodo, respectivamente), la que limita el contenido energético de la ración y su digestibilidad (Mertens, citado por Calsamiglia, 1997) En el presente trabajo la DAMS fue menor en el segundo periodo (Cuadro XLIV)

La prueba de Tukey no indicó diferencias significativas entre tratamientos (P>0 05), pero se observa una tendencia hacia una mejor conversión al aumentar el nivel de ensilaje en la ración. Para raciones a base de granos, Elizalde *et al.*, (2003), reportan un valor para CAMS de 6 54 kg MS/kg peso vivo, similar al obtenido en el presente trabajo para la ración sin ensilaje (6 55 kg MS/kg peso vivo) Es importante destacar que las raciones con ensilaje integral de camote fueron igualmente eficientes que la ración control sin este ensilaje, aunque Di Marco (2006), indica que en la eficiencia hay aspectos inherentes al alimento, a la forma de alimentar los animales, al metabolismo del animal y al potencial de consumo de este

Cuadro XLIV. Conversión alimenticia de la MS (CAMS, kg de MS consumida/kg de aumento de peso vivo).

TRATAMIENTOS	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
	CAMS	CAMS	
$T_{0\%}$	5 34	7 77	6.55[a] (*)
$T_{33\%}$	5 02	7 44	6.23[a]
$T_{75\%}$	5 33	5 87	5.60[a]
$T_{100\%}$	5,26	6 35	5.80[a]
Promedio	**5.24**	**6.86**	**6.04**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

Cuadro XLV. ANOVA para la variable Conversión de la MS (CAMS).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	4 4148	1 4716	0 46	0 7137
AN(TRT)	12	38 1813	3 1817	0 94	0.5401
PER	1	21 0276	21 0276	6 23	0 0281
TRT*PER	3	5 4519	1 8173	0 54	0 6650
ERROR	12	40 5155	3 3762		
TOTAL	31	109 5913			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Conversión Alimenticia de la PC (CAPC).

En el Cuadro XLVI se presentan las CAPC, donde se observa un valor promedio general de 0 754 kg de PC/kg de aumento de peso vivo, el cual es superior al que se obtiene de la NRC (1984) para animales semejantes en peso

vivo y GPV, indicando una menor eficiencia, lo que se debe a un mayor nivel de consumo de PC, aparentemente innecesario El ANOVA (Cuadro XLVII) sólo indica diferencia significativa para PER (P<0 0355), con un R^2 de 0 60 y CV de 31 60% En el primer periodo se obtuvo una mejor CAPC que en el segundo periodo, producto de un menor consumo de PC, ya que la GPV fue similar

Cuadro XLVI. Conversión alimenticia de la PC (CAPC, kg de PC consumida/kg de aumento de peso vivo).

TRATAMIENTOS	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
	CAPC	CAPC	
$T_{0\%}$	0 693	0 976	0 834[a]
$T_{33\%}$	0 628	0 901	0 764[a]
$T_{75\%}$	0 633	0 716	0 675[a]
$T_{100\%}$	0 680	0 824	0 745[a]
Promedio	**0.655**	**0.854**	**0.754**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre sí al 0 05

(1) Proteína Cruda ofrecida/100kg PV

(2) Proteína Cruda ofrecida consumida/100 kg PV

Cuadro XLVII. ANOVA para la variable Conversión alimenticia de la PC (CPC).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	0 1036	0 0345	0 89	0.4726
AN(TRT)	12	0 4639	0 0386	0 68	0 7444
PER	1	0 3200	0 3200	5 61	0 0355
TRT*PER	3	0 0562	0.0187	0 33	0 8048
ERROR	12	0 6842	0 0570		
TOTAL	31	1 6279			

* AN(TRT) como término de error

Variable: Conversión alimenticia de la EM (CAEM).

En el Cuadro XLVIII se presentan los valores de CAEM, con un promedio general de 15 72 Mcal/kg de aumento de peso vivo, ligeramente superior a la obtenida en base a la información de la NRC (1984), 14 53 Mcal/kg de aumento de peso vivo, para animales con un peso vivo y GPV similar a los del presente trabajo

En el Cuadro XLIX se presenta el ANOVA para la CAEM, sin la covariable peso vivo inicial, ya que no resultó significativa (P>2811) Ninguna de las fuentes de variación resultó significativa (P>0.05), posiblemente como consecuencia de la alta variabilidad que presentó CAEM, con un CV de 29.92 y un R^2 de 0 646 Hay que destacar que aunque no hubo diferencia estadística entre tratamientos, los

valores indican un mejoramiento en la CAEM al incluir ensilaje en la ración, igual se observó en otros parámetros presentados anteriormente

Cuadro XLVIII. Conversión alimenticia de la EM (CAEM, Mcal de EM consumida/kg de aumento de peso vivo).

Tratamiento	Primer periodo	Segundo periodo	Promedio
$T_{0\%}$	15 50	20 59	**18.05[a] (*)**
$T_{33\%}$	13 20	18 08	**15.64[a]**
$T_{75\%}$	13 85	14 58	**14.26[a]**
$T_{100\%}$	13 67	16 15	**14.91[a]**
		Promedio gral.	**15.72**

(*) Prueba de Tukey Medias con la misma letra no difieren entre si al 0 05

Cuadro XLIX. ANOVA para la variable Conversión alimenticia de la EM (CAEM).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT*	3	65 7233	21 9077	0 86	0.4885
AN(TRT)	12	305 9307	25 4942	1 15	0 4043
PER	1	88.0464	88 0464	3 98	0.0691
TRT*PER	3	24 9293	8 3097	0.38	0 7720
ERROR	12	265 2106	22 1008		
TOTAL	31	749 8405			

* AN(TRT) como término de error

b.3. Costo de alimentación y costo equivalente de reemplazo del maíz en grano.

Variable: Costo de alimentación (CAL).

El costo de alimentación (CAL), por cada 100 kg de peso vivo/día, se muestra en el Cuadro L, con un promedio general de B/ 0 89 Este costo se estimó en base al costo actual de los ingredientes de la ración, los cuales son B/.0 504, 0 520, 0.250, 0 710, 0 420, 0 060 y 0,091/kg fresco para maíz molido, torta de soya, torta de coquito, sal mineralizada, urea, heno de Swazi y ensilaje integral de camote, respectivamente.

La prueba de Shapiro – Wilk (1965), indicó una distribución normal para el CAL (Pr <W de 0 0805) El ANOVA se presenta en el Cuadro LI, con un R^2 de 0.986 y un CV de 1 98 La interacción TRT*PER no resultó significativa (P>0 6465) El TRT presentó efecto significativo (P<0.0001) sobre el CAL, disminuyendo linealmente en la medida que aumentó el nivel de sustitución de maíz por ensilaje integral de camote (gráfica N° 1), cuyo coeficiente de regresión resultó significativo (P<0 0001) El efecto del PER también resultó significativo (P<0 0405), con un valor de B/ 0 88 y 0 90/100kg de peso vivo/día para el primer y segundo periodo, respectivamente

Como no hubo diferencia estadística entre los tratamientos en cuanto a GPV y CAMS, el nivel adecuado de sustitución del maíz es 100 %. Al comparar T_0 y T_{100} se observó una disminución de 27 7% en el CAL, lo cual es de importancia

económica, a pesar que el costo de producción del ensilaje cosechado en el silo resultó alto, B/ 0 091/kg fresco en parte por deficiencia en la fertilización y distancia entre siembra, lo que afectó apreciablemente el rendimiento como se ha indicado anteriormente, en el punto a.3 , ensayo 1, (Determinación del costo de producción del ensilaje), de esta sección de resultados, corrigiendo la fertilización y densidad de siembra se estimó el costo del ensilaje en B/.0.052/kg cosechado en el silo A este costo del ensilaje, el CAL se presenta en la gráfica N° 1, con una diferencia entre T_0 y T_{100} de 44 1 % Es necesario que futuras investigaciones puntualicen en los costos de producción del camote, tanto fresco como ensilado y seco Bajo las dos condiciones de costo del ensilaje integral de camote que se han presentado, el ensilaje presenta ventajas de costo sobre el maíz; sin embargo, esta ventaja puede aumentar si se considera que los pronósticos actuales indican un aumento probable para este insumo en el mercado internacional de 30 % en los próximos meses

En la gráfica N° 2, se presenta el CAL por día/animal, donde también se observa que en la medida que aumenta el nivel de ensilaje en la ración disminuye este costo En este trabajo las raciones fueron formuladas para permitir evaluar la capacidad del ensilaje integral de camote para reemplazar al maíz en grano en raciones de crecimiento en términos de la respuesta animal y el costo de alimentación, independientemente de la factibilidad económica de las mismas como actividad comercial, ya que las condiciones del mercado actual no permiten

actividades de alimentación con costos altos, como los que se presentan en este trabajo

Cuadro L. Costo de alimentación (CAL, B/./100 kg peso vivo/día).

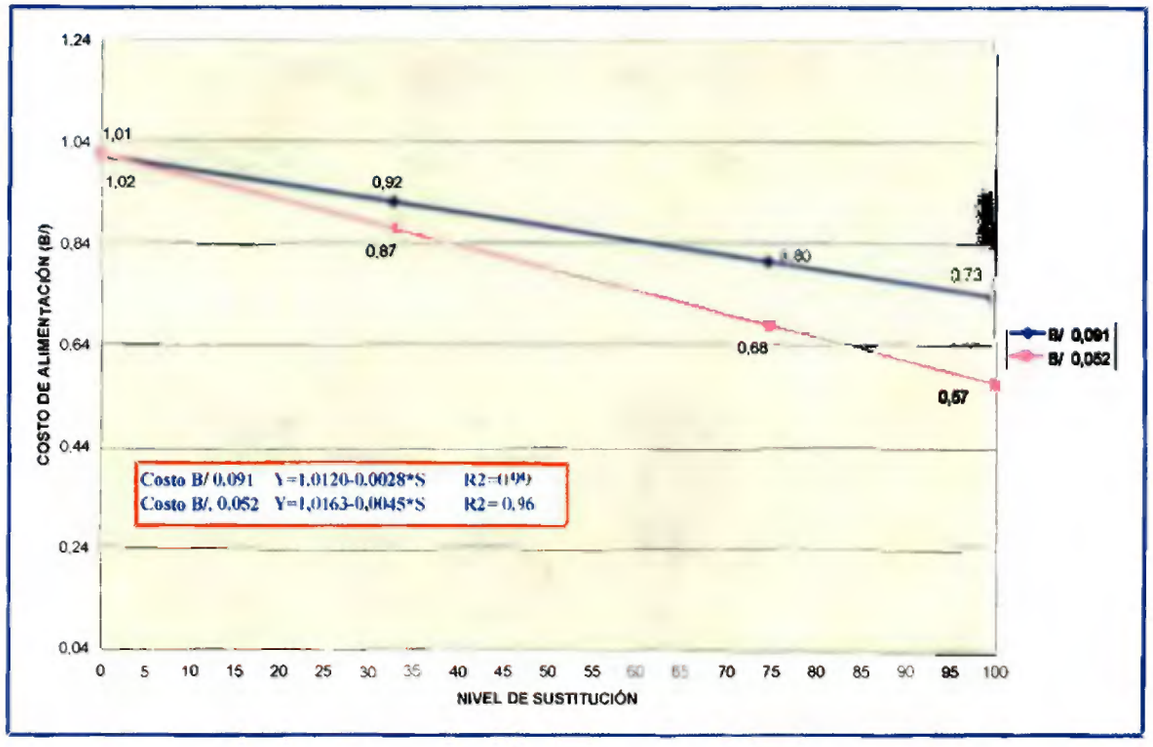
Tratamiento	Primer Periodo	Segundo Periodo	Promedio
$T_{0\%}$	1 02	1.03	1.03[a]
$T_{33\%}$	0 90	0 92	0 91[b]
$T_{66\%}$	0 84	0 85	0 85[c]
$T_{100\%}$	0.78	0.79	0 78[d]
Promedio	**0.88**	**0.90**	**0.89**

Cuadro LI. ANOVA para el costo de alimentación (CAL, B/./100 kg peso vivo/día).

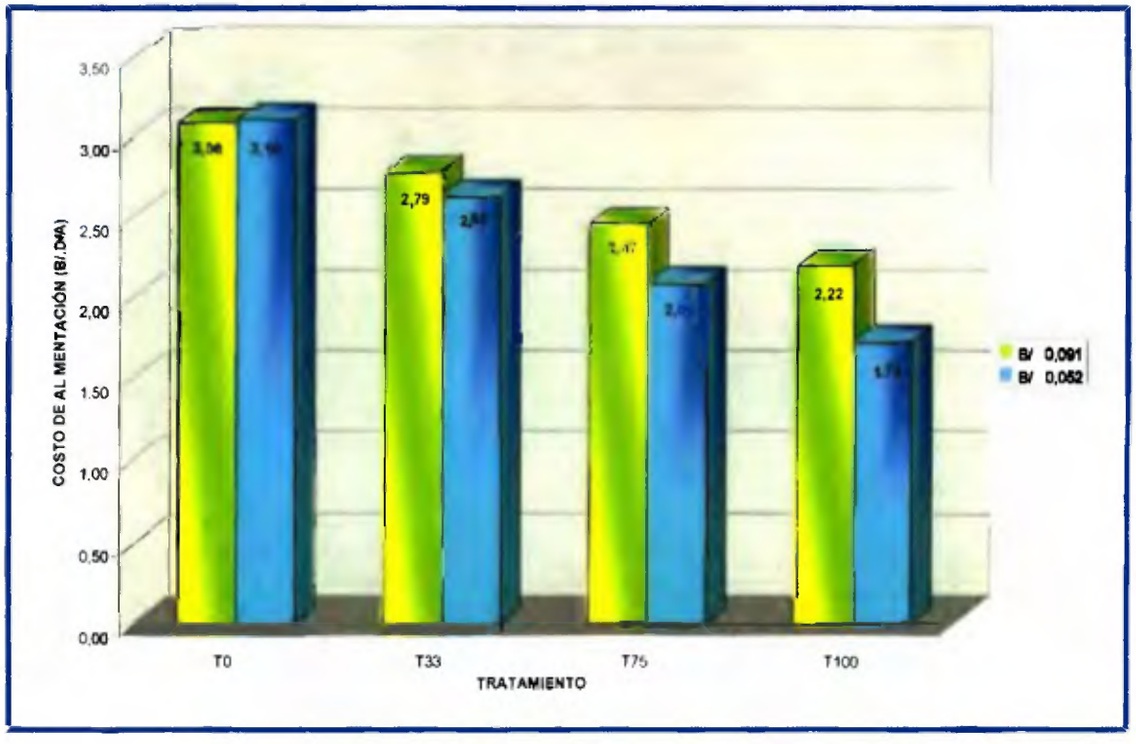
Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT(*)	3	0 2580	0 0860	86.28	0 0001
AN(TRT)	12	0 0119	0 0009	3 18	0 0279
PER	1	0.0016	0 0016	5 27	0 0405
TRT*PER	3	0 0001	0 57	0 6465	0 6465
ERROR	12	0 0037	0 0003		
TOTAL	31	0 2759			

(*) AN(TRT) como término de error

Gráfica Nº 1. Costo de alimentación (CAL B/. 100 kg de PV/día).



Gráfica Nº 2. Costo de alimentación (CAL B/. an/día)



Variable: Costo equivalente de reemplazo del maíz en grano (CERM).

En el Cuadro LII, se presentan las cantidades de ensilaje y torta de soya y ensilaje y torta de coquito y el respectivo costo de reemplazo, utilizando el costo real del ensilaje obtenido en el presente trabajo y el costo idealizado definido en el punto a.3 , ensayo 1 (Determinación del costo de producción del ensilaje) El costo del maíz en grano utilizado en este trabajo es B/ 0 54/kg fresco, incluyendo el costo de molienda El costo de reemplazo con la combinación ensilaje/torta de soya es de 58 9 y 36 1 % y con la combinación ensilaje/torta de coquito es de 54 5 y 38 5 % del costo del maíz en grano con el costo real e idealizado del ensilaje, respectivamente Estos resultados, al igual que los de costo de alimentación indicados anteriormente, demuestran el potencial que tiene el ensilaje integral de camote para sustituir al maíz en grano en raciones de bovinos, pero también abre la posibilidad a otras formas físicas de utilización de este cultivo como el tubérculo fresco y seco

Cuadro LII. Costo equivalente de reemplazo de 1.0 kg de maíz en grano por ensilaje integral de camote.

Ingrediente	Cantidad Kg fresco	Costo unitario B/./kg fresco	Costo Total, B/.	Costo unitario, B/./kg fresco	Costo unitario B/./kg fresco
EIC (*)	3 15	0 091	0 287	0 052	0 164
Torta de Soya	0 06	0 520	0 031	0 520	0 031
		Ahorro	**0.318**		**0.195**
EIC (*)	2 30	0 091	0 209	0 052	0 120
Torta coquito	0 35	0 250	0 088	0 250	0 088
		Ahorro	**0.297**		**0.208**

(*) Ensilaje integral de camote

ENSAYO 2: Determinación de las características fermentativas ruminales con diferentes niveles de sustitución de maíz en grano por ensilaje integral de camote en raciones para bovinos en crecimiento.

A. Características fermentativas ruminales:

a.1. Determinación de las características fermentativas ruminales:

Variable: pH ruminal:

El pH promedio por ración fue de 6 2, 5 8 y 6 1 para T_0, T_{50} y T_{100}, respectivamente En la gráfica N° 3 se muestra el comportamiento promedio del

pH ruminal por ración, donde se indica que al tiempo cero, el pH resultó alto, después disminuyó progresivamente durante el día y posiblemente en la parte inicial de la noche y luego subió nuevamente Este comportamiento está relacionado con el patrón de consumo del alimento, el cual se dio principalmente durante el periodo diurno, y con la rumia, la que ocurre principalmente durante la noche Por la naturaleza de las raciones experimentales, altas en almidones, se estimula una fermentación amilolítica, que lleva a una mayor caída en el pH, asociado a una insuficiencia en la producción de saliva para neutralizar la acidez. Al incrementarse la rumia, la acidez disminuye y aumenta la producción de bacterias celulolíticas que digieren la fibra (Williams *et al.*, 1983). Este ciclo puede afectar la velocidad de digestión de la fibra, produciendo llenados temporales, lo que puede afectar el consumo de alimento Al incrementarse el nivel de ensilaje en la ración se observó que el consumo de MS disminuyó, lo que en algún grado pudo ser producto de este ciclo

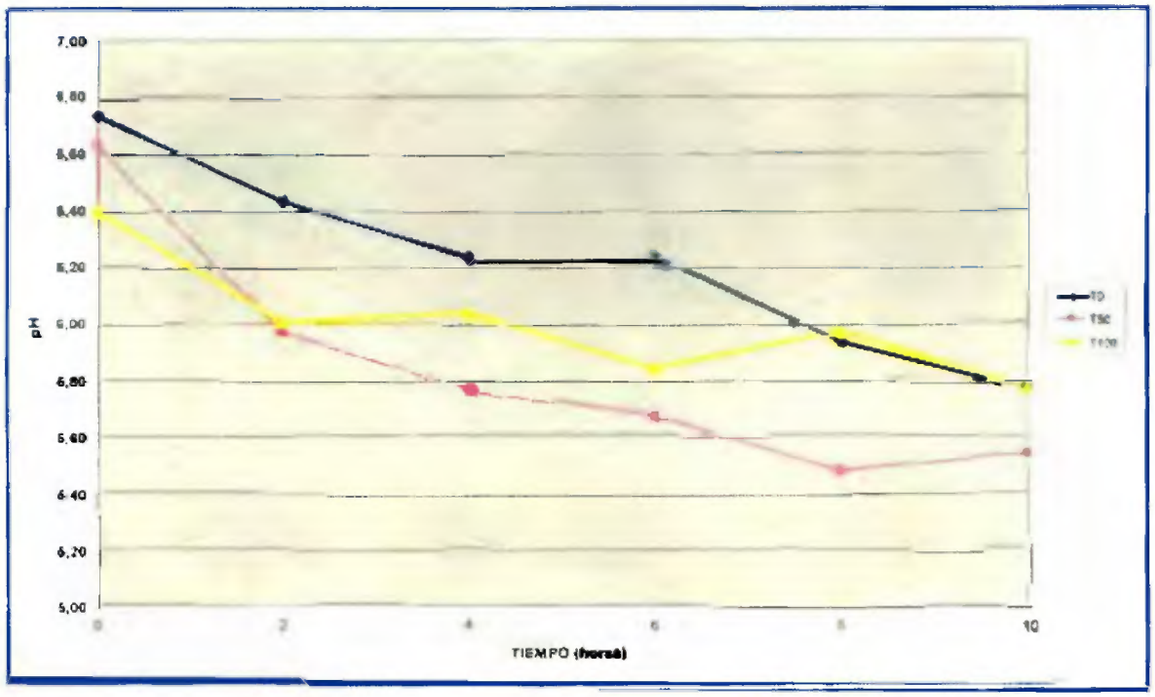
Al incluirse ensilaje en la ración, el pH fue menor con respecto al tratamiento control (T_0), lo que pudo deberse en parte al efecto de los ácidos orgánicos del ensilaje sobre el pH (Thomson y Beever, 1980) o a una mayor fermentación aminolítica y menor ruminación, a pesar que el nivel de consumo de la FDN fue igual entre tratamientos, aunque la fuente principal de fibra fue heno en T_0 y prácticamente el follaje en el ensilaje integral de camote en T_{100}, lo que pudo establecer diferencia en el nivel de rumia y amortiguamiento de la acidez en el rumen Sin embargo, el heno y el follaje de camote se picaron a un tamaño

promedio de partícula de 6.0 y 3 00 cm, respectivamente, diferencia que posiblemente produjo efectos ruminales en el pH a través de la rumia Los forrajes también afectan el pH ruminal por medio de la capacidad de la fibra para ligar protones (H+) y actuar como una sustancia amortiguadora (UCR-MAG, Costa Rica) También se ha indicado que esta capacidad es 2 a 4 veces mayor en los forrajes que en los granos (Erdman, citado en UCR-MAG, Costa Rica) En este aspecto, es posible una diferencia entre el heno y el follaje del ensilaje integral de camote, lo que también puede contribuir a explicar los resultados obtenidos

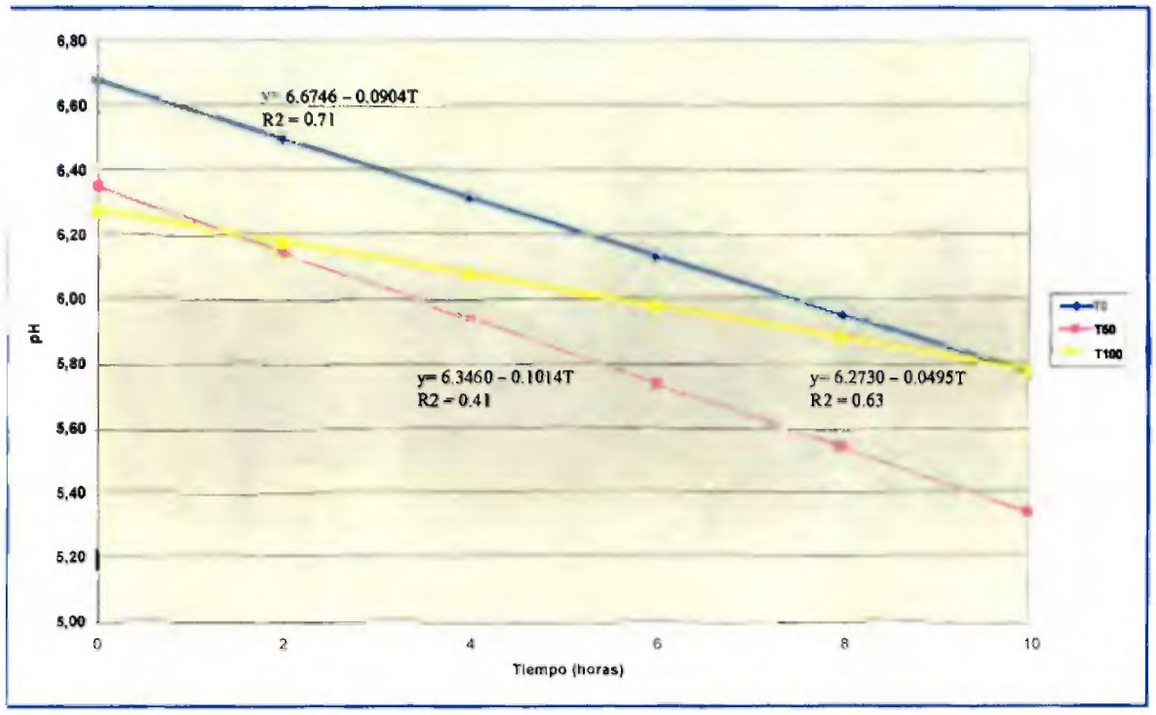
La prueba de homogenidad de pendiente indica que estadísticamente estas no son similares, ya que la *t calculada* resultó mayor que la *t de tabla* ($t_c > t_t$) En la gráfica Nº 4 se presenta el comportamiento lineal del pH en función del tiempo, con coeficientes de regresión negativos de 0.0904, 0.1014 y 0 0423 para T_0, T_{50} y T_{100} La prueba de homogeneidad de pendiente indicó diferencia entre los tres tratamientos ($P<0\ 05$). Los coeficientes de regresión de T_0 y T_{50} fueron estadísticamente diferentes ($P<0\ 05$), pero con valores muy similares, con una disminución en el tiempo casi paralela, lo que permite inferir que pudieron presentar dinámicas de fermentación y rumiación muy similar En cambio, con T_{100} el coeficiente de regresión fue menor al de T_0 y T_{50} ($P<0\ 05$), indicando que con este tratamiento la disminución del pH ocurrió más lentamente. Por la naturaleza de las raciones, se observó que el consumo del suplemento ocurrió rápidamente en T_0 y T_{50}, lo que implica una entrada al rumen de carbohidratos de

rápida fermentación como el almidón. En cambio, en T_{100} la ración contenía poco suplemento y el consumo de dio en función del ensilaje, lo que presume una entrada más gradual de carbohidratos de rápida fermentación al rumen. Esta situación pudo afectar la velocidad de caída del pH durante la fase diurna, produciendo una pendiente más baja como la que se obtuvo con T_{100}.

Gráfica Nº 3. Comportamiento promedio del pH ruminal por ración.



Gráfica N° 4. Prueba de homogenidad de pendientes para la variable pH.



Variable: Concentración de Nitrógeno amoniacal ($N\text{-}NH_3$) en el líquido ruminal (mg/dl).

En el Cuadro LIII se presentan los valores obtenidos de $N\text{-}NH_3$/día, donde se observa los valores más altos en el animal consumiendo la ración T_0 y los más bajos en el animal con la ración T_{100}. En los tres animales, el primer día no presentó el patrón definido (gráfica N° 5), ya que sólo indicó un pico de concentración, producto que se registró un bajo consumo de alimento durante la mañana, aparentemente por alguna perturbación no definida el día anterior, que produjo rechazo. En la gráfica N° 5 también se observa que el patrón de cambio

descrito se dio en el animal consumiendo la ración T_{100}, pero con una menor variación en el tiempo

En la gráfica Nº 6 se presenta el comportamiento promedio del N-NH_3 por ración, el cual corresponde al patrón de consumo de la ración, con un nivel alto dos horas después del suministro de la ración y un nivel bajo posteriormente, seguido de un nuevo incremento en función de la alimentación de la tarde seguido de caída Sin embargo, se observó que la ración no fue consumida completamente durante la fase diurna y el animal consumió alimento en algunos momentos de la noche, repitiéndose el patrón en alguna magnitud

El ANOVA para esta parámetro se presenta en el Cuadro LIV, con un R^2 de 0 5068 y CV de 42.04%, indicando una alta variabilidad. El efecto de TRT resultó significativo (P< 0 05), no así el de DIA(TRT) (P>0 4150). Tal como se presenta en el Cuadro LIII, el nivel de N-NH3 promedio no varió entre días, con niveles entre 9.29 y 11.75 mg/dl En la medida que el nivel de ensilaje aumentó en la ración, el nivel de N-NH_3 disminuyó, pero sólo se obtuvo diferencia significativa (P>0 05) con respecto a T_{100} Los niveles promedios obtenidos (5 28 a 14 16 mg/dl de líquido ruminal) están dentro de los límites reportados por otros autores como Satter y Slyter (1974), que indican 5.00 a 8 00 mg/dl para garantizar la tasa máxima de síntesis microbiana y adecuada digestión de la MS En cambio, Boniface *et al*, (1986), presentaron concentraciones hasta 25 00

mg/dl para maximizar la fermentación ruminal y el consumo con dietas a base de forraje. Preston y Leng (1989), reportaron concentraciones de 5 00 a 25 00 mg/dl como concentración ideal Sin embargo, Coelho da Silva y Leão (1979), indican que el nivel óptimo de N-NH_3 en el rumen depende de la cantidad de energía disponible, ya que la síntesis de PC microbiana depende de esto

Los ensilajes y la urea son fuentes de N soluble, por lo que se considera que este componente de la PC aumentó con T_{50} y T_{100}, lo que debió conllevar a niveles más altos de N-NH3 ruminal, pero ocurrió lo contrario Esto implica un mecanismo o condición ruminal que favoreció la síntesis microbiana, por consiguiente la disminución del nivel de N-NH_3 Por un lado se tiene que con las raciones utilizadas se produjo un incremento en el CPC en la medida que el nivel de sustitución de maíz por ensilaje integral de camote ocurrió (Cuadro XXIX), producto de un incremento en el rechazo de la ración Esto implica que con T_0 el animal dispuso de una mayor cantidad de nitrógeno a nivel ruminal para la producción de N-NH_3, disminuyendo este en la medida que aumentó el consumo de ensilaje Esto puede explicar en gran medida los resultados obtenidos con el nivel de N-NH3 Por otro lado, una mayor síntesis microbiana requiere disponibilidad de energía, pero también una sincronización entre los elementos y procesos que intervienen en este. Es posible que el ensilaje integral de camote favorezca estos procesos al sustituir al maíz y heno, ya que los otros componentes variantes de la ración fueron la torta de coquito que varió de 0 0 a

10 0 % y la urea de 0.8 a 1 3 %, los que no se asocian con estos efectos ruminales

Cuadro LIII. Concentración de N-NH_3 en el líquido ruminal (mg/dl).

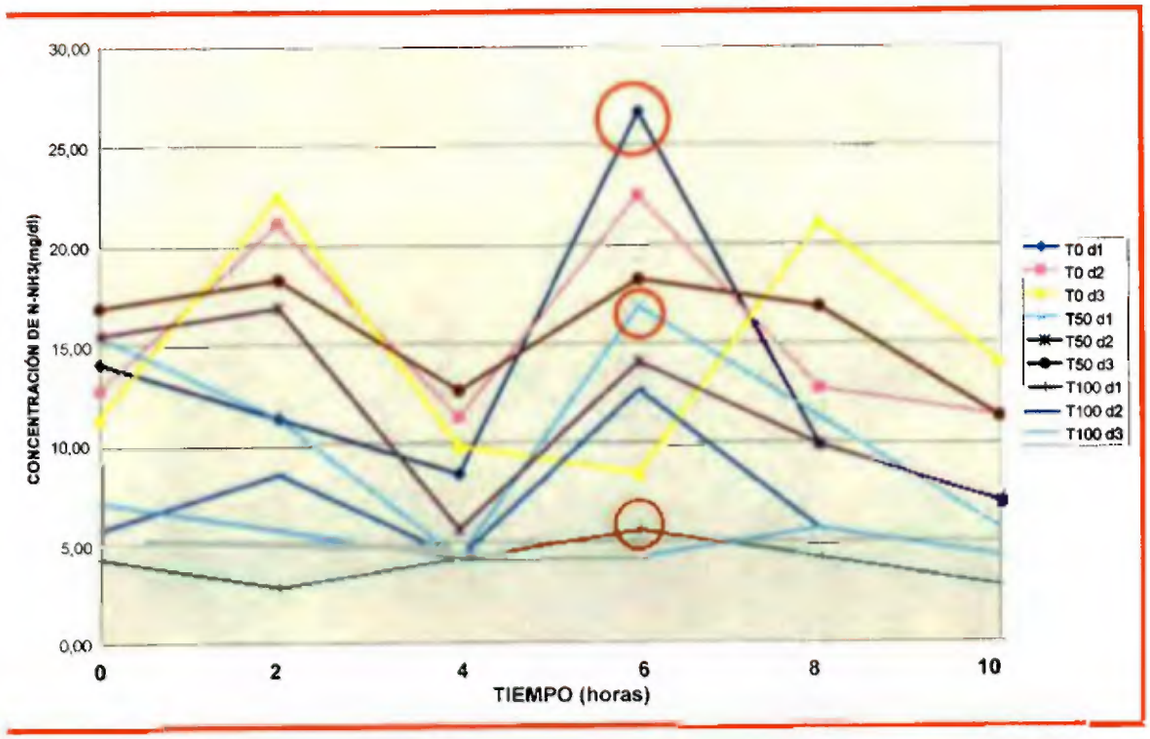
TRT		DÍA		TIEMPO horas	$T_{0\%}$	$T_{50\%}$	$T_{100\%}$
					(**)		
$T_{0\%}$	14.16[a] (*)	1	9 293[a]	0	12 61	15 87	5 60
$T_{50\%}$	12 71[a]	2	11 128[a]	2	18 21	15 41	5 60
$T_{100\%}$	5 28[b]	3	11 750[a]	4	9 80	7 47	4.20
(*) Medias con la misma letra dentro de la columna no difieren entre sí al 0 05				6	19 14	16 34	7.47
				8	14 47	12.61	5 14
(**) Concentración promedio / tiempo de medición (mg/dl)				10	10.74	7 94	3.74

Cuadro LIV. ANOVA para la variable concentración de N-NH_3 en el líquido ruminal

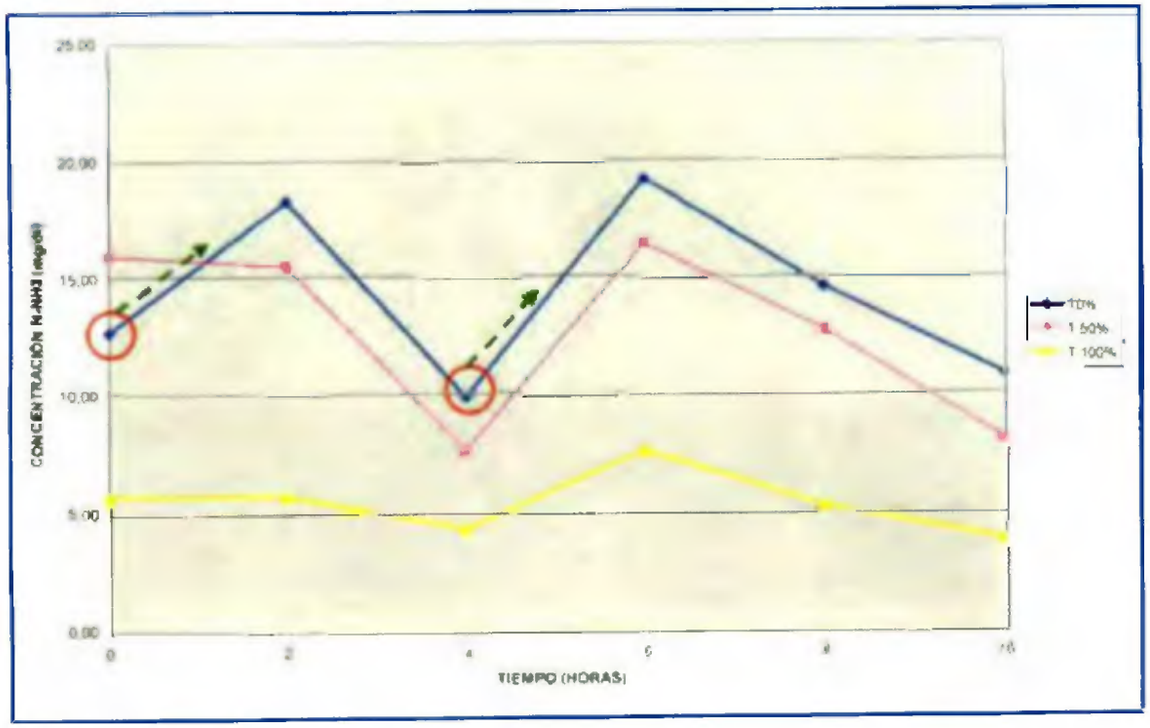
Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRT [(*)]	2	808 2340	404 1170	19.33	0 0024
DIA(TRT)	6	125 46350	20 9105	1 04	0 4150
ERROR	45	908 5493	20 1899		
TOTAL	53	1842 2468			

[(*)] DÍA(TRT) como término de error

Gráfica Nº 5. Comportamiento diario de N-NH3 (mg/dl).



Gráfica Nº 6. Comportamiento promedio del N-NH_3 por ración (mg/dl).



Variable: Concentración de AGV en el líquido ruminal (%).

Este parámetro ruminal no pudo ser medido debido a desperfectos con el equipo de medición

ENSAYO 3: Evaluación comparativa de la cinética de degradación ruminal *in situ* de la MS del grano de maíz y ensilaje integral de camote.

En la gráfica Nº 7 se presenta la degradabilidad ruminal de la MS para el maíz molido y ensilaje integral de camote, obtenida con el conjunto de valores de degradabilidad correspondiente a los tres animales o raciones utilizados. En esta gráfica se observa poca diferencia en la fracción soluble (B_0) de estos recursos, pero una apreciable diferencia en la degradabilidad de la fracción no soluble o potencialmente degradable (B_1), la diferencia observada entre maíz y ensilaje integral de camote es importante, lo que explica las diferencias en B_1. En ambos materiales, prácticamente la máxima degradabilidad potencial (D_p) se obtuvo alrededor de las 48 horas de incubación Hay que indicar que estos dos materiales tienen contenidos diferentes de carbohidratos estructurales, superior en el caso del ensilaje, que explica esta diferencia en D_p

Variable: Degradabilidad de la fracción soluble (B_0) de la MS.

En el Cuadro LV se indican los valores de B_0 obtenidos para el tratamiento experimental maíz molido (MA) y ensilaje integral de camote (EN), donde se observan valores generales muy similares entre estos, 44.31 y 43 14 %, respectivamente, pero diferencias de acuerdo al animal o ración que este

consumía En el caso del maíz, este valor promedio de B_0 es similar al obtenido por Henríquez (2008), pero inferior al reportado por Alomar y Pulido (2001), 20.4 % Estas diferencias pueden estar relacionas con la molienda del maíz, ya que entre más fina es la partícula, físicamente más libre quedan los componentes solubles Esta fracción representa azúcares simples, carbohidratos solubles y fracciones proteicas simples (aminoácidos, nitratos, nitrógeno no proteico y amidas), los que juegan un papel importante en los estadios tempranos de la degradación de un forraje o alimento, ya que éstos favorecen el crecimiento óptimo de los microorganismos ruminales (Dhanoa *et al* , 1999).

La prueba de Shapiro – Wilk (1965) indicó una distribución normal para B_0 (Pr <W de 0 4154) El ANOVA se presenta en el Cuadro LVI, donde se observa un efecto significativo sólo de la interacción AN*TRT (P<0 0029) sobre B_0 Este parámetro presentó un R^2 de 0 859 y un CV de 7 62 El análisis de la interacción no establece una relación clara con el ambiente ruminal o ración que consumía el animal y más bien esta pudo ser producto del lavado de la bolsa después de su introducción al rumen por 5 segundos, ya que esta fracción mide la fracción soluble en agua o líquido ruminal

Cuadro LV. Valores de parámetros de degradabilidad ruminal.

Animal/ Ración	PARÁMETROS							
	B_0, %		B_1, %		k, %/hora		Dp, %	
	MA	EN	MA	EN	MA	EN	MA	EN
$T_{0\%}$	47 70	37 70	45 00	40 00	0 1439	0 1263	92 40	77 70
$T_{50\%}$	34 40	50.40	60 00	38 80	0 0228	0 0345	94 40	88 60
$T_{100\%}$	46.70	40 80	51 90	40 20	0 0441	0 0788	98 70	80 90
Valor general (*)	**44.31**	**43.14**	**50.14**	**40.15**	**0.0839**	**0.0745**	**94.46**	**83.31**

(*) Obtenido con el conjunto de valores de degradabilidad correspondiente a los tres animales o raciones utilizados

Cuadro LVI. ANOVA para B_0 de la MS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AN	2	4 4516	2 2258	0.21	0 8179
TRT	1	0 0833	0 0833	0 01	0 9326
AN*TRT	2	385 8316	192 9158	18 02	0 0029
ERROR	6	64 2300	10 7050		
TOTAL	11	454 5966			

Variable: Degradabilidad de la fracción no soluble (B_1) de la MS.

El valor general de la fracción no soluble o potencialmente degradable (B_1) para el EN es 19 92 % menor con respecto al MA (Cuadro LV), lo que está asociado al mayor contenido de carbohidratos estructurales que contiene el EN, ya que esta fracción está compuesta básicamente por celulosa y hemicelulosa,

ligada a compuestos fenólicos como la lignina que afectan negativamente su degradabilidad (Jung y Casler, 1991)

En base a una distribución normal (Pr <W de 0 4484), el ANOVA presenta un efecto significativo de la interacción AN*TRT (P<0 0029) (Cuadro LVII), lo que indica que el efecto de TRT dependió del ambiente ruminal propiciado por el animal o ración que este consumió Con respecto al animal o ración consumida, con T_0 se obtuvo diferencia significativa entre TRT (P<0 0251), con un valor mayor para MA, producto de que el ambiente ruminal propiciado por la ración era más favorable al maíz, con mayor actividad amilolítica En cambio, con T_{100} no hubo diferencia significativa entre TRT (P>0 1240), a pesar que se asume un ambiente ruminal más favorable a EN, aunque este aporta ácidos orgánicos y almidón que producen un pH ruminal bajo, típico de una ambiente amilolítico El B_1 para el MA correspondiente a T_0 y T_{100} no resultó diferente (P>0 8777), tampoco en el caso del EN (P>0 3728), lo que indica que en las raciones con el mayor nivel de maíz o ensilaje no afectaron la degradabilidad correspondiente a cada uno de estos materiales (MA y EN) Con la ración T_{50} se produjo diferencias en los valores de B_1, propiciando realmente la interacción que se obtuvo. B_1 presentó un R^2 de 0.920 y un CV de 7 03

Cuadro LVII. ANOVA para B_1 (fracción no soluble, pero potencialmente degradable) de la MS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AN	2	87 2550	43.6275	4.19	0.0727
TRT	1	495 3675	495.3675	47 55	0 0005
AN*TRT	2	142 9350	71 4675	6.86	0.0282
ERROR	6	62 5050	10 4175		
TOTAL	11	788 0625			

Variable: Tasa de degradación (k) de la MS.

La tasa de degradación de B_1 varió entre 0 0345 y 0 1263 %/hora, valores que representan una baja y alta degradación, respectivamente El valor general k de MA, 0 0839 %/hora, resultó superior al reportada por Alomar y Pulido (2001), 0 0419 %/hora, los que obtuvieron los valores de B_0 y B_1 de 26 18 y 72 02 %, respectivamente La prueba de Shapiro-Wilk (1965), indicó una distribución normal para k (Pr < W 0 4389) El ANOVA para este parámetro (Cuadro LVIII) indicó un efecto significativo de AN*TRT (P<0 0039), lo que acondiciona este parámetro al ambiente ruminal del animal, producto de la interacción entre la ración, población microbiana, animal (Allen y Mertens, 1988) y composición química y bromatológica de la ración (López *et al.*, 2009). De esta interacción es claro que los mayores valores de k se lograron en el animal consumiendo la ración sin ensilaje (T_0), tanto con MA como con EN Otra situación clara es la

disminución del valor de k del MA al incrementarse el nivel de ensilaje en la ración, situación que no se obtuvo con EN. El R^2 y CV resultante en el ANOVA fue de 0 966 y 12.27, respectivamente

Cuadro LVIII. ANOVA para tasa constante de degradación (k) de la MS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AN	2	0 0150	0 0075	68.96	< 0001
TRT	1	0 0003	0 0003	3 00	0 1341
AN*TRT	2	0 0035	0 0017	16 12	0.0039
ERROR	6	0 0006	0 0001		
TOTAL	11	0 0195			

Variable: Degradación potencial (D_p) de la MS.

La D_p resultó superior para el MA, con un valor general de 94.46 y 83.31 % para MA y EN, respectivamente (Cuadro LV), respuesta que es de esperar, ya que D_p es la suma de B_0 y B_1, parámetros con valores mayores para MA (Cuadro LV) En el caso de MA, el D_p es superior a los reportados por Jahn *et al*, (1998) y Yang *et al.*, (1997), con valores de 86 y 87%, respectivamente, posiblemente producto de diferencias en la variedad del grano A las 24 y 48 horas de incubación, Ortega *et al*, (1998) y Alomar y Pulido (2001) reportaron valores de 90.1 y 98 2 % para la D_p, de maíz molido, respectivamente

D_p presentó una distribución normal (Pr <W de 0 2404) y el ANOVA indicó un efecto significativo (P<0 0003) de TRT sobre D_p, no así el efecto de ANI (P>0 055) y AN*TRT (P>0 0724), (Cuadro LIX)

Cuadro LIX. ANOVA para Dp (degradación potencial de la MS).

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AN	2	90 0936	45.0468	4 90	0.0548
TRT	1	487 6875	487 6875	53 02	0 0003
AN*TRT	2	77 2551	38 6275	4.20	0 0724
ERROR	6	55 1906	9 1984		
TOTAL	11	710 2269			

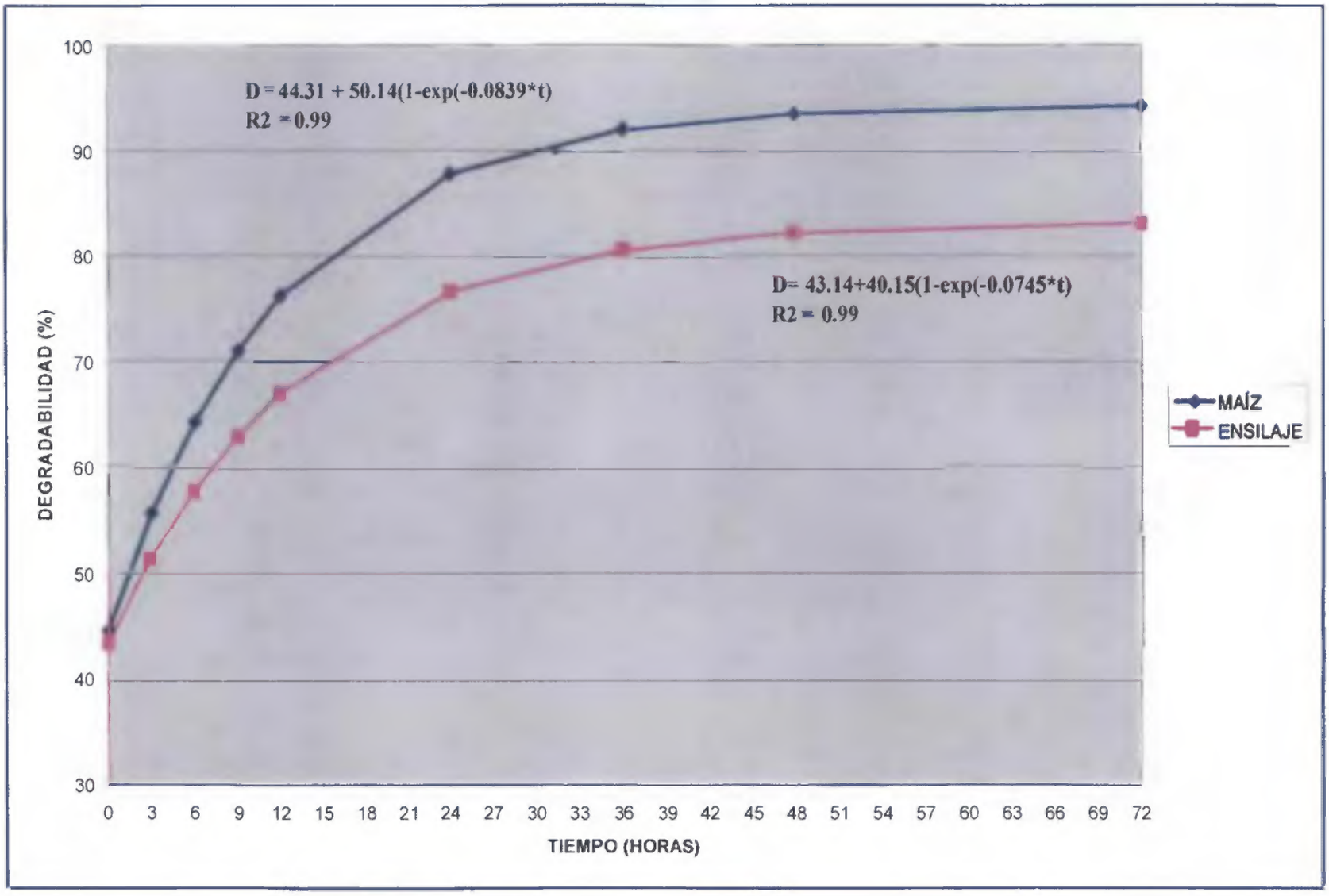
Variable: Tiempo medio de degradación ($t_{½}$) de la MS.

El $t_{½}$ obtenido a partir de k, presentó un valor general de 8.26 y 9.39 horas para MA y NE, respectivamente, lo que indica que su tiempo promedio de degradación o desaparición en el rumen es menor para MA, pero sólo en 1 13 horas, a pesar que EN presentó un contenido mucho más alto de FDN Sin embargo, hay que indicar que ambos materiales fueron molidos finamente (1 0 mm) para la prueba de degradación *in situ*, lo que los expone en mayor grado a la acción microbiológica, pero también acelera su salida del rumen. Igual que con k, los resultados estadísticos indican significancia del efecto de AN*TRT (P<0.0033), dependiente de las condiciones ambientales ruminales El ANOVA se presenta en el Cuadro LX, con un R^2 de 0 945 y un CV de 17 87

Cuadro LX. ANOVA para el tiempo medio de degradación ($t_{½}$) de la MS.

Fuente	DF	Suma de cuadrados Tipo III	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
AN	2	126 0968	63 0484	17.15	0 0033
TRT	1	111 2034	111 2034	30.24	0 0015
AN*TRT	2	142 6898	71 3449	19.40	0 0024
ERROR	6	22 0619	3 6769		
TOTAL	11	402 0520			

Gráfica Nº 7. Degradación ruminal *in situ* de la MS del maíz molido y del ensilaje integral de camote.



CONCLUSIONES

1 El ensilaje integral de camote tiene una calidad nutricional que permite altas ganancias de peso vivo, con buena conversión alimenticia en raciones para bovinos en crecimiento.

2 El costo de producción del ensilaje integral de camote indica una alta posibilidad potencial de este para reemplazar al maíz en grano en raciones para bovinos

3 Bio-económicamente, la sustitución del maíz en grano por ensilaje integral de camote es viable en raciones para animales en crecimiento, principalmente a altos niveles de sustitución

4 En base al pH y $N\text{-}NH_3$, las raciones con altos niveles de ensilaje integral de camote permitieron condiciones ruminales más favorables que las raciones a base de maíz en grano

5 El ensilaje integral de camote, siendo un material con un contenido fibroso importante, presentó buenos parámetros degradativos *in situ* que demuestran su potencialidad nutricional en raciones para bovinos, sin embargo, presentó una menor degradabilidad potencial y mayor tiempo medio de degradación con respecto al maíz en grano

RECOMENDACIONES

1 Los resultados obtenidos demuestran bondades nutricionales y de costo del ensilaje integral de camote en alimentación de bovinos, pero también indican la necesidad de realizar más investigación sobre aspectos agronómicos, ruminales, costo y utilización en producción de leche y ceba de bovinos

2 Es necesario realizar investigación sobre la utilización del camote en forma fresca y seca, donde también parece presentar un potencial de uso en bovinos y otras especies comerciales locales, que también enfrentan la problemática de altos costos de alimentación

BIBLIOGRAFÍA

Acurero, G , Alvarado, L ; Álvarez, R , Capo, E , Garbati S 1991 Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata, yuca y sorgo en cerdos Zootecnia Tropical Vol 9(2) 145-163

Acurero, A , Alvarado, R., Álvarez, R , Pérez, S ; Capó, E , Garbati, S 1993. Efectos bioeconómicos de la sustitución parcial de los cereales por harina de batata en raciones para cerdos en crecimiento Zootecnia Tropical. 11(2):117-128 Consultado el 20 de junio de 2009 En línea http //sian inia gob ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt1102/texto/bioeconomicos htm

Aguilar, N 1998 Estudio climático del Centro de Enseñanza e Investigaciones Agropecuarias de Chiriquí Universidad de Panamá Facultad de Ciencias Agropecuarias 25p

Albán, A , Cadavid, L. (s f) Producción y usos de batata CLAYUCA Consultado el 10 de febrero de 2011 En línea· http //www ciat cgiar org/Newsroom/Documents/pdf_seminars/061018_Sistemas_Produccion_Batata-A_Alban pdf

Alomar, D , Pulido, R. 2001 Efecto del hojuelado al vapor sobre la degradabilidad ruminal del grano de maíz Agro Sur (Chile) 29 (2)· 164-169

Allen, M , Mertens, M 1988 Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes J Nutrition 118 261-270

Angulo, M , Lopez, W., Brinke, H 1979 Yuca, camote y grano de soya en engorde de cerdos. Memoria ALPA 14 64

Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC). 1970 Official methods of analysis of AOAC 11th ed Washington, D C George Benta Company 1015 p

Backer, J 1976 Utilización integral del camote (*Ipomoea batatas, (L) Lam*) en la producción de carne. Tesis Magíster Scientiae Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE 72 p

Backer, J , Ruíz, M , Muñoz, H ; Pinchinat, A 1980. The use of sweet potato (Ipomoea batatas, (L) Lam) in animal feeding II Beef production Tropical Anim. Prod 5(2). 152 Consultado el 15 de septiembre de 2010 En línea: http //www fao org/ag/AGA/agap/frg/TAP52/5_2_8 pdf

Blass, C.; Rebollar, P.; Méndez, J. 1995 Utilización de cereales en dietas de vacuno lechero. XI curso de especialización FEDNA Consultado el 20 de abril de 2011 En línea: http //www etsia upm es/fedna/capitulos/95CAP_III pdf

Bar Diamond, Inc (s f). Cannulae Surgery Information Consultado el 20 de mayo de 2010 En línea: http //www bardiamond com/Surgery/Surgery html

Bateman, J. 1970 Nutrición animal. Manual de métodos analíticos Ed Herrero Hermanos, México 467 p

Batista, A 2003. Selección inicial de variedades de camote y yuca para su utilización en alimentación animal. Informe final de proyectos Gualaca, IDIAP. 2006

Batista, A 2005 Comportamiento de la variedad Taignum-66 de camote en Macaracas-Los Santos Informe final de proyectos Los Santos, IDIAP 2006.

Berchielli, T , Oliveira, S. G de, Carrilho, E.; Feitosa, J., Lopes, A 2005 Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos Revista Brasileira de Zootecnia 34 (3) 987-996. Consultado el 15 de agosto de 2010 En línea http //www scielo br/pdf/rbz/v34n3/a32v34n3 pdf

Boniface A., Murray, R , Hogan, J 1986 Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay Proc. Aust Soc Anim Prod 16 151-154

Bonilla, J 2009 Manual del cultivo de camote Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. Consultado el 29 de diciembre de 2010 En línea. http //www occidenteagricola com/info/docevaluaciones/pdf/manuales%20tecnicos%20horticolas/Manual%20del%20cultivo%20de%20camote pdf

Burga, J (s f). Situación del cultivo de la batata o camote en Perú Programa Nacional de la Papa (INIPA). Consultado el 20 de noviembre de 2010 En línea http //books google com pa/books?id=gDKR_Jam4_IC&pg=PA57&lpg=PA57&dq=alimentaci%C3%B3n+de+cabras+con+batata&source=bl&ots=yyM6i4i1uc&sig=fkLMhvNWdqWNRrBWS1jObVGm9M&hl=es#v=onepage&q=alimentaci%C3%B3n%20de%20cabras%20con%20batata&f=false

Calsamiglia, S 1997 Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes XIII Curso de Especialización FEDNA Madrid Consultado el 20 de enero de 2011 En línea http //www ucv ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Uso_de_Fibra_en_Rumiantes pdf

Chamba, L (s f) Cultivo del camote para el mercado Internacional Consultado el 10 de septiembre de 2009. En línea http //ebookbrowse com/cultivo-del-camote-doc-d151533265

CEIACHI 2010. Estación agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-Chiriquí Departamento de Suelos y Aguas Registros meteorológicos Chiriquí, Panamá

Cochran, R , Adams, D , Wallace, J., Galyean, M 1988. Predicting digestibility of different diets with internal markers. evaluation of four potential markers J. Animal Science 63:1476

Coelho da Silva, J , Leão, M 1979 Fundamentos de nutrição dos ruminantes Editora Livroceres, Piracicaba Brasil 380 p

Demanet, R (s f) Conceptos básicos en la elaboración de ensilajes Universidad de la Frontera Consultado el 29 de julio del 2010 En línea http //www google com/search?hl=es&q=Conceptos+b%C3%A1sicos+en+la+elaboraci%C3%B3n+de+ensilajes&btnG=Buscar&lr=&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=

Dhanoa M., France, J ; López, S , Dijkstra, J., Lister, J.; Davies, D.; Bannik, A 1999. Correcting the calculation of extent of degradation to account for applying the polyester bag method J Anim Sci 77 3385 - 3391

Di Marco, O 2006 Eficiencia de utilización del alimento en vacunos Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Balcarce Revista Visión Rural Año XIII N° 61 Marzo-Abril de 2006. Consultado el 15 de febrero de 2011 En línea http //www inta gov ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/eficAlim htm

Elizalde, J , Parra, V , Duarte, G 2003 Resultados de engordes a corral de vacunos realizados en diferentes sistemas de producción de carne Jornada Actualización Ganadera Septiembre 2003. Consultado el 20 de noviembre de 2010 En línea http //www produccion-animal com ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/06-resultados_engorde_a_corral htm

FAO 2005 The agricultural production. Consultado 25 de agosto del 2009 En línea http //faostat fao org/site/339/default aspx

FAO. 2007. The agricultural production Consultado 25 de agosto del 2009 En línea. http //faostat fao org/site/339/default aspx

Faichney, J. 1975 The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants In· Physiology and metabolism in the ruminant (Eds I W. McDonald and A.C.I Warner) University of New England, Armidale, USA p 247

FEDNA 2003 Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed) C de Blas, G G. Mateos y P Gª Rebollar (eds.) Fundación Española para el Desarrollo de la

Nutrición Animal Madrid, España 423 pp Consultado el 20 de julio de 2009 En línea http //www1 etsia upm es/fedna/raices_tuberculos/batata htm

Fernández, H 2002. Composición de alimentos para animales. INTA EEA Balcarce. Consultado el 20 de diciembre de 2010. En línea. http //www inta gov ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/tcalimentos h tm

Ffoulkes, D , Hovell, D , Preston, T 1978 Sweet potato forage as cattle feed voluntary intake and digestibility of mixtures of sweet potato forage and sugar cane Tropical Animal Production 1977 3:2 Consultado el 30 de mayo de 2010 En línea http //www fao org/ag/AGA/AGAP/FRG/TAP32/3_2_9 pdf

Folquer, F. 1978. La batata (camote), estudio de la planta y su producción comercial Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur 144 p

Fuenmayor, F , Segovia, V , Albarrán, J , Cabaña, W 2004 Banco de Germoplasma de Batata (*Ipomoea batata* (L) Lam) del INIA-CENIAP-Venezuela. Revista Digital CENIAP HOY Número 6, septiembre-diciembre 2004 Maracay, Aragua, Venezuela Consultado el 10 de septiembre de 2009 En línea. http //sian inia gob ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n6/arti/fuenmayor_f/arti/fuenmayor_f htm

Fuglie, K 2007 Priorities for sweetpotato research in deloping countries results of a survey. Hort Science 42(5) 1200-1206

Gómez, C.; Fernández, M 2002 Producción y valor nutricional de follaje y raíces de camote para la alimentación de rumiantes. Universidad Nacional

Agraria la Molina, UNALM, Lima, Perú Consultado el 10 de febrero de 2009. En línea: http //www sian info ve/porcinos/eventos/peru/carlosa htm

González, C (s.f) La batata, una alternativa tropical para la alimentación de cerdos en Venezuela. Consultado el 20 de agosto de 2010 En línea. http //www sian info ve/porcinos/eventos/expoferia/carlos htm

González, C , Díaz, I (s.f) Posibilidades de utilización de la batata *(Ipomoea batata (L)Lam)* y otros recursos alternativos en la alimentación de animales monogástricos en Venezuela. Consultado el 12 de junio de 2009 En línea http //www sian info ve/porcinos/publicaciones/ivencuentro/carlos htm

González, C., Tepper, R (s f) Resultados sobre el uso del camote (*Ipomoea batatas L*) en alimentación animal y procesamiento industrial en Venezuela Consultado el 6 de julio de 2009. En línea: http //www sian info ve/porcinos/eventos/peru/carlosgtepper htm

González, C 1994 Utilización de la batata *(Ipomoea batatas L)* en la alimentación de cerdos confinados y en pastoreo Tesis Doctoral Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela 233 p

González, C ; Díaz, I.; León, M , Vecchionacce, H , Blanco, A , Ly, J 2002 Growth performance and carcass traits in pigs fed sweet potato (*Ipomoea batatas* (Lam.) L) root meal; Livestock Research for Rural Development 14(6) Consultado el 20 de septiembre de 2009 En línea http //www cipav org co/lrrd/lrrd14/6/gonz146 htm

Goering, H Van Soest, P. 1970. Forage fiber analysis USA Departament of Agriculture, Handbook Nº 379. 20p

Gordon, F 1985 Nutritional implication of machinery use - intake and performance In J K Nelson and E, R Dennis (eds.) Machiney for Silage British Grassland Sec. Occasional Simposium N° 17 (p 68 - 77).

Goyzueta, M 1963 Camote fresco en el engorde de bovinos de carne Tesis Bachiller. Fac. Medicina Veterinaria, Univ Nacional Mayor de San Marcos Lima, Perú

Guido, A. 2002. Validación de tres variedades de camote (*Ipomoea batata*) en siete localidades del pacifico sur de Nicaragua. Pág 200 Informe de resultados de investigación Pacifico Sur de Nicaragua 2002 Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria INTA Nicaragua Pág 233.

Henríquez, A 2008 Evaluación de la fermentabilidad del maíz extrudido, roleado al vapor y molido por digestibilidad *in vitro* y producción de gas Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía Tesis. Consultado el 10 de enero de 2011 En línea http //cybertesis uach cl/tesis/uach/2008/fah519e/doc/fah519e pdf

Huamani, M 2006 El camote y su rol en los países en vías de desarrollo Monografía Lima, Perú Consultado el 20 de agosto de 2010 En línea: http //www monografias com/trabajos45/camote-peruano/camote-peruano2 shtml

Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). 2004. Instructivo Técnico del Cultivo del Boniato Cuba Ministerio de Agricultura. 14 p

Jacob, A, Uexkull, Von. 1973 Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales Cuarta Edición Traducido por L. López Martínez de Alva México Ediciones Euroamericanas 626 p.

Japan Livestock Technology Association. (2000) Technical Manual for Feed Analysis Pág 15-18.

Jahn, E ; Reyes, D ; Ormeño, G (s f) Importancia de la densidad en el ensilaje de maíz Informativo agropecuario BIOLECHE - Inia Quilamapu Consultado el 15 de enero de 2011 En línea http //www inia cl/medios/quilamapu/pdf/bioleche/BOLETIN131 pdf

Jahn, E., Cortés, K., Bórquez, F , Venegas, P , González, C 1998 Degradación ruminal in situ del grano de maíz *(Zea mays)*, cebada *(Hordeum vulgare)* y lupino dulce *(Lupinus albus)* en el uso de diferentes métodos de procesamiento Agricultura Técnica (Chile) 59(2), 96-106.

Jung, H.; Casler, M 1991 Relationship of lignin and esterified phenolics to fermentation of smooth bromegrass fibre Anim Feed Sci Technol 32 63-68

Krause, K , Combs, D., Beauchemin, K 2002 Effects of forage, particle size, and grain fermentability in midlactaion cows I Milk production and diet digestibility J Dairy Sci. 85(8):1936-46

Lascano, C , Borel, R , Quiroz, R , Zorrilla, J , Chaves, C , Wernli, C 1990 Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad *in vivo*. En· M. E. Ruiz y A Ruiz (Eds.) Nutnción de Rumiantes Guía metodológica de investigación IICA-ALPA-RISPAL San José, Costa Rica. 159 - 168 p.

León, M. 1991 Efecto de la sustitución de la fuente energética por harina de batata *(Ipomoea batatas)* en raciones para cerdos en crecimiento. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía Consultado el 20 de mayo de 2010 En línea. http //www sian info ve/porcinos/publicaciones/resunfagro/cerdos/leonm htm

León-Velarde, C , Mendiburo, F 2004 Variedades de camote de doble propósito (*Ipomoea batatas* L.) Consultado el 20 de agosto de 2010 En línea http //www sian info ve/porcinos/publicaciones/Public_tecnicas/carlosl htm

León-Velarde, C , Gómez, C. 2003 Informe Técnico Final del Proyecto Fontagro "Desarrollo de Productos de Camote en América Latina" Sub-Proyecto "Desarrollo de productos de Camote para América Latina, Camote forrajero" Convenio ATN-SF-8646-RG Julio 2003 Consultado el 19 de agosto de 2011 En línea. http //www fontagro org/sites/default/files/stecnico/final_ infotec_98_22_0 pdf

Lopes, P , Baldini, Y , Lopes, J. 2009 Consumo voluntário de bovinos REDVET Vol 10 Nº 10 Octubre, 2009 Consultado el 15 de agosto de 2010 Em línea: http //www veterinaria org/revistas/redvet/n101009/100918 pdf

López, J ; Elías, A ; Delgado, D , González, R., Sarduy, L 2009 Efecto de la suplementación con concentrado en la degradabilidad ruminal in situ de forraje de pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) en bucerros (Bubalus bubalis) Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol 43, núm 2, 2009, pp 157-161. Consultado el 20 de febrero de 2011. En línea http //redalyc uaemex mx/redalyc/pdf/1930/193015425010 pdf

Manresa, N , Peronja, N , Smacchia, A 2007 Silage of discarded sweet potato (*Ipomoea batatas L)* or animal feeding Preliminar study En Acta del IX Congreso y XXV Reunión Anual de la Sociedad de Biología de Rosario Rosario, Santa Fe, Argentina Consultado el 3 de abril de 2010 En línea. http //www cricyt edu ar/biocell/vol/pdf/32_3/08 pdf

Marín, M ; Suni, M 2000. Caracterización anatómica del desarrollo de la raiz reservante de camotes peruanos (Ipomoea batatas (L) Lam , Convolvulaceae) Revista Peruana de Biología Vol 7, N° 2, 2000 Consultado el 21 de septiembre de 2009 En línea. http //sisbib unmsm edu pe/bvrevistas/biologia/v07_n2/carac_anatomo htm

Martí, H 1998. Calidad culinaria y nutritiva de la batata. Consultado el 15 de julio de 2009. En línea: http //www e-campo com/media/news/nl/althorticultura55 htm

Matute, L., San Martín, F , Arbaiza, T., Carcelén, F 2003 Digestibilidad del camote y su efecto sobre la digestibilidad de concentrados usados en la alimentación de perros En línea Consultado el 12 de junio de 2009 http //www scielo org pe/scielo php?pid=s1609-11720030001000003&script=sci_arttext

McDonald, P., Henderson, A ; Heron, S 1991 The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Bucks, 226 p

McDowell, R , Conrad, H., Thomas, E.; Harris, E 1974 Tablas de composición de Alimentos de América Latina Gainesville. Universidad de Florida 509 p

Mehrez, A.; Ørskov, E 1977 The use of a dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J Agric Sci , Camb 88:645-650.

Meyreles, L , Mac Leod, N ; Preston, T 1977 Cassava forage as a source of protein effect of population density and age at cutting Tropical Animal Production 2:1 Consultado el 3 de septiembre 2010 En línea http //www fao org/AG/AGA/AGAP/FRG/TAP21/2_1_3 pdf

Montaldo, A 1972 Cultivo de raíces y tubérculos tropicales Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú 248p

Montaldo, A. 1991 Cultivo de raíces y tubérculos tropicales Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura San José, Costa Rica 2ª Ed p 131-288 Consultado 7 marzo 2009 En línea http //books google com ec/books?hl=es&id=d7ipWA3VmLEC&dq=cultivo+raices+tuberculos+tropicales+alvaro+montaldo&printsec=frontcover&source=web&ots=bXIGM_NysG&sig=J58sX3TZAmMzvXx9LGad1Cg0nfg

Nousiainen, J , Ahvenjarvi, S , Rinne, M , Hellamaki, M., Huhtanen, P 2004 Prediction of indigestible cell wall fraction of grass silage by near infrared reflectance spectroscopy Anim Feed Sci Technol., 115, 295–311

N R C. 1984 Nutrients Requeriments of Beef Cattle Sixth Edition Revised Washington, D.C. Consultado 10 de enero de 2011 En línea http //www google com pa/books?id=Q2MrAAAAYAAJ&lpg=PR1&pg=PR1#v=onepage&q&f=false

N R.C 1996 Nutrients Requeriments of Beef Cattle 7th Edition Revised Washington, D.C Consultado. 15 de febrero de 2011 En línea http //www google com pa/books?id=Q2MrAAAAYAAJ&lpg=PR1&pg=PR1#v=onepage&q&f=false

Olorunnisomo, OA 2007 El rendimiento y calidad de forraje de batata podados a diferentes intervalos para ovejas enanas del África Occidental Universidad de Ado-Ekiti, PMB 5363, Ado-Ekiti, Nigeria. Consultado el 20 de agosto de 2010 En línea http //www lrrd org/lrrd19/3/olor19036 htm

Ortega-Cartaya, E 1998 Sistemas alimentarios de raíces y tubérculos. Maracay (Ven) FONAIAP CIAE-Monagas 32 p (Serie C N° 41)

Ortega, E , Marcano, J. 2004. Oportunidades de la batata en la alimentación humana y animal Agronomía de la Producción INIA-Divulgativa 2, mayo – agosto de 2004. Consultado el 20 de agosto de 2010 En línea. http //sian inia gob ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%202/ortega_e pdf

Ortega, M., Mendoza, G ; Aguirre, S , Carranco, M 1998 Tratamiento con formaldehído de maíz y sorgo Efecto sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca, almidón y proteína bruta. Prod. Sanid Anim Vol 13 (1, 2 y 3) Consultado el 20 de abril de 2011 En línea· http //www inia es/gcontrec/pub/05 M E ORTEGA 1047631271271 pdf

Ørskov, E , McDonald, P 1979 The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agriculture Science 92 499-503

Peters, D , Thi T , N , Thi M , T , Huu T., P , The Y , N ; Thach H , M 2000 Pig improvement through enhanced use of sweetpotato roots and vines in northeastern and central Vietnam CIP-UPWARD. Hanoi, Vietnam pp 55-69 Traducido por Daniel Reynoso T. Consultado el 10 de diciembre de

2009 En línea http //mailman fundacite arg gov ve/pipermail/batata-l/attachments/20041102/0779783f/SP_silage doc

Pezo, D , Muñoz, H 1979 Utilización de residuos de camote *(Ipomoea batatas L)* en la alimentación de bovinos. Contenido basado en Tesis de grado Mgister Scientiae del Ing. J. Backer 1976 En Actividades Turrialba Vol 7 N°3. Septiembre 1979 Consultado el 20 de noviembre de 2010 En línea.http //books google com pa/books?id=SmcOAQAAIAAJ&pg=PP6&lpg=PP6&dq=alimentaci%C3%B3n+de+animales+con+follaje+de+camote&source=bl&ots=6h0LD5Pmhj&sig=Jp3XCm4QXMEsO5Cmoa8xxXHoIrI&hl=es#v=onepage&q=alimentaci%C3%B3n%20de%20animales%20con%20follaje%20de%20camote&f=false

Pietrosemoli, S , Morón, O , Páez, A ; Chirinos, C , Marrugo, A, 2007 Sustitución del concentrado por harina de batata (*Ipomoea batatas* L) en el comportamiento productivo de porcinos Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ) Maracaibo, Venezuela. Consultado el 20 de noviembre de 2010 En línea http //www revfacagronluz org ve/Compendio%20Digital/PDF/p114 pdf

Pinchinat, A. 1970 Rendimiento potencial del camote en la zona de Turrialba Tropical Boot ant Tuber Crop Newsletter 7·10-14

Pizzini, P , Vargas, J ; Vega, E , Reynoso, D 2003. Utilización de la harina de raíces crudas de camote, *Ipomoea batatas,* como fuente energética en dietas de alevines de tilapia roja (Oreochromis sp) Poster Taller Internacional sobre Estrategias para el uso del camote en la alimentación

humana y animal CIP (Centro Internacional de la Papa) Proyecto FONTAGRO-BID. Lima, Perú 29-31 May 2003

Posada, C , López, A , Ceballos, H 2006 Influencia de harinas de yuca y de batata sobre pigmentación, contenido de carotenoides en la yema y desempeño productivo de aves en postura Consultado el 20 de noviembre de 2010 En línea http //www google com/search?q=investigaciones+con+harina+de +camote+o+batata+en+alimentacion++animal&hl=es&lr=&prmd=b&ei=0DTpTOqFGsL6lw ekiMCbDA&start=10&sa=N

PRESA, S.A 1980 Estudios Agrológicos Tierras patrimoniales de la Facultad de Agronomía en la provincia de Chiriquí Universidad de Panamá Informe final Panamá 50p

Preston, R. 1986 Better utilization of crop residues and by products in animal feeding research guidelines. 2. A practical manual for research workers FAO Animal Production and Health Paper 50/2 Roma Italia

Preston, R., Leng, R. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles Aspectos básicos y aplicados al nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. 1ª Edición. CIPAV, Cali, Colombia 290 p

Quezada, E 2001 Evaluación nutricional del ensilado de follaje y raíces de camote *(Ipomoea batatas (L.) Lam)* en la alimentación de vacas lecheras Tesis MSc. UNALM. Lima-Perú Consultado el 20 de septiembre de 2009. En línea. http //tarwi lamolina edu pe/~cgomez/quezadaaramburu2001 doc

Raudez, G.; Poveda, M 2004 Caracterización y evaluación preliminar de seis genotipos de camote *(Ipomoea batatas L.)* con fertilización orgánica e inorgánica Tesis Nicaragua Consultado el 10 de marzo de 2011 En línea http //cenida una edu ni/Tesis/tnf30r243 pdf

Rinne, M , Huhtanen, P.; Jaakkola, S 1997 Grass maturity effects on cattle fed silage based diets 2. Cell wall digestibility, digestion and passage kinetics Anim Feed Sci Technol 67 19–35.

Rivera, B.; Estrada, J. 1986. Estandarización de una técnica para fistulación ruminal en bovinos Nota de Investigación Consultado el 25 de junio de 2010. En línea http //ciat-library ciat cgiar org/Articulos_Ciat/Vol8_rev2_a%C3%B1o86_art8 pdf

Rocha, J 1999 Mejora de los sistemas de alimentación con uso de follaje de camote en vacunos lecheros del valle de Cañete Tesis MSc. UNALM Lima-Perú Proyecto: "Desarrollo de Productos de camote en América Latina" Convenio IICA / BID - FONTAGRO / CIP / UNA La Molina

Rohr, K., Thomas, C. 1984 Eurowiltt Efficiency of silage systems - a comparison between unwilted and wilted systems Land bauforschung Volkenrode, Sonderheft, 69, pp 64-70

Ruiloba, M 2005a. Evaluación del efecto de la melaza y sal cruda en el ensilaje de tubérculos de Camote (Macaracas) Informe final de proyectos. Gualaca, Chiriquí IDIAP 2006

Ruiloba, M 2005b. Evaluación del ensilaje de follaje de Camote con forrajes secos (Macaracas). Informe final de proyectos Gualaca, Chiriquí IDIAP, 2006

Ruíz, M 1980. Estrategias para el Uso de Residuos de Cosecha en la alimentación Animal Memorias de una reunión de trabajo efectuada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza, Turrialba, Costa Rica, 19-21 marzo 1980 Consultado el 22 de noviembre de 2010. En línea: http //idl-bnc idrc ca/dspace/bitstream/10625/6620/1/57401 pdf

Ruiz, M , Lozano, E , Ruíz, A 1981 Utilization of sweet potatoes (*Ipomoea batata* (L) Lam) in animal feeding III Addition of various levels of roots and urea to sweet potato forage silages Trop. Anim Prod. 6(3) 234. Consultado el 3 de agosto de 2011. En línea http //www fao org/AG/aga/agap/frg/tap63/63_234 pdf

Ruíz, E 2004. Caracterización y evaluación agronómica de clones de camote *(Ipomoea batata)* en Azuero In Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales PCCMCA Resúmenes, LI Reunión anual Panamá, 2-6 de mayo

Ruíz, E.; Batista, A 2006 Efecto de la época de siembra y cosecha sobre la productividad del cultivo de camote Informe Técnico Panamá IDIAP En prensa

Ruíz, E.; Aguilera, V., Batista, A 2009 Manual técnico para el cultivo de camote (*Ipomoea batata* L) IDIAP. 23 p

SAS Institute Inc 1999. Statistical analysis system User's guide. Statistics Version 8 Cary, North Carolina, USA 956 p

Sánchez, H 1996. Valor nutricional del ensilaje de raíces no comerciales y follaje de camote Tesis MSc UNALM Lima-Perú Proyecto "Desarrollo de Productos de camote en América Latina" Convenio IICA / BID - FONTAGRO / CIP / UNA La Molina

Satter, L ; Slyter, L. 1974 Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro British Journal Nutrition 32: 199 - 208

Scott, J., Rosegrant, W., Ringler, C 2000 Raíces y tubérculos para el Siglo 21 Tendencias, Proyecciones y Opciones de Política. Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias Washington, D C , EUA y Centro Internacional de la Papa Lima, Perú Consultado el 26 de noviembre de 2009. En línea http //www ifpri org/sites/default/files/pubs/spanish /2020/dp/s-dp31 pdf

Shapiro, S., Wilk, M 1965 An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 52 591-611

Shimada, A 1983 Fundamentos de nutrición animal comparativa Consultores en Producción Animal México 1ª edición 383 p

Silva, JBC da, Lopes, CA, Magalhães, JS 2004 Cultura da batata doce Embrapa Hortalizas Sistemas de Produção 6 Consultado 21 de septiembre de 2010 En línea: www cnph embrapa br/sistprod/batatadoce/ referencias htm

Steel, R , Torrie, J 1992 Bioestadística Principios y Procedimientos Editorial Graf América México 622 p

Sulbarán, L, González, C , Araque, H , Vecchionacce, H., Viloria, F , Quijada, J (s.f) Materias primas y arreglos alimenticios en dietas para cerdos en la producción alternativa Consultado el 20 de septiembre de 2010 En línea http //www sian info ve/porcinos/eventos/expoferia2006/sulbaran I htm

Thomson, D , Beever, D 1980 The effect of conservation and processing on the digestion of forages by ruminants In Digestion Physiology and Metabolism in Ruminants Y. Rockebusch and P Thiven (editors). AVI Publishing, Inc. USA

Tique, J ; Chaves, B , Zurita, J 2009. Evaluación agronómica de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. Agronomía Colombiana 27(2), 151-158 Consultado el 15 de agosto de 2010. En línea http //www agronomia unal edu co/adjuntos/investigacion/revista/27-2/v27n2a03 pdf

Truong, V., Biermann, J , Marlett, A 1986 Simple sugars, oligosaccharides, and starch concentrations in raw and cooked sweet potato J. Agr Food Chem 34 421-425.

UCR-MAG. Factores que afectan los requerimientos de fibra Feednet. Costa Rica Consultado el 20 de mayo de 2011 En· http //www feednet ucr ac cr/bromatologia/farf htm

Ugarte, M (s f.). Adaptación y Producción de Camote Forrajero y Doble Propósito en Agroecosistemas de Bosques Secos de Piura. Ministerio de Agricultura,

Perú Consultado el 28 de octubre de 2009 En línea. http //www sustainablealternatives net/cases cfm?caseid=2762

Un, L., Frankow, Lindberg-BE, Lindberg, J 2003 Efecto de la cosecha de intervalo y la defoliación en rendimiento y composición química de las hojas, tallos y tubérculos de la batata *(Ipomoea batatas (L) Lam.)* Cultivares Campo de Investigación de Cultivos 82 (1) 49-58.

Valdivia, R (s f) Manejo Agronómico del Cultivo de Camote en Nicaragua Consultado el 28 de diciembre de 2010 En línea. http //www a4n com sv/uploaded/mod_documentos/MANEJO%20AGRONOMICO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20CAMOTE pdf

Vargas, E , Zumbado, M 2003 Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. Consultado el 20 de diciembre de 2010 En línea http //www mag go cr/rev_agr/v27n01_007 pdf

Vassallo, M. 2007 Caña de azúcar, mandioca y batata para forraje en la producción intensiva de carne Fundcinema Centro de Investigaciones Nematológicas Consultado el 20 de julio de 2009 En línea http //www produccionbovina com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento

Vásquez, R , Matos, F , Reyes, R., Soto, Y (s f) Sustitución de harina de maíz (*Zea mays*) por harina de raíces batata (*Ipomoea batatas*) en raciones para ovinos de engorde Consultado el 20 de octubre de 2009 En línea: http //www sian info ve/porcinos/eventos/peru/vasquezmrosana htm

Vásquez, R , Matos, F , Soto, Y. 2004 Evaluación del rendimiento de las principales variedades de batata (*Ipomoea batatas* L) en la República Dominicana Consultado el 20 de junio de 2009 En línea http //www engormix com

Vásquez, R. 2007 La batata forrajera de doble propósito en República Dominicana; consideraciones y resultados sobre su utilización y manejo del cultivo Consultado el 6 de julio de 2009 En línea http //www engormix com/s_articles_view asp?art=1375&AREA=OVI

Vieira, M ; Escobar, J.; Mejía, N 2001 Cultivos para el mejoramiento y diversificación de los sistemas de producción Requerimientos agroecológicos y aspectos productivos El Salvador. Proyecto CENTA-FAO-Holanda Consultado el 15 de junio de 2009 En línea. http //www rlc fao org/es/desarrollo/educacion/pdf/diveragrop/CultivoParaMDSP pdf

Wattiaux, M. 1999 Esenciales lecheras Instituto Babcock, para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera Universidad de Madison, Wisconsin, USA 140 p

Williams, P., Macdearmid, A , Innes, G , Brewer, A. 1983 Turnips with chemically treated straw for beef production 2 Effect of turnips on the degradability of straw in the rumen Anim Prod. 37:189

Yang, W.; Beauchemin, K , Farr, B , Rode, L 1997 Comparison of barley, hullles barley and corn in the concentrate of dairy cows. Journal of Dairy Science 80:2885-2895

ANEXO

EL CULTIVO DE CAMOTE

Comportamiento del cultivo en el campo.

Plagas que lo atacaron durante su ciclo de producción.

Arrieras (*atta sp*)

Ortópteros

DIFERENTES MÉTODOS DE COSECHA Y PICADO DEL MATERIAL COSECHADO

1. Tractor con surcador de dos puntas.
2. Tractor con surcador de una punta.
3. Arrancado manual del follaje más surcador de una punta para el tubérculo.
4. Segadora de maíz para picado del material

Foto 1: Manual IDIAP, 2009

CONFECCIÓN DEL ENSILAJE INTEGRAL DE CAMOTE (tubérculo más follaje).

11 Material apilado en campo para presecar.
2 Picado simultáneo del follaje con el tubérculo.
3 Apariencia del material picado antes de ser ensilado.
4 Ensilaje integral de camote por la técnica de silopress.

INGREDIENTES PARA LA PREPARACIÓN DE LAS DIFERENTES RACIONES EXPERIMENTALES.

1. Ensilaje integral de camote.
2. Heno picado.
3. Suplementos para los diferentes tratamientos.

INFRAESTRUCTURA UTILIZADA

ANIMALES CONSUMIENDO SUS RESPECTIVAS RACIONES

MUESTRAS PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES

Alimento ofrecido

Alimento rechazado

Heces frescas

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FERMENTATIVOS Y DEGRADABILIDAD RUMINAL MEDIANTE EL USO DE ANIMALES FISTULADOS

1. Toma de muestras para determinación de parámetros fermentativos ruminales.
2. Medición del pH del líquido ruminal.
3. Destilación del N-NH_3 del líquido ruminal.
4. Técnica in situ para determinación de la degradabilidad ruminal de la MS.

5 Lavado de las bolsas de nylon para determinar la degradabilidad de la MS.