

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CONSUMO Y PARAMETROS DE DIGESTION EN RASTROJOS
DE MAIZ CULTIVADO SOLO O EN ASOCIO CON LEGUMINOSAS**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

JESUS RAMON ESPINOZA ANDRADE

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Animal
Turrialba, Costa Rica
1983

AGRADECIMIENTO

Al Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura y Ganadería del Banco de México S.A. por su apoyo financiero para la realización de estudios de posgrado.

Al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo y en forma personal al Ph.D. Héctor Hugo Li Pun por su apoyo económico en la etapa de investigación.

Al Mag. Sc. Danilo Pezo Quevedo por su acertada y activa dirección en todo momento. Asimismo a su apreciable familia por la hermosa y desinteresada amistad que brindaron al autor y su familia.

Al Ph.D. Manuel E. Ruiz por el continuo apoyo técnico y vigilancia desde el inicio hasta la culminación de la tesis.

A los Ph.D. Rolain Borel, Carlos Burgos y Marco A. Esnaola por sus valiosas orientaciones y desinteresada colaboración.

A Bertha de la Fuente y Alexis Pérez por su valiosa participación en la etapa de análisis de laboratorio.

A los directivos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y del Sistema de Estudios de Posgrado de la UCR por la oportunidad brindada.

A mis colegas Juan Carlos Avendaño, Humberto Navarro, Mario Urcuyo, Rony Tejos, Alberto Lescano y Carlos Rosario y sus familias por la hermosa amistad que brindaron al autor y familia.

BIOGRAFIA

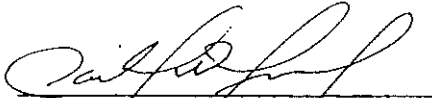
El autor nació en Caimanero, Estado de Sinaloa, México. Realizó sus estudios primarios y secundarios en la ciudad de Culiacán Sin. y sus estudios superiores en la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, graduándose como Ingeniero Agrónomo, Especialista en Zootecnia en enero de 1973.

Desde su graduación hasta su llegada al CATIE, ha trabajado para el Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura del Banco de México S.A. habiendo desempeñado los puestos de Residente Auxiliar en Mexicali B.C.N., Agente en Cd. Altamirano Gro. y Especialista en Ganadería de la Residencia Regional de Occidente en Guadalajara Jal. Obtuvo su grado de Magister Scientiae en abril de 1983 y a partir de mayo del mismo año se reincorporó a la misma institución.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

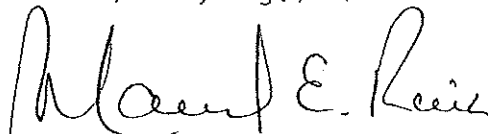
Magister Scientiae

JURADO:




Danilo Pezo, Mag. Sc.

Profesor Consejero



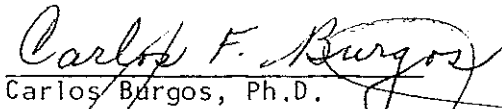
Manuel E. Ruiz, Ph.D.

Miembro del Comité



Rolain Borel, Dr. Sc. Tech.

Miembro del Comité




Carlos Burgos, Ph.D.

Miembro del Comité



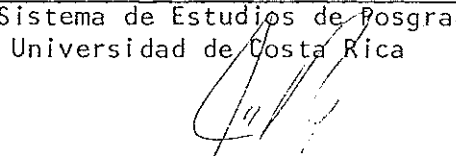
Marco A. Esnaola, Ph.D.

Miembro del Tribunal



Director del Programa de Estudios de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

Decano del Sistema de Estudios de Posgrado de la
Universidad de Costa Rica



Jesús Ramón Espinoza Andrade
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	ix
SUMMARY	xii
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xvi
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Producción de biomasa en cultivos de maíz asociado ...	3
2.2 Calidad nutritiva del rastrojo de maíz	3
2.3 Calidad nutritiva de leguminosas	4
2.4 Relación entre parámetros de digestión y consumo	5
2.5 Relación entre digestión <i>in situ</i> y digestión <i>in vivo</i>	6
3. MATERIALES Y METODOS	7
3.1 Localización del experimento	7
3.2 Clima y suelos	7
3.3 Especies y variedades	9
3.4 Fase agronómica	9
3.4.1 Establecimiento y manejo de los cultivos	9
3.5 Fase de evaluación nutricional de los rastrojos	11
3.5.1 Animales y su manejo	11
3.5.2 Diseño experimental y tratamientos	12

	<u>Página</u>
3.5.3 Ensayo de consumo y digestibilidad <i>in vivo</i>	13
3.5.3.1 Determinación de la digestibilidad <i>in vivo</i>	14
3.5.4 Ensayo de digestión <i>in situ</i>	16
3.5.5 Otros análisis de laboratorio	17
3.6 Análisis de la información	18
4. RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1 Producción de biomasa forrajera	20
4.2 Fraccionamiento de la proteína cruda contenida en las leguminosas	23
4.3 Ensayo de consumo y digestibilidad <i>in vivo</i>	25
4.3.1 Caracterización de los materiales ofrecidos y rechazados	25
4.3.2 Consumo	28
4.3.3 Digestibilidad <i>in vivo</i>	37
4.4 Digestibilidad <i>in situ</i> de los constituyentes de la pared celular	39
4.5 Relaciones entre consumo y parámetros de digestión <i>in situ</i> de los constituyentes de pared celular	48
4.6 Relación entre la digestibilidad <i>in vivo</i> de los constituyentes de la pared celular y parámetros de digestión <i>in situ</i>	51
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1 Conclusiones	54
5.2 Recomendaciones	54
6. BIBLIOGRAFIA	56
7. APENDICE	64

RESUMEN

El presente estudio fue realizado con los siguientes objetivos: a) evaluar el efecto de asociar algunas leguminosas forrajeras con maíz, sobre la producción de forraje y nutrientes después de la cosecha de grano y sobre el consumo y digestibilidad *in vivo* del rastrojo de maíz; b) evaluar la técnica de digestión *in situ* de los constituyentes de pared celular (CPC) como criterio de predicción del consumo y la digestibilidad *in vivo*. Las leguminosas estudiadas fueron: *Dolichos lablab* L.; *Pueraria phaseoloides* Roxb., *Centrosema plumieri* Benth y *Centrosema pubescens* Benth.. La evaluación de la fase agronómica fue realizada mediante muestreo estratificado de los cultivos.

En la evaluación nutricional de los forrajes se usaron cinco vaquillas Romo Sinuano para la medición del consumo y digestibilidad *in vivo* y cinco novillos fistulados al rumen para el ensayo de digestión *in situ*, bajo un diseño experimental en cuadrado latino 5 x 5.

La producción de biomasa forrajera, proteína cruda (PC) y nutrientes digestibles totales (NDT) fue consistentemente mayor ($P < 0,05$) en los cultivos asociados que en el monocultivo de maíz; destacándose la asociación maíz + *D. lablab*, los valores correspondientes para biomasa forrajera, PC y NDT fueron: 9,430, 1,740 y 5,810 kg/ha, respectivamente; sin embargo, en esta asociación hubo un decremento de 46,5 % en rendimiento de grano comparado con el monocultivo de maíz. La asociación con *P. phaseoloides*, *C. plumieri* o *C. pubescens* no afectó el rendimiento de grano ($P < 0,05$), éste en promedio fue de 4,194 kg/ha.

El consumo voluntario de rastrojo de maíz fue de 1,88; 0,48; 0,60; 0,67 y 0,78 kg MS/100 kg PV/día en las dietas de rastrojo de maíz (M), M + *D. lablab*, M + *P. phaseoloides*, M + *C. plumieri* y M + *C. pubescens*, respectivamente. Los valores correspondientes de consumo de materia seca total fueron: 1,88; 2,00; 2,28; 2,49 y 2,69 kg de MS/100 kg PV/día.

Las digestibilidades *in vivo* de materia seca fueron: 30,5; 40,4; 51,3; 47,8 y 46,9 % para las dietas citadas en el mismo orden. La digestibilidad *in vivo* de la materia seca estuvo altamente correlacionada con las digestibilidades *in vivo* de los CPC e *in vitro* de los forrajes ofrecidos ($r = 0,92$ y $0,95$, respectivamente).

La digestibilidad acumulativa de los CPC (Y) en función del tiempo de fermentación ruminal (X) quedó descrita por la ecuación $Y = B_0 (1 - e^{-B_1(X - B_2)})$ donde: B_0 = digestibilidad potencial, B_1 = tasa de aceleración de la digestión y B_2 = tiempo de latencia de la digestión. No hubo diferencias ($P < 0,05$) en digestibilidad potencial entre los materiales estudiados; sin embargo, las leguminosas mostraron una digestión más rápida que el rastrojo de maíz y los valores para las mezclas fueron intermedios. El tiempo de latencia y el tiempo medio de digestión de los CPC fue más corto en leguminosas que en el rastrojo de maíz; nuevamente en estos parámetros las mezclas mostraron un comportamiento intermedio.

Se obtuvieron bajas correlaciones entre el consumo y digestibilidad *in vivo* con los parámetros de digestión *in situ* de los CPC.

Se concluye: a) la inclusión de leguminosas al cultivo de maíz ejerce un efecto aditivo en la producción de biomasa forrajera, el consumo de materia seca total y la digestibilidad; b) en dietas como las estudiadas, los parámetros de digestión *in situ* de los CPC no permiten predicciones confiables del consumo y digestibilidad *in vivo*.

SUMMARY

The study reported herein was carried out with the following objectives: a) to evaluate the effects of several forage legumes, as crops associated with corn, upon biomass yield, post-harvest nutrient availability; voluntary intake and *in vivo* digestibility of the corn stalk; and b) to evaluate the use of *in situ* cell wall constituent (CWC) degradation parameters as criteria for predicting corn stalk/legume intake and its *in vivo* digestibility. The legumes included were: *Dolichos lablab* L., *Pueraria phaseoloides* Roxb., *Centrosema plumieri* Benth and *Centrosema pubescens* Benth.

Five Romo Sinuano heifers were utilized for the determination of voluntary intake and *in vivo* digestibility. For the *in situ* degradation trial, five rumen-fistulated Romo Sinuano Brahman steers were used. For Both trials, a 5 x 5 latin square experimental design was utilized.

Dry fodder biomass, crude protein (CP) and total digestible nutrient (TDN) yields were consistently higher ($P < 0.05$) in the associated crops as compared to corn alone. The highest yields were obtained in the corn + *D. lablab* association; the corresponding values for dry fodder biomass, CP and TDN were 9.430, 1.740 and 5.810 kg/ha, respectively; however, in this association there was a 46.5% decrease in corn grain yield, as compared to unassociated corn. The association with *P. phaseoloides*, *C. plumieri* or *C. pubescens* did not affect grain yield ($P < 0.05$); the average yield was 4.194 kg/ha.

Corn-stalk voluntary intake values were 1.88, 0.48, 0.60, 0.67 and 0.78 kg DM/100 kg LW/day for corn stalk (M) alone, M + *D. lablab*, M +

P. phaseoloides, M + *C. plumieri* and M + *C. pubescens* diets, respectively. Total dry matter intake values were: 1.88; 2.00; 2.28; 2.49 and 2.69 kg DM/100 kg LW/day, for the diets in the same corresponding order.

In vivo dry matter digestibility values were: 30.5, 40.4, 51.3, 47.8 and 46.9%. *In vivo* dry matter digestibility was highly correlated with *in vivo* cell wall digestibility and *in vitro* dry matter digestibility ($r = 0.92$ and $r = 0.95$, respectively)

Cumulative CWC digestibility (Y) as a function of the ruminal fermentation time (X) was defined by the general equation $Y = B_0 (1 - e^{-B_1(X - B_2)})$ where: B_0 = potential CWC digestibility, B_1 = CWC digestion acceleration rate and B_2 = lag time of CWC digestion. There were no differences ($P < 0.05$) in potential digestibility among materials on trial. However, the legumes showed a faster digestion rate than corn stalk and the corresponding values for mixtures were intermediate. The lag and half times of CWC digestion were shorter in legumes than in corn stalk. Again, the mixtures showed an intermediate behavior.

Low correlations were obtained for voluntary intake and *in vivo* digestibility with *in situ* CWC parameters.

It was concluded that: a) Legumes have an additive effect upon dry fodder biomass yield total dry matter intake and digestibility; b) it is not possible to predict either intake or digestibility using *in situ* CWC parameters.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1	Especies y variedades de leguminosas forrajeras sembradas en asociación con el cultivo del maíz	9
2	Rendimiento de grano del cultivo del maíz solo o asociado con leguminosas	22
3	Digestibilidad <i>in vitro</i> contenido de proteína cruda y proporción de leguminosas de los materiales ofrecidos y rechazados en el ensayo de consumo de rastrojo de maíz sólo o asociado	26
4	Rechazo de la materia seca total, rastrojo de maíz y leguminosa en relación al total ofrecido en el ensayo de consumo de rastrojo de maíz sólo y asociado con leguminosas	35
5	Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca total (X_5) de los constituyentes de la pared celular (X_6) y la digestibilidad <i>in vitro</i> (X_7) de las dietas en estudio	38
6	Parámetros de digestión <i>in situ</i> de los constituyentes de la pared celular, de los rastrojos de maíz sólo y asociados con leguminosas y de las leguminosas en estudio	45
7	Tiempo medio de digestión de los CPC del rastrojo de maíz en diferentes dietas basales	49
8	Correlaciones entre consumo de rastrojo de maíz y de materia seca total con parámetros de digestión <i>in situ</i> de los constituyentes de la pared celular ..	50
9	Correlaciones entre digestibilidad <i>in vivo</i> de la pared celular y algunos parámetros de digestión <i>in situ</i> de los constituyentes de pared celular	51

LISTA DE CUADROS EN EL APENDICE

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
1A	Producción de biomasa forrajera total, proteína cruda y nutrientes digestibles totales del cultivo de maíz sólo y asociado con leguminosas	65
2A	Fraccionamiento de la proteína cruda presente en las cuatro leguminosas que se asociaron al cultivo del maíz	66
3A	Digestibilidad <i>in vitro</i> de los materiales ofrecidos y rechazados durante la etapa experimental (%)	67
4A	Contenido de proteína cruda de los materiales ofrecidos y rechazados durante la etapa experimental (%)	68
5A	Consumos (kg M.S./100 kg PV/día) de materia seca total, materia seca de leguminosas y materia seca de rastrojo de maíz, por los novillos durante la etapa experimental	69
6A	Análisis de varianza de los consumos de rastrojo de maíz y materia seca total	70
7A	Parámetros de digestión <i>in situ</i> de los constituyentes de la pared celular, según el modelo $Y = B_0 - 1 - e^{-B_1(XB_2)}$	71

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Condiciones climatológicas prevalecientes en el CATIE durante 1982	8
2	Producción de biomasa forrajera total, nutrientes digestibles totales y proteína cruda del cultivo de maíz solo y asociado con leguminosas	21
3	Fraccionamiento de la proteína cruda de las leguminosas que se asociaron al cultivo de maíz ...	24
4	Consumo (kg MS/100 kg PV/día) de materia seca total, rastrojo de maíz y leguminosas en los diferentes tratamientos estudiados	29
5	Consumo de materia seca total (Y_1) en función de la cantidad de materia seca total ofrecida (X_1) ...	31
6	Consumo de rastrojo de maíz (Y_2) y leguminosas (Y_3) en función de las cantidades ofrecidas de rastrojo de maíz (X_2) y leguminosas (X_3)	33
7	Consumo de materia seca total (Y_1) en función del consumo de leguminosas (X_4)	36
8	Consumo de materia seca total (Y_1) en función de la digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca (X_5) .	40
9	Digestibilidad acumulativa promedio de la pared celular (Y_4) del rastrojo de maíz y <i>C. plumieri</i> , solos y asociados, en función del tiempo de fermentación ruminal (X_8)	41
10	Tasa de digestión de la pared celular (%/hora), del rastrojo de maíz y <i>C. plumieri</i> solos y asociados, en función del tiempo de fermentación ruminal (X_8)	43

1. INTRODUCCION

En 1980 se cultivaron 1,6 millones de hectáreas de maíz en los países centroamericanos, constituyendo este cultivo uno de los más importantes en el istmo. Adicionalmente al grano se han producido alrededor de 3,0 millones de Tm de rastrojo potencialmente utilizable para la alimentación de rumiantes. Sin embargo el rastrojo de maíz es un residuo fibroso, de bajo contenido proteico y con características forrajeras que limitan su consumo y digestibilidad, que a su vez se manifiesta en una pobre respuesta animal.

Por otra parte, el pequeño agricultor como parte de sus sistemas de producción agrícola, acostumbra asociar el maíz con otros cultivos, logrando en esta forma, hacer un uso más eficiente de los recursos ambientales, disminuir el riesgo que implica el monocultivo y obtener mayores retornos económicos por unidad de área. El cultivo de maíz asociado a leguminosas comestibles ó forrajeras, ha demostrado producir una mayor cantidad de biomasa total, que el monocultivo, siempre y cuando las especies se complementen en su hábitos de crecimiento foliar y radicular evitando la competencia por luz y nutrientes.

Algunos estudios indican que los rastrojos de leguminosas presentan características nutricionales más adecuadas que el rastrojo de maíz, para la alimentación de rumiantes, ya que son menos fibrosos, con mayor contenido proteico, así como su consumo y digestibilidad más elevados, por lo cual se puede esperar una mejor respuesta animal.

De acuerdo a lo anterior el presente trabajo fue planteado bajo los siguientes objetivos:

1. Evaluar el efecto de la inclusión de leguminosas sobre la producción de biomasa, la digestibilidad y el consumo de rastrojo de maíz.
2. Evaluar los parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de la pared celular, como índices para la predicción del consumo.
3. Evaluar la técnica de digestión *in situ* como criterio de predicción de la digestión *in vivo*.

2. ANTECEDENTES

2.1 Producción de biomasa en cultivos de maíz asociado

En términos generales, los sistemas de cultivos asociados han mostrado una mayor producción de biomasa total cuando se han comparado con los monocultivos de las especies participantes (31), debido a que en los primeros se hace un uso más eficiente de los factores ambientales (19), como son la energía solar, el agua y los nutrientes del suelo (61). Obviamente, otros factores como son la compatibilidad en los hábitos de crecimiento de las especies asociadas (19, 26), arreglo cronológico (1, 70) y espacial (14, 31) de los mismos modularán la magnitud de la respuesta, en términos de producción de biomasa total.

En el caso específico del cultivo de maíz, existen evidencias de que en la siembra simultánea de este con frijol trepador, no se reduce el rendimiento de ninguna de las especies participantes en la asociación (14) é incluso en un trabajo en que se asoció maíz con *Dolichos lablab* se obtuvieron las producciones más altas, tanto de grano como de rastrojos, en ambas especies, comparado con los rendimientos obtenidos cuando se manejaron como monocultivos (70).

2.2 Calidad nutritiva del rastrojo de maíz

El rastrojo de maíz es un recurso utilizado ampliamente en la alimentación animal en épocas de sequía, pese a que presenta limitaciones como forraje. Entre las restricciones nutricionales más importantes de este recurso,

se cita el que su contenido proteico varía entre 0,8 y 5,5 por ciento (21, 23, 37, 40, 44, 55, 80), que la proporción de constituyentes de pared celular varía entre 75 y 85 por ciento (37, 40, 80), que la tasa de degradación ruminal de este forraje es lenta (46, 83) y que el consumo voluntario es de apenas 1,7 a 1,9 kg MS/100 kg PV/día, incluso cuando mediante suplementación se supera la limitante proteica del forraje (40).

Entre las alternativas consideradas para el mejoramiento de la calidad nutritiva del rastrojo de maíz, está el tratamiento con álcalis, el cual ha sido capaz de incrementar la digestibilidad desde 30 hasta 53 por ciento en la tuza (22); sin embargo es dudosa la factibilidad económica del proceso y su aplicabilidad a nivel de finca.

2.3 Calidad nutritiva de leguminosas

Las leguminosas presentan características nutricionales más favorables que los rastrojos o pajas de cereales tropicales, tanto en composición química, como en digestibilidad, consumo y respuesta animal. Las leguminosas generalmente muestran un contenido proteico entre 12 y 30 por ciento (20, 44, 55), su contenido de constituyentes de pared celular varía entre 40 y 65 por ciento (29, 68, 69) y su tasa de degradación ruminal es rápida (29, 67, 69), lo que a su vez permite consumos de materia seca de hasta 3,0 kg MS/100 kg PV/día (32).

Una ventaja adicional de las leguminosas es que mantienen la calidad nutritiva por un tiempo más prolongado que las gramíneas (18, 23). En algunas leguminosas se presentan taninos y otros polifenoles, los cuales

constituyen factores limitantes para su utilización por los animales, ya que interfieren con la degradación de estos por los microorganismos ruminales (37, 38, 60, 78).

Por otra parte, los rastrojos de leguminosas, aún cuando en la cosecha de grano se defolian y parte de las vainas son separadas de la planta, estos continúan presentando características nutricionales que superan a las del rastrojo de maíz, ya que su contenido proteico varía entre 4 y 11 por ciento (23, 37, 43, 60), su contenido de pared celular presenta valores máximos de 75 por ciento (23, 17, 42) y se degradan más rápidamente que el rastrojo de maíz (23, 46). Adicionalmente, los niveles de consumo más altos observados en rastrojos de leguminosas han sido de 2,3 kg MS/100 kg PV/día (42), los cuales han permitido al menos cubrir los requerimientos de mantenimiento, dado que el valor energético de estos rastrojos alcanza hasta 2,0 Mcal EM/kg MS (60).

2.4 Relación entre parámetros de digestión y consumo

El consumo voluntario es un parámetro complejo, pues son muchos los factores que lo gobiernan. En el caso de alimentos fibrosos y bajo condiciones controladas, se han logrado predicciones confiables del consumo en función de la digestibilidad *in vitro* de la celulosa (28) ó de la tasa de degradación de los constituyentes de la pared celular (71). Sin embargo en otros estudios (63, Mertens, citado por Van Soest (78)) las predicciones basadas en los mismos parámetros, tuvieron un bajo grado de confiabilidad. Por otro lado, Van Soest (78) sostiene que la tasa de pasaje permite predecir el

consumo de manera más confiable que la tasa de degradación. Esto sugiere la necesidad de delucidar si los parámetros de tasa de digestión son o no buenos estimadores del consumo de forrajes fibrosos, particularmente si se considera que su determinación usando técnicas de digestión *in situ* es más sencilla que la evaluación de tasa de pasaje (47, 59, 66).

2.5 Relación entre digestión *in situ* y digestión *in vivo*

La digestibilidad de un alimento es un parámetro que permite estimar el valor energético (energía digestible) de los alimentos; sin embargo, su determinación directa mediante técnicas *in vivo* requiere de grandes cantidades de alimento, particularmente cuando se utilizan bovinos.

Las técnicas de digestión *in vitro* é *in situ* han surgido como alternativas rápidas y económicas para la determinación de la digestibilidad. La primera ha demostrado predecir adecuadamente la digestibilidad *in vivo* de diversos forrajes (8, 10, 11, 45, 54, 74), pero lo ha subestimado en forrajes que contienen taninos (15) y ha sido incapaz de detectar efectos de la dieta sobre la tasa de degradación en otros forrajes (13).

Por las razones anteriormente expuestas, en los últimos años ha resurgido el uso de la técnica de digestión *in situ* para la evaluación nutritiva de alimentos (58, 72, 77), particularmente con el propósito de determinar las tasas de degradación ruminal, tanto de forrajes como de alimentos concentrados. Desafortunadamente, hay pocos trabajos en la literatura (43, 56, 57, 77) que intentan relacionar los datos de digestibilidad *in situ* é *in vivo*.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento^{1/} fue realizado en La Estación Experimental Ganadera y en el Laboratorio de Nutrición del Departamento de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. El Valle de Turrialba se localiza a 9°53' de latitud norte y 83°39' de longitud oeste, a una altitud de 602 msnm y de acuerdo a la clasificación de Holdridge (34) se encuentra en la zona de vida de bosque húmedo premontano tropical.

3.2 Clima y suelos

En la Figura 1 se representan las condiciones climatológicas que prevalecieron en Turrialba durante la etapa experimental. En ella se aprecia que en el período de enero a abril se presentó una sequía prolongada atípica, puesto que los registros indican que generalmente solo en el mes de marzo la evaporación supera a la precipitación (12).

Los suelos de área experimental, donde se desarrolló la fase agronómica del estudio, son de origen aluvial fluviolacustre, serie Juray - fase normal, con drenaje moderado a impedido y de textura franco - arcillosa (2).

En la capa 0-20 cm el pH es de 5,1, el contenido de fósforo es de 10,5 µg/ml de suelo y el de potasio de 0,21 meq/100 ml de suelo.

^{1/} Experimento PA-CIID N° 8209. Proyecto "Sistemas de Producción Bovina de Doble Propósito para Pequeños Productores del Istmo Centroamericano".

Precipitación y evaporación, mm/mes

Escala log.

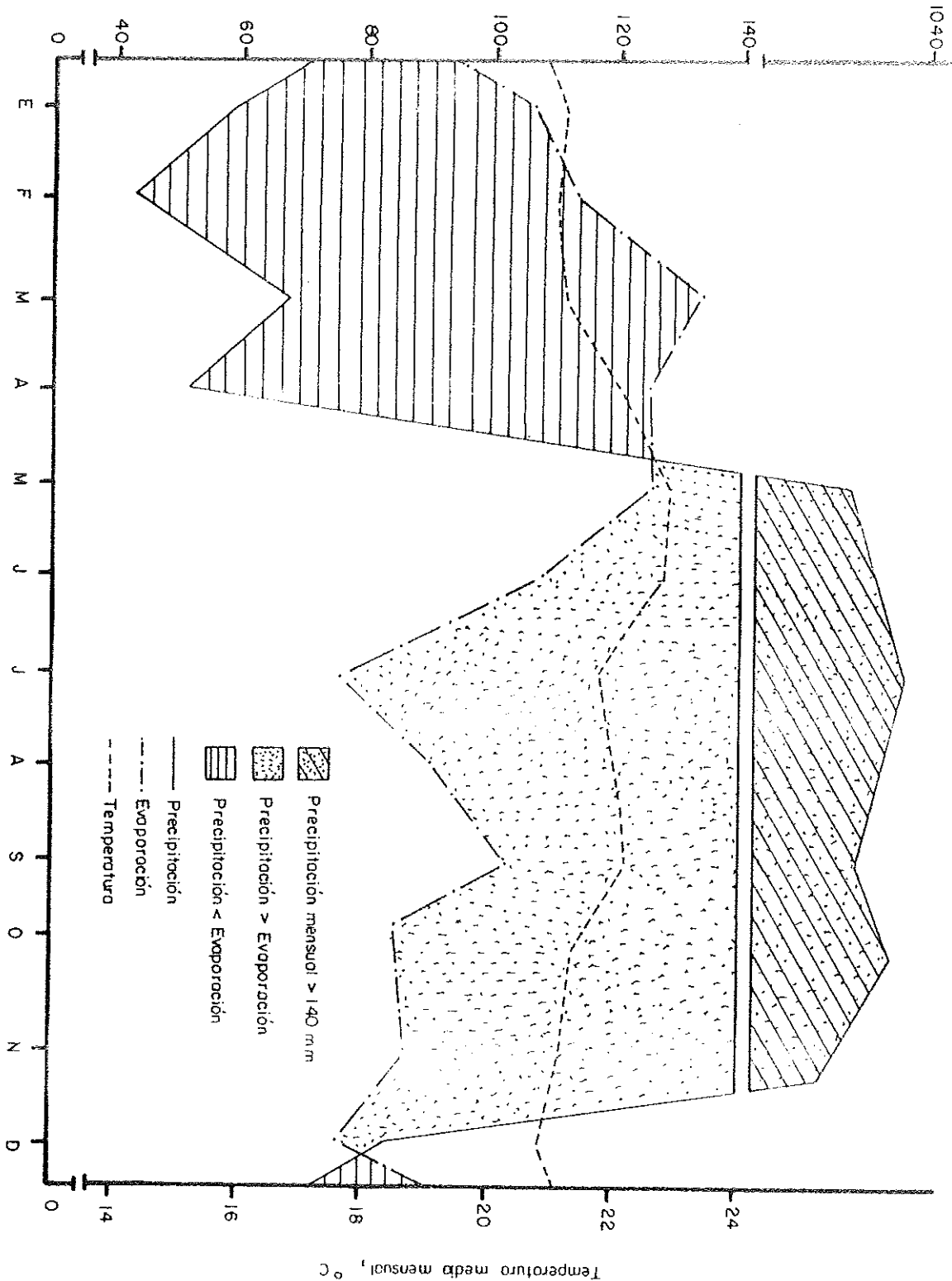


Fig. 1 Condiciones climatológicas prevalcientes en el CATIE durante 1982.

Fuente: Estación meteorológica del CATIE

3.3 Especies y variedades

El maíz (*Zea mays* L.) utilizado fue de la variedad "Tuxpeño Ciclo 7" de porte mediano. Este fue sembrado en monocultivo y asociado con cuatro leguminosas forrajeras tropicales, que de acuerdo a los datos de Duke (20) se pueden adaptar a condiciones ecológicas como las de Turrialba, las cuales se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies y variedades de leguminosas forrajeras sembradas en asociación con el cultivo de maíz.*

ESPECIES	VARIEDAD
<i>Dolichos lablab</i> (L.)	Rongai
<i>Centrosema plumieri</i> (Benth)	No identificada
<i>Centrosema pubescens</i> (Benth)	Nativo de Cuajinicuilapa, Guerrero, México
<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.)	No identificada

* Proporcionadas por FIRA, Banco de México S.A.

3.4 Fase agronómica

3.4.1 Establecimiento y manejo de los cultivos

El cultivo de maíz solo y asociado con leguminosas fue sembrado en la última semana de mayo y cosechado en la tercera semana de setiembre de 1982.

En la siembra de los cultivos se establecieron cinco parcelas de 3.000 metros cuadrados cada una. La preparación del terreno consistió en doble paso de rastra pesada, nivelación con escrepa integral y alomillado con arado bordero. Debido a las características propias del árido bordero, los lomillos quedaron separados a 1,5 m de distancia, lo cual obligó a realizar la siembra del maíz en surco doble 0,75 m de distancia entre surcos y 0,33 m entre golpes, para obtener una población aproximada de 40.000 plantas de maíz/ha.

Antes de depositar las semillas en cada hoyo, éste fue desinfectado con una mezcla de Orthocide^{1/}, Volaton^{2/} y cal en proporciones 1:1:3 para evitar la incidencia de plagas y enfermedades durante la germinación de las semillas. En los cultivos asociados, la siembra del maíz y leguminosas fue simultánea y las semillas de ambas especies fueron sembradas en el mismo hoyo, quedando 2 a 3 plantas de leguminosas por planta de maíz en el caso de *Pueraria phaseoloides*, *Centrosema plumieri* y *Centrosema pubescens* y una planta por golpe en *Dolichos lablab*.

La dosis de fertilización usada por hectárea fue de 120 kg de N, 60 kg de P_2O_5 y 20 kg de K_2O , distribuidos en dos aplicaciones. A los siete días de sembrado se aplicaron 50 kg de nitrógeno y todo el fertilizante fosforado y potásico. El resto del nitrógeno se aplicó a los 45 días de edad del cultivo. Esta labor fue realizada en forma localizada, alrededor del golpe

^{1/} Producto CHEVRON, Polvo; Ingrediente activo 1,2 dicloro benceno.

^{2/} Producto BAYER, Polvo; Ingrediente activo Fenilglixilón nitrilo oxima 0,0 dietil fosforotizato.

en ambas ocasiones. El control de malezas fue realizado en forma manual, desde el inicio del cultivo hasta que el maíz llegó a la etapa de elote.

Cuando el cultivo tenía 17 y 45 días de establecido, se presentaron problemas de inundación, lo cual obligó a realizar aporque para sostener las plantas en las áreas afectadas. Debido a que el exceso de agua en ciertas áreas de la parcela experimental afectó el desarrollo tanto del maíz como el de las leguminosas, al momento de evaluar la producción de biomasa forrajera y rendimiento de grano, se utilizó la técnica de muestreo estratificado, para lo cual se obtuvieron ocho muestras de $1,5 \text{ m}^2$ en lugares no afectados y determinados en forma aleatoria. Este muestreo fue realizado al momento de la cosecha de grano del maíz, separando el material aportado por cada una de las especies en el caso de los cultivos asociados y las mazorcas para la evaluación del rendimiento de grano.

3.5 Fase de evaluación nutricional de los rastrojos

Esta fase estuvo constituida por un ensayo de consumo voluntario y digestibilidad *in vivo* y un ensayo paralelo de digestión *in situ* los cuales serán descritos en las secciones respectivas.

3.5.1 Animales y su manejo

Para el ensayo de consumo y digestibilidad *in vivo* se utilizaron cinco vaquillas de la raza Romo Sinuano con un peso de $201,2 \pm 3,5 \text{ kg}$ y para la determinación de la digestibilidad *in situ* se contó con cinco novillos de diversos cruces de Romo Sinuano x Brahman con fistula permanente al rumen,

con un peso de $236,6 \pm 30,8$ kg. Antes de iniciarse el ensayo, todos los animales se adaptaron al confinamiento en corraletas individuales, las cuales tenían una superficie de 18 m^2 y estaban provistas de bebederos y comederos individuales.

Durante el período de acostumbramiento a las corraletas, todos los animales recibieron una ración constituida por pasto verde picado y un suplemento que contenía harina de huesos y sal común en proporciones iguales. Previo al inicio de los ensayos los animales fueron desparasitados interna^{1/} y externamente^{2/} y se inyectaron con Biocalán fuerte^{3/}. Durante todo el período experimental los animales tuvieron libre acceso a la mezcla de sal y harina de huesos y al agua de bebida.

3.5.2 Diseño experimental y tratamientos

Se usó un diseño en cuadrado latino 5×5 , donde los animales representaron las columnas y los períodos de alimentación las hileras. Los períodos de alimentación fueron de 15 días, de los cuales 10 días fueron de adaptación a los tratamientos y cinco de recolección de datos. Los tratamientos estuvieron constituidos por los diferentes rastrojos de maíz solo ó

1/ Ripercol inyectable, 5 cc/100 kg PV (Producto Bayer).

2/ Asuntol en polvo, dilución 1 g/l de agua (Producto Bayer).

3/ Biocalán fuerte inyectable, 3 cc/animal: contiene vit. A, D, E (Producto Hoeschst).

asociado con leguminosas, generándose un total de cinco tratamientos a saber:

- Tratamiento 1: Rastrojo de maíz sólo
- Tratamiento 2: Rastrojo de maíz + *Dolichos lablab*
- Tratamiento 3: Rastrojo de maíz + *Pueraria phaseoloides*
- Tratamiento 4: Rastrojo de maíz + *Centrosema plumieri*
- Tratamiento 5: Rastrojo de maíz + *Centrosema pubescens*

3.5.3 Ensayo de consumo y digestibilidad *in vivo*.

Para el ensayo de consumo y digestibilidad *in vivo*, los rastrojos evaluados fueron cosechados diariamente, durante un período de 75 días contados a partir de la cosecha de grano de los cultivos de maíz.

Los rastrojos fueron picados en máquina estacionaria, a un tamaño que varió entre 2 y 5 cm. El suministro de las raciones fue controlado a base de pesadas diarias del material ofrecido y rechazado, considerándose un nivel de oferta de forraje del 20 por ciento adicional respecto a la cantidad consumida el día anterior, de tal manera que los animales tuvieran la oportunidad de expresar su consumo voluntario. Esta cantidad fue dividida en dos raciones las que se suministraron a las 6:30 y 14:30 horas.

Los animales fueron pesados al inicio y al final de los períodos de recolección de datos y los promedios de estas pesadas fueron considerados como base para el cálculo de consumo de materia seca/100 kg Pv/día. Diariamente se tomaron muestras de aproximadamente 500 g de los materiales ofrecidos y rechazados para la determinación del contenido de materia seca.

Esta determinación se hizo mediante el secado a 60°C en horno con ventilación forzada, manteniéndose en él hasta que se alcanzara peso constante.

Durante los cinco días de recolección de datos de cada período, tanto en los materiales ofrecidos como en los rechazados se hizo separación manual del rastrojo de maíz y la respectiva leguminosa en asocio, de tal manera que permitiera estimar la proporción relativa de cada uno de estos componentes en el ofrecido y el rechazado; así como la cantidad consumida de cada componente.

3.5.3.1 Determinación de la digestibilidad *in vivo*

Durante los dos primeros períodos del ensayo de consumo se determinó la producción fecal usando óxido crómico (Cr_2O_3) como indicador. Para ello se suministró diariamente 10 g de óxido crómico dividido en dos dosificaciones a las 6:00 y a las 14:00 horas. El óxido crómico se suministró a partir del primer día de cada período. Entre el undécimo y el décimo quinto día de cada período se colectaron dos submuestras diarias de heces de aproximadamente 150 g, realizándose esta colección antes del suministro de una nueva dosis del indicador. Las dos muestras de heces colectadas diariamente en cada animal fueron conservadas en congelación hasta el final del ensayo de consumo.

Una vez finalizado el ensayo de consumo, todas las submuestras correspondientes a un mismo animal y un mismo período fueron descongeladas a temperatura ambiente y mezcladas de manera de obtener una muestra compuesta,

la cual se secó en la estufa a 105°C y se molió pasando por tamiz con un diámetro en poros de 1 mm.

Posteriormente, en dichas muestras se determinó la concentración de óxido crómico mediante el método de Czarnocky, Sibbald y Evans (17). Con base en el porcentaje de óxido crómico observado en las heces, la cantidad de óxido crómico suministrada diariamente a cada animal y la cantidad de materia seca consumida, se estimaron la producción fecal y la digestibilidad de la materia seca. La producción fecal fue estimada a partir de la siguiente fórmula:

$$PF = \frac{QI}{CI} = (1)$$

donde: PF = Producción fecal diaria, g.

QI = Cantidad de Cr_2O_3 suministrada por día, g.

CI = Concentración del Cr_2O_3 , g/g de muestra.

Por otra parte la digestibilidad *in vivo* de la materia seca fue estimada por la fórmula:

$$DMS = \frac{C - PF}{C} = 100 (2)$$

donde: DMS = Digestibilidad de la materia seca, %.

C = Consumo de materia seca total/día, kg.

PF = Producción fecal/día, kg.

3.5.4 Ensayo de digestión *in situ*

Antes de iniciar cada período, se cosechó forraje de cada una de las especies, el cual fue sometido a secado en horno de ventilación forzada a 60°C por 72 horas. Los forrajes una vez secos, fueron molidos a un tamaño de partículas de 3 mm. Para la determinación de la digestibilidad *in situ* se pesaron muestras de aproximadamente 4 g de forraje, las que se introdujeron en bolsas de dacrón^{1/}, estas fueron posteriormente cerradas con doble costura de hilo nylon. Como el propósito del estudio era la determinación de la tasa de degradación de los constituyentes de la pared celular, las bolsas que contenían las muestras de forraje fueron sometidas a un tratamiento de hervido por una hora con una solución detergente neutro (30). Al cabo de este período, las bolsas fueron lavadas con agua corriente hasta extraer todo el detergente adherido a la bolsa y las paredes celulares. Una vez que se había completado el enjuague de las bolsas conteniendo las paredes celulares, estas fueron sometidas a secado en estufa al vacío a 105°C por 12 horas y pesadas en balanza analítica, para conocer la cantidad de pared celular presente en cada bolsa que se iba a introducir dentro del retículo rumen de los animales fistulados.

El procedimiento utilizado para la determinación de la digestibilidad *in situ* fue el mismo descrito por San Martín (71), con la salvedad de que los tiempos de permanencia de las bolsas en el rumen fueron 6, 12, 24, 48

^{1/} Marvelaire, Beaconway Fabric and Yarn Center, Bangor, Maine, U.S.A.

72 y 96 horas.

Todas las determinaciones se hicieron por duplicado, evaluándose un mismo forraje en cuatro animales diferentes (uno en cada período). Para definir qué muestras se introducían al rumen de cada animal se tuvo en cuenta la ración que recibía; por ejemplo en un animal que consumía maíz + kudzú, se le introdujeron bolsas que contenían maíz, kudzú y una mezcla de maíz + kudzú, en la proporción que estas se presentaban en el campo.

El cálculo de la digestibilidad de los constituyentes de pared celular (CPC) para cada tiempo de fermentación ruminal, fue efectuado mediante la siguiente fórmula:

$$DCPC = \frac{A - B}{C} \times 100 \sqrt[3]{}$$

donde: DCPC = Digestibilidad acumulativa de la pared celular, %.

A = Peso seco de la bolsa + Peso seco de la pared celular antes de fermentación, g.

B = Peso seco de la bolsa + Peso seco del residuo de pared celular no digerido, g.

C = A - Peso seco inicial de la bolsa de dacrón, g.

3.5.5 Otros análisis de laboratorio

Los materiales ofrecidos y rechazados fueron muestreados en todos los períodos del ensayo de consumo y molidos a 1 mm para análisis de proteína cruda por el método del micro kjeldahl (3) y digestibilidad *in vitro* por la técnica de dos etapas (76). Tanto en las heces, como en los

materiales ofrecidos y rechazados se analizó el contenido de constituyentes de la pared celular por el método del detergente neutro (30).

En el caso de las leguminosas, se hizo un fraccionamiento más detallado de la proteína cruda, puesto que se determinó por el método de micro kjeldahl (3) la concentración de proteína cruda en la materia seca y en la fracción de constituyentes de pared celular antes y después de haber sido sometida a la fermentación ruminal.

3.6 Análisis de la información

Los datos de consumo de materia seca total, consumo de rastrojo de maíz, tiempo medio de digestión de los constituyentes de la pared celular, contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de los forrajes ofrecidos y rechazados, fueron sometidos al análisis de varianza de acuerdo con las fuentes de variación que intervinieron en la respuesta de cada parámetro y a comparación de promedios utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (dms). Los datos de digestibilidad *in vivo* de materia seca y pared celular fueron comparados mediante la prueba de "t" de Student.

El estudio de los cambios de digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular (Y) en función del tiempo de fermentación ruminal (X), se basó en la aplicación del modelo:

$$Y = B_0 (1 - e^{-B_1 (X - B_2)}) \quad /4/$$

donde: Y = Digestibilidad acumulativa de los CPC, %

B₀ = Digestibilidad potencial de los CPC cuando el tiempo de fermentación ruminal tiende a un valor infinito, %

B_1 = Tasa de aceleración de la digestión de los CPC.

B_2 = Tiempo de latencia de la digestión de los CPC, horas.

X = Tiempo de fermentación ruminal de los CPC, horas.

e = Base de los logaritmos neperianos.

Este modelo difiere de aquellos usados anteriormente por San Martín (71), Medina (46) y Roldán (68) ya que incluye el parámetro tiempo de latencia de la digestión (B_2), el cual ha sido sugerido por Mertens y Loften (48, 49). Se ha demostrado que la digestión de los CPC en el rumen ocurre después que se ha digerido gran parte de la fracción soluble de los alimentos y del contenido celular; así como la degradación de los polímeros, que integran la fracción fibrosa, tiene que ocurrir anticipadamente para que los microorganismos puedan fagocitar moléculas de menor tamaño.

El tiempo medio, definido como el número de horas requeridas para alcanzar el 50 por ciento de la digestibilidad potencial de los CPC fue estimado por la ecuación $\frac{1}{4}$, la cual a su vez fue derivada de la ecuación $\frac{1}{5}$. La fórmula utilizada para la estimación del tiempo medio fue:

$$T/2 = \left(\frac{\ln B_0 - \ln^{B_0}/2}{B_1} \right) + B_2 \frac{1}{5}$$

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Producción de biomasa forrajera

En la Figura 2 se aprecia que la biomasa forrajera total del cultivo de maíz asociado con las leguminosas en estudio superó la producción obtenida en el monocultivo; incluso, el rendimiento de rastrojo de maíz, fue mayor en los cultivos asociados ($3,70 \pm 0,35$ Tm/ha) que en el monocultivo ($3,12$ Tm/ha). Un detalle de los rendimientos obtenidos se presenta en el Cuadro 1A. Dado que el contenido de proteína y energía expresada como nutrientes digestibles totales (NDT) fue mayor en las leguminosas que en el rastrojo de maíz, lógicamente las diferencias en términos de rendimiento de proteína cruda y nutrientes digestibles totales, se hicieron más evidentes. Así, el rastrojo de maíz asociado con *Centrosema pubescens* produjo 54 por ciento más energía que el rastrojo solo y cuando estuvo asociado con *Pueraria phaseoloídes*, *Centrosema plumieri* y *Dolichos lablab* el incremento en energía fue de 91, 119 y 304 por ciento, respectivamente. Los valores correspondientes para el incremento en producción de proteína fueron: 163, 284, 316 y 805 por ciento.

Los resultados coinciden con los encontrados por Samur (70), en producción de rastrojo de maíz cuando este fue asociado con *Dolichos lablab* en siembra simultánea intercalada. En forma similar CIAT (14) encontró que con densidades de 40.000 plantas/ha de maíz y 120.000 plantas/ha de frijol trepador, en siembra simultánea, el rendimiento de los dos cultivos no fue afectado por

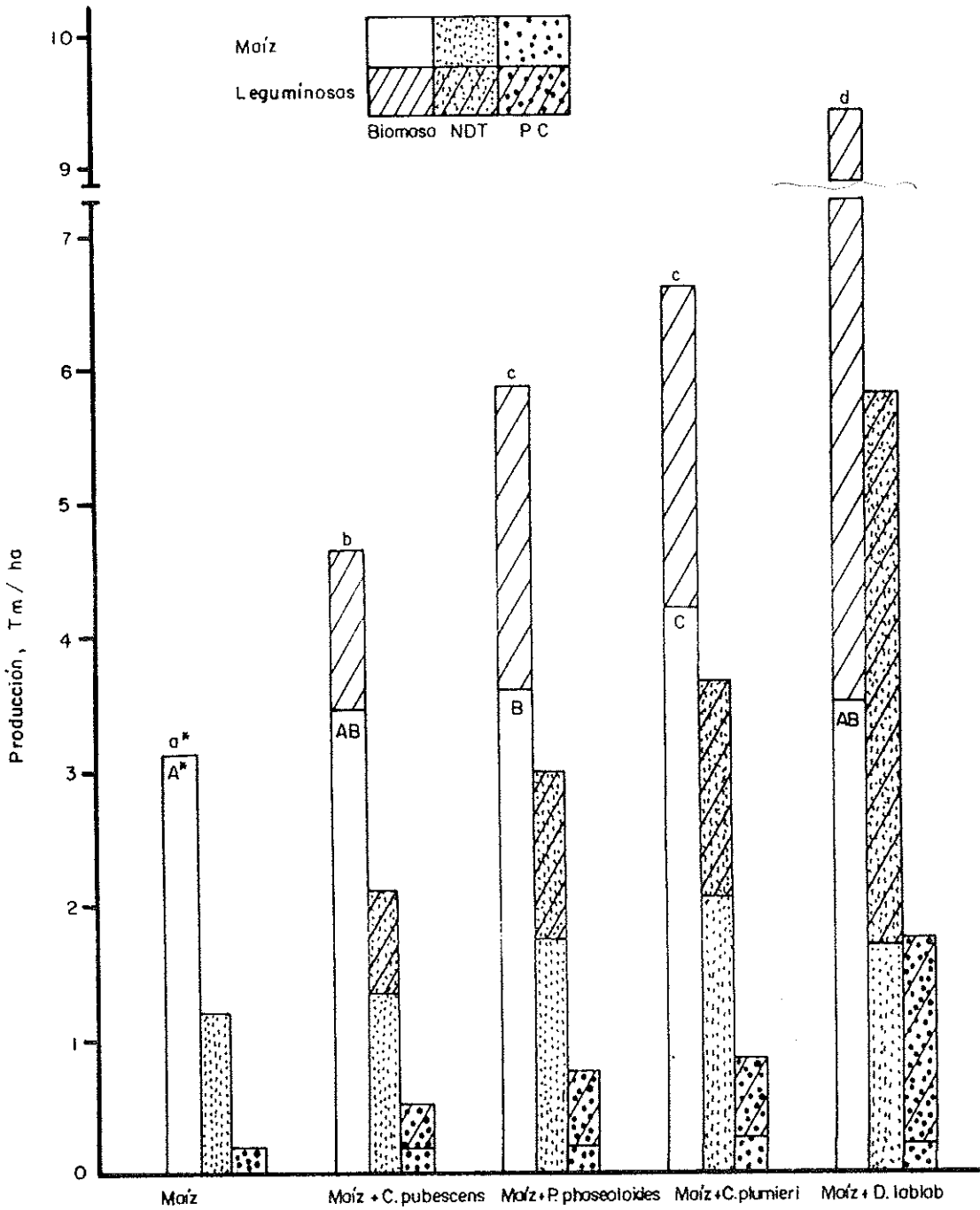


Fig.2 Producción de biomasa forrajera total, nutrientes digestibles totales y proteína cruda del cultivo de maíz solo y asociado con leguminosas

* Columnas con letras distintas son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$)

la asociación, mejorando notablemente el índice de cosecha, rendimiento de grano y producción de forraje.

En el Cuadro 2 se resumen los rendimientos de grano del cultivo de maíz solo y asociado con las leguminosas en estudio.

Cuadro 2. Rendimiento de grano del cultivo de maíz solo o asociado con leguminosas.

Cultivo	Rendimiento ^{1/} , Tm/ha	C.V., % (n=8)
Maíz solo	4,417 b ^{2/}	17,1
Maíz + <i>C. pubescens</i>	4,184 b	28,5
Maíz + <i>P. phasecoloides</i>	4,088 b	9,3
Maíz + <i>C. plumieri</i>	4,311 b	18,1
Maíz + <i>D. lablab</i>	2,362 a	

^{1/} Promedios ajustados al 14 por ciento de humedad.

^{2/} Promedios con igual letra no presentan diferencias al 5% en la prueba de diferencia mínima significativa.

El rendimiento de grano en los cultivos asociados con *Centrosema pubescens*, *Pueraria phasecoloides* y *Centrosema plumieri* no fue afectado ($P < 0,05$) por la inclusión de las leguminosas en siembra simultánea, debido principalmente a que su crecimiento vegetativo fue lento durante la etapa de desarrollo del maíz, indicando que la competencia por luz prácticamente no existió

y posiblemente tampoco la competencia por nutrientes, ya que las leguminosas desarrollan raíces pivotantes; en cambio, el tipo radicular del maíz es ramificado y con un anclaje superficial. Por otra parte se observa que la asociación con *Dolichos lablab* fue detrimental al rendimiento de grano del maíz, ya que esta especie mantuvo un crecimiento vegetativo rápido y agresivo sobre el cultivo principal, reduciendo la producción en un 46,5 por ciento con relación al monocultivo. Resultados similares fueron obtenidos por Galomo (26) en el mismo tipo de asociación, no obstante que la variedad de *Dolichos* incluida en ese estudio presentó un crecimiento vegetativo menos agresivo.

4.2 Fraccionamiento de la proteína cruda contenida en las leguminosas

En la Figura 3 se ilustra el contenido de proteína cruda y su correspondiente fraccionamiento, para el caso de las leguminosas que se asociaron al maíz. En términos generales, los contenidos totales de proteína cruda variaron entre 22,4 y 28,0 por ciento para *Centrosema plumieri* y *Centrosema pubescens*, respectivamente (Cuadro 2A). Una proporción relativamente alta de esta proteína se encuentra asociada a la pared celular, pues los valores variaron entre 43,1 por ciento en *Centrosema plumieri* y 61,6 por ciento en *Centrosema pubescens*. Sin embargo, hay que hacer notar que parte de esa proteína cruda presente en la pared celular es degradada por acción de los microorganismos ruminales. La degradación ruminal de la fracción de proteína cruda presente en la pared celular fue de 22,2 por ciento en *Dolichos lablab* y *Pueraria phaseoloides*, de 28,5 por ciento en *Centrosema plumieri* y de 38,8 por ciento en *Centrosema pubescens*.

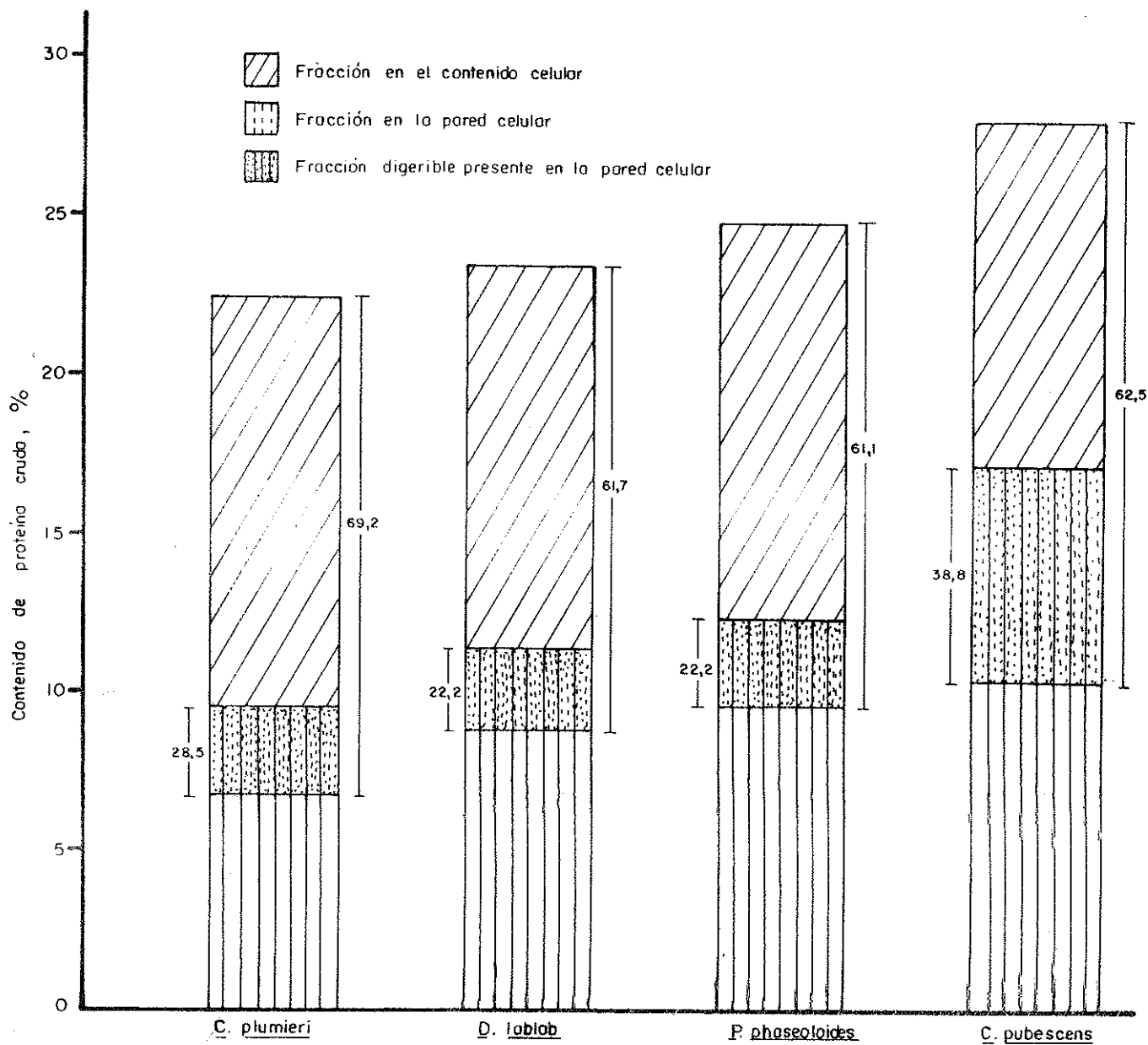


Fig. 3 Fraccionamiento de la proteína cruda de las leguminosas que se asociaron al cultivo de maíz

Se supone que toda la proteína cruda presente en el contenido celular y la porción antes mencionada de proteína presente en la pared celular, son degradadas en el compartimiento ruminal y no se han hecho estimaciones de cuánto de la proteína que escapa a la acción de los microorganismos ruminales, llega a ser degradada en el tracto posterior (proteína sobrepasante). Este aspecto del fraccionamiento de la proteína cruda contenida en leguminosas tropicales, es un área que merece mayor estudio, pues los pocos datos disponibles (15) muestran que hay diferencias interespecíficas. Incluso, deben haber factores ambientales y de manejo que también lo afectan; a manera de ejemplo, en este trabajo se ha encontrado que 50 por ciento de la proteína del *Pueraria phaseoloides*, está en la pared celular, mientras que en otro estudio (15) el valor correspondiente fue de 81,8 por ciento.

Por otro lado se reconoce que el fraccionamiento de proteína cruda utilizado en el presente estudio, no es completo desde el punto de vista de la nutrición de rumiantes (78), pues hubiera sido conveniente considerar además, la porción de esta proteína que es nitrógeno no proteico, cuánto es proteína soluble rápidamente degradable y cuánta proteína es potencialmente degradable por acción enzimática en el intestino delgado.

4.3 Ensayo de consumo y digestibilidad *in vivo*

4.3.1 Caracterización de los materiales ofrecidos y rechazados

Los datos de digestibilidad *in vitro* y contenido de proteína cruda de los materiales ofrecidos y rechazados se resumen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Digestibilidad *in vitro*, contenido de proteína cruda y proporción de leguminosas de los materiales ofrecidos y rechazados en el ensayo de consumo de rastrojo de maíz solo o asociado.

DIETA	DIVMS, %		PC, %		Leguminosa, %	
	Ofrecido	Rechazo	Ofrecido	Rechazo	Ofrecido	Rechazo
Maíz solo	35,68 a	31,72 a	6,48 a	5,26 a	-	-
Maíz + <i>D. lablab</i>	41,44 a	38,92 a	10,88 b	10,78 b	66,1	50,1
Maíz + <i>P. phaseoloides</i>	40,70 a	34,26 a	15,50 c	12,30 b	70,9	60,0
Maíz + <i>C. plumieri</i>	41,00 a	37,50 a	14,40 c	12,82 b	68,9	60,3
Maíz + <i>C. pubescens</i>	40,34 a	34,84 a	14,28 c	10,14 b	61,2	39,9

Promedios con igual letra, en la misma fila, son estadísticamente iguales ($P < 0,05$) según prueba de Diferencia Mínima Significativa.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, tanto en el material ofrecido como en los rechazos; no obstante en el Cuadro 3 se aprecia que los animales ejercieron cierto grado de selección, a pesar de que el material fue suministrado picado, ya que la digestibilidad generalmente fue mayor en el ofrecido que en el rechazo. También se puede observar que en dietas de rastrojo de maíz asociado con leguminosas existió mayor porcentaje de leguminosas en el ofrecido que en el rechazo, ($P < 0,05$) lo cual indica que el animal tendió a seleccionar a favor de la leguminosa. El consumo selectivo lo manifestaron los animales incluso en la dieta de rastrojo de maíz solo, pues el nivel de digestibilidad fue mayor en el ofrecido que en el rechazo; posiblemente los animales tendieron a consumir más hojas que tallos (16, 42).

En el Cuadro 3 también se presentan los contenidos de proteína cruda en el forraje ofrecido y rechazado durante el ensayo de consumo. En cuanto al ofrecido, las dietas que incluían *Centrosema pubescens*, *Centrosema plumieri* y *Pueraria phaseoloides* tuvieron un nivel proteico superior ($P < 0,05$) al de aquella que incluía *Dolichos lablab* y ésta a su vez mostró un contenido de proteína mayor ($P < 0,05$) que en la de rastrojo de maíz solo.

En los rechazos, solo el contenido de proteína del rastrojo de maíz fue menor ($P < 0,05$) que en las que incluían leguminosas. Por otro lado en todas las dietas el contenido de proteína fue mayor en el ofrecido que en el rechazo, lo que confirma el hecho que los animales tendieron a seleccionar

materiales de mejor calidad nutritiva, sean estas leguminosas u hojas del rastrojo de maíz.

Llama la atención la selectividad ejercida por los animales sobre materiales que se ofrecieron picados, pues los bovinos no constituyen una especie que destaque entre los herbívoros por su capacidad de selección en la dieta; sin embargo, hay otros estudios en jaulas o corral (42, 85) donde han mostrado el mismo tipo de comportamiento. Ahora bien, si se analizan los datos presentados en los Cuadros 3A y 4A, en los que se muestra la digestibilidad y el contenido de proteína cruda en el ofrecido y rechazo para cada dieta en los diferentes períodos, se notará que el grado de selectividad no ha sido el mismo. Debe recordarse que de acuerdo al diseño utilizado, fueron diferentes los animales que consumieron una misma dieta en los diversos períodos y según Blaxter y Wilson (9), el grado de selectividad es una característica individual de los animales.

4.3.2 Consumo

El consumo de materia seca total y de sus componentes, leguminosa y rastrojo de maíz se muestra en la Figura 4. El consumo de materia seca total fue significativamente mayor ($P < 0,05$) en los tratamientos de maíz + *Centrosema pubescens* y maíz + *Centrosema plumieri* en comparación con el tratamiento de maíz solo, que resultó ser estadísticamente igual a los de maíz + *Dolichos lablab* y maíz + *Pueraria phaseoloides*.

Por otra parte el rastrojo de maíz fue consumido en menor cuantía,

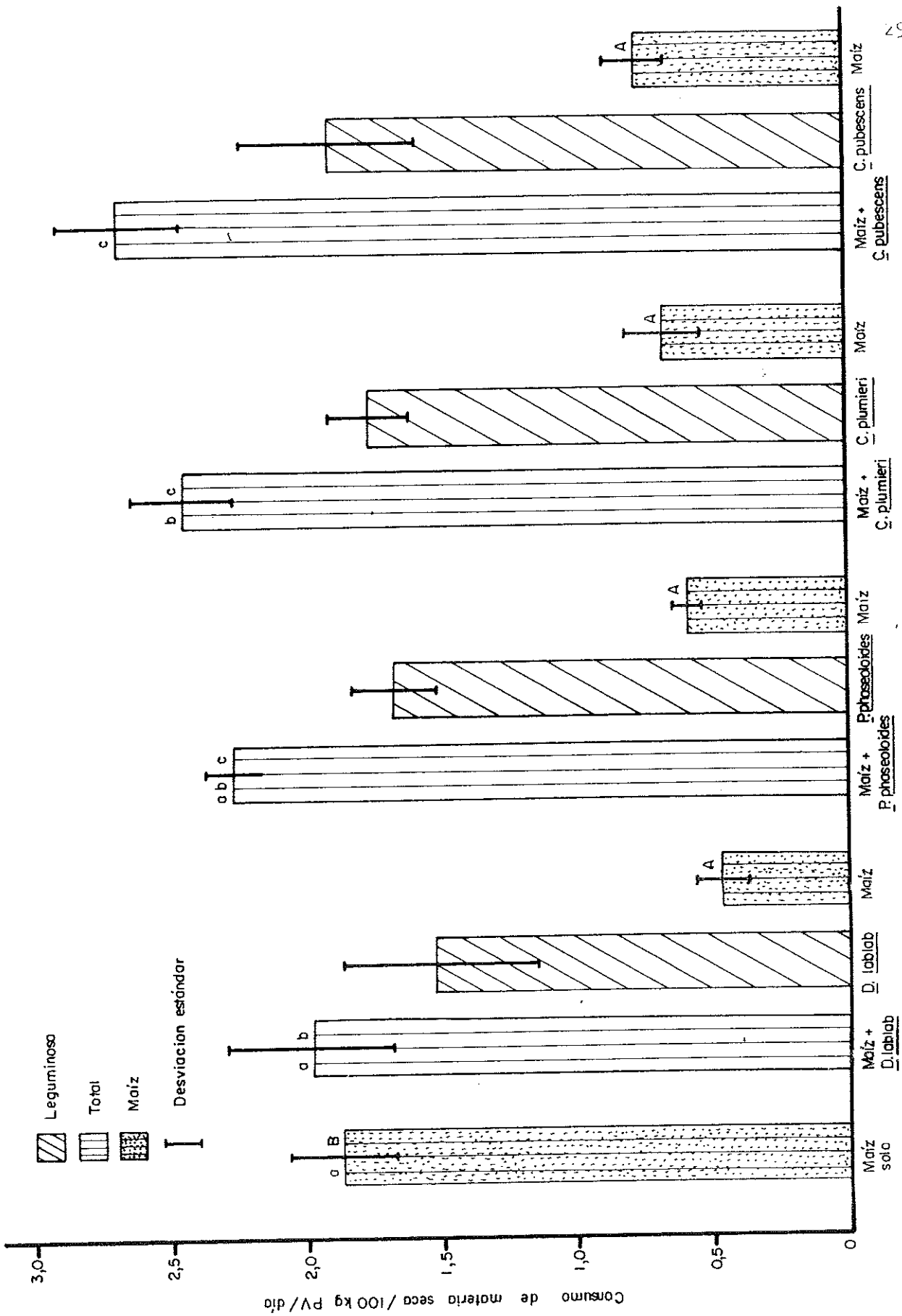


Fig. 4 Consumo (kg MS/100 kg PV/día) de materia seca total, rastrojo de maíz y leguminosas en los diferentes tratamientos estudiados

cuando estuvo asociado a leguminosas que cuando fue suministrado solo ($P < 0,05$). El consumo de materia seca total en el tratamiento de maíz solo, resultó similar al obtenido por Lazarte (40), aún cuando en el presente estudio no se suplementó con proteína; sin embargo en el Cuadro 5A se puede apreciar que en los dos primeros períodos del ensayo, se obtuvieron los más bajos consumos de rastrojo de maíz, posiblemente debido a que en estos períodos, el rastrojo de maíz suministrado fue de inferior calidad (Cuadro 3A). En los tratamientos de rastrojo de maíz asociado con leguminosas, el consumo de materia seca total respondió fundamentalmente al aporte de la leguminosa consumida, ya que el rastrojo de maíz fue desplazado físicamente por la leguminosa ofrecida, además que los animales mostraron en estas dietas, selectividad en favor de las leguminosas. Al respecto, Jones (38) mostró que el consumo de heno de sorgo se incrementó cuando la *Leucaena leucocephala* representó hasta el 20 por ciento de la ración total y a niveles más altos de suplementación con la leguminosa, el consumo de heno disminuyó drásticamente y la respuesta animal en estos niveles fue pobre; Partridge y Ranacou (62) usando la misma especie como banco de proteína, con solo el 20 por ciento del área que ocupaba *Dichanthium caricosum* logró notables aumentos en producción de carne. Tendencias similares han sido obtenidas por otros investigadores (53, 64, 65).

En la Figura 5 se muestra la relación entre el consumo de materia seca total (kg/100 kg PV/día, Y_1) y la cantidad ofrecida de materia seca (kg/100 kg PV/día, X_1). La función que mostró el mejor ajuste fue $Y_1 = -1,456 + 1,766X_1 - 0,165X_1^2$ ($R^2 = 0,84$; $P < 0,001$). A manera de referencia, en la

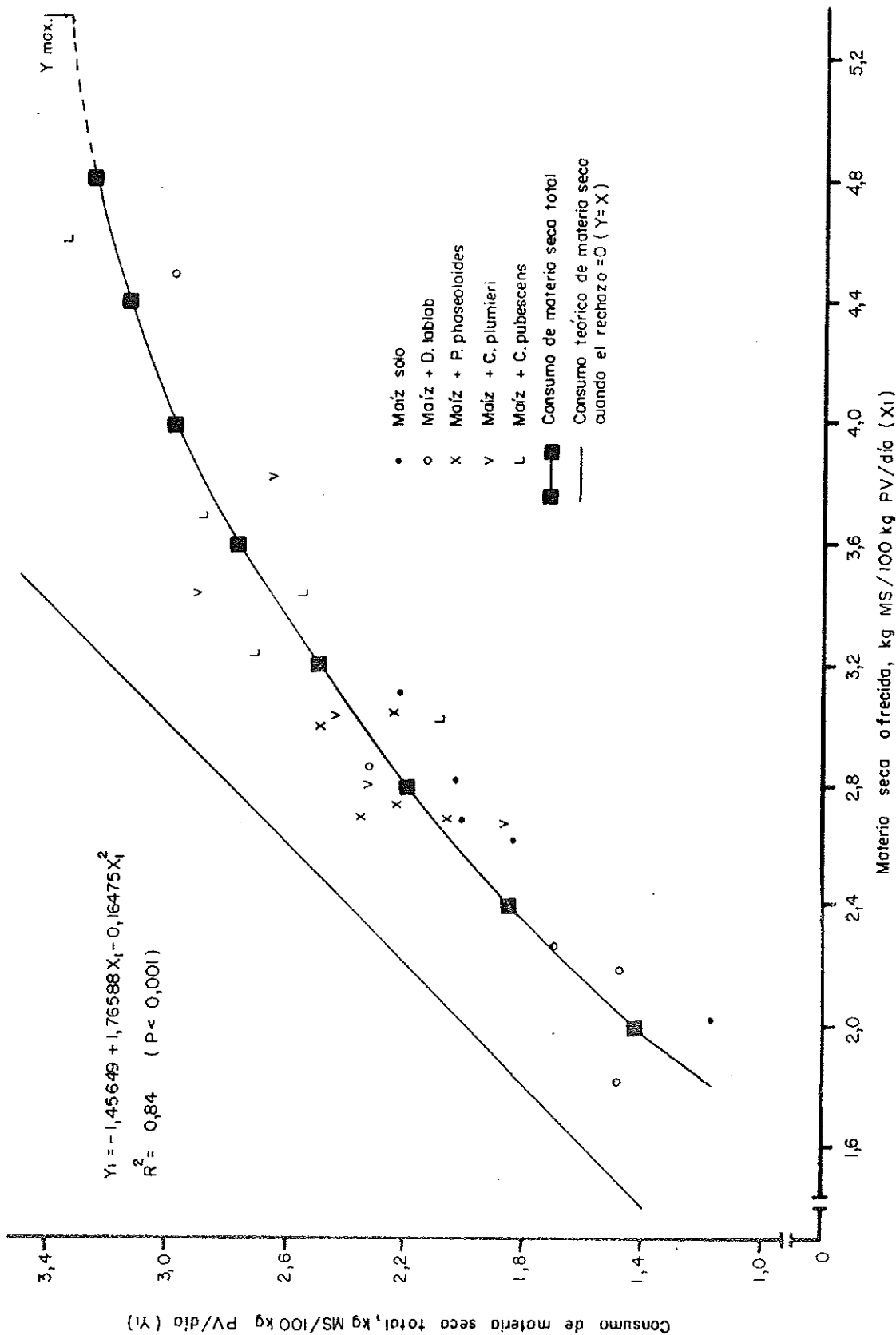


Fig. 5 Consumo de materia seca total (Y₁) en función de la cantidad de materia seca total ofrecida (X₁)

misma figura se ha incluido la curva teórica de consumo, en el caso que no se hubiera presentado rechazo. Es evidente que cuando el nivel de ofrecido se mantuvo entre 2,0 y 3,0 kg MS/100 kg PV/día, el nivel de rechazo tendió a permanecer constante; en cambio con niveles de oferta superiores a los 3,0 kg MS/100 kg PV/día, el nivel de rechazo tendió a incrementarse. Es conveniente aclarar que el nivel de rechazo no estuvo planeado en el ensayo, pues se fijó como norma ofrecer el 20 por ciento de exceso respecto a lo consumido el día anterior; sin embargo, estos cálculos se hicieron sobre base fresca y de hecho el contenido de humedad del forraje ofrecido fue variable, en muchos casos como consecuencia de las lluvias que se presentaron durante el período de estudio; además de que consistentemente el contenido de materia seca en el rechazo fue mayor que en el ofrecido.

Según Zemmelink (84), en funciones que relacionan la cantidad ofrecida y el nivel de consumo, el valor de consumo máximo representaría fisiológicamente el punto en que el "llenado del rumen" limita completamente el consumo. En el caso del presente estudio, ese nivel correspondería a 3,27 kg MS (Figura 5) consumida/100 kg PV/día; sin embargo esta cifra debe tomarse con precaución, pues bien puede ser válida para el rastrojo de maíz asociado con leguminosas, pues obviamente los máximos valores de consumo de rastrojo de maíz solo son apenas de 2,2 kg MS/100 kg PV/día (Cuadro 5A).

En la Figura 6 se muestran las tendencias del consumo de rastrojo de maíz (Y_2) y de leguminosas (Y_3), en función de las cantidades ofrecidas en cada componente (X_2 y X_3 , respectivamente). En ambos casos, la función lineal es la que mostró el mejor ajuste. Nuevamente se ha incluido como

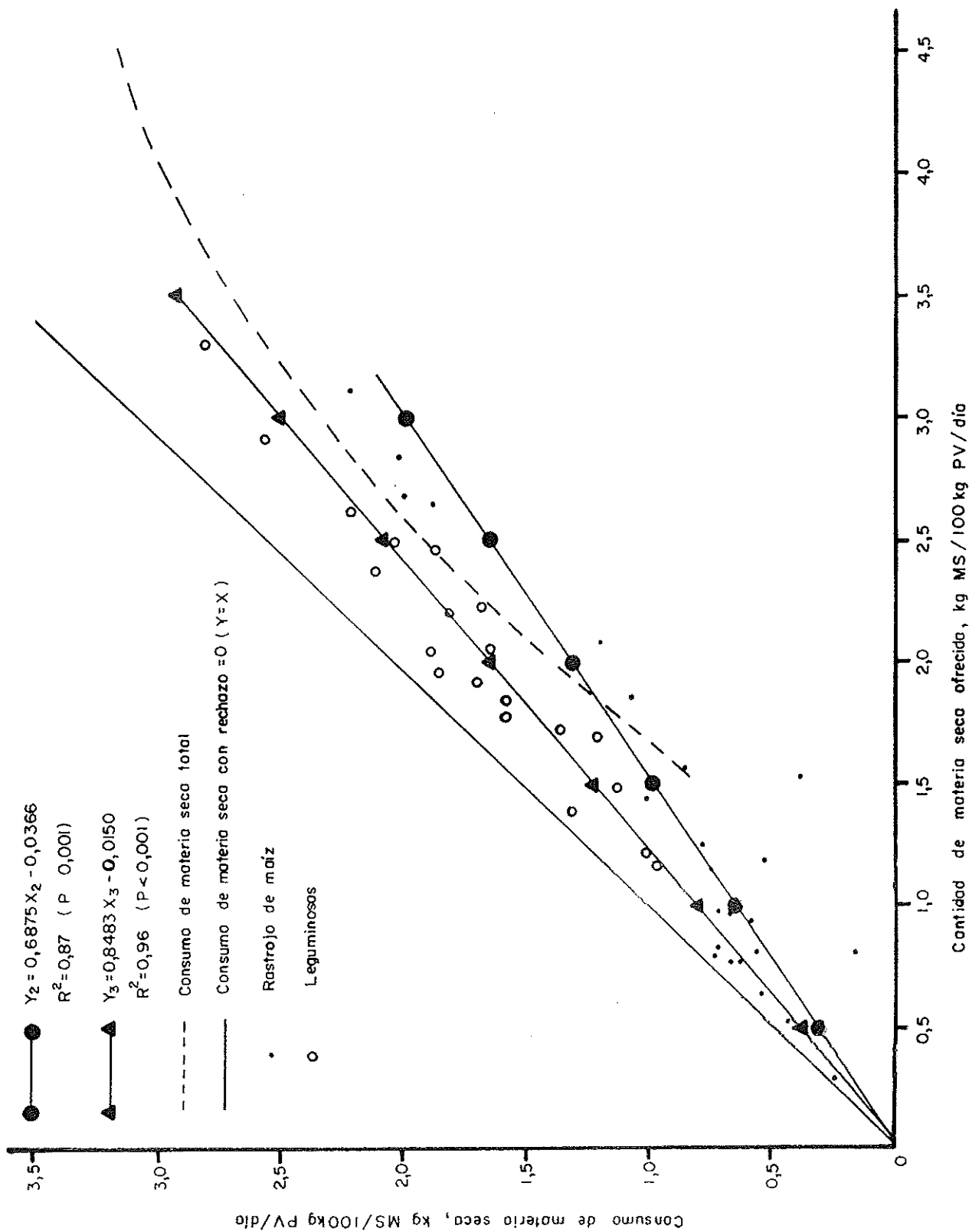


Fig. 6 Consumo de rastrojo de maíz (Y_2) y leguminosas (Y_3) en función de las cantidades ofrecidas de rastrojo de maíz (X_2) y leguminosas (X_3)

referencia el consumo teórico a "Cero rechazo". Se observa que a cualquier nivel de oferta de alimentos, la cantidad de rastrojo de maíz rechazado fue mayor que la de leguminosas. Esta preferencia por las leguminosas o por alimentos de mejor calidad nutritiva, está ampliamente documentada en la literatura (23, 37, 44, 50, 75) y se evidencia más claramente en el Cuadro 4, ya que en promedio el porcentaje de rechazo para rastrojo fue 32,2 mientras que en las leguminosas este fue de apenas 15,8 por ciento.

Si bien el estudio no fue diseñado para determinar qué leguminosa fue preferida por los animales, los datos del Cuadro 4 en el que se presenta el porcentaje de rechazo de las leguminosas y la Figura 4 en la que se muestra el nivel de consumo, ponen en evidencia que fue *Centrosema pubescens* la especie más apetecida.

En la Figura 7 se presenta el consumo de materia seca total (kg MS/100 kg PV/día, Y_1) en función del consumo de leguminosa (kg MS/100 kg PV/día, X_4). La ecuación que mostró el mejor ajuste fue $Y_1 = 1,6852 - 0,0388 X_4 + 0,2338 X_4^2$ ($R_2 = 0,76$ P 0,001). Con base en esa función, por diferencia entre el consumo de materia seca total y de leguminosas, se ha estimado el consumo de rastrojo de maíz, el cual se presenta en la misma Figura 7 con línea cortada. El consumo de materia seca total tendió a incrementarse a medida que aumentó el consumo de leguminosas; en cambio el consumo de rastrojo de maíz mostró una tendencia contraria. La tasa de disminución en el consumo de rastrojo de maíz, fue mayor cuando el nivel de consumo de leguminosa fue inferior a 1,5 kg MS/100 kg PV/día.

Cuadro 4.. Rechazo de la materia seca total, rastrojo de maíz y leguminosa en relación al total en el ensayo de consumo de rastrojo de maíz solo y asociado con leguminosas.

DIETA	RECHAZO, %		
	M.S. TOTAL	RASTROJO DE MAÍZ	LEGUMINOSA
Maíz solo	30,24	30,24	-
Maíz + D. <i>lablab</i>	25,02	40,68	16,24
Maíz + P. <i>phaseoloides</i>	19,30	25,44	16,22
Maíz + C. <i>plumieri</i>	21,30	29,28	17,90
Maíz + C. <i>pubescens</i>	21,48	35,22	12,78
PROMEDIOS	23,47	32,17	15,79

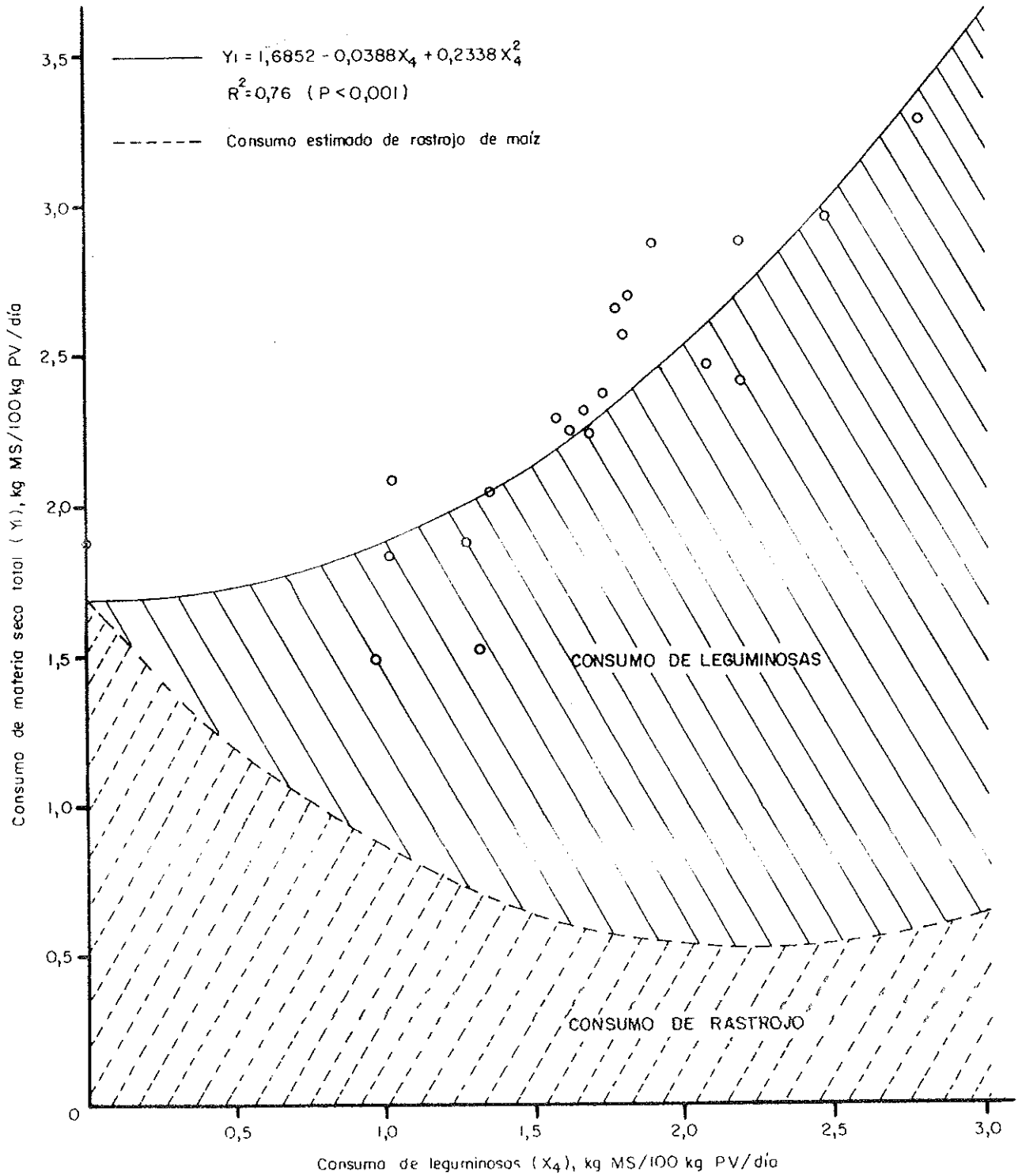


Fig. 7 Consumo de materia seca total (Y₁) en función del consumo de leguminosas(X₄)

En general, son varios los trabajos de consumo de forrajes fibrosos (18, 53, 64, 65, 73) que coinciden con el presente estudio, en cuando al efecto aditivo que ejerce la inclusión de leguminosas sobre el consumo de materia seca total; en cambio, el efecto depresor de las leguminosas sobre el consumo de materiales fibrosos normalmente se ha presentado cuando las leguminosas constituyen más del 20 por ciento de la dieta (38, 53, 71) y no así a menores niveles (24, 32, 69). Con base en los datos del presente estudio, no es posible establecer con certeza, si la disminución en consumo de rastrojo de maíz a bajos niveles de consumo de leguminosas es real (Figura 7), pues en ninguno de los tratamientos se obtuvo un consumo inferior a 0,98 kg MS/100 kg PV/día.

4.3.3 Digestibilidad *in vivo*

En el Cuadro 5 se presentan los valores de digestibilidad *in vivo* de la materia seca y de la pared celular para las diferentes dietas evaluadas. La incorporación de leguminosas en la dieta, mejoró la digestibilidad de materia seca en 9,9 unidades porcentuales en el caso de rastrojo de maíz asociado con *Dolichos lablab* hasta 20,8 en el caso de *Pueraria phaseoloides*. En términos generales, los valores de digestibilidad de materia seca, son similares a los obtenidos por Milford (50) en leguminosas tropicales cosechadas durante el período seco y por Siebert y Kennedy (73) en dietas de *Heteropogon contortus* suplementadas con un 40 por ciento de alfalfa.

Por otra parte, en el mismo Cuadro 5 se presentan los valores de digestibilidad *in vivo* de los constituyentes de la pared celular y los de digestibilidad *in vitro* de la materia seca ofrecida, los cuales resultaron ser

Cuadro 5. Digestibilidad *in vivo* de la materia seca total (X_5) y de los constituyentes de la pared celular (X_6) y digestibilidad *in vitro* (X_7) de las dietas en estudio.

Dieta	DMS, % (X_5)	DCPC, % (X_6)	DIVMS, % (X_7) ^{1/}
Maíz solo	30,5	29,7	28,0
Maíz + <i>D. lablab</i>	40,4	34,6	39,3
Maíz + <i>P. phaseoloïdes</i>	51,3	49,8	42,2
Maíz + <i>C. plumieri</i>	47,8	46,9	43,0
Maíz + <i>C. pubescens</i>	46,9	38,7	41,4
PROMEDIOS	43,4	39,9	38,8

^{1/} Materiales ofrecidos en los períodos 1 y 2.

menores a los de digestibilidad *in vivo* de la materia seca. En el primer caso, la diferencia era de esperarse pues en la materia seca se incluye el contenido celular, el cual es casi totalmente digerible (78); en el segundo caso, puede sospecharse que la diferencia sea debida a la selectividad del animal sobre la ración ofrecida ó bien a la presencia de taninos u otros polifenoles, pues en estudios realizados en CIAT (15) se ha demostrado que en algunas leguminosas, que contienen estas sustancias anticualitativas, la determinación por técnicas *in vitro* subestima la digestibilidad,

Es conveniente hacer notar que la correlación entre las digestibilidades *in vivo* de la materia seca y de la pared celular fue de + 0,92; el valor de correlación entre la digestibilidad *in vivo* de la materia seca y la determinación *in vitro* en el material ofrecido fue de + 0,95. El alto grado de asociación entre las variables antes mencionadas, ha sido observado previamente por varios investigadores (6, 11, 45, 81).

En la Figura 8 se presenta la variación del consumo de materia seca total (kg MS/100 kg PV/día, Y_1) en función de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca (% , X_5). La ecuación que mostró el mayor ajuste fue:

$Y_1 = 0,1967 X_5^{0.6248}$ ($R^2 = 0,83$; $P < 0,01$). Blaxter y Wilson (9), trabajando con forrajes henificados de zona templada que presentaban valores de digestibilidad similares a los del presente estudio, observaron una tendencia semejante. Por otro lado, Baile y Forbes (4) trabajando con forrajes cuya digestibilidad variaba entre 50 y 80 por ciento, determinaron que una tendencia como la observada en el presente trabajo y en el de Blaxter y Wilson (9), es válida solo hasta niveles de digestibilidad de 67 por ciento; por encima de este nivel, el "llenado del rumen" deja de ser el mecanismo más importante de regulación del consumo (25).

4.4 Digestibilidad *in situ* de los constituyentes de la pared celular

La Figura 9 ilustra el comportamiento de la degradación ruminal de los CPC en función del tiempo de incubación *in situ* de rastrojo de maíz y *Centrosema plumieri* solos ó asociados, como un ejemplo del comportamiento de los materiales estudiados (ver también Cuadro 7A). Los mayores valores de

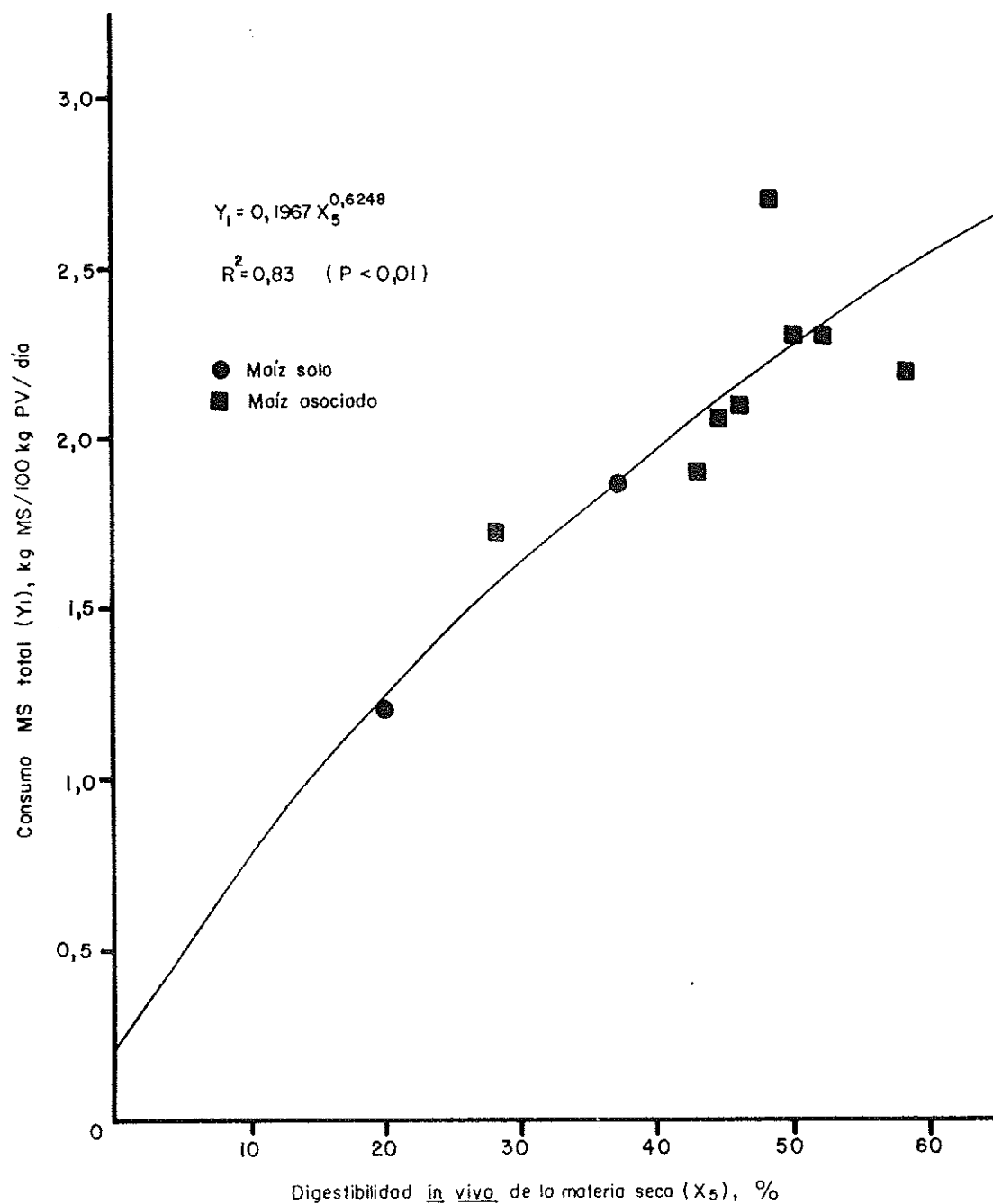


Fig.8 Consumo de materia seca total (Y₁) en función de la digestibilidad in vivo de la materia seca (X₅)

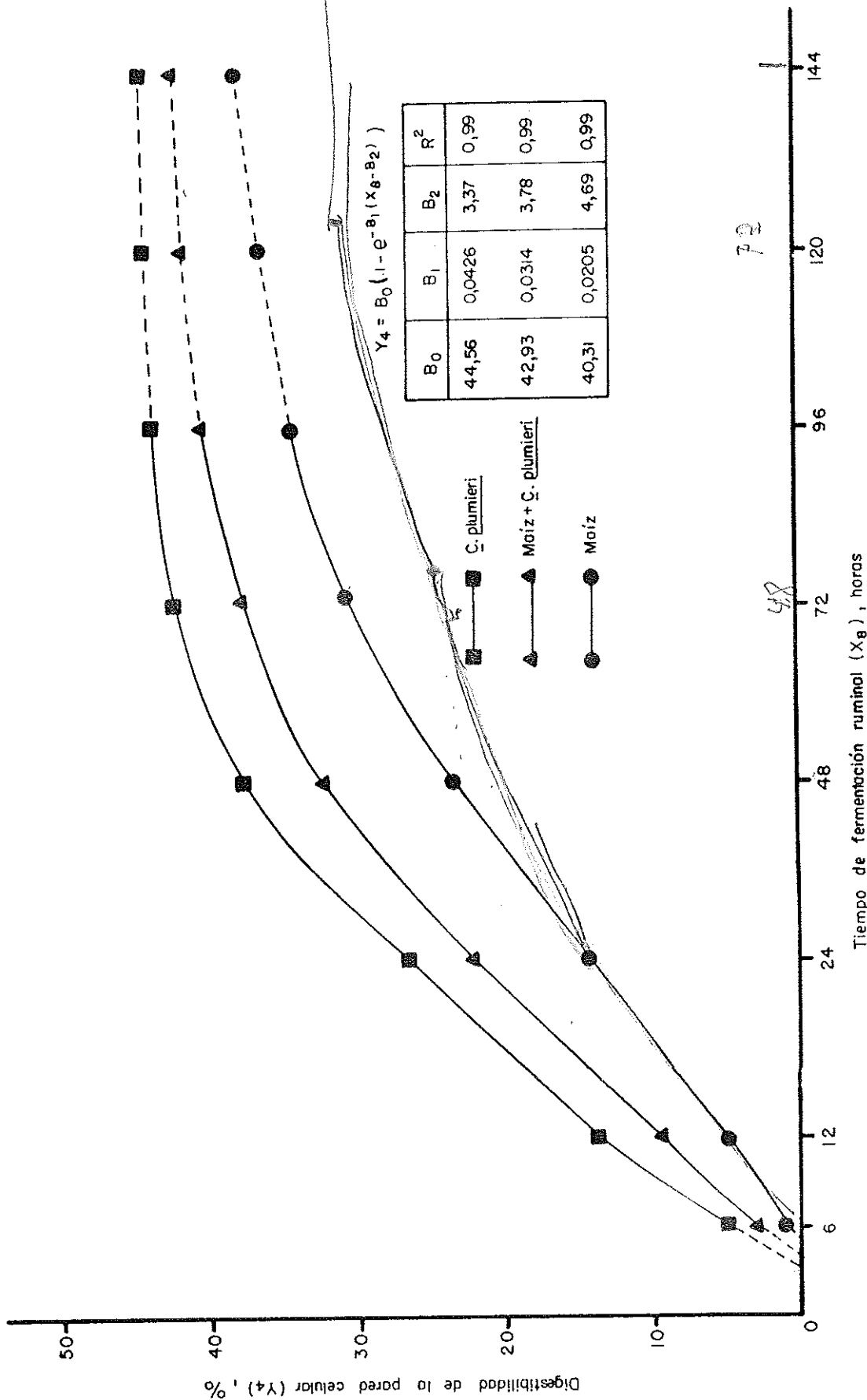


Fig. 9 Digestibilidad acumulativa promedio de la pared celular (Y₄) del rastrojo de maíz y C. plumieri, sobs y asociados, en función del tiempo de fermentación ruminal (X₈)

digestibilidad potencial (B_0) y tasa de aceleración de la digestión (B_1), se presentaron en la leguminosa; los menores valores correspondieron al rastrojo de maíz solo, mientras que los materiales asociados mostraron un comportamiento intermedio. El tiempo de latencia (B_2) fue más largo en rastrojo de maíz (4,69 horas) que en la leguminosa (3,37 horas). Un comportamiento similar ha sido observado por Mertens y Loften (48) con henos de gramíneas y leguminosas.

El hecho de que en este estudio la digestibilidad potencial de las leguminosas haya resultado mayor que en rastrojo de maíz, parecería contradecir los datos mostrados por Van Soest (79) al comparar gramíneas y leguminosas; sin embargo cabe aclarar que las gramíneas evaluadas en dicho estudio se encontraban en estados de madurez más tiernos, que el correspondiente al rastrojo de maíz.

En la Figura 10 se presenta el comportamiento de las tasas de digestión de los constituyentes de pared celular (%/hora), en función del tiempo de incubación ruminal. Estas tasas fueron estimadas como el cociente entre la digestibilidad acumulativa de los CPC (Y_4) dividida entre el tiempo de incubación. En esta Figura se observa que, en una primera etapa los valores de tasa de digestión se incrementan hasta alcanzar un máximo y luego descienden gradualmente. En el caso de *Centrosema plumieri* la tasa de digestión de la pared celular fue mayor que en el rastrojo de maíz ó en el material asociado, así mismo en la leguminosa el umbral de la tasa de digestión se alcanzó más temprano (12,9 horas), que en el rastrojo de maíz solo (24,5 horas) ó asociado (16,7 horas). Esta tendencia coincide con lo observado por Van Soest

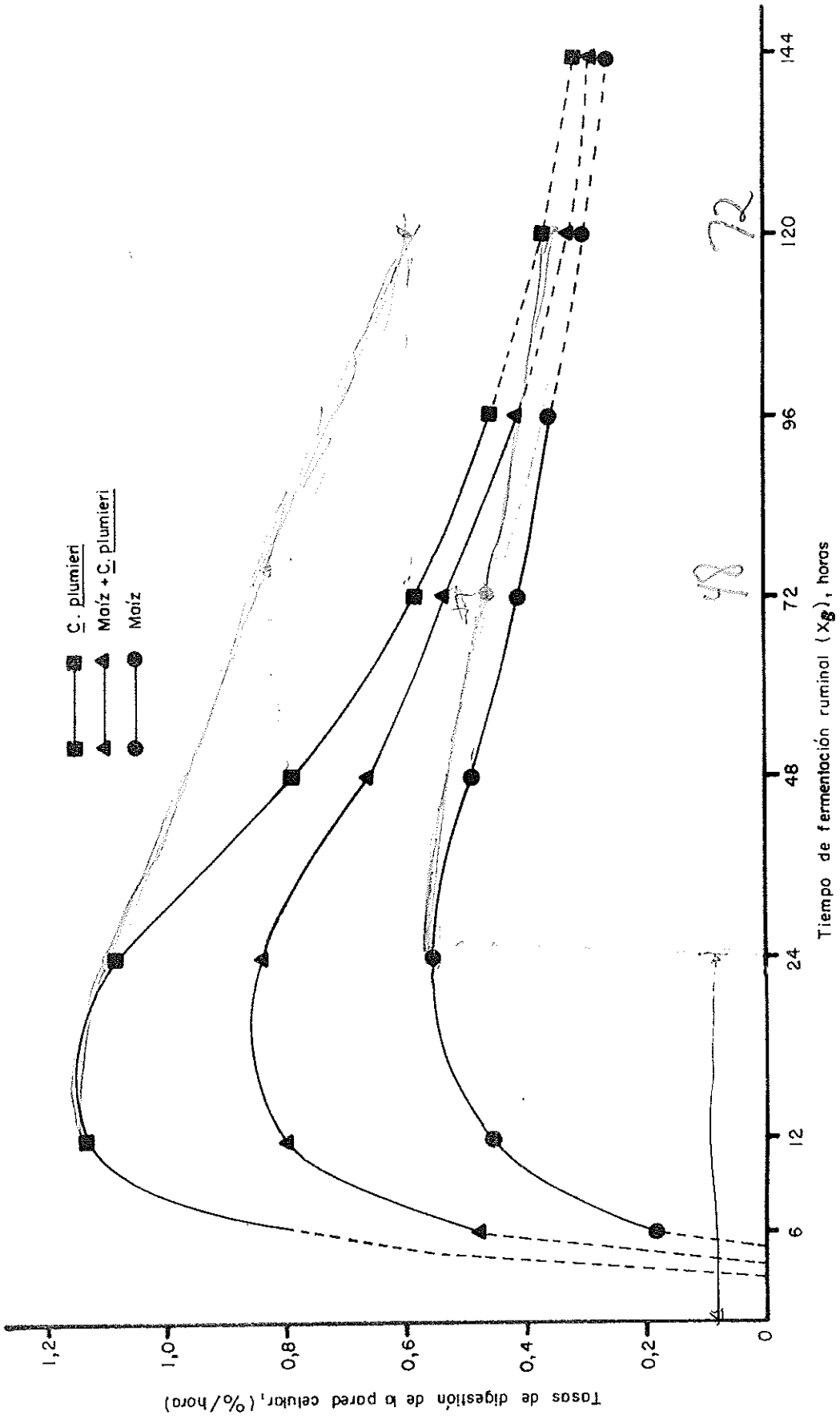


Fig. 10 Tasa de digestión de la pared celular (%/hora), del rastrojo de maíz y C. plumieri solos y asociados, en función del tiempo de fermentación ruminal (Xg)

(79) y Kempton (39), los cuales atribuyen la mayor velocidad de digestión de la fracción fibrosa en leguminosas a una menor asociación entre la celulosa y lignina y a la menor presencia de celulosas cristalizadas.

En el Cuadro 6 se resumen los parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de la pared celular. Este cuadro presenta dos comparaciones de promedios para cada parámetro (señalados con diferente tipo de letra) de digestión *in situ*; la primera (letra minúscula) compara al rastrojo de maíz solo vs los asociados y la segunda (mayúsculas) compara el rastrojo de maíz vs las leguminosas en estudio.

No se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la digestibilidad potencial entre los materiales, aún cuando los valores más bajos fueron para maíz solo y maíz + *Pueraria phaseoloides* (40,3 %) y los más altos para *Pueraria phaseoloides* y *Centrosema pubescens* (47,2 %), respectivamente. Los valores encontrados de digestibilidad potencial en todos los materiales son similares a los encontrados por Medina (46) en materiales fibrosos como punta de caña, rastrojo de frijol y rastrojo de maíz sin suplementación de banano, pero la degradación de leguminosas solas resultó muy baja comparada con la de los materiales estudiados por Roldán (68) debido a que en su estudio incluyó solamente las porciones más tiernas y menos lignificadas de las leguminosas estudiadas.

La tasa de aceleración de la digestión en las dietas que contenían rastrojo de maíz, presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre si, resultando los tratamientos de maíz + *Dolichos lablab* y maíz + *Centrosema*

Cuadro 6. Parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de la pared celular, de los rastrojos de maíz sólo y asociados con leguminosas y de las leguminosas en estudio.

MATERIAL	DIGESTIBILIDAD POTENCIAL (%)	TASA DE ACELERACION ($\times 10^{-3}$)	TIEMPO DE LATENCIA (Horas)	TIEMPO MEDIO (Horas)
Maíz sólo	40,3 aA ^{1,2/}	20,5 bD	4,7 aA	38,5 aA
Maíz + <i>D. lablab</i>	✓ 40,1 a	40,3 a	3,6 a	20,9 b
Maíz + <i>D. phaseoloides</i>	40,3 a	28,9 ab	2,9 ab	25,9 b
Maíz + <i>C. plumieri</i>	42,9 a	31,4 a	3,8 a	25,9 b
Maíz + <i>C. pubescens</i>	41,7 a	28,7 ab	1,3 b	24,5 b
<i>D. lablab</i>	43,9 A	62,0 A	3,0 A	14,1 C
<i>P. phaseoloides</i>	✓ 47,2 A	30,0 BC	2,2 A	25,3 B
<i>C. plumieri</i>	44,6 A	42,6 B	3,4 A	19,6 BC
<i>C. pubescens</i>	47,2 A	29,8 CD	0,3 B	23,6 B

1/ Promedios con igual letra en la misma fila no presentan diferencias significativas al 5% en la prueba de Diferencia Mínima Significativa.

2/ Promedios con igual tipo de letra corresponden a una misma comparación.

plumieri con una aceleración de la digestión más alta que el resto de los tratamientos, maíz + *Pueraria phaseoloides* y maíz + *Centrosema pubescens* con valores intermedios y maíz solo, con una tasa menor al resto de los tratamientos. Debido al uso de un modelo de regresión distinto al de otros estudios estos valores de tasa de aceleración no es posible compararlos con otros informes de la literatura.

En el caso de los materiales puros de rastrojo de maíz y leguminosas, se observa que en términos generales las leguminosas mostraron una tasa de aceleración más alta que el rastrojo de maíz, como era de esperarse por los datos encontrados por el autor en otro estudio (23). El *Dolichos lablab* fue el que mostró la tasa más alta, seguido en orden descendente por *Centrosema plumieri*, *Pueraria phaseoloides*, *Centrosema pubescens* y rastrojo de maíz, orden que resulta idéntico al de los materiales representativos de las dietas en estudio y que explican por si mismos las diferencias encontradas en ellos.

El tiempo de latencia de digestión de los constituyentes de la pared celular en casi todos los materiales resultó con una variación muy amplia; un valor muy bajo para *Centrosema pubescens* solo y asociado con rastrojo de maíz comparado con el resto de los materiales, que resultaron estadísticamente iguales entre sí ($P < 0,05$). De la misma manera que en la tasa de aceleración de la digestión, el tiempo de latencia en los materiales en estudio mostró valores intermedios en los asociados, entre los obtenidos con rastrojo de maíz y la respectiva leguminosa acompañante. Dado que este parámetro depende de las digestibilidades en tiempos cortos de incubación ruminal, para

controlar la variación dentro de tratamientos requiere un mayor número de muestras en esos tiempos, de manera que al haber un mejor control del error experimental, las pruebas de rangos múltiples serán más eficientes en detectar diferencias entre los promedios. Esta gran variabilidad del parámetro se puede observar en el Cuadro 7A donde se muestra que el error estándar del coeficiente $B_2 (\pm sB_2)$ llega a ser superior al 100 por ciento del valor del mismo parámetro en materiales donde el tiempo de latencia es corto como *Centrosema pubescens* solo y asociado.

Los tiempos medios de degradación de la pared celular en las dietas de rastrojo de maíz más leguminosas resultaron estadísticamente iguales entre sí, pero mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto al rastrojo de maíz solo, el cual requirió 38,5 horas para alcanzar el 50 por ciento de la digestibilidad potencial, mientras que en maíz asociado con *Dolichos lablab*, *Centrosema pubescens*, *Centrosema plumieri* y *Pueraria phaseoloides*, los valores de tiempo medio fueron de 20,9; 24,6; 25,9 y 26,9 horas, respectivamente; datos similares fueron encontrados en un trabajo anterior en el que se estudiaron los rastrojos del cultivo de maíz asociado con leguminosas de grano (23). Por otra parte, las leguminosas solas tuvieron un tiempo medio de 14,1; 23,6; 19,6 y 25,3 horas, respectivamente.

La comparación del tiempo medio de degradación de la pared celular, con los de la literatura es difícil y puede resultar confusa, debido principalmente a que en la mayoría de trabajos este parámetro está referido al tiempo medio de degradación de la fracción de la materia seca insoluble en agua

(10, 39), al de la celulosa (36) ó al de fibra cruda determinada por el método de Weende (56, 57) con excepción de los trabajos realizados en el CATIE (23, 46, 68, 71). Sin embargo aún cuando en todos los trabajos referidos, existen notables diferencias en el modelo matemático utilizado; este parámetro es quizá el único que puede permitir establecer comparaciones entre materiales muy heterogéneos en sus características forrajeras.

En el Cuadro 7 se resumen los tiempos medios de digestión de los CPC de rastrojo de maíz cuando los animales consumieron las diferentes dietas en estudio. El análisis estadístico de los promedios fue incapaz de detectar diferencias significativas en el tiempo medio en cuatro de los rastrojos, debido principalmente a la gran variabilidad del parámetro entre corridas de un mismo material, lo que se evidencia en el coeficiente de variación (33,9%). Esta variabilidad posiblemente se debió a la falta de uniformidad de la dieta consumida en los diferentes períodos (39), y a la continua variación en la composición química del rastrojo de maíz cosechado en diferentes épocas (23, 57).

4.5 Relaciones entre consumo y parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de pared celular

En forrajes como los estudiados, con un contenido de CPC que varió entre 59,6 y 84,5 por ciento, es de esperar que el llenado del rumen (4, 25) constituyó el principal factor limitante del consumo.

Cuadro 7. Tiempo medio de digestión de los CPC del rastrojo de maíz en diferentes dietas basales.

DIETA	TIEMPO MEDIO		
	\bar{x} ^{1/}	\pm DE	CV, %
Maíz solo	40,2 ab ^{2/}	9,5	23,8
Maíz + <i>D. lablab</i>	47,0 ab	19,1	40,7
Maíz + <i>P. phaseoloides</i>	29,1 a	3,9	13,4
Maíz + <i>C. plumieri</i>	49,3 b	21,8	44,2
Maíz + <i>C. pubescens</i>	48,1 ab	3,5	7,3
TOTALES	42,9	14,5	33,9

1/ Promedios de cuatro corridas por duplicado.

2/ Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas en la prueba de Diferencia Mínima Significativa (P 0,05).

Con base en los datos de Gill *et al* (28) y San Martín (71), los cuales mostraron una alta confiabilidad en la predicción del consumo en función de la tasa de degradación de la fracción fibrosa, se supuso que en los materiales en estudio los parámetros de digestión *in situ* de los CPC, también podrían funcionar de manera análoga. Los valores presentados en el Cuadro 8, muestran que ni el consumo de materia seca total, ni el de rastrojo de maíz son predecibles en función de estos parámetros.

Cuadro 8. Correlaciones entre consumo de rastrojo de maíz y de materia seca total con parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de pared celular.

	n	Consumo de rastrojo de maíz	Consumo de materia seca total
Digestibilidad acumulativa <i>in situ</i> a:			
12 horas	20	- 0,43 N.S.	0,21 N.S.
24 horas	20	- 0,46 *	-0,05 N.S.
48 horas	20	- 0,30 N.S.	-0,08 N.S.
72 horas	20	- 0,19 N.S.	-0,15 N.S.
96 horas	20	- 0,11 N.S.	-0,10 N.S.
Digestibilidad potencial	16	0,16 N.S.	-0,11 N.S.
Tasa de aceleración de la digestión	16	- 0,42 N.S.	0,14 N.S.
Tiempo de latencia	16	- 0,32 N.S.	-0,40 N.S.
Tiempo medio	16	0,60 **	-0,21 N.S.

N.S. = No significativa $P < 0,05$.

* = Significativa $P < 0,05$.

** = Significativa $P < 0,01$.

Esta situación la enfrentó previamente Mertens, citado por Van Soest (78), quien encontró que la correlación entre tasa de digestión de la fracción fibrosa y el consumo para 187 forrajes, era apenas de 0,4. Los resultados del presente estudio, ponen en evidencia que el consumo de forrajes, no depende exclusivamente de la tasa de degradación de la fracción fibrosa,

sino que factores, tales como la tasa de pasaje (Mertens, citado por Van Soest (78)) el tiempo de retención de la digesta en el rumen (75) o la combinación de ambos factores pueden resultar más importantes.

4.6 Relación entre digestibilidad *in vivo* de los constituyentes de la pared celular y parámetros de digestión *in situ*

En el Cuadro 9 se presentan los coeficientes de correlación entre la digestibilidad de la pared celular determinada *in vivo* y parámetros de digestión *in situ*.

Cuadro 9. Correlaciones entre digestibilidad *in vivo* de la pared celular y algunos parámetros de digestión *in situ* de los constituyentes de pared celular.

Parámetro	N	Digestibilidad <i>in vivo</i> de C.P.C.
Digestibilidad 12 horas	10	0,09 N.S.
Digestibilidad 24 horas	10	0,23 N.S.
Digestibilidad 48 horas	10	0,29 N.S.
Digestibilidad 72 horas	10	0,36 N.S.
Digestibilidad 96 horas	10	0,32 N.S.
Digestibilidad potencial	8	0,26 N.S.
Tasa de aceleración de la digestión	8	0,30 N.S.
Tiempo de latencia	8	0,30 N.S.
Tiempo medio	8	-0,37 N.S.

N.S. = No significativa $P < 0,05$.

En términos generales ninguno de los coeficientes de correlación fue mayor de 0,37 ni alcanzaron significancia estadística. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por Lowrey (41) y Lusk *et al* (43), quienes encontraron valores de correlación superiores a 0,83 en henos de gramíneas subtropicales y de alfalfa. Entre las probables causas de las bajas correlaciones encontradas en el presente estudio, se pueden citar diferencias debidas a animales y diferencias entre los forrajes evaluados por la técnica *in situ* y aquellos de la prueba *in vivo*.

En cuanto a los animales, se reconoce que existen diferencias individuales en cuanto a su capacidad de digestión (4, 66). Esta fuente de variación no pudo ser controlada, ya que la determinación de la digestión *in situ* se realizó con novillos fistulados y la determinación de digestibilidad *in vivo* fue realizada en hembras no intervenidas quirúrgicamente.

En cuanto a las diferencias entre los forrajes evaluados comparado con los consumidos en el ensayo *in vivo*, si bien se trató de simular a los materiales consumidos, mediante la estimación ponderada de la digestibilidad acumulativa de la pared celular, con base en la proporción relativa de los componentes de la dieta, es probable que debido a la variabilidad detectada entre días, en la proporción de gramínea/leguminosa, no haya sido posible representar el forraje consumido. Cabe anotar que se tuvo el cuidado de evaluar *in situ* cada leguminosa y el rastrojo de maíz, en animales que recibían los mismos materiales.

No puede descartarse la posibilidad que en los forrajes altamente fibrosos, la técnica de digestión *in situ*, no sea igualmente efectiva, como

lo es con forrajes que se encuentran en estadios iniciales de crecimiento; pues Neathery (57) encontró valores de correlación de 0,27 y 0,26 entre la digestibilidad *in vivo* de la fracción fibrosa y la digestión *in situ* a 48 y 72 horas, respectivamente, cuando trabajó con forrajes de baja calidad; en cambio, con forrajes de mejor calidad los valores correspondientes de correlación fueron 0,80 y 0,83.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. El cultivo de maíz asociado con leguminosas produce mayor cantidad de biomasa forrajera y nutrientes disponibles para su utilización por rumiantes, que el monocultivo.
2. En dietas basadas en rastrojo de maíz, la inclusión de leguminosas ejerce un efecto aditivo sobre el consumo de materia seca total y la digestibilidad; sin embargo, en cierta medida el consumo de leguminosas sustituye al rastrojo de maíz.
3. En dietas como las estudiadas, los parámetros de digestión *in situ* no permiten predecir de manera confiable el consumo y digestibilidad *in vivo*.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda realizar estudios de esta naturaleza en áreas del trópico húmedo-seco, donde se hace más necesario el uso de rastrojos durante la época de menor disponibilidad de pastos.
2. En la evaluación de forrajes *in situ*, es conveniente incluir mayor cantidad de muestras en los tiempos cortos de fermentación ruminal.

3. Se recomienda probar las relaciones entre digestibilidad *in vivo* e *in situ*, con forrajes de diferente calidad nutritiva a los incluidos en este estudio.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AGBOOLA, A.A. y FAYEMI, A.A. Preliminary trials on the intercropping of maize with different tropical legumes in Western Nigeria. *Journal of Agricultural Science* 77(2):219-225. 1971.
2. AGUIRRE, A.V. Estudios de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA-CTEI, 1971. 139 p.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the AOAC. 11th ed. Washington, D.C. 1970. 1015 p.
4. BAILE, C.A. y FORBES, J.M. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. *Physiological Reviews* 54(1):160-214. 1974.
5. BAILEY, C.B. y HIRONAKA, R. Maximum loss of feed from nylon bags in ruminants of steers as related to apparent digestibility. *Canadian Journal of Animal Science* 50(2):325-330. 1970.
6. BARNES, R.F. The development and application of *in vitro* rumen fermentation techniques. *In International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966. Proceedings.* pp. 434-438.
7. BAUMGARDT, B.R., CASON, J.L. y TAYLOR, M.W. Evaluation of forages in the laboratory. I. Comparative accuracy of several methods. *Journal of Dairy Science* 45(1):59-61. 1962.
8. _____, TAYLOR, M.W. y CASON, J.L. Evaluation of forages in the laboratory. II. Simplified artificial rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forage nutritive value. *Journal of Dairy Science* 45(1):62-68. 1962.
9. BLAXTER, K.L. y WILSON, R.S. The voluntary intake of roughages by steers. *Animal Production* 4(3):351-358. 1962.
10. BOBADILLA, M. y ROWE, J.B. Punta de plátano y caña de azúcar como alimento para el ganado: Observaciones sobre la tasa de degradación de la fibra y recambio del líquido en el rumen. *Producción Animal Tropical* 4(1):30-35. 1979.
11. BUZY, A. y PALADINES, O. Precisión de los métodos de fermentación *in vitro* para predecir la digestibilidad y el consumo de forrajes por los rumiantes. *Turrialba (Costa Rica)* 18(4):397-404. 1968.

12. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica, 1982. 2 p.
13. _____. DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL. Sistemas de producción bovina de doble propósito para pequeños productores del istmo centroamericano. Proyecto CATIE/CIID. Informe de Progreso 1982. Turrialba, Costa Rica. 103 p.
14. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1976. Sistemas de producción de frijol. Cali, Colombia, 1977. pp. 40-42.
15. _____. Tropical pasture program report 1981. Pasture quality and nutrition. Cali, Colombia, 1982. pp. 209-235.
16. COMBELLAS, J. y MARTINEZ, N. Producción de leche y consumo en vacas alimentadas con forraje elefante de corte (*Pennisetum purpureum*) y concentrado. Producción Animal Tropical 7(1):60-64. 1982.
17. CZARNOCKI, J., SIBBALD, J.R. y EVANS, E.V. The determination of chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. Canadian Journal of Animal Science 41(2):167-179. 1961.
18. DELGADO, A. Algunos factores que afectan el uso eficiente de los pastos para la producción de carne. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 11(3):227-250. 1977.
19. DONALD, C.M. Competition among crop and pasture plants. Advances in Agronomy 15:1-118. 1963.
20. DUKE, J.A. Handbook of legumes of world economic importance. New York, Plenum Press, 1981. 345 p.
21. DYSLI, R. y BRESSANI, R. Utilización de subproductos y desechos agrícolas en la alimentación de rumiantes. I Digestibilidad y utilización de rastrojo de maíz, cascarilla de algodón, melazas y harina de torta de algodón en la alimentación de ovinos. Turrialba (Costa Rica) 19(2):215-220. 1969.
22. ESCOBAR, A. y PARRA, R. Los residuos agrícolas fibrosos y su procesamiento. Taller de trabajo "Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal", CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1980. 47 p. (mimeo).
23. ESPINOZA, J.R. Composición química y parámetros de digestión en rastrojo de maíz y leguminosas de grano, solos o asociados. Informe de problema especial. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 26 p. (mimeo).

24. FERREIRO, H.M., PRESTON, T.R. y HERRERA, F. Subproductos del henequén como alimento para el ganado: Efecto de la suplementación de pulpa ensilada con pulidura de arroz y ramón (*Brosimum alicastum*) sobre crecimiento, digestibilidad y tasa de entrada de glucosa. *Producción Animal Tropical* 4(1):71-75. 1979.
25. FORBES, J.M. Hormones and metabolites in the control of food intake. In Ruckebusch, Y. y Thivend, P. eds. *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Westport, USA, AVI Publishing Co. 1980. pp. 145-160.
26. GALOMO, R.T. Caracterización agronómica de cinco leguminosas comestibles asociadas con maíz. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1982. 105 p.
27. GIHAD, E.A. Studies on the nutritional value of pasture species in Zambia. *East African Agricultural and Forestry Journal* 41(4):335-339. 1976.
28. GILL, S.S., CONRAD, H.R. y HIBBS, J.W. Relative rate of *in vitro* cellulose disappearance as a possible estimator of digestible dry matter intake. *Journal of Dairy Science* 52(10):1687-1690. 1969.
29. GODOY, R. y ELLIOTT, R. Efecto de cinco forrajes tropicales sobre algunos parámetros de la función ruminal y flujo de nutrientes al duodeno de bovinos alimentados a base de maleza/urea. *Producción Animal Tropical* 6(2):177-184. 1981.
30. GOERING, H.K. y VAN SOEST, P.J. Análisis de fibra de forrajes. Trad. del inglés por D. Pezo. La Molina, Universidad Nacional Agraria, Programa de Forrajes y Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte. Boletín No. 10. 1972. 41 p.
31. HART, R.D. The design and evaluation of a bean, corn and manioc polyculture cropping system for the humid tropics. Thesis Ph.D. Gainesville, Fla., University of Florida, 1974. 159 p.
32. HERRERA, F., FERREIRO, M.H. y WYLLIE, D. Efecto de diferentes niveles de *Leucaena leucocephala* sobre la digestibilidad y el comportamiento de ganado bovino alimentado con una dieta de pulpa de henequén ensilada. *Producción Animal Tropical* 4(1):98-99. 1979.
33. HERRERA-SALDANA, R., CHURCH, D.C. y KELLEMS, R.O. The effect of ammoniation treatment on intake and nutritive value of wheat straw. *Journal of Animal Science* 54(3):603-608. 1982.
34. HOLDRIDGE, L.R. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por H. Jiménez, 2a, reimpresión. San José, Costa Rica, IICA, 1982. 216 p.

35. HOLECHEK, J.L., VAVRA, M. y PIEPER, R.D. Methods for determining the nutritive quality of range ruminant diets: A review. *Journal of Animal Science* 54(2):363-376. 1982.
36. HUGHES-JONES, M. y PERALTA, G. Observaciones sobre las degradabilidades de los alimentos en el rumen en ganado vacuno recibiendo dietas con o sin melaza. *Producción Animal Tropical* 6(2):194-198. 1981.
37. JOHNSON, W.L., PEZO, D. y JUSTO, V. Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunos subproductos agrícolas fibrosos. *Memoria ALPA* 10:99-109. 1975.
38. JONES, R.J. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. *World Animal Review* 31:13-23. 1979.
39. KEMPTON, T.J. El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. *Producción Animal Tropical* 5(2):115-126. 1980.
40. LAZARTE, V.M. Evaluación preliminar de la calidad nutritiva de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) picado a diferentes tamaños. Informe de problema especial. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 12 p. (mimeo).
41. LOWREY, R.S. The nylon bag technique for the estimation of forage quality. *In National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization*, Lincoln, Nebraska, 1969. *Proceedings*. pp. 0(1-12).
42. LOZANO, A.E. Respuesta biológica a la suplementación energética en torretes alimentados con rastrojo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1978. 86 p.
43. LUSK, J.W., BROWNING, C.B. y MILES, J.T. Small-sample *in vivo* cellulose digestion procedure for forage evaluation. *Journal of Dairy Science* 45(1):69-73. 1962.
44. McDOWELL, L.R. *et al.* Tabla de composición de alimentos de América Latina. Gainesville, Universidad de Florida, 1974. 93 p.
45. McLEOD, M.N. y MINSON, D.J. Sources of variation in the *in vitro* digestibility of tropical grasses. *Journal of the British Grassland Society* 24(3):244-249. 1969.
46. MEDINA, R.I. Tasa de digestión y digestibilidad potencial ruminal de materiales fibrosos en función de niveles de almidón suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1980. 69 p.
47. MEHREZ, A.Z. y ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science* 88(3):645-650. 1977.

48. MERTENS, D.R. y LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal of Dairy Science* 63(9):1437-1446. 1980.
49. _____. y ELY, L.O. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization - A dynamic model evaluation. *Journal of Animal Science* 54(4):895-905. 1982.
50. MILFORD, R. Nutritive values and chemical composition of seven tropical legumes and lucerne grown in subtropical south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7(29):540-545. 1967.
51. _____. y MINSON, D.J. The effect of age and method of haymaking on the digestibility and voluntary intake of the forage legumes *Dolichos lablab* and *Vigna sinensis*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 8(33):409-412. 1968.
52. _____. The digestibility and intake of six varieties of rhodes grass (*Chloris gayana*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 8(33):413-418. 1968.
53. MINSON, D.J. y MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7(29):546-551. 1967.
54. MORRISON, I.M. New laboratory methods for predicting the nutritive value of forage crops. *World Review of Animal Production* 12(3):75-82. 1976.
55. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Nutrient requirements of dairy cattle. 5th ed., Washington, D.C., NAS, No. 3, 1978. 76 p.
56. NEATHERY, M.W. Dry matter disappearance of roughages in nylon bags suspended in the rumen. *Journal of Dairy Science* 52(1):74-78. 1969.
57. _____. Conventional digestion trials vs nylon bag technique for determining seasonal difference in quality of midland bermudagrass forage. *Journal of Animal Science* 34(6):1075-1084. 1972.
58. ØRSKOV, E.R. y HOVELL, F.D. DeB. Digestión ruminal del heno (medida a través de bolsas de dacrón) en el ganado alimentado con caña de azúcar o heno de pangola. *Producción Animal Tropical* 3(1):9-11. 1978.

59. ØRSKOV, E.R., HOVELL, R.D. Deb. y MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5(3):213-233. 1980.
60. OVEJERO, M. y JAVIER, F. Energía digestible y metabolizable de las pajas de leguminosas para los ovidos. *Anales de la Facultad de Veterinaria, Universidad de León, España* 13:307-354, 1967.
61. PADILLA, Y.A. Tipo de planta y distribución de surcos en la población de maíz-frijol asociados. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 68 p.
62. PARTRIDGE, I.J. y RANACOU, E. The effects of supplemental *Leucaena leucocephala* browse on steers grazing *Dichanthium caricosum* in Fiji. *Tropical Grasslands* 8(2):107-122. 1974.
63. PEZO, D. y VOHNOUT, K. Tasas de digestión *in vitro* de seis gramíneas tropicales. Turrialba (Costa Rica) 27(1):47-53. 1977.
64. PLAYNE, M.J. Nutritional value of Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*) and of spear grass (*Heteropogon contortus*) - dominant pastures fed to sheep. II. The effect of superphosphate fertilizer. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12(57):373-377. 1972.
65. PLAYNE, M.J. y HAYDOCK, K.P. Nutritional value of Townsville stylo (*Stylosanthes humilis*) and of spear grass (*Heteropogon contortus*) - dominant pastures fed to sheep. I. The effect of plant maturity. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12(57):365-372. 1972.
66. _____, KHUMNUALTHONG, W. y ECHEVERRIA, M.G. Factors affecting the digestion of oesophageal fistula samples and hay samples in nylon bags in the rumen of cattle. *Journal of Agricultural Science* 90(1):193-204. 1978.
67. ROBLES, A.Y., BELYEA, R.L. y MARTZ, F.A. Intake, digestibility, ruminal characteristics and rate of passage of alfalfa diets fed to sheep. *Journal of Animal Science* 53(3):774-779. 1981.
68. ROLDAN, P.G. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 71 p.
69. RUIZ, G., FFOULKES, D. y PRESTON, T.R. La digestibilidad y consumo voluntario de la caña de azúcar descortezada suplementada con diferentes forrajes. *Producción Animal Tropical* 4(1):108-109. 1979.

70. SAMUR, R.C. Estudio de la gramínea *Zea mays* L. en asociación con la leguminosa *Lablab purpureus*, L. *Weeds*. Tesis Ing. Agr. Santa Cruz, Bolivia, Universidad Boliviana "Gabriel René Moreno", 1978. 60 p.
71. SAN MARTIN, F.A. Digestibilidad, tasas de digestión y consumo de forraje, en función de la suplementación con banano verde. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1980. 59 p.
72. _____. Evaluación de una técnica de digestión *in situ* en la determinación de la digestibilidad de la materia seca y pared celular, en diferentes períodos de incubación. Informe de problema especial. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980. 36 p. (mimeo).
73. SIEBERT, B.D. y KENNEDY, P.M. The utilization of spear grass (*Heteropogon contortus*). 1. Factors limiting intake and utilization by cattle and sheep, *Australian Journal of Agricultural Research* 23(1):35-44. 1972.
74. SOOFI, R. *et al.* Digestibilities and nutrient intakes by sheep fed mixtures of soybean stover and alfalfa. *Journal of Animal Science* 54(4):841-848. 1982.
75. THORNTON, R.F. y MINSON, D.J. The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. *Australian Journal of Agricultural Research* 23(5):871-877. 1972.
76. TILLEY, J.M.A. y TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(1):104-111. 1963.
77. VAN KEUREN, R.W. y HEINEMANN, W.W. Study of a nylon bag technique for *in vivo* estimation of forage digestibility. *Journal of Animal Science* 21(2):340-348. 1962.
78. VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, Oregon, O & B, 1982. 374 p.
79. _____. The uniformity and nutritive availability of cellulose. *Federation Proceedings* 32(7):1804-1808. 1973.
80. _____. y McCAMMON-FELDMAN, B. Criteria for the nutritive evaluation of crop residues and by-products in ruminant feeding. Taller de trabajo "Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal", CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1980. 21 p. (mimeo).

81. VAN SOEST, P.J. y ROBERTSON, J.B. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. *In* Pigden, W.J., Balch, C.C. y Graham, M. eds. Standardization of analytical methodology for feeds; Proceedings. Ottawa, International Development Research Center, 1980. pp. 49-60.
82. _____, WINE, R.H. y MOORE, L.A. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls. *In* International Grassland Congress, 10th, Helsinki, 1966; Proceedings. pp. 438-441.
83. WHEELER, W.E., DINIUS, D.A. y COOMBE, J.B. Digestibility, rate of digestion and ruminoreticulum parameters of beef steers fed low quality roughages. *Journal of Animal Science* 49(5):1357-1363. 1979.
84. ZEMMELINK, G. Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forages. Wageningen, Netherlands, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, 1980. 100 p.
85. _____, HAGGAR, R.J. y DAVIES, J.H. A note on the voluntary intake of *Andropogon gayanus* hay by cattle, as affected by level of feeding. *Animal Production* 15(1):85-88. 1972.

7. APENDICE

Cuadro 1A. Producción de biomasa forrajera total, proteína cruda y nutrientes digestibles totales^{1/} del cultivo de maíz solo y asociado con leguminosas.

Sistema	Materia Seca Tm/ha	Proteína Cruda Tm/ha	Nutrientes Digestibles Totales Tm/ha
Maíz solo TOTAL	<u>3,12</u>	<u>0,19</u>	<u>1,22</u>
Maíz +	3,47	0,21	1,35
<i>C. pubescens</i>	1,19	0,31	0,73
TOTAL	<u>4,66</u>	<u>0,52</u>	<u>2,08</u>
Maíz +	4,21	0,25	2,04
<i>C. plumieri</i>	2,37	0,60	1,61
TOTAL	<u>6,58</u>	<u>0,85</u>	<u>3,65</u>
Maíz +	3,60	0,22	1,75
<i>P. phaseoloides</i>	2,27	0,54	1,23
TOTAL	<u>5,87</u>	<u>0,76</u>	<u>2,98</u>
Maíz +	3,51	0,21	1,70
<i>D. lablab</i>	5,92	1,53	4,11
TOTAL	<u>9,43</u>	<u>1,74</u>	<u>5,81</u>

^{1/} Datos estimados considerando los porcentajes de NDT de las Tablas de Composición de Alimentos de América Latina de la Universidad de Florida, U.S.A. (44).

Cuadro 2A. Fraccionamiento de la proteína cruda presente en las cuatro leguminosas que se asociaron al cultivo de maíz.

Especie	Proteína cruda, % base seca			Proteína digerible total, %
	Total	En la pared celular	En el residuo no digerido	
<i>D. lablab</i>	23,35	11,50 (49,3) ^{1/}	8,95 (22,2) ^{2/}	61,7
<i>P. phaseoloides</i>	24,80	12,40 (50,0)	9,65 (22,2)	61,1
<i>C. plumieri</i>	22,40	9,65 (43,1)	6,90 (28,5)	69,2
<i>C. pubescens</i>	28,00	17,15 (61,6)	10,50 (38,8)	62,5

^{1/} En paréntesis la proporción de la proteína cruda total que está contenida en la pared celular.

^{2/} En paréntesis la proporción de la proteína contenida en la pared celular que es digerible.

Cuadro 3A. Digestibilidad *in vitro*, de los materiales ofrecidos y rechazados durante la etapa experimental, %.

Dieta	Clase	PERIODOS					Promedios	C.V. %
		I	II	III	IV	V		
Maíz solo	O	24,4	31,6	44,0	39,5	39,1	35,7	21,7
	R	23,2	16,1	40,9	40,2	38,2	31,7	35,8
Maíz + <i>D. latifolius</i>	O	41,5	37,1	41,1	44,3	43,2	41,4	6,6
	R	35,6	41,7	36,6	40,5	40,2	38,9	6,8
Maíz + <i>P. phaseoloideus</i>	O	40,2	44,2	37,6	38,5	43,0	40,7	7,0
	R	30,2	37,3	32,6	36,1	35,2	34,3	8,3
Maíz + <i>C. plumieri</i>	O	40,9	45,0	41,9	41,5	35,7	41,0	8,2
	R	34,6	40,7	37,5	37,1	37,6	37,5	5,8
Maíz + <i>C. pubescens</i>	O	42,3	40,5	35,2	40,2	43,5	40,3	7,9
	R	38,3	26,0	34,8	38,3	36,8	34,8	14,8

O = Ofrecido

R = Rechazo

Cuadro 4A. Contenido de proteína cruda de los materiales ofrecidos y rechazados durante la etapa experimental, %.

Dieta	Clase	PERIODOS					Promedios	C.V. %
		I	II	III	IV	V		
Maíz solo	O	6,8	5,3	9,2	6,0	5,1	6,5	25,6
	R	5,3	5,1	7,1	4,2	4,6	5,3	21,2
Maíz + <i>D. lablab</i>	O	14,8	8,4	12,4	9,5	9,3	10,9	24,4
	R	12,2	15,0	9,9	8,0	8,8	10,8	26,3
Maíz + <i>P. phaseoloideis</i>	O	15,3	14,4	15,4	16,1	16,3	15,5	4,8
	R	8,9	12,9	12,1	11,7	15,9	12,3	20,4
Maíz + <i>C. plumieri</i>	O	14,9	15,5	13,5	15,1	17,0	14,4	8,3
	R	10,0	11,0	11,1	15,1	16,9	12,8	23,4
Maíz + <i>C. pubescens</i>	O	13,2	16,2	12,8	12,1	17,1	14,3	15,6
	R	7,4	6,5	12,5	10,8	13,5	10,1	30,4

O = Ofrecido
R = Rechazo

Cuadro 5A. Consumos (kg M.S./100 kg PV/día) de materia seca total, materia seca de leguminosas y materia seca de rastrojo de maíz, por las vaquillas durante la etapa experimental.

Dieta	Clase	PERIODOS					Promedios
		I	II	III	IV	V	
Maíz solo	MS	1,198	1,860	2,075	2,204	2,039	1,875
Maíz + <i>D. latifolius</i>	MS	2,308	1,730	1,494	2,966	1,491	1,998
	L	1,670	1,022	0,976	2,584	1,327	1,516
	RM	0,628	0,708	0,518	0,382	0,164	0,482
Maíz + <i>P. phaseoloides</i>	MS	2,235	2,060	2,369	2,252	2,496	2,282
	L	1,586	1,376	1,702	1,684	2,078	1,685
	RM	0,649	0,684	0,667	0,568	0,418	0,597
Maíz + <i>C. plumieri</i>	MS	1,878	2,320	2,903	2,659	2,443	2,441
	L	1,280	1,594	1,899	1,875	2,204	1,771
	RM	0,598	0,726	1,004	0,784	0,239	1,670
Maíz + <i>C. pubescens</i>	MS	2,086	2,710	2,561	3,302	2,883	2,708
	L	1,010	1,845	1,814	2,790	2,164	1,924
	RM	1,076	0,865	0,747	0,512	0,719	0,784

MS = Materia seca total.

L = Materia seca de leguminosa.

RM = Rastrojo de maíz.

Cuadro 6A. Análisis de varianza de los consumos de rastrojo de maíz y materia seca total.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Rastrojo	Materia seca
Animales	4	0,045	0,3436
Períodos	4	0,065	0,1548
Forraje	4	1,603***	0,5418*
Error	12	0,076	0,1363

* Significativo $P < 0,05$.

*** Significativo $P < 0,001$.

Cuadro 7A. Parámetros de digestión en silu de los constituyentes de la pared celular, según el modelo $Y = B_0 (1 - e^{-B_1(X-B_2)})$.

Materiales	B ₀	± sB ₀	B ₁	± sB ₁	B ₂	± sB ₂	R ²
Maíz solo	40,3083	3,7044	0,0205	0,0042	4,6942	1,3997	0,995
Maíz + C. pubescens	41,7441	2,1093	0,0287	0,0045	1,2878	1,3909	0,995
Maíz + C. plumieri	42,9296	3,0495	0,0314	0,0070	3,7770	1,6470	0,989
Maíz + P. phaseoloides	40,2649	1,7918	0,0289	0,0039	2,9166	1,0567	0,996
Maíz + D. lablab	40,0980	1,7873	0,0403	0,0068	3,6464	1,2128	0,992
C. pubescens	47,1976	1,8697	0,0298	0,0039	0,3186	1,2363	0,996
C. plumieri	44,5550	2,5240	0,0426	0,0096	3,3700	1,6339	0,985
P. phaseoloides	47,1845	1,8084	0,0300	0,0036	2,1555	1,0083	0,997
D. lablab	43,8592	0,5004	0,0620	0,0036	2,9646	0,3847	0,999