

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARACTERIZACION NUTRITIVA DE LA FRACCION
NITROGENADA DEL FORRAJE DE MADERO NEGRO Gliricidia sepium
Y PORO Erythrina poeppigiana

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

Jorge Eduardo Espinoza Bran

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Animal
Turrialba, Costa Rica
1984

DEDICATORIA

A mi hija GENOVEVA.
A mis seres queridos.

AGRADECIMIENTO

A:

Dra. María L. Kass, Asesor principal, por su acertada dirección y estímulo en los momentos difíciles.

Ing. M.S. Danilo Pezo, gestor de esta Tesis y maestro ejemplar.

Dr. Karel Vohnout, sus enseñanza y revisión del presente trabajo.

Dr. Julio Henao, por la asesoría en el análisis estadístico.

Dr. Marco Esnaola, la orientación y corrección del texto.

Ing. M.S. Jorge Benavides, el facilitarme "sus" árboles.

El personal docente del CATIE por los conocimientos adquiridos.

El Gobierno de Holanda por financiar mis estudios de posgrado.

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) y al Ing. M.S. Víctor Mares la ayuda económica en los gastos de computación.

El Gobierno de Guatemala por el apoyo institucional y económico

El Proyecto CATIE/ROCAP, el financiamiento del trabajo de campo.

Mi madre Carmen, el envío de las golosinas.

Mi padre Luis, el apoyo económico.

Mi hermano Horacio, las diligencias.

Mis compañeros de estudios, por compartir amistad y trabajo.

Milena Dennis, su amistad y apoyo mecanográfico.

El personal de la Biblioteca Orton, especialmente a la Sra. Flora López.

Rose Mary Garro, el apoyo mecanográfico.

Adolfo, Chevito y Omar por su ayuda en el campo.

Esta tesis ha sido 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

María Lorraine Kass Profesor Consejero
María L. Kass, Ph. D.

Karel Vohnout Miembro del Comité
Karel Vohnout, Ph. D.

Julio Henao Miembro del Comité
Julio Henao, Ph. D.

Marco A. Esnaola Miembro del Comité
Marco A. Esnaola, Ph. D.

Jorge
Director, Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales
UCR-CATIE

[Signature]
Decano, Sistema de Estudios de Posgrado de
la Universidad de Costa Rica

Jorge Eduardo Espinoza Eron
Jorge Eduardo Espinoza Eron
Candidato

BIOGRAFIA

El autor nació en la Zona 2 de la Ciudad de Guatemala. Hizo los estudios secundarios y vocacionales en el Instituto Normal Rafael Aqueche.

En 1974 egresó de la Escuela de Medicina Veterinaria en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, graduándose como Médico Veterinario en setiembre de 1977.

Desde 1979 labora en la Dirección General de Servicios Pecuarios del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, como asesor de Proyectos Pecuarios en la Unidad Sectorial de Planificación Agrícola y de Alimentación.

En marzo de 1982 ingresó como estudiante graduado al Departamento de Producción Animal del Programa de Estudios UCR/CATIE, en Turrialba, Costa Rica, obteniendo el grado de Magister Scientiae en octubre de 1984.

CONTENIDO

Página N°

Resumen	xii
Summary	xv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Fraccionamiento del nitrógeno en los forrajes.....	3
2.2. Degradación ruminal de la proteína	5
2.3. Descripción de los árboles forrajeros	6
2.3.1 Madero Negro	6
2.3.2 Poró	7
3. MATERIALES Y METODOS	8
3.1 Ubicación del experimento	8
3.2 Cercos vivos y su manejo	8
3.3 Tratamientos y diseño experimental	9
3.4 Estimación de la producción de biomasa	10
3.5 Caracterización nutritiva	10
3.5.1 Nitrógeno total	10
3.5.2 Fraccionamiento del nitrógeno	10
3.5.2.1 Solubilidad del nitrógeno en borato fosfato	11
3.5.2.1.1 Proteína verdadera soluble en borato fosfato	12
3.5.2.1.2 Nitrógeno no proteico so- luble en borato fosfato....	13
3.5.2.2 Solubilidad del nitrógeno en deter- gente neutro	13
3.5.2.3 Solubilidad del nitrógeno en deter- gente ácido	14
3.5.3 Degradabilidad ruminal <u>in situ</u>	14
3.6 Análisis de los datos	16
4. RESULTADOS Y DISCUSION	19
4.1 Producción de biomasa	19
4.1.1 Biomasa total	19
4.2 Caracterización nutritiva	23
4.2.1 Nitrógeno total	23
4.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno	24
4.2.2.1 Nitrógeno soluble en borato fosfato ..	24
4.2.2.2 Proteína verdadera y nitrógeno no proteico solubles en borato fosfato...	25

4.2.2.3	Nitrógeno insoluble en deter- gente neutro	31
4.2.2.4	Nitrógeno insoluble en detergente ácido	32
4.2.3	Constituyentes de la pared celular	33
4.2.3.1	Fibra detergente ácido	36
4.2.4	Degradabilidad ruminal	39
4.2.4.1	Materia seca	39
4.2.4.2	Constituyentes de la pared celular .	48
4.2.4.3	Nitrógeno total	57
4.2.4.4	Nitrógeno insoluble en detergente neutro	65
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1	Conclusiones	75
5.2	Recomendaciones	76
6.	BIBLIOGRAFIA	77
7.	APENDICE	84

INDICE DE CUADROS

En el texto

Cuadro N°		Página N°
1	Producción de biomasa total de árboles forrajeros podados a diferentes frecuencias	21
2	Solubilidad en borato fosfato del nitrógeno contenido en tallos tiernos, hojas y peciolo de <u>E. poeppigiana</u> y <u>G. sepium</u> a dos edades de rebrote	28
3	Parámetros de la degradabilidad de la materia seca ...	42
4	Parámetros estimados según la ecuación que definió la degradabilidad ruminal de la materia seca	43
5	Parámetros de la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular	51
6	Parámetros estimados según la ecuación que definió la degradabilidad ruminal de la pared celular	52
7	Parámetros de la digestibilidad del nitrógeno total ..	59
8	Parámetros estimados según la ecuación que definió la degradabilidad ruminal del nitrógeno total	60
9	Parámetros de la digestibilidad del nitrógeno insoluble en detergente neutro	67
10	Parámetros estimados según la ecuación que definió la degradabilidad del nitrógeno insoluble en detergente neutro	68

En el apéndice

1A	Porcentaje de materia seca promedio de las porciones del Madero Negro y Poró a dos frecuencias de corte ...	85
2A	Cuadrados medios de la producción de biomasa	86
3A	Producción de biomasa de el Poró y Madero Negro	86
4A	Cuadrados medios de la solubilidad en borato fosfato .	87
5A	Solubilidad en detergentes del nitrógeno contenido en tallo tierno, hojas y peciolo de <u>E. poeppigiana</u> y <u>G. sepium</u> a dos edades de rebrote	88

6A	Cuadrados medios de la solubilidad en detergentes ...	89
7A	Cuadrados medios de los parámetros estimados para la digestibilidad	90

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº		Página Nº
1	Fraccionamiento del nitrógeno en base a la solubilidad en detergentes y borato fosfato	11
2	Producción de biomasa en función de la edad de rebrote de Poró y Madero Negro	20
3	Nitrógeno total y solubilidad en borato fosfato del nitrógeno contenido en las porciones de Madero Negro, a dos edades de rebrote	29
4	Nitrógeno total y solubilidad en borato fosfato del nitrógeno contenido en las porciones de Poró a dos edades de rebrote	30
5	Contenido de constituyentes de la pared celular, fibra detergente ácido y nitrógeno insoluble en detergentes ácido y neutro de las porciones de Madero Negro a dos edades de rebrote	34
6	Contenido de constituyentes de la pared celular, fibra detergente ácido y nitrógeno insoluble en detergentes ácido y neutro de las porciones de Poró a dos edades de rebrote	35
7	Contenido de constituyentes de la pared celular	37
8	Contenido de lignocelulosa	38
9	Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote	44
10	Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro a cinco meses de rebrote	45
11	Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró a tres meses de rebrote.....,.....,.....	46
12	Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró a cinco meses de rebrote	47
13	Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote	53

14	Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote.....	54
15	Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 3 meses de rebrote	55
16	Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 5 meses de rebrote	56
17	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote	61
18	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote	62
19	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 3 meses de rebrote	63
20	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de cinco meses de rebrote	64
21	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote	69
22	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote	70
23	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de tres meses de rebrote	71
24	Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de cinco meses de rebrote....	72

Título: Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del forraje de Madero Negro Gliricidia sepium y Poró Erythrina poeppigiana*.

RESUMEN

Este estudio tuvo los objetivos siguientes: a) evaluar la producción de biomasa potencialmente forrajera de los árboles leguminosos Madero Negro (Gliricidia sepium) y Poró (Erythrina poeppigiana), podados a tres y cinco meses de edad de rebrote; b) estimar la composición química del forraje cosechado, con énfasis en el fraccionamiento del nitrógeno; c) determinar algunas características de la degradación ruminal del nitrógeno contenido en hojas, peciolo y tallos tiernos.

Los árboles como cercos vivos estaban plantados en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica.

Se midió la producción de biomasa total y separadamente de hojas, peciolo y tallos tiernos. En el análisis químico se consideraron las variables: nitrógeno total (N total), nitrógeno soluble en borato fosfato (NSBF), nitrógeno no proteico soluble en borato fosfato (NNPSBF), proteína verdadera soluble en borato fosfato (PVSBF), nitrógeno insoluble en detergentes neutro (NIDN) y ácido (NIDA). Se estimó la degradabilidad ruminal de la materia seca (MS), constituyentes de la pared celular (CPC), N total y NIDN, empleando el método de las bolsas de dacrón in situ. Los tiempos de fermentación fueron de 6, 12, 24, 48 y 72 horas,

* Palabras claves: árboles leguminosos, biomasa forrajera, fraccionamiento del nitrógeno, degradabilidad in situ.

empleándose cuatro novillos con fístula ruminal que consumían una ración de pasto napier picado en fresco y suplementos mineral y nitrogenado. La digestibilidad acumulativa (Y), en función del tiempo (t) se describió por la ecuación $Y = A(1 - e^{-B(t-c)})$, donde A = degradabilidad potencial, B = coeficiente de aceleración de la degradación y C = tiempo de latencia.

El promedio entre frecuencias de producción de biomasa forrajera fue mayor en el Poró (1.07 kg/MS/árbol) que en el Madero Negro (0,32 kg/MS/árbol) en una poda ($P < 0,05$).

Las especies no fueron diferentes en el contenido de N total. La edad de rebrote cinco meses mostró mayor concentración de N total que en tres meses ($P < 0,05$). La concentración de N total fue de 7,4 % - 32,8 % en todas las porciones.

El NSBF fue de 19,6 % - 70,7 % del N total. El N contenido en los tallos tiernos presentó la mayor solubilidad, siguiéndole en importancia peciolas y hojas. El NSBF es principalmente NNP. La proporción encontrada de PVSBF estuvo por encima de 5 % del N total en todas las porciones, excepto en las hojas de el Poró. Se encontró que la PVSBF es mayor para el promedio de las porciones de cinco meses que en tres meses de edad de rebrote ($P < 0,05$). La PVSBF aumentó conforme las porciones se localizan más cerca de la base de la rama.

La concentración de NIDN fue de 2,6 % - 31,7 % (MS) y es una fracción importante de N total, especialmente en las hojas. El contenido de NIDA en todas las porciones fue de 1,9 % - 13,8 % (MS).

La degradabilidad potencial del nitrógeno total fue en el Madero Negro de 79,2 % \pm 5,2 y en el Poró 73,8 % \pm 11,2. El tiempo medio de de-

gradación varió entre 0,1 h y 13,7 h en el Madero Negro y en el Poró de 0,1 h a 11,8 h. La especie Madero Negro presentó mayor degradabilidad potencial que el Poró ($P < 0,05$).

La degradabilidad potencial del NIDN fue de $73,6 \% \pm 9,7$ en el Madero Negro y $69,3 \pm 14,1$ en el Poró, no hubo efecto significativo de la especie, edad de rebrote o porción.

Nutritive characterization of the nitrogenous fraction of
the forage from Madero Negro (Gliricidia sepium)
and Poró (Erythrina poeppigiana)*

SUMMARY

This study had the following objectives: a) to evaluate potential forage biomass production from the leguminous trees Madero Negro (Gliricidia sepium) and Poró (Erythrina poeppigiana) pruned at three and five months of regrowth; b) to estimate the chemical composition of the harvested forage, with emphasis on the fractioning of the nitrogen; c) to determine some characteristics of ruminal degradation of the nitrogen contained in the leaves, petioles and tender stems.

The trees had been planted as live fences in the Tropical Agricultural Research and Training Center (CATIE), in Turrialba, Costa Rica.

Production was measured in terms of total biomass and of the leaves, petioles and tender stems, separately. The variables considered in chemical analyses were: total nitrogen (total N), nitrogen soluble in borate-phosphate (NSBP), non-protein nitrogen soluble in borate-phosphate (NPNSBP), true protein soluble in borate-phosphate (TPSBP), nitrogen insoluble in neutral detergent (NIND) and in acidic detergent (NIAD).

The ruminal degradability of the dry matter (DM), constituents of the cellular wall (CCW), total N and NIND were estimated using the in situ dacron bags method. The fermentation times were 6, 12, 24, 48 and 72 hours, employing four steers, with ruminal fistula, which consumed a ration of chopped, fresh Napier grass.

* Keywords: leguminous trees, forage biomass, nitrogen fractions, in situ degradability

The accumulated digestibility (Y), in function of time (t) was described by the equation $Y = A(1 - e^{-B(t-c)})$, where A = potential degradability, B = degradation acceleration coefficient and C = lag time.

The average forage biomass production, taken at one pruning date, for both ages of regrowth was greater for Poró (1.07 kg/DM/tree) than for Madero Negro (0.32 kg/DM/tree) ($P < 0.05$). Total N concentration ranged from 7.4% to 32.8% in all portions. The NSBP resulted as 19.6% - 70.7% of the total N. The N content in the tender stems presented the highest solubility, followed by the petioles and leaves. The NSBP was principally NPN. The proportion of TPSBP encountered was above 5.0% of the total N in all portions, except for the Poró leaves. The TPSBP was higher in portions from five-month than from three-month-old regrowth. The TPSBP increased as the portions were located closer to the base of the branch.

The NIND concentration was from 2.6% to 31.7% (DM) and formed an important fraction of the total N, especially in the leaves. The NIAD content in all the portions was from 1.9% to 13.8% (DM).

The potential degradability of the total N was $79.2\% \pm 5.2$ in Madero Negro and $73.8\% \pm 11.2$ in Poró. Mean degradation time varied between 0.1 and 13.7 hours in Madero Negro and 0.1 to 11.8 hours in Poró. Madero Negro presented greater degradability than did Poró ($P < 0.05$).

The potential degradability of NIND was $73.6\% \pm 9.7$ for Madero Negro and $69.3\% \pm 14.1$ for Poró. There was no significant effect by the species, age of regrowth nor the portion.

1. INTRODUCCION

Los rumiantes tienen la capacidad de utilizar la materia orgánica potencialmente digerible del forraje, por medio de la fermentación microbiana, para obtener energía principalmente como ácidos grasos volátiles, sintetizar vitaminas B y proteína microbiana a partir de compuestos simples de nitrógeno. Sin embargo, para que exista una eficiente fermentación, los microorganismos ruminales deben contar con una provisión adecuada de energía, nitrógeno y otros nutrimentos. En general, los animales consumiendo pastos de baja calidad sufren primero deficiencia de nitrógeno antes que de energía. En este sentido el forraje de algunos árboles, que se caracteriza por un alto contenido de nitrógeno y bajos niveles de lignificación, podrían suplir la deficiencia de nitrógeno del rumiante y mejorar la producción en términos de leche o carne.

Estas especies que se cultivan con los más variados propósitos, incluido el forrajero, pueden mantener el follaje aun en la época seca cuando los pastos presentan la menor calidad nutritiva o han desaparecido. En el caso de los árboles forrajeros leguminosos, se agrega el efecto beneficioso de la fijación de nitrógeno que mejora el suelo y la disponibilidad de nutrientes para pastos u otros cultivos asociados.

Las leguminosas arbóreas Madero Negro (Gliricidia sepium) y Poró (Erythrina poeppigiana) están ampliamente distribuidas en el área tropical y en Centroamérica se les utiliza frecuentemente como sombra de cultivos y en cercos vivos. Su empleo como forraje no está muy difundido a pesar del alto contenido nitrogenado y capacidad de rebrote post cosecha que presentan.

Para utilizar eficientemente estas especies como suplemento en la alimentación animal, se requiere un conocimiento más detallado sobre la composición y aprovechamiento por el rumiante de la fracción nitrogenada de estos forrajes.

Con ese propósito se plantearon en esta investigación los siguientes objetivos:

1. Estimar la producción de biomasa potencialmente forrajera en cercos vivos de Madero Negro y Poró, podados a tres y cinco meses de rebrote.
2. Determinar la composición química del forraje cosechado (tallos tiernos, hojas y peciolas) provenientes de los estratos superior, medio e inferior de la rama, con énfasis en el fraccionamiento del contenido de nitrógeno.
3. Establecer algunas características de la degradación ruminal del nitrógeno contenido en el forraje.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Fraccionamiento del nitrógeno en los forrajes

La cantidad y composición del N contenido en los forrajes es variable (17), al igual que su localización en el tejido vegetal (68). Ello condujo al planteamiento de las hipótesis de que la utilización del nitrógeno en el rumiante está afectada por esta variabilidad (77,83) y que algunas propiedades físicas y químicas pueden correlacionarse con su valor alimenticio (46). En función de la nutrición del rumiante, el N de los forrajes puede dividirse en: fracción I, soluble, rápidamente degradable en el rumen, compuesta por proteína verdadera y nitrógeno no proteico (nitratos, aminoácidos, ácidos nucleicos, aminos); fracción II, insoluble pero disponible, que es parcialmente degradada, constituida por proteína verdadera y nitrógeno no proteico; fracción III, el complejo lignina-nitrógeno, que no se degrada en el rumen ni es digerido (62,78). Estas características han permitido el desarrollo de métodos que establecen las constantes de degradación del N en sus diferentes fracciones (16, 49, 68, 84), dentro de las cuales la solubilidad es el más importante y altamente correlacionado con la liberación de amoníaco (15, 17, 70, 77, 78, 83), ácidos grasos volátiles (15,70) y degradabilidad ruminal (29). El problema fundamental de este tipo de análisis es asegurar la validez biológica del análisis químico. De hecho, existe una amplia variación en la cantidad y tipo de proteínas extraídas por diferentes solventes, resultando en valores distintos de solubilidad para los mismos alimentos (46, 76. 82, 84), debido a factores como grado de agitación, pH, composición química, tiempo de extracción, tensión de

CO₂ y fuerza ionizante del solvente (17, 82, 84). El solvente de elección es el líquido ruminal autoclaveado y tamponado (81). Sin embargo, a pH neutro las proteínas del forraje son relativamente insolubles, solubilizándose mayormente nitrógeno no proteico (68). Otras desventajas son su composición variable y dificultad de obtención (17,84). El uso de solventes minerales como cloruro de sodio, Burroughs y borato fosfato (17, 43), dan resultados comparables con el líquido ruminal, con el cual este último se muestra altamente correlacionado ($r = 0,92$), con la ventaja de ser más estable que otros solventes, fácil de preparar y preciso (43). Empero, la solubilidad describe únicamente la fracción de N que es disponible de inmediato a la acción microbiana y asociado al contenido celular, mientras que la fracción "insoluble" es más resistente a la degradación y puede sobrepasar el rumen. De hecho, la correlación entre la solubilidad del N en solventes minerales y el N sobrepasante explica menos de un tercio de la variabilidad total (66).

El análisis de la fibra en los forrajes permite separar el contenido celular y la pared celular (32). El N incluido en el contenido celular es degradado rápidamente por enzimas bacterianas (68) y podría ser similar al soluble en soluciones minerales (Fracción I) (66). El N contenido en la pared celular, relacionado con la hemicelulosa, muestra parámetros variables de degradación (68) y se le asocia con el N insoluble en detergente neutro (Fracción II) (43). El N ligado a ligno-celulosa que no es disponible (66), se asocia con el nitrógeno insoluble en detergente ácido (Fracción III) (43, 68). En general, la solubilidad de la proteína no se relaciona necesariamente con la resistencia o susceptibilidad a la hidrólisis en el rumen por proteasas bacterianas (43, 46, 49), dado que existen fracciones "solubles" de degradabilidad variable (48, 68) e "insolubles" que son disponibles en alguna me-

dida al medio ruminal (16).

2.2 Degradación ruminal de la proteína

La desaparición de la proteína en el rumen es el resultado de la tasa de degradación y el tiempo de permanencia en el rumen(12). La velocidad de degradación de la proteína correspondiente al contenido celular está correlacionada con su solubilidad, la cual depende de la proporción entre albúminas y globulinas (fracción más soluble) y prolaminas y glutelinas (las menos solubles) (12, 79, 84). La degradabilidad del N se ve influenciada por el grado de degradación de la celulosa, proceso que es importante en los suplementos nitrogenados de origen vegetal (30).

Este efecto se le atribuye a la acción protectora de la celulosa sobre la proteína, pero que puede ser eliminada si el medio ruminal es altamente celulolítico como en el caso de una ración fibrosa (30, 57, 62).

La degradación ruminal del N puede estimarse por muestreo del contenido del abomaso o duodeno empleando cánulas, incubación de los forrajes en bolsas porosas dentro del rumen y procedimientos de laboratorio. El muestreo duodenal presenta el inconveniente de la difícil separación del nitrógeno microbiano y endógeno. Tampoco provee información sobre la tasa de degradación ruminal y el empleo de las cánulas afecta el flujo normal del alimento en el intestino (41).

Ørskov y Mehrez (61) sugieren el uso rutinario del método in situ empleando bolsas sintéticas para establecer los parámetros de degradación proteica en raciones basales o suplementos proteicos. Esta técnica provee curvas características de la desaparición de la proteína a diferentes tiem-

pos de incubación, que permitan estimar la velocidad, degradación inicial y acumulativa. La relación entre la degradación ruminal del nitrógeno (Y) y el tiempo (t), puede describirse por la función exponencial $Y = 100(1 - e^{-Ct})$, (64), donde Y es la cantidad de nitrógeno degradada en el tiempo t y C es la tasa relativa de degradación.

Los animales que se emplean en la estimación deben consumir una ración similar a la de aquellos donde van a aplicarse los resultados, en vista de que la proteína de origen vegetal se degrada más rápidamente con raciones a base de forrajes que con las basadas en concentrados (30, 44). Debe mencionarse que pueden existir diferencias entre especies. Así, algunos autores reportan que la digestibilidad de la proteína es mayor en la oveja, comparado con los bovinos (40). También puede afectarse por la preparación de los alimentos o conservación de los mismos, así como por la fuente (11,80). Aunque el método de la bolsa sintética proporciona datos sobre el valor nutritivo de la proteína no degradada que pasaría al duodeno, no puede evitarse la contaminación con el nitrógeno bacteriano (51).

2.3 Descripción de los árboles forrajeros

2.3.1 Madero Negro

El Madero Negro es una leguminosa de rápido crecimiento, tamaño medio y raíces profundas. Originaria de Centroamérica, sur de México y norte de América del Sur, con una amplia distribución en el área tropical (19, 25, 28, 59, 75). Crece bien en los trópicos, entre 0 y 1.300 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas de 22-30°C y 800-1700 mm de precipitación anual.

Prefiere suelos bien drenados y soporta suelos ácidos. Pierde su follaje en sequías prolongadas (19, 28). Es usado como planta de ramoneo o forraje de corte (19, 60, 75). La cantidad de forraje disminuye a medida que la edad de rebrote aumenta, reportándose una mejor producción cosechada cada 3, 4 ó 5 meses (19, 42), sin embargo en algunas regiones este árbol se cosecha a frecuencias tan disímiles como 1,5 y 12 meses (20, 75).

El análisis químico muestra un contenido de proteína cruda entre 20-30 por ciento y valores variables de calcio, fósforo y otros minerales (6, 19, 21, 24, 25, 28, 34, 35, 60, 74). Al aumentar el intervalo entre cosecha, disminuyen los contenidos de proteína cruda, calcio, magnesio y zinc, pero se incrementan los niveles de fibra, fósforo, magnesio y boro (19, 42). Se ha descrito el uso de madero negro como forraje al natural (19, 20, 21, 35, 37, 75) o ensilaje (65), y en las especies caprina (6,25), ovina (18, 52) y no rumiantes (58).

2.3.2 Poró

El Poró es un árbol leguminoso de gran desarrollo, naturalmente distribuido desde la parte oeste de Bolivia y Amazonía peruana, al norte de Panamá y Venezuela, habiéndose extendido en Centroamérica y el Caribe (8). Su empleo en la alimentación animal ha sido descrito en bovinos (3,5,10,31), caprinos (5, 26, 36, 72) y ovinos (5,6,26). El contenido de nitrógeno en el follaje de esta leguminosa es alto, especialmente en hojas (24,0 - 38,4 por ciento de PC) (6). La producción de biomasa se reduce al aumentar la frecuencia de poda, al igual que el contenido de nitrógeno (9, 71).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del experimento

Este trabajo se realizó en la finca experimental de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en Turrialba, Costa Rica. El CATIE se encuentra dentro de una zona tropical húmeda, a 600 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio anual es de 22°C y la precipitación promedio anual es de 2.600 mm, con una humedad relativa promedio de 87 por ciento. El suelo donde están sembrados los árboles pertenece a la serie Juray, familia inceptisol (1).

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Producción Animal, CATIE.

3.2 Cercos vivos y su manejo

Los cercos vivos constaban de árboles de una misma especie, sembrados originalmente por estacas a una distancia promedio de 1,25 m para poró y 1,20 m en madero negro. Al inicio del experimento los árboles contaban con 3 a 3,5 años. La altura promedio del tronco era de 1,65 y 1,75 m para poró y madero negro respectivamente. El diámetro promedio del tronco fue de 13,0 cm en poró y 8,0 cm en madero negro. Se hizo una poda de nivelación en el mes de abril de 1983. En todas las podas se dejó una rama completa para protección del árbol, acorde con la práctica que se venía aplicando en la región. Las cosechas del material se hicieron en julio y setiembre de 1983.

3.3 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron dos especies de árboles leguminosos como cercos vivos: Poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook) y Madero Negro (Gliricidia sepium (Jack) Steud), a dos frecuencias de poda selectiva, 3 y 5 meses. En la producción de biomasa se consideraron las siguientes partes del árbol: hojas, peciolo, tallos tiernos, total de tallos, biomasa forrajera (constituida por las hojas, peciolo y tallos tiernos) y biomasa total. En la caracterización nutritiva se evaluó el material cosechado de poró y madero negro a las dos edades de rebrote y en siete porciones, para lo cual se dividieron las ramas muestreadas en tres segmentos (estratos) de aproximadamente igual longitud entre sí: tallo tierno (TT), hoja del estrato superior (HS), hoja del estrato medio (HM), hoja del estrato inferior (HI), peciolo del estrato superior (PS), peciolo del estrato medio (PM) y peciolo del estrato inferior (PI). Con las siguientes variables: nitrógeno total (expresado como $N \times 6,25$), constituyentes de la pared celular (CPC o FDN), lignocelulosa (FDA), nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) o ligado a la pared celular, nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) o ligado a lignocelulosa, nitrógeno soluble en borato fosfato (NSBF), proteína verdadera soluble en borato fosfato (PVSBF) y nitrógeno no proteico soluble en borato fosfato (NNPSBF).

Para estimar la producción de biomasa se emplearon 8 árboles como parcela experimental y cinco repeticiones, en un diseño irrestrictamente al azar con arreglo factorial de los tratamientos 2×2 (dos frecuencias de corte y dos especies de árboles). En la caracterización nutritiva se empleó un diseño irrestrictamente al azar con un arreglo factorial de los tratamientos $2 \times 2 \times 7$ (dos especies de árboles, dos frecuencias de corte y siete

porciones mencionadas antes).

3.4 Estimación de la producción de biomasa

El material cosechado de cada árbol se pesó en el campo, obteniéndose la biomasa total producida. Tres árboles de cada parcela se separaron en hojas (lámina y peciolo en poró, hojuela y peciolulo en madero negro), peciolo (peciolo y raquis de ambas especies) y tallo tierno (trozo distal de la rama de grosor y longitud variable, pero de consistencia más suave y usualmente de diferente tono verde que el resto). Se obtuvo el peso seco de cada material colocando una muestra compuesta de cada parcela en un horno de ventilación forzada a 40 °C hasta que alcanzó peso constante.

3.5 Caracterización nutritiva

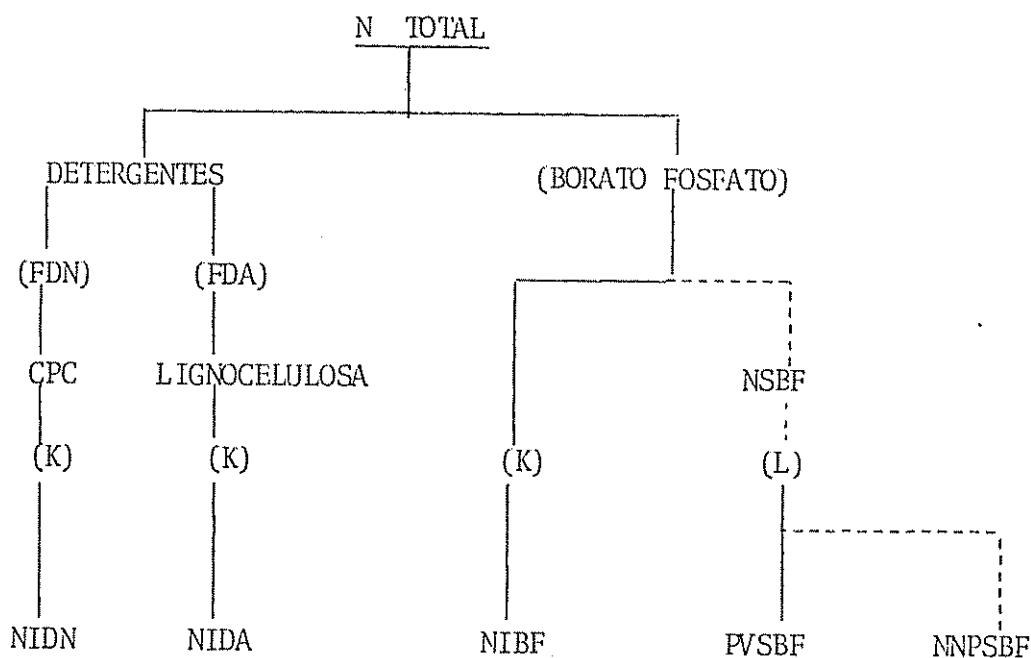
3.5.1 Nitrógeno total

Se empleó el método de micro-Kjeldahl (2), expresándose el resultado como $N \times 6,25$ en base seca.

3.5.2 Fraccionamiento del nitrógeno

El esquema del fraccionamiento del nitrógeno se muestra en la Figura 1, de acuerdo con el cual se consideraron las fracciones siguientes:

Figura 1. Fraccionamiento del nitrógeno en base a la solubilidad en detergentes y borato fosfato.



(FDA) = fibra detergente ácido

(FDN) = fibra detergente neutro

(K) = Kjeldahl

(L) = Lowry

3.5.2.1 Solubilidad del nitrógeno en borato fosfato

La solución empleada contenía 12,2 g de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y 8,91 g de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, por litro de agua destilada, con pH de 5,8. Siete gramos de muestra molida a 1 mm de tamaño, se colocaron en un recipiente de 100 ml de capacidad, al cual se agregaron 50 ml de la solución en dos partes.

Al inicio y al cabo de una hora la suspensión se agitó con una varilla de vidrio, que no se retiró del recipiente hasta terminar el procedimiento. El contenido se filtró empleando papel Whatman N° 54, lavándose las paredes del recipiente y la varilla con 50 ml de solución. El residuo en el papel se lavó con 200 ml de agua destilada, obteniéndose así un volumen final de 300 ml. El procedimiento empleado es el descrito por Pichard, modificado por Krishnamoorthy et al (43). El papel con el residuo se secó en un horno a 65° C durante 12 h para posteriormente analizar el contenido de nitrógeno por el método de micro-Kjeldahl. La solución obtenida se conservó en refrigeración. La fórmula empleada para determinar la solubilidad del nitrógeno ($n \times 6,25$) fue:

$$NSBF = \frac{(MSi \times Ni) - MSr \times Nr}{(MSi \times Ni)} \times 100$$

NSBF = Nitrógeno soluble en borato fosfato

MSi o MSr = materia seca inicial o residual, g

Ni o Nr = nitrógeno inicial o residual, g

3.5.2.1.1 Proteína verdadera soluble en borato fosfato

De la solución de nitrógeno del procedimiento anterior (sección 3.5.2.1) se tomó una alícuota de 3 ml en un tubo de ensayo (15 x 150 mm) precipitándose la proteína con 1 ml de ácido tricloroacético de 24 % (7), mezclándose con un agitador mecánico^{a/}. Los tubos se colocaron

^{a/} Vortex Genie, Scientific Industries

en una centrífuga^{b/} a 3.000 r.p.m. durante 45 minutos; el sobrenadante se aspiró cuidadosamente con una pipeta Pasteur conectada a una línea de vacío. El precipitado se procesó de acuerdo con el método de Lowry et al (47), modificado por Bensadoun y Weinstein (7), empleándose 3 ml de reactivo C, que es una mezcla de 50 ml del reactivo A (2 % Na_2CO_3 en 0,1 N de NaOH) con 1 ml del reactivo B (0,5 % de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en 1,0 % de tartrato de sodio o potasio) y 0,3 ml de reactivo Folin-Ciocalteu^{c/} diluido a 1 N, ambos preparados diariamente. Se dejó la preparación en reposo durante 45 minutos a temperatura ambiente, en la oscuridad, leyéndose de inmediato en un espectrofotómetro^{d/} a 600 nm. Se utilizó albúmina sérica bovina (Fracción V^{e/}) como patrón.

3.5.2.1.2 Nitrógeno no proteico soluble en borato fosfato

Se obtuvo por diferencia: nitrógeno total soluble menos la proteína verdadera.

3.5.2.2 Solubilidad del nitrógeno en detergente neutro

Se empleó el procedimiento para determinar los constituyentes de pared celular (32), seguido de micro-Kjeldahl en el residuo.

b/ International Equipment Company, model K

c/ SIGMA Chemical Company, 2N

d/ Perkin-Elmer Junior III, Coleman Instruments Division

e/ SIGMA Chemical Company, A-4503

3.5.2.3 Solubilidad del nitrógeno en detergente ácido

Se empleó el procedimiento para estimar lignocelulosa (32), seguido de micro-Kjeldahl en el residuo.

3.5.3 Degradabilidad ruminal in situ

Se utilizó la técnica de la bolsa porosa de Dacrón^{a/} descrita por otros autores (53, 54, 63, 69, 73), con tiempos de fermentación de 6, 12, 24, 48 y 72 h. En cada bolsa se colocaron 5,0 g de muestra. Se emplearon 4 novillos con fístula permanente en el rumen, con peso vivo de 306 kg en promedio y de 2 años de edad, aproximadamente. El orden de ingreso para el material según la edad de rebrote se escogió al azar. Dos animales seleccionados al azar recibieron las muestras de cada especie de forraje. Nuevos materiales se colocaron en el rumen conforme se extraían las bolsas, en un proceso continuo. Las muestras de cada tratamiento se colocaron por duplicado en dos animales a la vez. Los animales venían consumiendo regularmente una ración de pasto Napier fresco, picado a 3-5 cm de longitud, ad libitum, 2 kg de una mezcla comercial con 10 % de proteína cruda^{b/} y un suplemento mineral mezclado con sal común, por esta circunstancia no se consideró necesario un periodo de adaptación continuándose con la misma ración durante el experimento. Los animales permanecieron en corrales individuales techados, con piso de cemento y facilidades de comida y bebida.

a/ Marvelaire, Beaconway Fabric and Yard Center, Bangor, Maine, U.S.A.
b/ Ternarina S.A. Ternarina N°5

Para el cálculo de degradabilidad se aplicaron las fórmulas:

En la materia seca:

$$DMS = \frac{\text{materia seca inicial} - \text{materia seca residual}}{\text{materia seca inicial}} \times 100$$

DMS = degradabilidad de la materia seca, %

Para el nitrógeno total (N x 6,25):

$$DNT = \frac{(Ni \times MSi) - (Nr \times MSr)}{(Ni \times MSi)} \times 100$$

DNT = degradabilidad del nitrógeno total, %

Ni o Nr = nitrógeno inicial residual, g %

MSi o MSr = materia seca inicial o residual, g

Para los constituyentes de la pared celular:

$$DCPC = \frac{(CPCi \times MSi) - (CPCr \times MSr)}{(CPCi \times MSi)} \times 100$$

DCPC = degradabilidad de los constituyentes de la pared celular, %

CPCi o CPCr = constituyentes de la pared celular inicial o residual, %

MSi o MSr = materia seca inicial o residual, %

y para el nitrógeno insoluble en detergente neutro:

$$DNIDN = \frac{(MSi \times CPCi \times NIDNI) - (MSr \times CPCr \times NIDNR)}{(MSi \times CPCi \times NIDNI)} \times 100$$

DNIDN = degradabilidad del nitrógeno insoluble en detergente neutro, %

CPCi o CPCr = constituyentes de pared celular inicial o residual, %

MSi o MSr = materia seca inicial o residual, g

NIDNi o NIDNr = nitrógeno insoluble en detergentes neutro inicial o residual, %

3.6 Análisis de los datos

Las mediciones de las variables de respuesta se analizaron para varianza por el método de mínimos cuadrados, según los modelos:

Modelo matemático para la producción de biomasa:

$$Y_{ijk} = u + E_i + E_j + (EF)_{ij} + \xi_{ijk}$$

donde: Y_{ijk} = cualquier variable de respuesta

u = media general

E_i = efecto de la especie i ($i = 1,2$)

E_j = efecto de la frecuencia j ($J = 1,2$)

$(EF)_{ij}$ = interacción de especie x frecuencia

ξ_{ijk} = error o factores no considerados en el modelo

Modelo matemático para la caracterización nutritiva:

$$Y_{ijkl} = u + E_i + F_j + (EF)_{ij} + P_k + (EP)_{ik} + (FP)_{jk} + \xi_{ijkl}$$

donde Y_{ijkl} = cualquier variable de respuesta

u = media general

E_i = efecto de la especie i ($i = 1,2$)

F_j = efecto de la frecuencia j ($j = 1,2$)

(EF)_{ij} = interacción de la especie x frecuencia

P_k = efecto de la porción k (k = 1, 2, ... 7)

(EP)_{ik} = interacción de la especie x porción

(FP)_{ik} = interacción de la frecuencia x porción

ExExP = error

Para la producción de biomasa se hizo la prueba de rangos múltiples.

La degradabilidad ruminal acumulativa se calculó por el procedimiento NON-LIN del sistema SAS, método Marquardt (método no lineal de estimación de parámetros), empleando la ecuación:

$$Y = A (1 - e^{-B(t - C)})$$

Y = degradabilidad ruminal, %

A = degradabilidad potencial de Y cuando t tiende a infinito, %

B = coeficiente de aceleración de la digestión, %/h

C = tiempo de latencia de la digestión, h

t = tiempo de fermentación ruminal, h

e = base de los logaritmos naturales

La degradabilidad inicial se estimó haciendo t = 0 en la ecuación anterior y el tiempo medio al que se alcanza a digerir el 50 % de la degradabilidad potencial por la ecuación derivada de la anterior:

$$t/2 = \frac{(\ln A - \ln A/2)}{B} + C$$

t/2 = tiempo en que se alcanza 50 % de la degradabilidad potencial, h

\ln = logaritmo natural

A, B, C = parámetros anteriormente definidos

La fracción de nitrógeno no degradada inmediatamente, se estimó por la fórmula:

$$\text{NDNI} = A - D_i$$

NDNI = nitrógeno no degradado inmediatamente, %

A = degradabilidad potencial, %

D_i = degradabilidad inicial, %

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Producción de biomasa

4.1.1 Biomasa total.

Como puede observarse en la Figura 2, la producción de biomasa total fue mayor en la especie poró que en Madero Negro ($P \leq 0,05$), en ambas frecuencias. La frecuencia de cinco meses muestra rendimientos mayores que la de tres meses, en ambas especies ($P \leq 0,05$). La mayor producción del Poró, comparado con la obtenida por madero negro, da una idea de la adaptación y mayor capacidad de rebrote de esta especie. No obstante debe señalarse que la edad de las estacas al momento de la siembra pudo no ser la misma, lo cual habría afectado el rendimiento observado (13).

La tendencia encontrada para el aumento de la producción de biomasa total, conforme aumenta la edad de rebrote, está de acuerdo con lo reportado por otros investigadores, como se ilustra en el Cuadro 1, aunque en el caso del Madero Negro (19), se observa una disminución de la producción en cuatro y cinco meses de rebrote, comparado con tres meses.

La producción de hojas no fue significativamente diferente entre frecuencias, aunque la especie Poró produjo más hojas que Madero Negro ($P \leq 0,05$) Figura 2.

La producción de peciolo fue mayor en la especie Poró ($P \leq 0,05$) y no se encontró diferencias entre las frecuencias (Figura 2).

La producción del total de tallos de la especie Poró fue mayor que en Madero Negro ($P \leq 0,05$) en ambas frecuencias. La frecuencia de 5

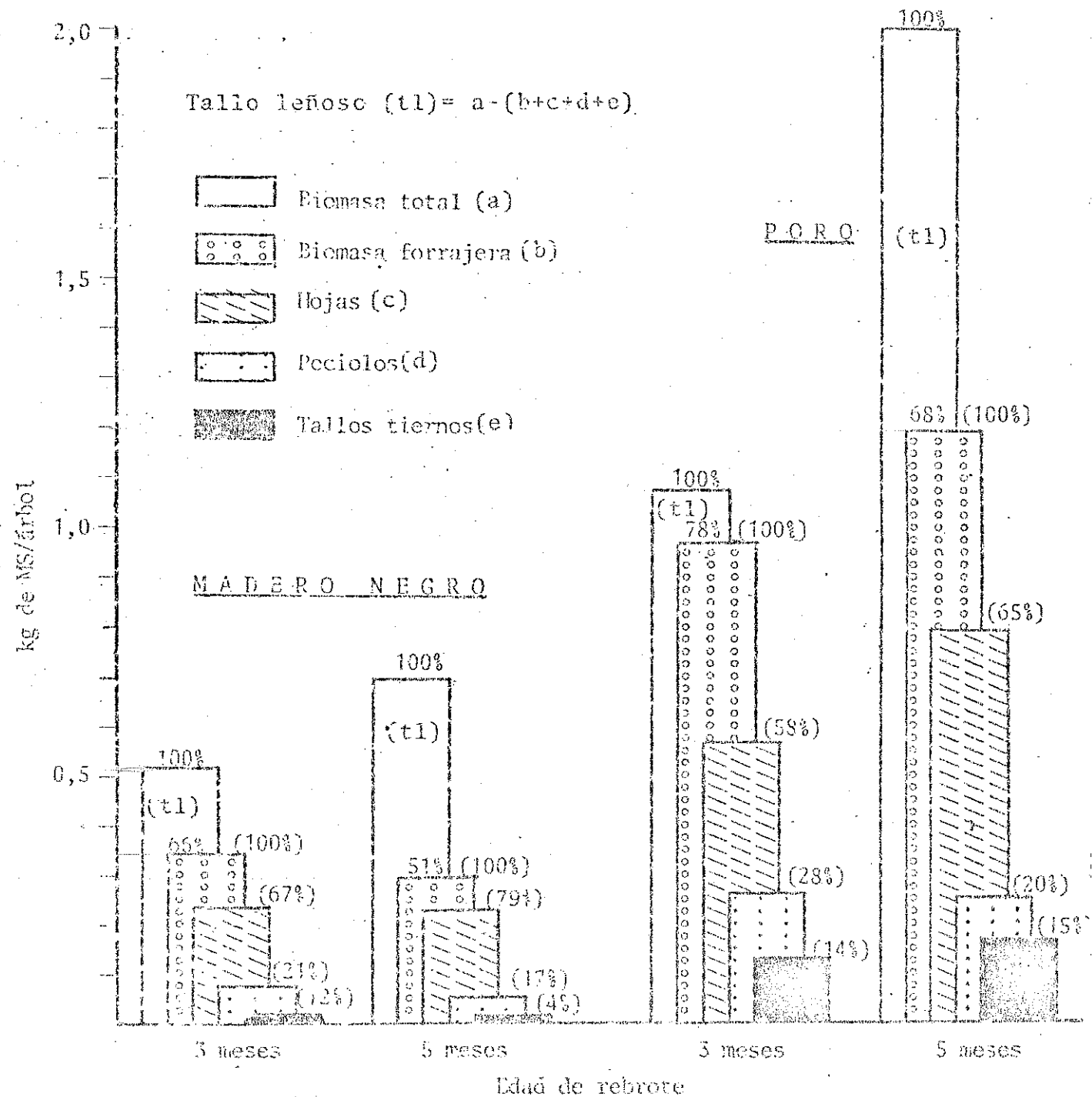


Figura 2 Producción de biomasa en función de la edad de rebrote de Poré y Madero Negro.

meses presentó la mayor cantidad de tallos que a 3 meses de edad de rebrote, en ambas especies. ($P < 0,05$) (Figura 2).

Cuadro 1: Producción de biomasa total de árboles forrajeros podados a diferentes frecuencias.

Especie	Frecuencia de poda, meses						Unidad	Ref
	2	3	4	5	6	12		
<u>E. poeppigiana</u>					42,00	45,00	kgMS/árbol*	(71)
<u>E. lithosperma</u>	2,68	5,22	5,71		4,34		kgMO/árbol	(42)
<u>E. poeppigiana</u>		1,06		2,00			kgMS/árbol	**
<u>G. sepium</u>	1,54	3,83	4,69		9,93		kgMO/árbol	(42)
<u>G. sepium</u>	7,60	10,00	7,70	7,10			kgM/árbol/año	(19)
<u>G. sepium</u>		0,51		0,58			kgMS/árbol*	**

* Promedio de 2 podas en la frecuencia 6 meses.

** Resultados de esta investigación.

En la Figura 1 se observa también que la producción de tallos tiernos en la especie Poró fue superior a Madero Negro en ambas frecuencias ($P < 0,05$). No hubo diferencias entre frecuencias para ambas especies.

Para la producción de biomasa forrajera (tallos tiernos, hojas y peciolo) (Figura 1), la especie Poró produjo más cantidad que Madero Negro en ambas frecuencias ($P < 0,05$). Las frecuencias no difieren entre sí, en ambas especies.

Nórese que a pesar del aumento de la biomasa total, en Madero Negro disminuyó la cantidad de biomasa potencialmente forrajera en la frecuencia de poda cinco meses, respecto de 3 meses. Esta disminución se origina en el decremento de las hojas (-2,47%), peciolo (-29,9%) y tallos tiernos (-64,2), mientras que el total de tallos aumentó ostensiblemente (+85,7%). Esta tendencia coincide con lo reportado por Chadnkar (19), aunque Bellard (4) da cantidades de forraje crecientes. A diferencia de Madero Negro, en el Foró la cantidad de biomasa potencialmente forrajera aumentó, si se compara la edad de rebrote de cinco meses con tres meses. En cambio la proporción de biomasa forrajera disminuyó en esta especie a consecuencia del fuerte aumento del tallo leñoso (Figura 2). La cantidad de tallo tierno aumentó, pero la proporción de éstos disminuyó con respecto del total de tallos debido al alargamiento de la rama. Esto sucede también en el Madero Negro (Figura 2).

La tendencia al aumento de la producción de biomasa forrajera en E. poeppigiana y G. sepium, conforme la edad de rebrote se incrementa, coincide con varios investigadores (4, 19, 71). Sin embargo, si con los datos encontrados se calcula la producción anual de un km de cerca, la frecuencia de cosecha de tres meses (1.150 kg/MS/km en el Madero Negro y 3.175 kg/MS/km en el Foró) es mayor que la de cinco meses (588 kg/MS/km y 2.273 kg/MS/km, respectivamente).

4.2 Caracterización nutritiva

4.2.1 Nitrógeno total

El nitrógeno total (N x 6,25) contenido en las porciones (MS) se muestra en las Figuras 3, 4 y Cuadro 2.

El contenido promedio de las porciones fue para el Madero Negro de $18,9 \% \pm 6,8$ y en el Poró $13,7 \% \pm 9,5$ (MS). La concentración de N total disminuye en las porciones conforme se acercan éstas a la base de la rama en ambas especies y frecuencias de edad de rebrote. Esta tendencia coincide con lo ya reportado en Costa Rica para el Poró (14) y podría ser explicado por la mayor actividad metabólica de las porciones en crecimiento activo de la rama (58). Las hojas mostraron los mayores valores, siguiéndole en orden de importancia el tallo tierno y los peciolo. Las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$). No se encontró diferencias significativas entre especies.

Los resultados muestran una ligera superioridad de la concentración de N total en las porciones de cinco meses especialmente en las hojas, respecto de las de tres meses de rebrote. La diferencia entre frecuencias fue significativa ($P < 0,01$). La tendencia a aumentar la concentración de nitrógeno conforme aumenta la edad de rebrote ha sido reportada, por Bellard (4) entre las frecuencias de poda de tres meses (20,6 %) y seis meses (24,3 %), pero que no se mantiene a nueve meses (21,3 %). Chadhokar (19) por otro lado, reporta para G. sepium cantidades similares de nitrógeno en el forraje cosechado cada dos o cuatro meses, pero que disminuye en cinco y seis meses. En la especie Poró también se reportan niveles se-

mejantes de nitrógeno total para las hojas cosechadas cada seis meses (4,48 %) y 12 meses (4,34 %), al igual que para los peciolos, respectivamente, 1,45 % y 1,47 % (71)..

Al parecer la concentración del nitrógeno y por consiguiente el posible valor nutritivo en relación a este nutriente, puede variar ampliamente debido al retardamiento de la madurez por el corte repetido o ramoneo (38); a este respecto Beliard (4), reporta en cercos vivos de Madero Negro podados a diferentes frecuencias, ausencia de floración y caída de las hojas.

4.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno

De acuerdo con el esquema seguido para el fraccionamiento del nitrógeno (Figura 1), los resultados obtenidos son los siguientes:

4.2.2.1 Nitrógeno soluble en borato fosfato

El nitrógeno soluble en borato fosfato ($N \times 6,25$) contenido en las porciones, se muestra en las Figuras 3, 4 (MS) y Cuadro 2 (NSBF/N total).

La concentración promedio de las porciones de Madero Negro fue de $43,7 \% \pm 14$ y en el Poró $41,8 \% \pm 16$ (NSBF/N total). En general el NSBF es mayor en los tallos tiernos, siguiéndole en importancia los peciolos y hojas. La concentración de NSBF disminuye en las porciones conforme éstas se colocan más cerca del tronco. Las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$).

La concentración de NSBF fue mayor en la frecuencia de rebrote de cinco meses que en la de tres meses ($P < 0,01$). Las especies no fueron significativamente diferentes entre sí.

Según se muestra en el Cuadro 4, los valores de solubilidad varían entre límites muy amplios (19,6 % - 70,7 % del N total) debido probablemente a las diferencias de función y requerimientos nutritivos en la planta, que a su vez estarían influenciados por factores genéticos, disponibilidad de nutrientes y el medio ambiente (50). Si se toma en cuenta el criterio de Owens (66), que clasifica el nitrógeno de la harina de alfalfa como muy soluble (20,3 % del N total), el material investigado puede considerarse también como de una solubilidad muy alta en la mayoría de porciones (Cuadro 2). Los valores de solubilidad reportados por Roldán (69), empleando líquido ruminal, para el forraje tierno de Madero Negro (39,9 %) y Poró (54,4 %), son similares a los resultados encontrados para las porciones del estrato superior de las especies correspondientes (Cuadro 2).

La alta solubilidad del nitrógeno en las porciones sugiere la posibilidad de que en una ración constituida principalmente por el forraje del Poró o Madero Negro, una rápida fermentación produzca un exceso de NH_3 que no podría ser utilizado por los microorganismos ruminales. Esto conduciría a su vez, a la disminución de la eficiencia de utilización del nitrógeno por el rumiante (22).

4.2.2.2 Proteína verdadera y nitrógeno no proteico solubles en borato fosfato

La concentración de proteína verdadera soluble en borato

fosfato (PVSBF/MS) se muestra en las Figuras 3, 4 y como porcentaje del nitrógeno total en el Cuadro 2. El contenido promedio del PVSBF para las porciones del Madero Negro fue de $1,6 \% \pm 0,6$ y en el Poró $1,1 \% \pm 0,3$ (MS). Las especies fueron significativamente diferentes entre sí ($P < 0,01$), siendo superior la media del Madero Negro.

Como puede observarse en las Figuras 3 y 4 el contenido de PVSBF varió entre los límites $0,65 \% - 2,6 \%$, mostrando las hojas en ambas especies y frecuencias los valores más altos. La diferencia entre porciones fue significativa ($P < 0,01$).

El contenido de PVSBF fue mayor en la frecuencia de cinco meses de edad de rebrote que en la de cinco meses, para ambas especies (Cuadro 2 y Figuras 3 y 4). Esta diferencia fue significativa ($P < 0,01$).

La concentración de nitrógeno no proteico soluble en borato fosfato (NNPSBF/MS), se muestra en las Figuras 3, 4 y como porcentaje del nitrógeno total en el Cuadro 2. El contenido promedio de NNPSBF para las porciones del Madero Negro fue de $6,2 \% \pm 2,9$ y para el Poró $6,1 \% \pm 3,0$ (MS). No se encontró diferencia significativa entre especies.

Como se aprecia en las Figuras 3 y 4, el contenido de NNPSBF es máximo en la porción tallo tierno en ambas especies y frecuencias, siguiéndole en orden de importancia las hojas y los peciolo. En estas dos últimas porciones se aprecia una tendencia a disminuir el contenido conforme éstas se acercan a la base de la rama. Las porciones resultaron diferentes entre sí ($P < 0,05$).

La concentración promedio de NNPSBF en las porciones de cinco meses fue mayor que en la de tres meses de edad de rebrote, en ambas especies ($P < 0,05$).

La información disponible acerca del NNPSBF y PVSBF en los forrajes tradicionales es escasa. La concentración de PV soluble en solución buffer es de 5 % o menos del N total en algunos forrajes, incluida la alfalfa^{1/}. Esta aseveración debe tomarse cautelosamente en vista de que el N y sus fracciones en los forrajes es muy variable. Sin embargo nótese que todas las proporciones de las leguminosas estudiadas (excepto las hojas del Poró) superan este valor (Cuadro 2). En todo caso, la solubilidad del N en borato fosfato, que solubiliza principalmente NNP, indica que el N disponible (soluble) en estos forrajes es mayormente NNP dada la concentración preponderante de esta fracción (Cuadro 2 y Figuras 3 y 4). Cabe mencionar que la PV soluble en soluciones buffer (constituida principalmente por albúminas y globulinas) posee un mayor valor nutritivo que prolaminas y glutaminas (insolubles), ambos tipos de proteína constituyen el total de PV contenido en las células vegetales. De acuerdo con Mangan (50), el N total en las hojas de los forrajes esta constituido 75 % aproximadamente, por nitrógeno proteico. Cabe señalar que la PVSBF, de alta disponibilidad, es una parte del total de PV contenida en estos forrajes. Se desconoce la cantidad de PV insoluble en borato fosfato y su disponibilidad al medio ruminal o post-ruminal. Para G. sepium y E. variegata (especie del mismo género que el Poró) se reportan concentraciones de PV de 21,9 % y 18,2 % (MS) lo cual representó 87,9 % y 85,6 % del N total, respectivamente (74). Puede concluirse que el total de PV para el Poró y Madero Negro es mayor que el encontrado y limitado por la cantidad de NNP.

En la formulación de raciones que incluyan estos forra-

^{1/} G. Pichard, comunicación personal.

Cuadro 2. Solubilidad en borato fosfato del nitrógeno contenido en tallos tiernos, hojas y peciolo de *E. poepnigiana* y *G. sepium* a dos edades de rebrote^{d/}.

	N Total ^{a/}		NSBF ^{a/}		PVSEF ^{b/}		NNPSEF ^{c/}	
	3	5	3	5	3	5	3	5
MADERO NEGRO								
Meses de rebrote	3	5	3	5	3	5	3	5
Tallo tierno	20,7	18,9	63,7	70,73	5,18	7,88	58,52	62,85
Hoja superior	25,9	27,6	27,7	41,00	6,57	8,47	21,03	32,53
Hoja media	24,0	27,7	21,38	37,50	7,49	9,04	13,89	28,46
Hoja inferior	21,5	25,4	21,85	35,03	8,44	10,33	13,41	24,70
Peciolo superior	15,4	14,5	40,85	57,30	7,17	13,17	33,68	44,13
Peciolo medio	11,0	11,9	44,75	52,93	9,45	11,02	35,30	41,91
Peciolo inferior	9,3	11,2	45,52	52,31	7,04	10,24	38,48	42,07
PORO								
Tallo tierno	17,8	22,4	67,17	60,25	4,42	6,22	62,75	54,03
Hoja superior	30,1	32,8	32,01	31,61	2,83	5,60	29,18	26,01
Hoja media	25,8	31,5	21,64	19,65	3,54	4,74	18,1	14,91
Hoja inferior	22,1	26,5	25,20	21,91	3,52	6,78	21,68	15,13
Peciolo superior	12,0	14,3	48,30	57,43	9,15	9,93	39,15	47,50
Peciolo medio	7,4	9,2	46,78	53,15	10,03	11,04	36,75	42,11
Peciolo inferior	8,5	7,8	46,01	54,02	8,5	11,52	37,49	42,50

a/ N x 6.25 (Proteína cruda)

b/ Determinado por el método de Lowry

c/ N soluble - N proteico

d/ Promedio de duplicados dentro de $\pm 5\%$ de la \bar{x} , excepto proteína verdadera $\pm 10\%$

NIBF, NSBF, PVSEF, NNPSEF = Nitrógeno insoluble, nitrógeno soluble, proteína verdadera soluble y nitrógeno no proteico, respectivamente, en borato fosfato.

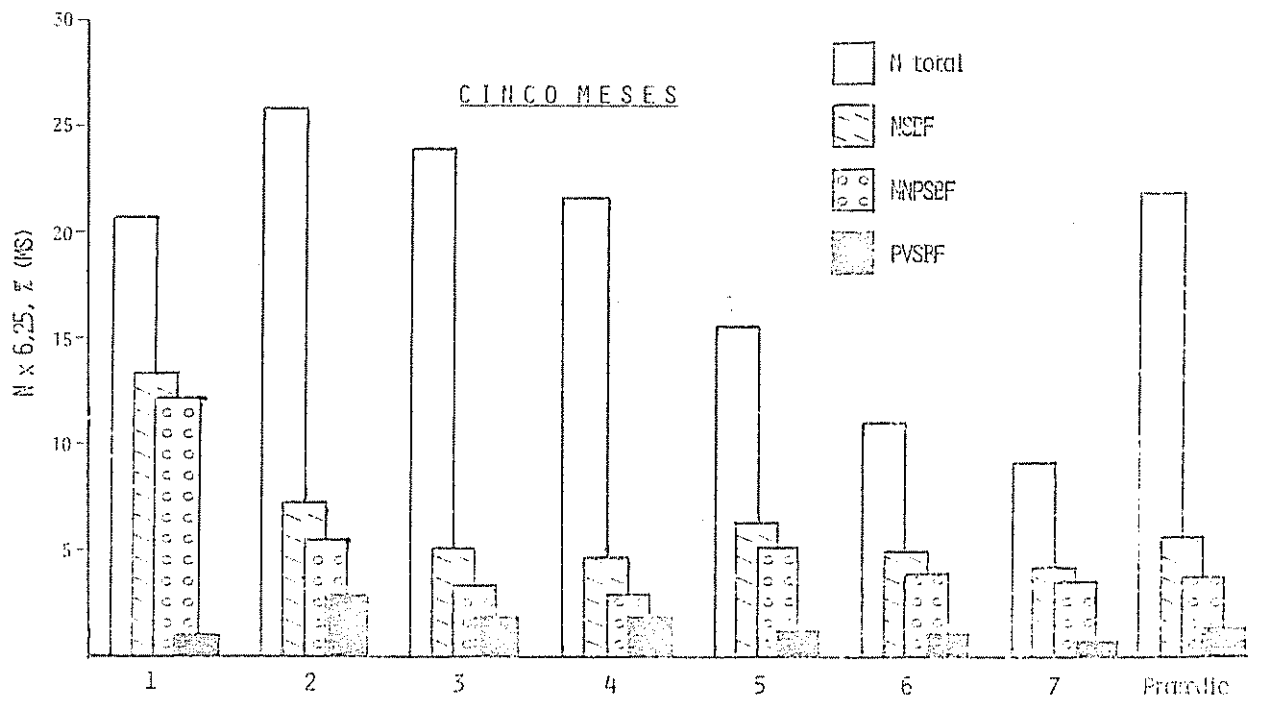
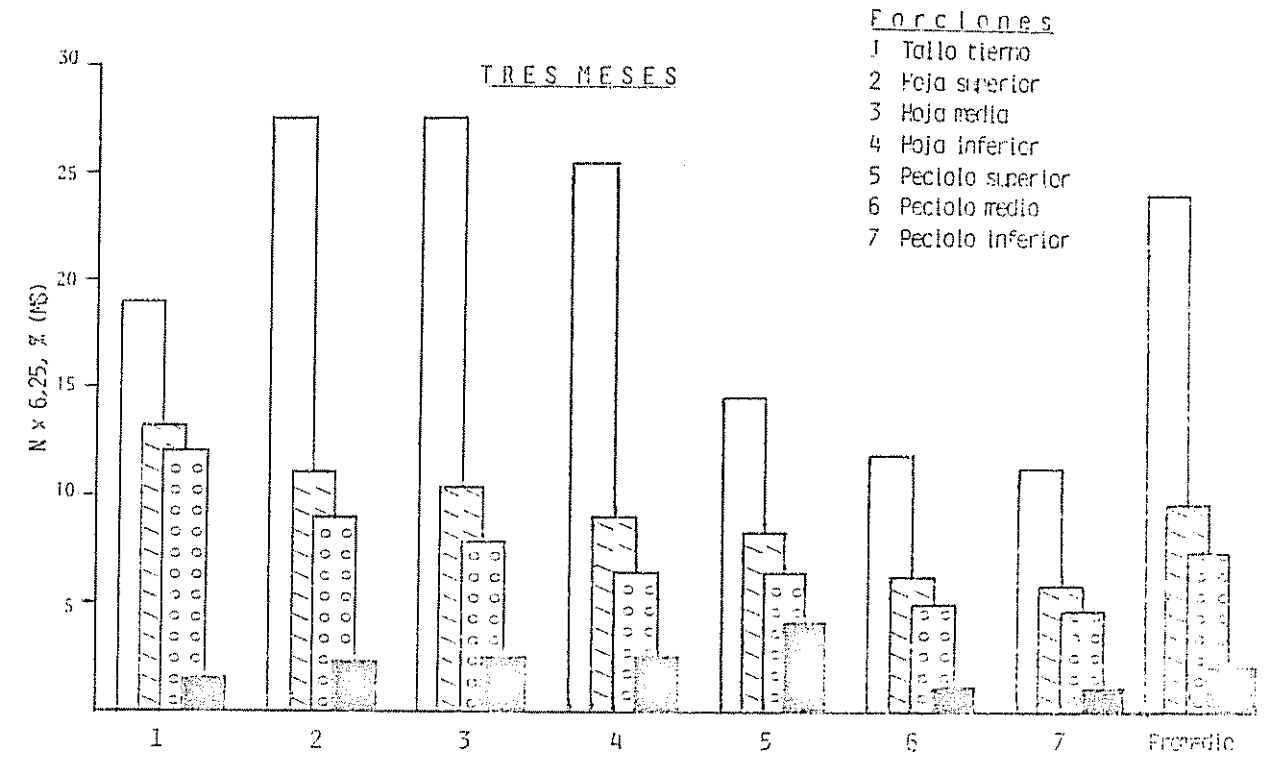


Figura 3 Nitrógeno total y solubilidad en borato fosfato del nitrógeno contenido en los cercos de Madero Negro, a dos edades de rebrote.

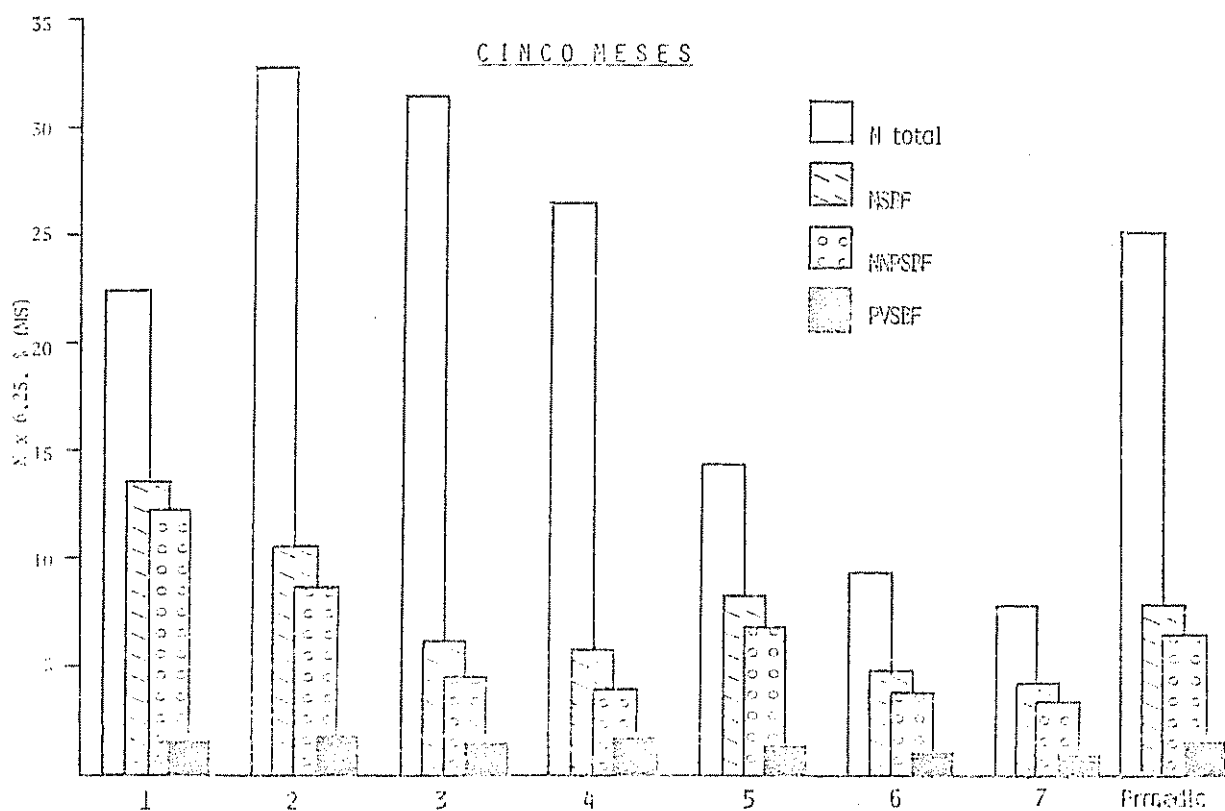
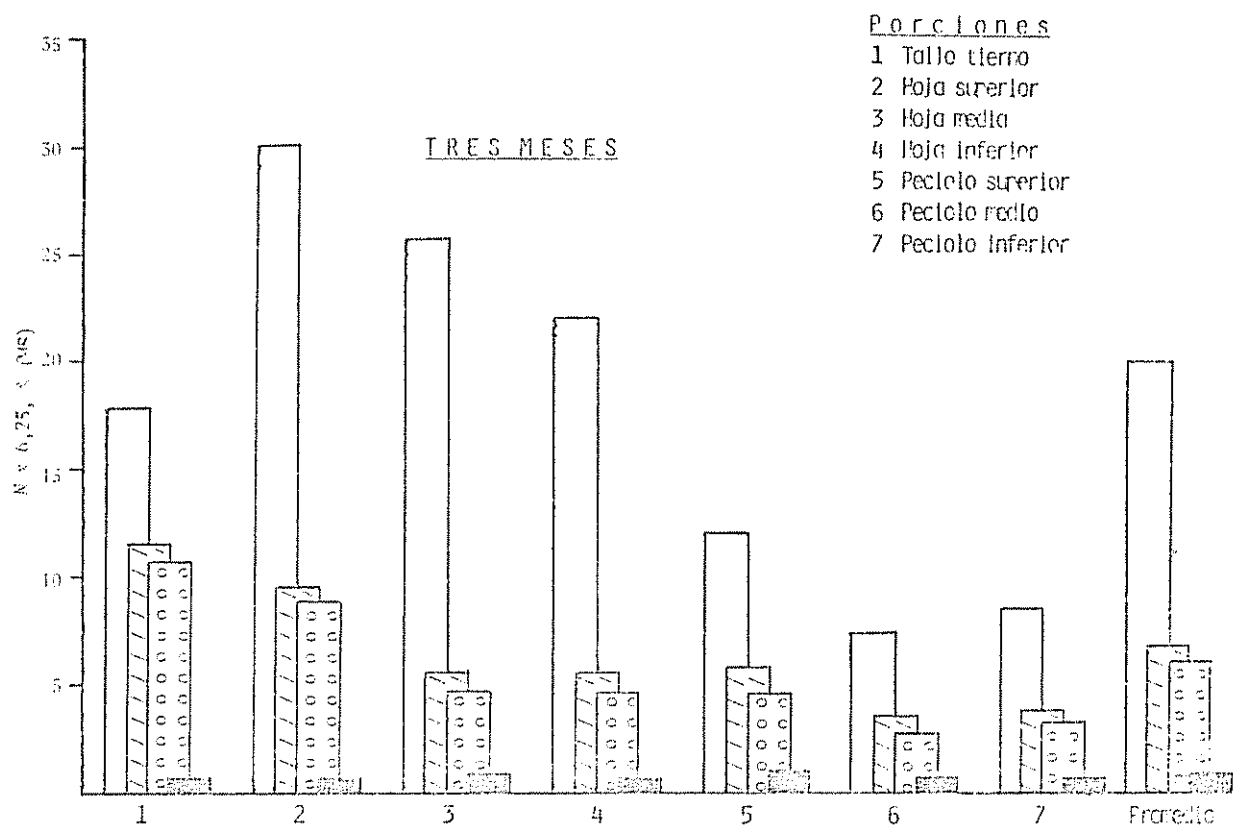


Figura 1. Nitrógeno total y solubilidad en tartrato fosfato del nitrógeno contenido en las porciones de Poro, a dos edades de rebrote.

jes como suplemento nitrogenado, debe contemplarse una fuente de energía rápidamente disponible a los microorganismos que coincida con la amplia disponibilidad del N, que está constituido principalmente por NNP de alta solubilidad. También sería apropiado disminuir la cantidad de estos forrajes en cada comida y aumentar la frecuencia de su consumo.

4.2.2.3 Nitrógeno insoluble en detergente neutro

Como se observa en las Figuras 5 y 6, la cantidad de nitrógeno insoluble en detergente neutro (NIDN) es considerablemente mayor en las hojas que en los peciolo y tallos tiernos, en ambas especies y frecuencias de rebrote. Esta tendencia coincide con lo reportado para algunos forrajes, que muestran mayor concentración de NIDN en las hojas que en los tallos (23). Las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$). Los valores de NIDN aumentan en el Madero Negro conforme las hojas se colocan más cerca de la base de la rama, mientras que en el Poró descienden.

Coincidiendo con otros autores (38) que reportan un aumento del tejido fibroso conforme madura la planta, la concentración encontrada de NIDN es mayor en la frecuencia cinco meses que en tres meses de edad de rebrote en ambas especies. Sin embargo esta diferencia no fue significativa, al igual que el efecto de especie. El detergente neutro disuelve la proteína citoplásmica recuperándose el nitrógeno contenido en la pared celular, que incluye cantidades variables de proteína degradable y una fracción de nitrógeno que no es disponible (68). El calentamiento del forraje tiende a incrementar la cantidad de NIDN antes que la fracción de nitrógeno insoluble en detergente ácido (68).

La concentración de NIDN es una proporción considerable del nitrógeno total, especialmente en las hojas en ambas especies y frecuencias (Figuras 5 y 6). No se descarta la posibilidad de que el tiempo de secado del material (96 h, aproximadamente), a pesar de la baja temperatura aplicada (40 °C), sea responsable de este resultado. Sin embargo, debe esperarse también una reducción de su disponibilidad a nivel ruminal. El significado nutricional de esta fracción no es muy claro, aunque se le relaciona con el nitrógeno lentamente degradable en el rumen (43).

4.2.2.4 Nitrógeno insoluble en detergente ácido

Como se aprecia en las Figuras 4 y 5, (base seca) el contenido de nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) en las porciones varía entre los límites 2 %-13,8 % (MS). Existe similitud para el contenido de NIDA entre las porciones correspondientes entre ambas especies. Los valores son ligeramente superiores en la frecuencia de corte cinco meses que en tres meses de edad de rebrote, excepto en tallo tierno y hoja superior en Madero Negro, y hoja media e inferior en el Poró. La concentración aumenta en el Madero Negro conforme las porciones se acercan a la base de la rama, al igual que en las hojas de el Poró de tres meses de edad de rebrote. En el Poró la concentración disminuye en peciolo y hojas de la frecuencia cinco meses de rebrote.

El contenido de NIDA presenta la misma tendencia que el NIDN, a ser mayor en las hojas que en los tallos tiernos y peciolo. La diferencia entre porciones fue significativa ($P < 0,01$), no así para el efecto de especie o frecuencia de rebrote,

De acuerdo con Goering, et al (33), la solubilidad del nitrógeno en detergente ácido esta directamente correlacionada con la digestibilidad del nitrógeno total, de ahí la importancia de su estimación. Las porciones de los forrajes estudiados, especialmente hojas (25,6 %- 51,6 % de FDA), muestran concentraciones muy superiores de NIDA que la planta total, hojas y tallos de forrajes como alfalfa y pasto sudán (23). De acuerdo con los valores reportados de NIDA en la literatura (68), los encontrados para el Madero Negro y el Poró son escasamente altos, lo cual no puede decirse del NIDN que en algunas porciones es una fracción considerable del nitrógeno total.

La cantidad de NIDN en la mayoría de las porciones presenta un valor más alto que el del nitrógeno insoluble en detergente ácido, lo cual podría significar que una porción importante del nitrógeno se relaciona principalmente con hemicelulosa.

Debe señalarse que la cantidad de nitrógeno insoluble en detergente ácido, que incluye nitrógeno lignificado y los productos de la reacción de Maillard (68) no es disponible a la degradación ruminal ni a la digestión, por lo que debe sustraerse de la cantidad de N total potencialmente útil en la alimentación de animales domésticos.

4.2.3 Constituyentes de la pared celular

La concentración de los constituyentes de la pared celular en los forrajes analizados se muestra en la Figura 7. Puede apreciarse que, en general, las porciones de tres meses de edad de rebrote presentan mayor concentración que en cinco meses. Esta diferencia se encontró significativa ($P < 0,01$).

T P E S M F S F S

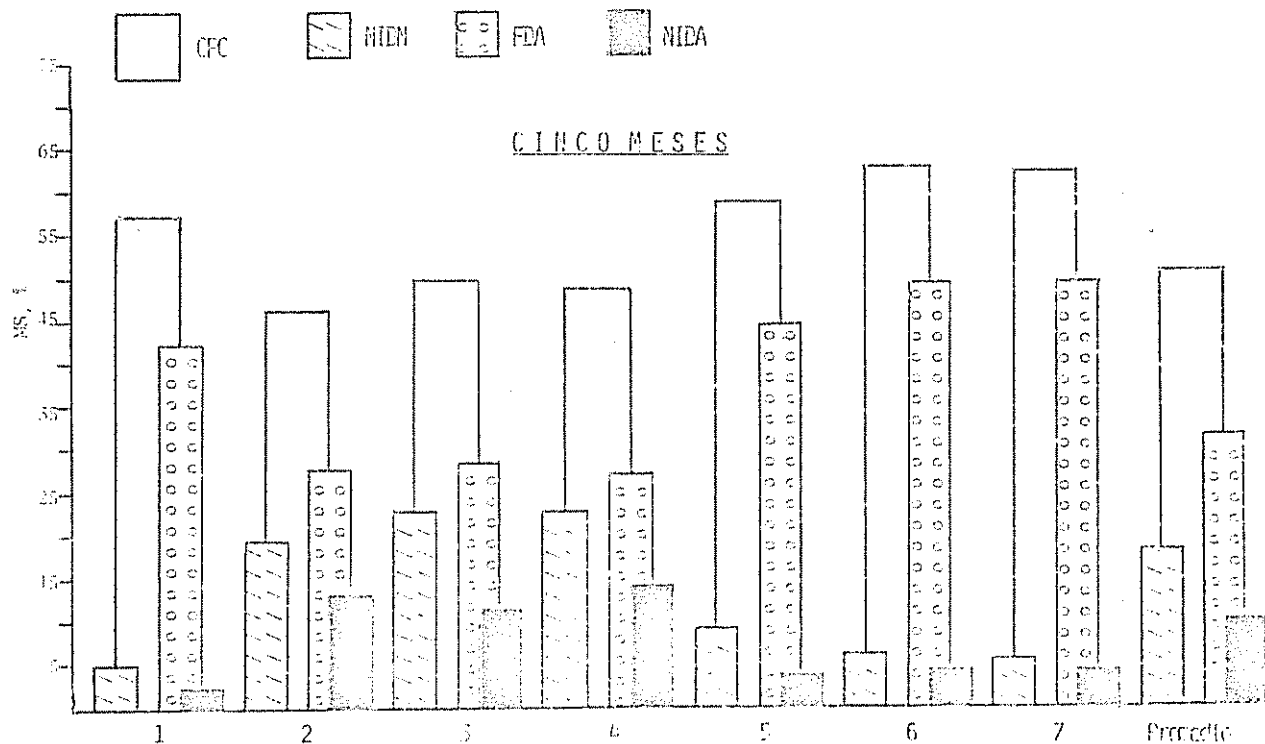
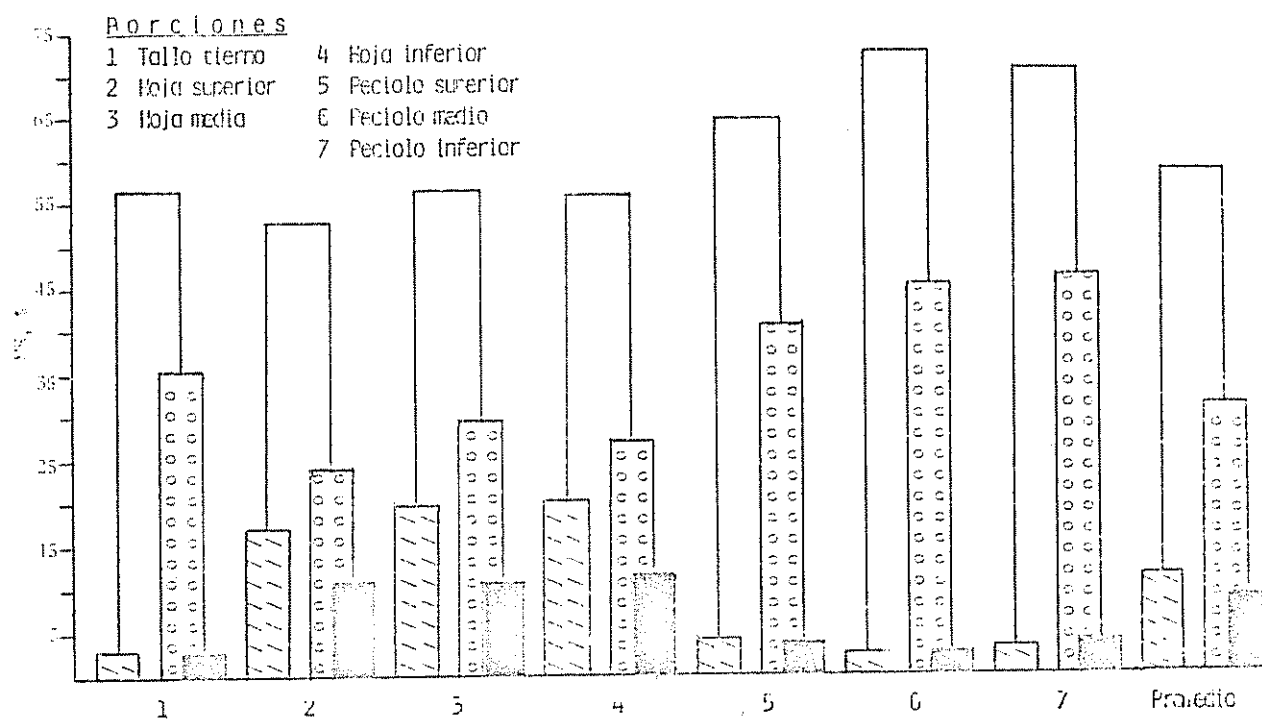
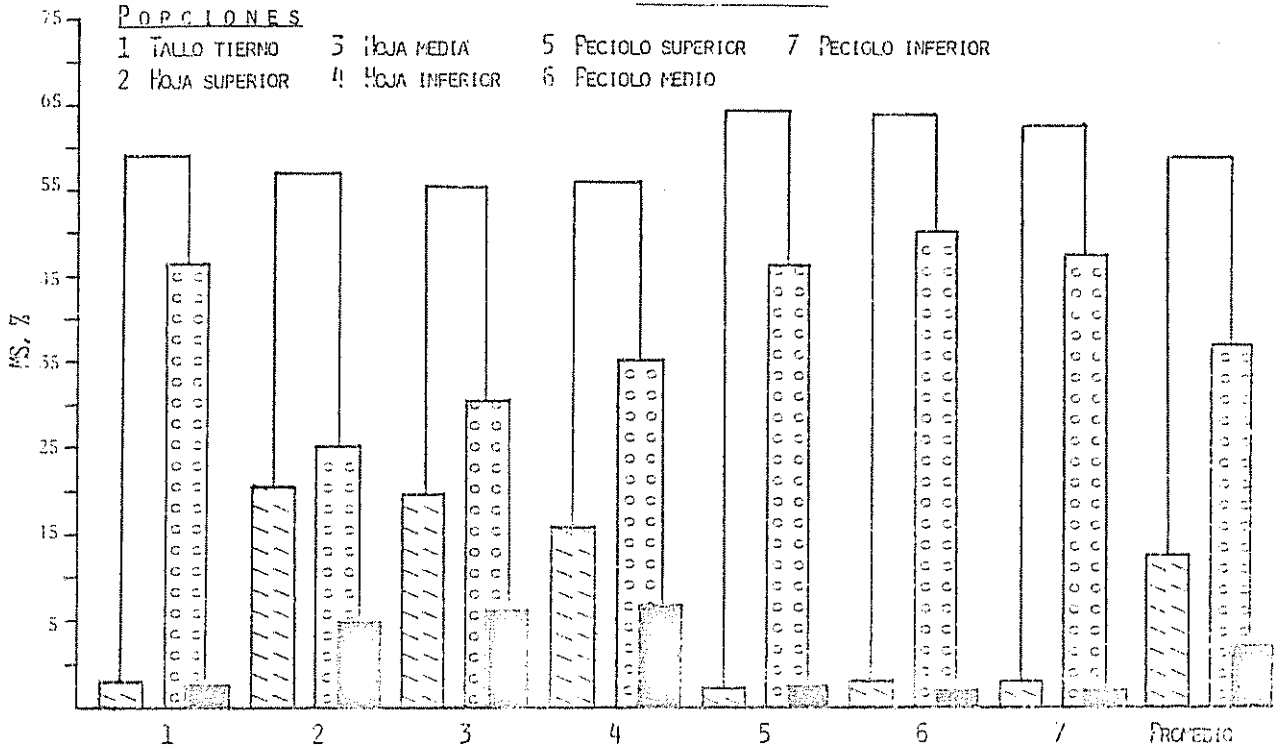


Figura 5 Contenido de constituyentes de la pared celular, fibra detergente ácido y nítrico Insoluble en detergentes ácido y neutro de las porciones de *Moringa* a dos épocas de rebrote.

TRES MESES



CINCO MESES

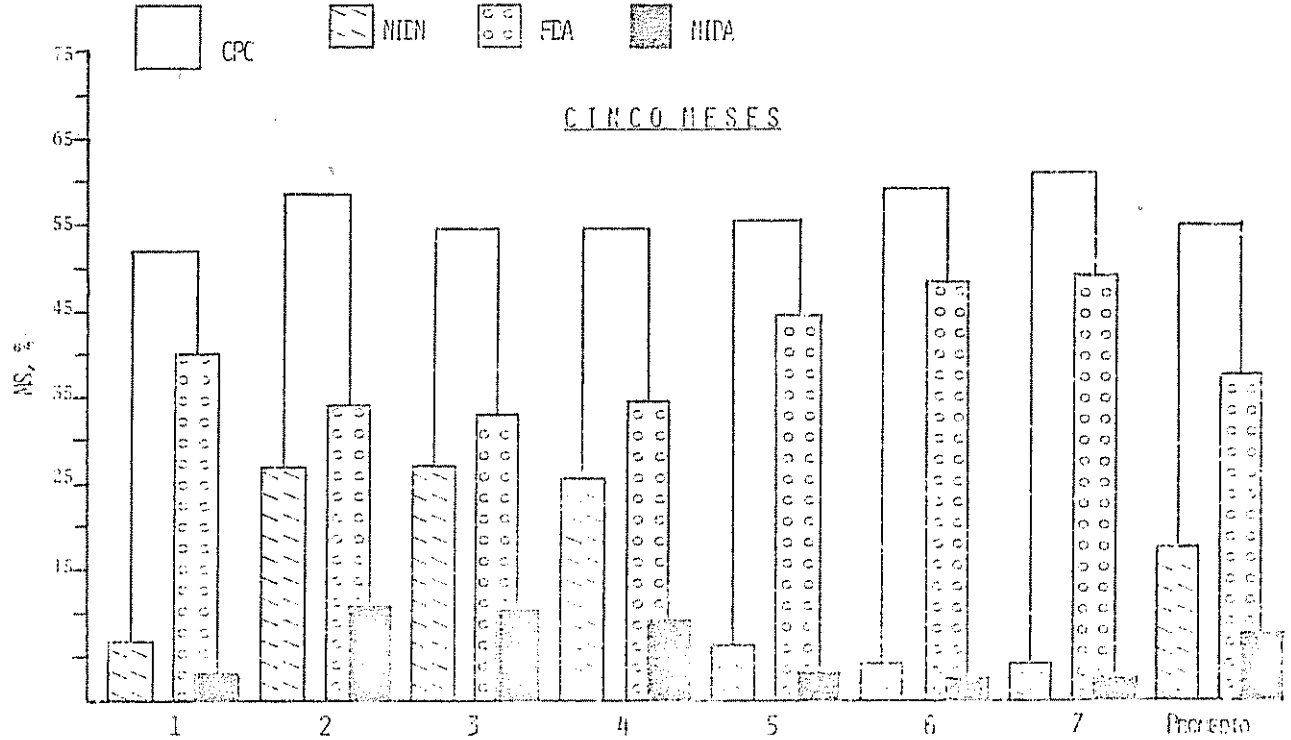


FIGURA 6 CONTENIDO DE CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR, FIBRA DETERGENTE ÁCIDO Y HÍDRÓLITO INSOLUBLE EN DETERGENTES ÁCIDO Y NEUTRO DE LAS PORCIONES DE PÓVO A LOS EDARES DE REBOTE.

Los pecioloos se muestran inferiores a las hojas o tallos tiernos en ambas especies y frecuencias. Las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$).

La concentración de los CPC para el Madero Negro fue de 46,3 % - 72,3 % (MS) y en el Poró 51,8 % - 68,9 %. Las especies no fueron diferentes entre sí.

El promedio de los valores de los CPC para las especies investigadas son superiores a los reportados por Roldán (69) para el Poró (40,5 % y Madero Negro (39,4 %), para alfalfa (23) y ligeramente superiores a heno (52,2 % - 57,7 %) o ensilajes (52,6 %) (44, 45). Son inferiores a algunos pastos como gamalote, alemán, guinea, pará, elefante o pangola, con concentraciones de los CPC de 73 % - 85 % (67) y a pastos definitivamente fibrosos como los analizados por Medina (53), excepto el pseudotallo de banano.

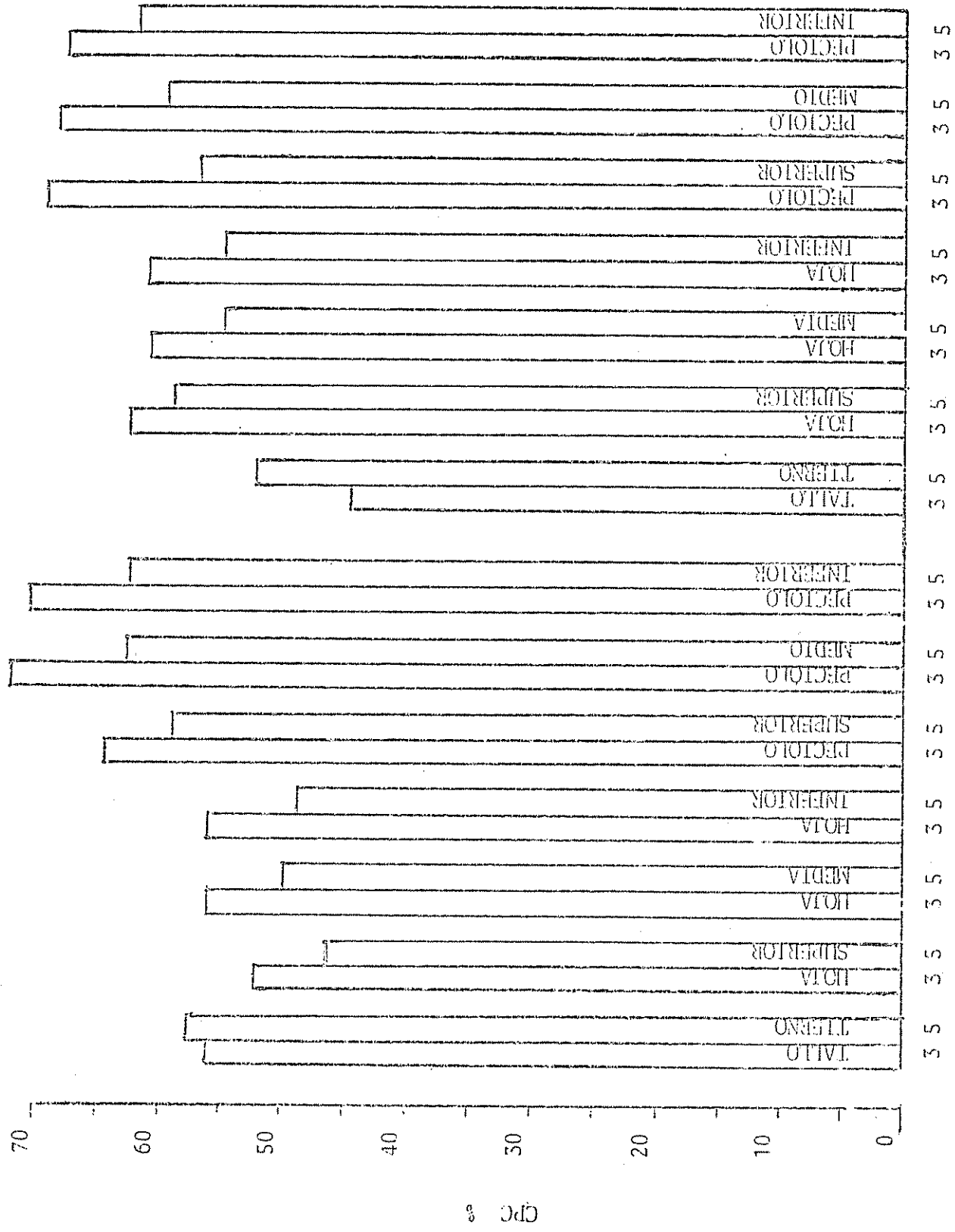
Los CPC son de una disponibilidad variable a la degradación ruminal, además de contener una fracción completamente indisponible (lignocelulosa) que puede estimarse por el método de la fibra detergente ácido (FDA).

4.2.3.1 Fibra detergente ácido

En la Figura 8, puede apreciarse que la porción de los pecioloos contine mayor cantidad de fibra detergente ácido (FDA) que el tallo tierno o las hojas en ambas especies y frecuencias. La diferencia entre porciones resultó significativa ($P < 0,01$).

Las porciones del Madero Negro presentan mayor concentración de FDA a cinco meses que a tres meses de rebrote. Lo contrario parece ocurrir en el Poró. Las frecuencias no fueron significativamente diferentes.

MADERO NEGRO PORO



Frecuencia de corte, meses

Figura 7 Contenido de constituyentes de la pared celular (CPC)

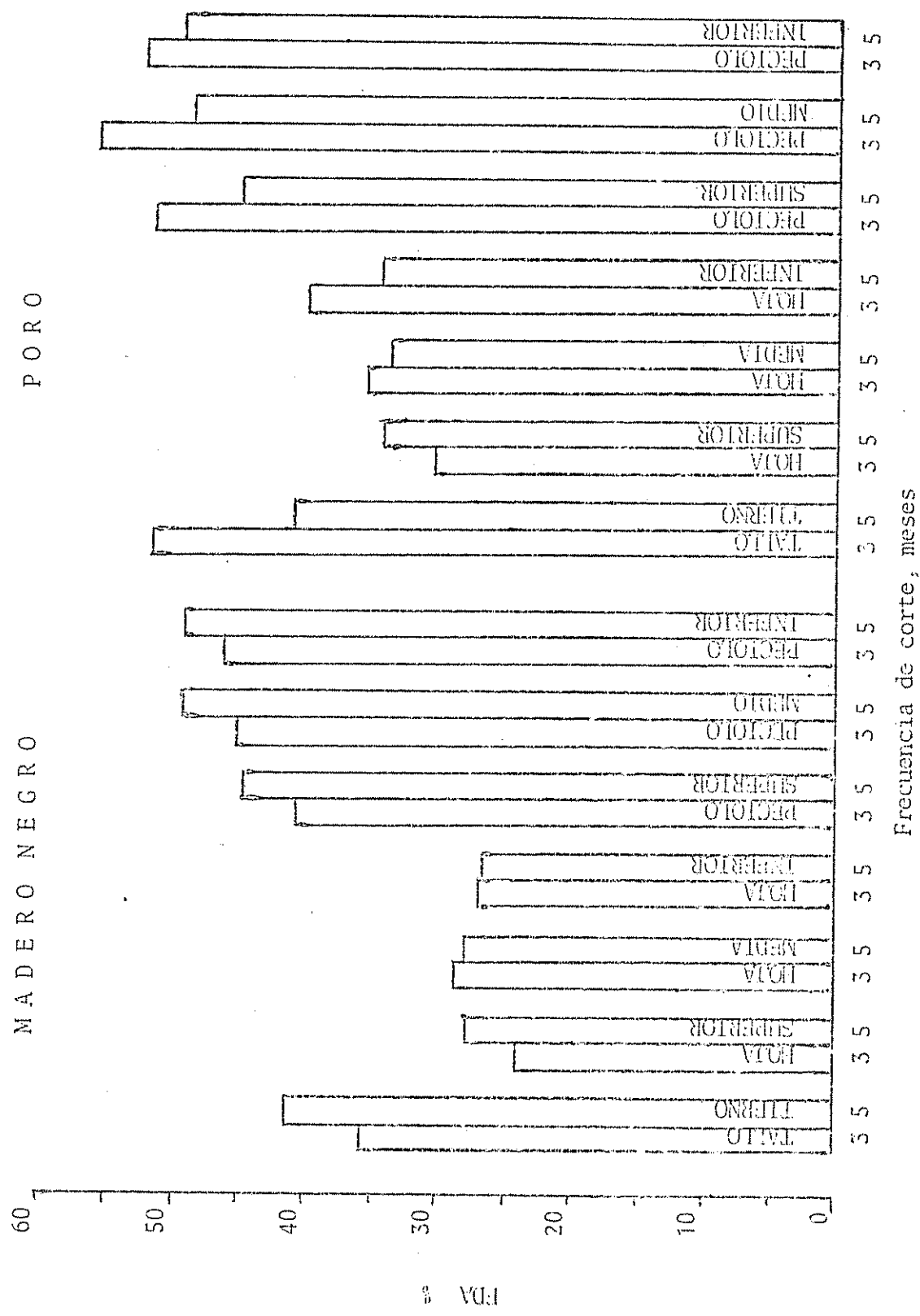


Figura 8 Contenido de lignocelulosa (FDA).

Se encontró diferencia entre especies, favoreciendo a la media de el Poró ($P < 0,01$).

El contenido de FDA para los forrajes estudiados varía entre los límites 23,8 % - 49,5 % en el Madero Negro y 29,9 % - 55,1 % en el Poró. Estos valores son superiores a los reportados por Roldán (69) para el Poró (26,5 %) y Madero Negro (25,5 %) o la alfalfa (23). Son similares con algunos forrajes tropicales (67) con valores de FDA de 43 % - 54 %, son inferiores a los forrajes fibrosos analizados por Medina (55), excepto el pseudotallo de banano. Puede concluirse que las leguminosas estudiadas son moderadamente fibrosas si se considera el material preponderante del forraje que son las hojas; son comparables con pastos de clima templado, pero menos fibrosos que algunos forrajes tropicales tradicionales.

4.2.4 Degradabilidad ruminal

4.2.4.1 Materia seca

Las curvas de degradación de las porciones se muestran en las Figuras 9, 10, 11 y 12 y los parámetros de degradación potencial (A), coeficiente de aceleración de la degradación (B), tiempo de latencia (C), degradabilidad inicial, fracción degradada no inmediatamente y tiempo medio de degradación, en los Cuadros 3 y 4. Se puede observar que la degradabilidad inicial de todas las porciones fue menor que 5 %. También se puede observar que existe una tendencia a disminuir la degradabilidad inicial conforme aumenta la edad de rebrote en ambas especies y frecuencias.

En el Madero Negro se encontró que la degradabilidad potencial esta entre los límites 50 %-80 %. La porción con la mayor degradabilidad potencial fue la hoja superior y a continuación le siguen peciolo superior, tallo tierno, hoja media, hoja inferior, peciolo medio y peciolo inferior. Este orden se mantiene en ambas frecuencias, excepto el peciolo superior que desciende en cinco meses de rebrote. En el Poró la degradabilidad potencial fue de 30 % - 70 % y la porción con el valor más alto fue tallo tierno, siguiéndole en orden de importancia hoja superior, peciolo superior, peciolo medio, peciolo inferior, hoja media y hoja inferior. Este ordenamiento se mantiene en ambas frecuencias, excepto la hoja superior donde se reduce su degradabilidad en la edad de rebrote cinco meses. En ambas especies la degradabilidad tiende a disminuir conforme se acercan las porciones a la base de la rama y aumenta la edad de rebrote.

Esto último es más evidente en la especie Poró. Alrededor de 18 h de fermentación fueron suficientes para que la degradación de las porciones presenten valores cercanos a la degradabilidad potencial en la edad de rebrote tres meses y 36 h en cinco meses, en ambas especies.

La degradabilidad potencial no fue significativamente diferente entre las especies. Las frecuencias de edad de rebrote fueron significativamente diferentes entre sí, siendo superior la media de tres meses ($P < 0,05$). Las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$).

Las porciones del estrato superior en ambas leguminosas, muestran valores de degradabilidad potencial más bajos que los reportados por Roldán (69) para el forraje de Poró (82,4 %) y Madero Negro (72,5 %), equivalentes a las porciones por él analizadas. El promedio de degradabilidad potencial de las hojas de ambas especies y frecuencias de rebrote de

de $59,5 \% \pm 12,9$, es inferior al promedio de algunas leguminosas de los géneros Desmodium, Macroptilium, Onobrichis, Trifolium y Medicago (71 %), ligeramente inferiores al promedio de 19 gramíneas (64 %) y superiores al promedio de 20 especies de arbustos y árboles forrajeros (47 %), según la revisión hecha por Hacker y Minson (38). La disminución del valor de degradabilidad potencial conforme aumenta la edad de rebrote en los forrajes analizados, coincide con algunos autores (38, 39) que relacionan ésta con la lignificación del xilema y esclerénquima que protegen de la degradación a otros tejidos más susceptibles como el floema, especialmente en las hojas maduras. Las diferencias no son tan intensas entre frecuencias de rebrote, en los estratos medio e inferior. posiblemente debido a la abscisión de las hojas maduras que en el Poró es de alrededor de cuatro meses (71). La diferencia de degradabilidad entre estratos puede explicarse por la secuencia estricta del apareamiento de las porciones, con las más jóvenes y digeribles en la parte terminal y las maduras en la parte basal de la rama.

El coeficiente de aceleración no mostró diferencias significativas para los efectos de especie, porción o edad de rebrote. Sin embargo, puede notarse una tendencia en los valores a aumentar la velocidad de degradación en la edad de rebrote de cinco meses con respecto a la de tres meses, en ambas especies y todas las porciones.

Las porciones analizadas no muestran ninguna latencia en el inicio de la degradación (Cuadro 3). La fracción que no se degrada inmediatamente según la función matemática utilizada, sería casi o la totalidad de la materia seca potencialmente degradable, dada la escasa solubilidad inicial (Cuadro 4).

Cuadro 3. Parámetros de la degradabilidad de la materia seca

	A	+S _A	B *	+S _B *	C *	+S _C *	S _{y.x}	R ²
MADERO NEGRO 3 MESES								
TT	69,20	2,01	16,68	2,36	- 7,30	41,22	4,71	0,99
HS	78,73	2,41	10,46	1,39	-27,59	60,92	4,95	0,99
HM	68,96	2,35	11,08	1,67	-29,99	66,24	4,92	0,99
HI	64,85	1,45	12,28	1,24	-24,41	40,52	3,13	0,99
PS	69,30	0,87	13,66	0,85	- 7,25	20,54	1,92	0,99
PM	56,00	2,12	100,00	102133,56	0,0	9,31	5,21	0,99
PI	51,00	3,71	100,00	197724,94	0,0	17,85	9,40	0,97
PORO 3 MESES								
TT	71,97	3,64	09,04	1,99	-75,23	117,84	7,04	0,99
HS	70,28	1,53	11,84	1,21	-15,70	39,38	3,23	0,99
HM	49,97	3,08	14,11	4,20	-41,68	107,86	6,91	0,98
HI	46,45	2,19	11,53	2,50	-51,68	94,72	4,65	0,99
PS	68,22	3,23	11,65	2,51	-39,88	91,83	6,88	0,99
PM	59,84	2,92	11,00	2,46	-62,23	102,65	6,10	0,98
PI	59,02	3,29	11,45	2,96	-63,52	115,35	6,95	0,98
MADERO NEGRO 5 MESES								
TT	63,32	1,03	19,78	1,69	- 2,42	20,16	2,52	0,99
HS	74,60	1,70	15,52	1,67	- 2,35	33,50	3,91	0,99
HM	59,86	3,27	18,46	5,13	- 5,41	71,64	7,84	0,98
HI	58,78	2,73	23,99	6,59	- 5,74	49,81	6,88	0,98
PS	59,73	4,34	21,80	8,75	- 2,70	83,04	10,75	0,97
PM	54,06	1,43	15,83	1,99	- 4,41	38,61	3,31	0,99
PI	51,22	2,55	14,17	3,36	-30,76	84,36	5,73	0,98
PORO 5 MESES								
TT	69,20	2,02	20,16	3,11	- 1,73	55,44	4,94	0,99
HS	60,71	1,62	18,19	2,46	- 6,49	35,54	3,87	0,99
HM	43,47	2,20	07,28	1,54	-108,87	131,16	3,80	0,98
HI	37,03	1,61	17,69	3,88	-11,15	59,93	3,82	0,98
PS	63,58	1,38	17,07	1,82	- 3,12	30,0	3,26	0,99
PM	58,02	0,79	20,71	1,52	- 1,98	16,29	1,95	0,99
PI	54,24	1,27	19,82	2,43	- 3,94	28,90	3,08	0,99

* cifras X 100

TT = tallo tierno

HS, HM, HI = hoja superior, media, inferior

PS, PM, PI = peciolo superior, medio, inferior

$$Y = A(1 - e^{-B(t-C)})$$

Cuadro 4. Parámetros estimados según la ecuación^{1/} que definió la degradabilidad ruminal de la materia seca.

	Degradabilidad inicial %	Fracción no degradada inmediatamente %	Tiempo medio de degradación h
MADERO NEGRO 3 MESES			
TT	0,83	68,37	2,08
HS	2,24	79,49	6,34
HM	2,25	66,71	5,95
HI	1,92	62,93	5,00
PS	0,68	68,62	5,00
FM	0,0	56,00	0,69
PI	0,0	51,0	0,69
FORO 3 MESES			
TT	1,73	67,19	6,91
HS	1,30	69,98	5,69
HM	2,85	47,12	4,49
HI	2,69	43,76	5,49
PS	3,10	65,12	5,55
FM	3,96	55,88	5,67
PI	4,414	54,88	5,42
MADERO NEGRO 5 MESES			
TT	0,30	63,02	3,48
HS	0,27	74,33	4,44
HM	0,60	59,26	3,70
HI	0,80	57,98	2,83
PS	0,35	59,38	3,15
FM	0,38	53,68	4,33
PI	2,18	50,9	4,58
FORO 5 MESES			
TT	0,24	68,96	3,42
HS	3,15	57,56	3,74
HM	3,31	40,16	8,43
HI	0,72	36,31	3,80
PS	0,34	63,24	4,02
FM	0,24	57,78	3,33
PI	0,42	53,82	3,46

$$1/ Y = A (1 - e^{-B(t-C)})$$

TT, HS, HM, HI, PS, FM, PI, respectivamente tallo, hojas superiores, medio inferior, peciolo superior, medio e inferior.

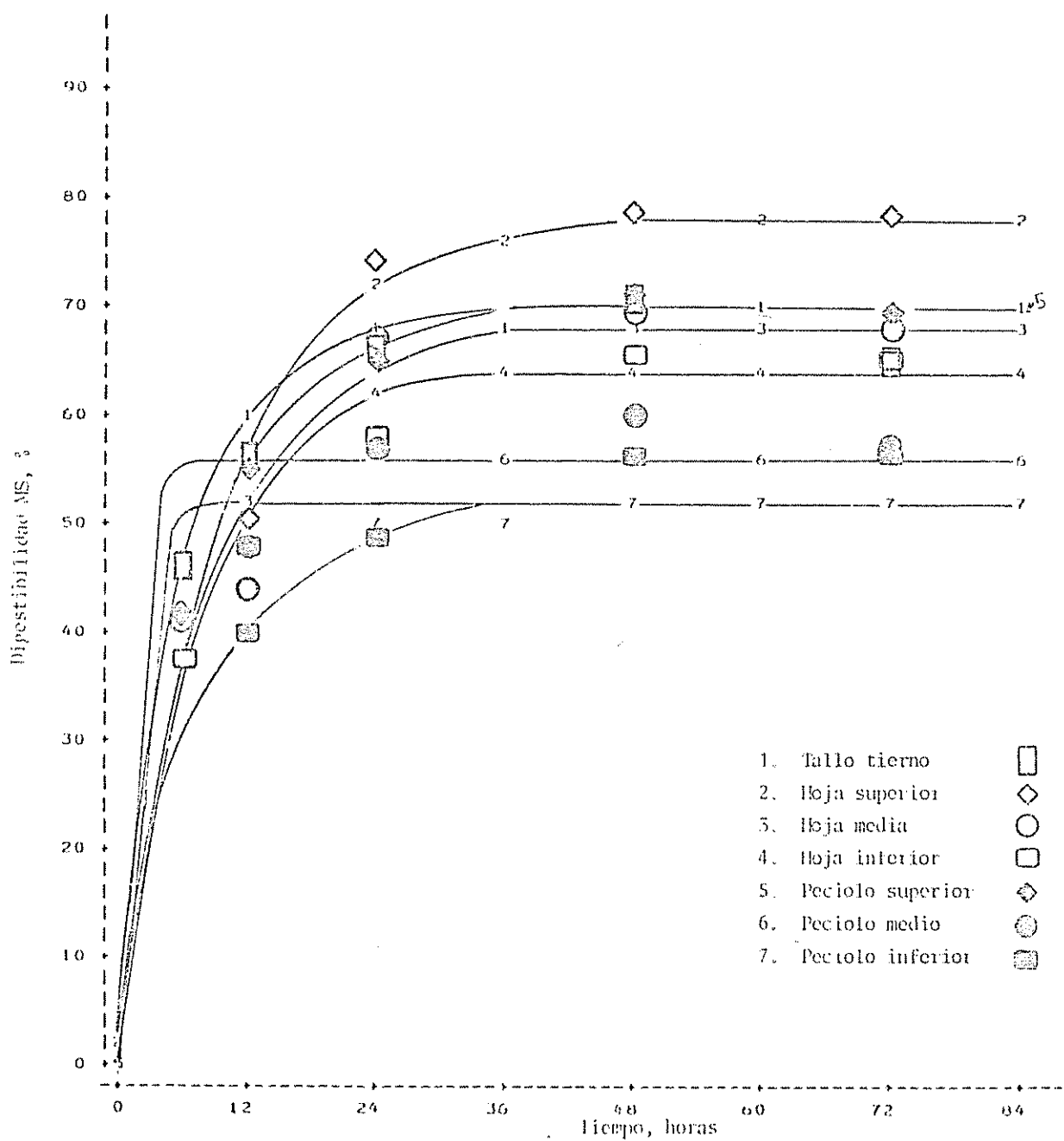


Fig. 9 Digestibilidad acumulativa de la ruteria seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres peses de rebrote.

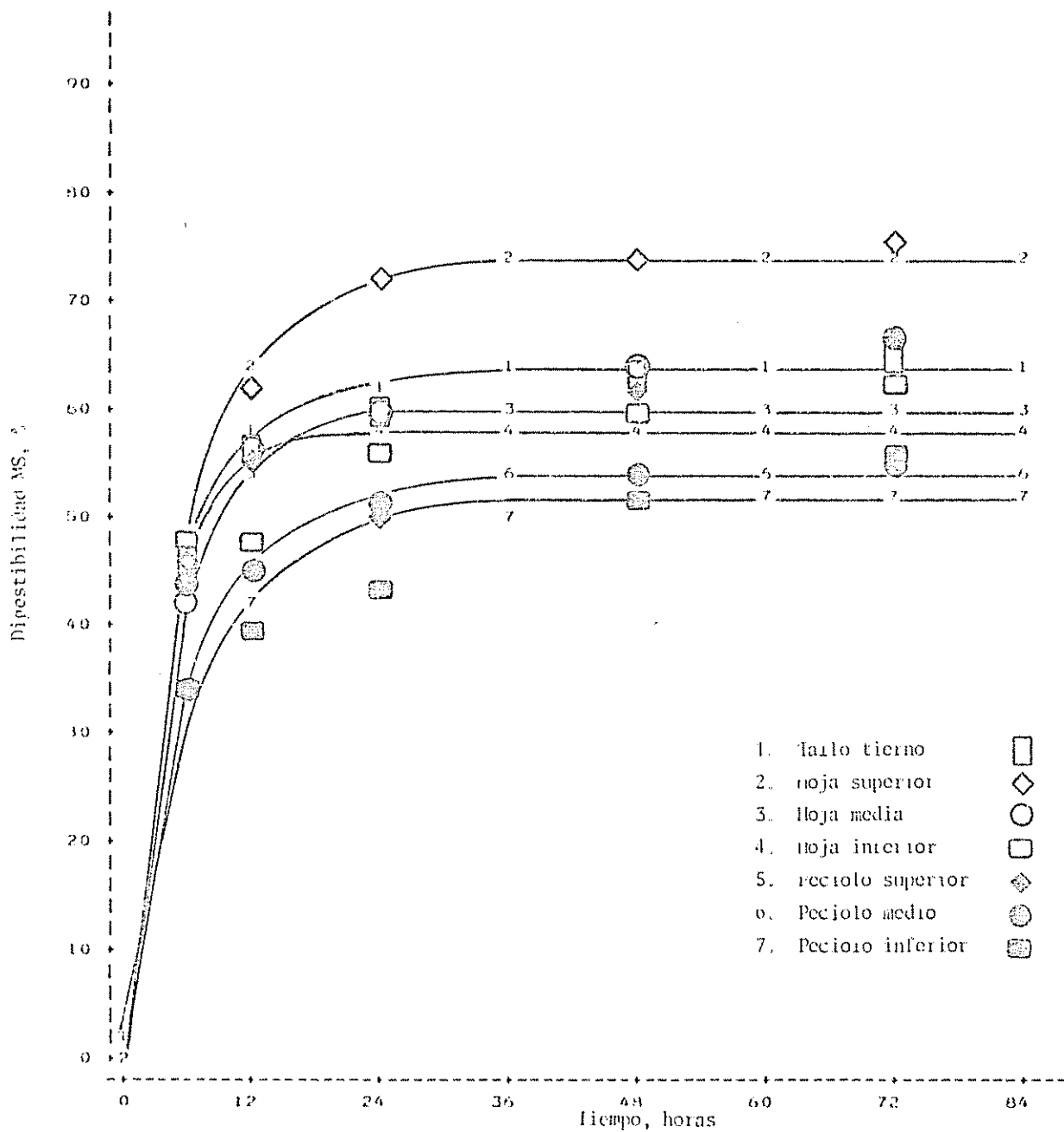


Fig. 10 Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote.

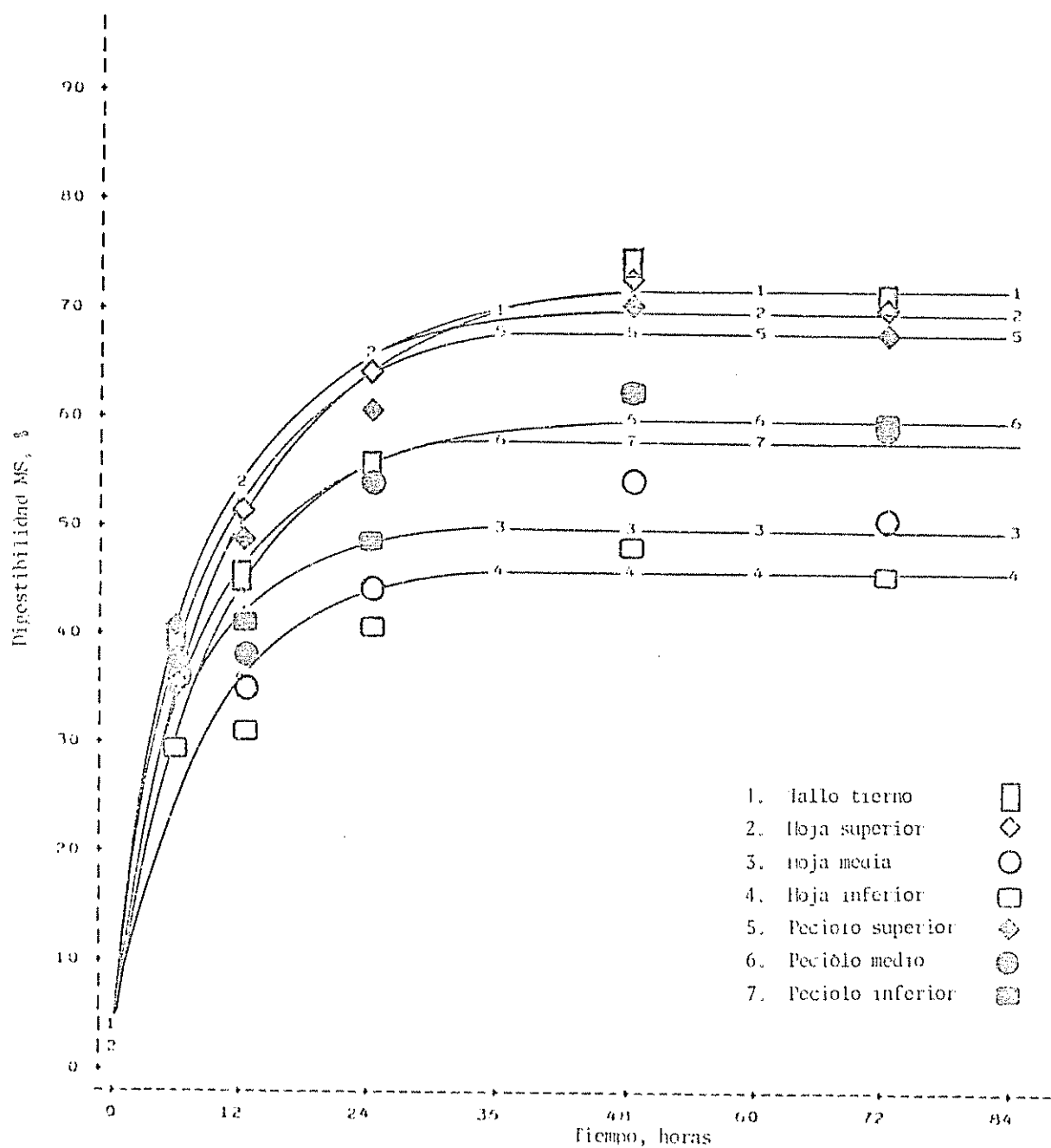


Fig. 11 Digestibilidad acumulativa de la materia seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Parí de tres meses de rebrote.

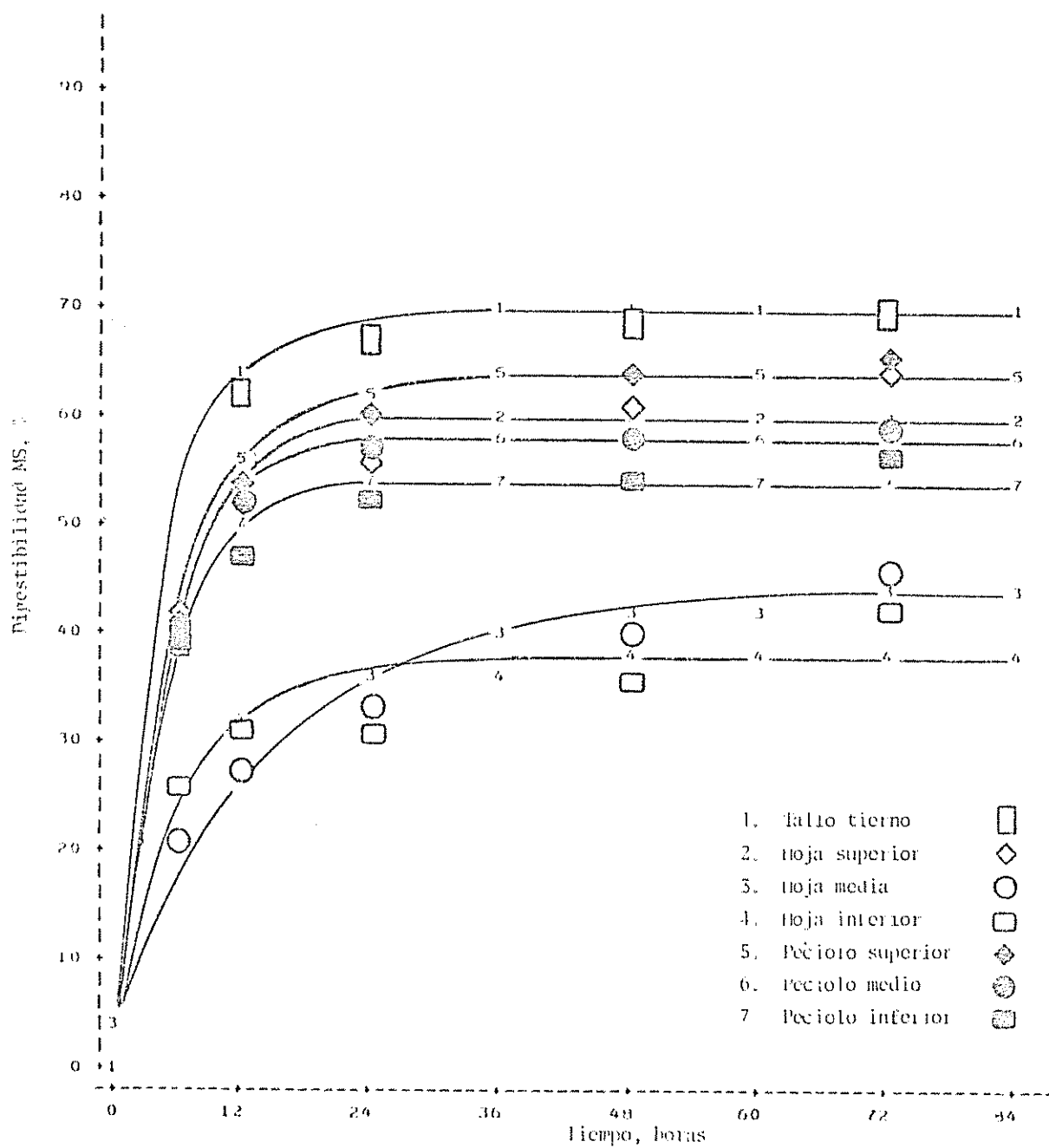


Fig. 12 Digestibilidad acumulativa de la patera seca en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Parí de cinco meses de rebrote.

El tiempo medio de degradación en el Poró (5,4h-8,4h) fue ligeramente mayor que en el Madero Negro (0,7h-6,5h) (Cuadro 4). El tiempo medio de degradación del Poró coincide con el reportado por Roldán (69) para esta misma especie (6,2h), especialmente en las porciones del estrato superior. pero es menor que los valores de leucaena, camote, yuca, gandul y Madero Negro, reportados por este mismo autor. En el caso de Madero Negro, Roldán (69) da valores de 8,8h para esta especie, que son mayores que los encontrados en este estudio aun para las porciones del estrato superior. Ambos forrajes analizados presentan un tiempo medio de degradación menor que piñón cubano (G. sepium) (12,0h), plátano (50,0h), leucaena (23,2h), yuca (13,0h) y similares con batata (6,4h), según reportan Minor y Deb Hovell (56).

Aunque no se detectó diferencia entre especies para la degradabilidad potencial, las hojas en el Madero Negro muestran valores más altos que en el Poró (Figuras 9, 10, 11 y 12 y Cuadro 3). Es importante señalar esto, puesto que como se estableció en la producción de biomasa, el componente principal de la biomasa forrajera es precisamente las hojas. Es de esperar que esta diferencia se refleje en el consumo de estos forrajes.

4.2.4.2 Constituyentes de la pared celular

Las curvas de degradación de la pared celular de las porciones se muestran en las Figuras 13, 14, 15 y 16 y los parámetros de degradación potencial (A), coeficiente de aceleración de la degradación (B), tiempo de latencia (C), degradabilidad inicial, fracción degradada

no inmediatamente y tiempo medio de degradación, en los Cuadros 5 y 6.

Según se puede ver y de acuerdo con la función matemática utilizada, la digestibilidad inicial de las porciones que la presentan, es del orden de 0,07 % a 4,7 %. También se puede ver que el valor promedio de degradabilidad potencial (DP) en el Madero Negro fue de 55,4 % \pm 9,7 y en el Poró 49,7 % \pm 12,2. Estos valores son menores que los reportados por Roldán (69) para forrajes como gandul (56,0 %), yuca (76,8 %), camote (72,4 %), leucaena (75,1 %), poró (78,0 %) y madero negro (68,5 %); en estas dos últimas inclusive para las porciones del estrato superior de las especies correspondientes. Son superiores a la DP de rastrojo de maíz, leguminosas y el asocio de ambas, reportado por Espinoza (27), con valores entre 40 % y 47 %. Mayores que la DP de rastrojo de frijol, maíz y bagazo de caña y semejantes conseudotallo de banano, punta de caña y pasto estrella, reportados por Medina (53).

Es evidente la tendencia al aumento de la DP conforme las porciones se sitúan en la parte distal de la rama, excepto el tallo tierno de Madero Negro de tres meses de rebrote, que presenta valores intermedios en relación con los estratos medio e inferior. También se aprecia una marcada tendencia a disminuir los valores de DP en las porciones conforme la edad de rebrote es mayor.

No hubo diferencia entre especies para la DP. Existe diferencia significativa entre frecuencias que favorece al promedio de DP de la edad de rebrote de tres meses ($P < 0,01$). Además, las porciones fueron diferentes entre sí ($P < 0,01$).

El tiempo medio de degradación de los CFC en los forrajes estudiados varió ampliamente (5,5h y 59,2h). El tiempo medio de degra-

dación reportado por Roldán (69) para el Poró (9,5h) es similar a los encontrados en las porciones del estrato superior de esa especie y para el Madero Negro (21,0h) es decididamente superior que la especie correspondiente. Este parámetro disminuye en el Madero Negro conforme las porciones de alejan de la base de la rama.

La rápida y relativamente extensa degradación de los CPC en el rumen, favorecería la tasa de pasaje hacia el intestino delgado de las partículas de alimento y de consiguiente afectando positivamente el consumo de materia seca (81). Las curvas de degradación de la materia seca y los CPC muestran una fuerte coincidencia, lo cual significa que la velocidad de degradación de los CPC se afecta o están muy relacionados con la desaparición de la materia seca de la bolsa de dacrón y por lo tanto también del rumen.

Algunas porciones muestran valores altos del coeficiente de aceleración de la degradación, lo cual resulta en que la organización se aproxima rápidamente a los valores asintóticos. Los valores del coeficiente de aceleración parecen aumentar al alejarse las porciones de la base de la rama. También se presenta un aumento en el valor de dicho coeficiente en la especie Poró al comparar la edad de rebrote cinco meses con tres meses, en todas las porciones.

La fracción no degradada inmediatamente es proporcionalmente mayor en comparación con la degradada inmediatamente, en razón de la poca solubilidad en el líquido ruminal de las porciones (Cuadro 6). El tiempo de latencia no es significativo para ninguna de las porciones, dada

Cuadro 5. Parámetros de la digestibilidad de los constituyentes de la pared celular.

	A	$\pm S_A$	B *	$\pm S_B$ *	C *	$\pm S_C$ *	Sy.x	R ²
MADERO NEGRO 3 MESES								
TT	57,34	3,06	9,97	2,08	- 10,69	76,23	6,20	0,98
HS	75,37	3,13	7,26	0,97	26,30	58,12	4,97	0,99
HM	62,64	3,52	6,59	1,25	25,15	88,90	5,77	0,98
HI	61,75	4,97	5,79	1,58	- 47,21	145,09	7,38	0,97
PS	62,70	1,14	10,53	0,80	- 10,31	25,01	2,32	0,99
PM	53,91	1,58	8,69	1,04	3,14	44,16	2,96	0,99
PI	49,86	2,12	7,70	1,25	- 2,17	68,42	3,73	0,99
PORO 3 MESES								
TT	65,69	6,56	6,12	2,22	-122,08	202,58	10,19	0,96
HS	67,26	4,59	8,03	1,99	- 47,58	110,78	8,09	0,98
HM	41,22	3,26	5,75	1,57	17,64	127,01	4,73	0,98
HI	39,00	2,30	5,81	1,13	0,74	98,82	3,42	0,98
PS	62,82	3,28	8,34	1,65	- 33,62	85,00	6,15	0,98
PM	52,08	2,96	8,42	1,76	2,47	85,94	5,58	0,98
PI	52,50	3,63	6,76	1,71	- 79,55	129,80	6,06	0,98
MADERO NEGRO 5 MESES								
TT	49,49	1,35	11,35	1,24	3,05	35,45	2,85	0,99
HS	68,34	4,26	7,10	1,48	69,41	89,89	7,32	0,98
HM	51,64	8,59	4,77	2,36	63,56	232,47	10,56	0,92
HI	50,47	4,70	4,19	1,08	97,59	431,56	4,96	0,98
PS	48,58	4,89	12,01	5,09	-25,86	133,58	10,51	0,94
PM	43,35	1,35	10,08	1,23	-13,07	44,51	2,75	0,99
PI	41,07	3,22	7,45	2,23	-89,45	146,89	5,69	0,97
PORO 5 MESES								
TT	56,69	2,35	12,69	2,18	0,54	49,71	5,14	0,99
HS	53,77	1,71	10,05	1,25	-8,45	44,93	3,47	0,99
HM	54,10	38,75	1,30	1,33	590,64	292,30	5,34	0,92
HI	22,42	4,98	4,33	2,47	302,98	254,89	5,47	0,88
PS	48,19	1,82	9,13	1,28	16,25	53,52	3,56	0,99
PM	40,40	1,70	12,33	2,11	9,76	50,30	3,69	0,99
PI	40,17	1,52	10,61	1,58	- 1,64	51,20	3,15	0,99

* = cifras x 100

TT = tallo tierno

HS, HM, HI = hoja superior, media inferior

PS, PM, PI = pccolo superior, medio, inferior

$$Y = A(1 - e^{-B(t-C)})$$

Cuadro 6. Parámetros estimados según la ecuación^{1/} que definió la degradabilidad ruminal de los constituyentes de la pared celular

	Degradabilidad inicial %	Fracción no degradada inmediatamente %	Tiempo medio de degradación h
MADERO NEGRO 3 MESES			
TT	0,61	56,73	6,84
HS	L	75,37	9,80
HM	L	62,64	10,77
HI	1,67	60,08	11,49
PS	0,68	62,02	6,48
FM	L	53,91	8,00
PI	0,08	49,78	8,97
PORO 3 MESES			
TT	4,73	60,96	10,09
HS	2,51	64,75	8,16
HM	L	41,22	12,22
HI	L	39,00	11,93
PS	1,74	61,08	7,97
FM	L	52,08	8,26
PI	2,75	49,75	9,45
MADERO NEGRO 5 MESES			
TT	0,17	49,32	6,07
HS	L	68,34	10,45
HM	L	51,64	15,15
HI	L	50,47	17,48
PS	1,49	47,09	5,51
FM	0,57	42,78	6,74
PI	2,65	38,42	8,40
PORO 5 MESES			
TT	L	56,69	5,47
HS	0,45	53,32	6,81
HM	L	54,10	59,18
HI	L	22,42	19,03
PS	L	48,19	7,75
FM	L	40,40	5,71
PI	0,07	40,10	6,51

$$1/ Y = A(1 - e^{-B(t-c)})$$

\bar{L} = tiempo de latencia

TT, HS, HM, HI, PS, FM, PI = respectivamente tallo tierno, hojas superior, media, inferior, peciolos superior, medio e inferior.

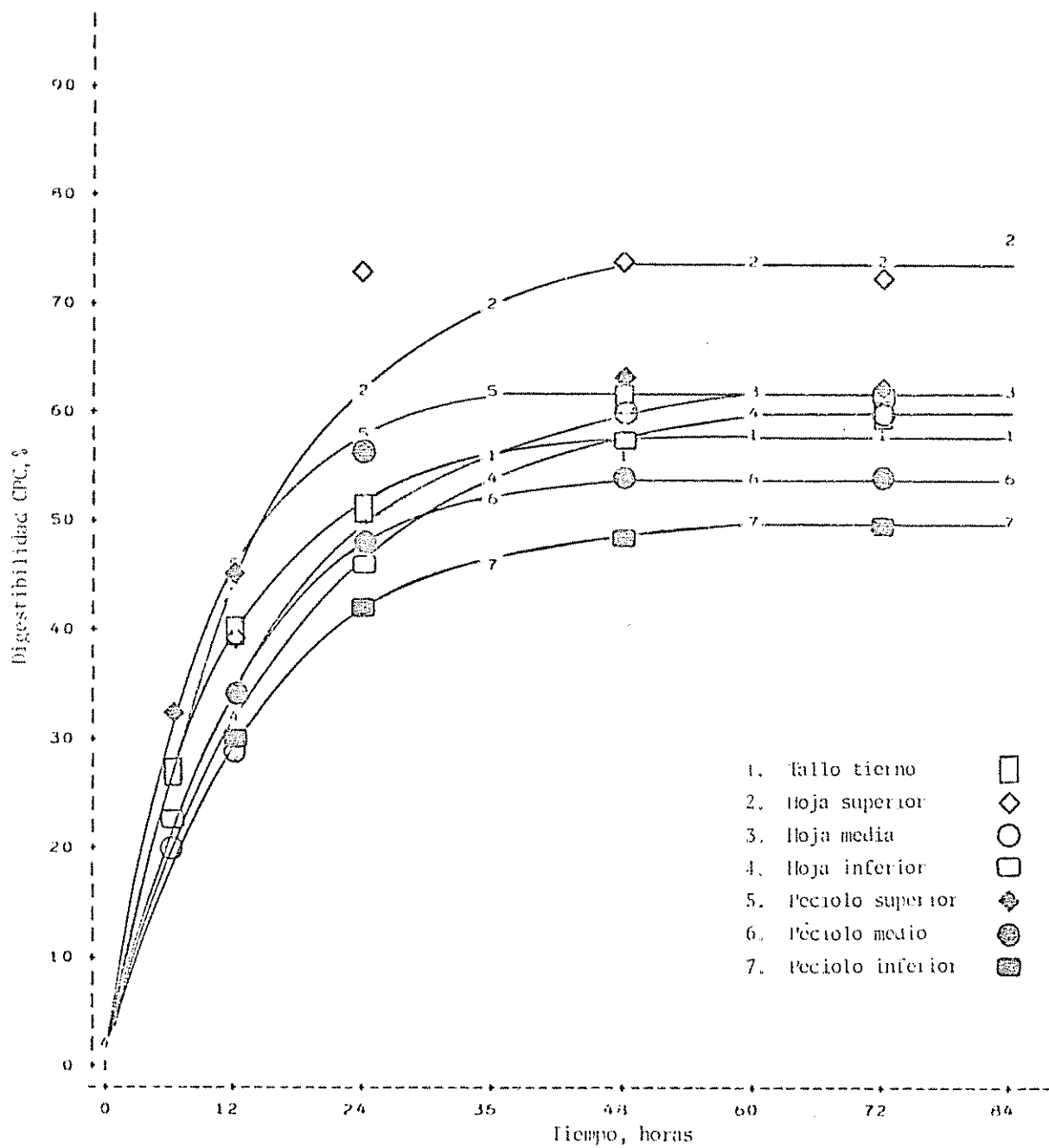


Fig. 15 Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote.

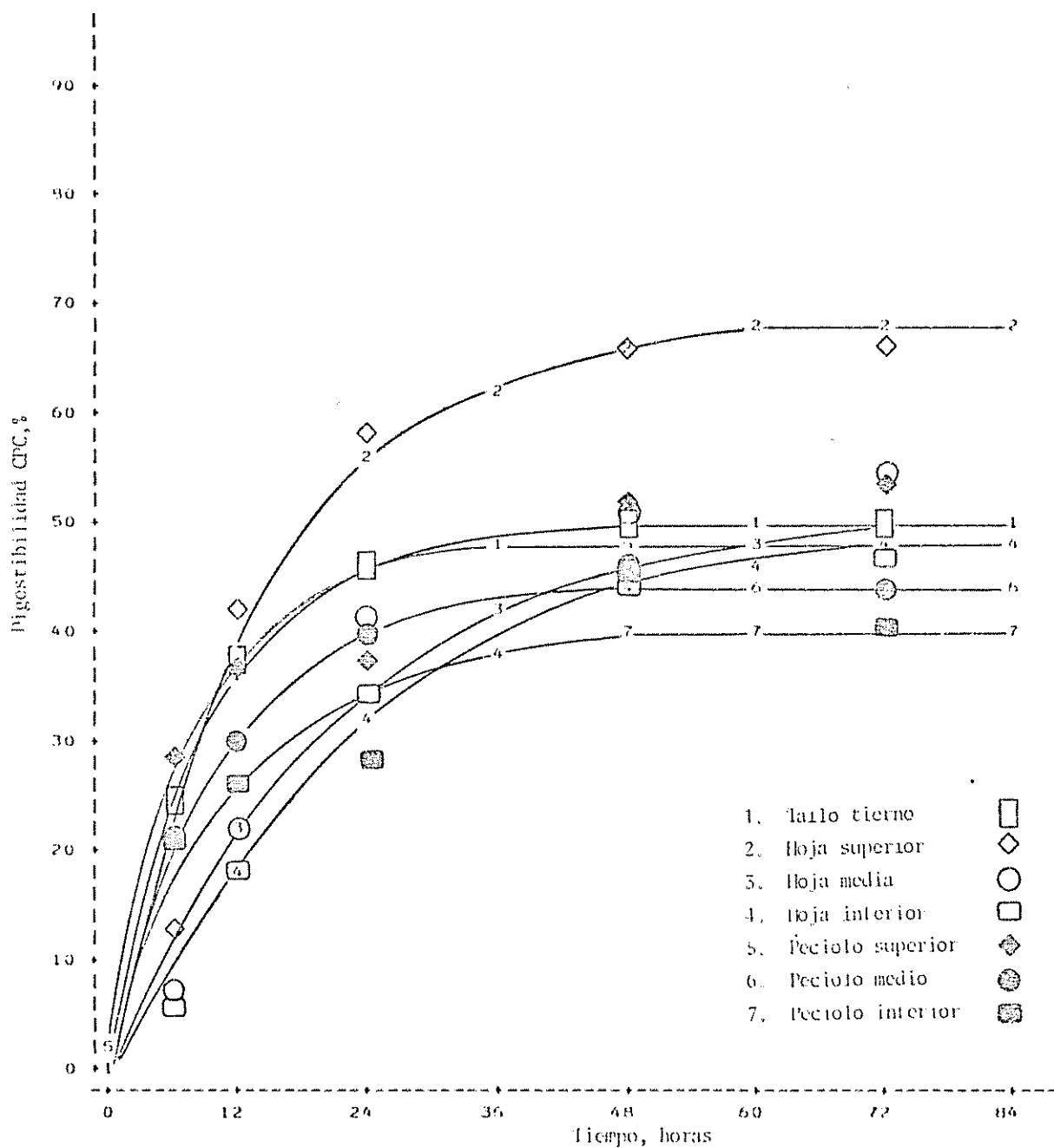


Fig. 14 Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote.

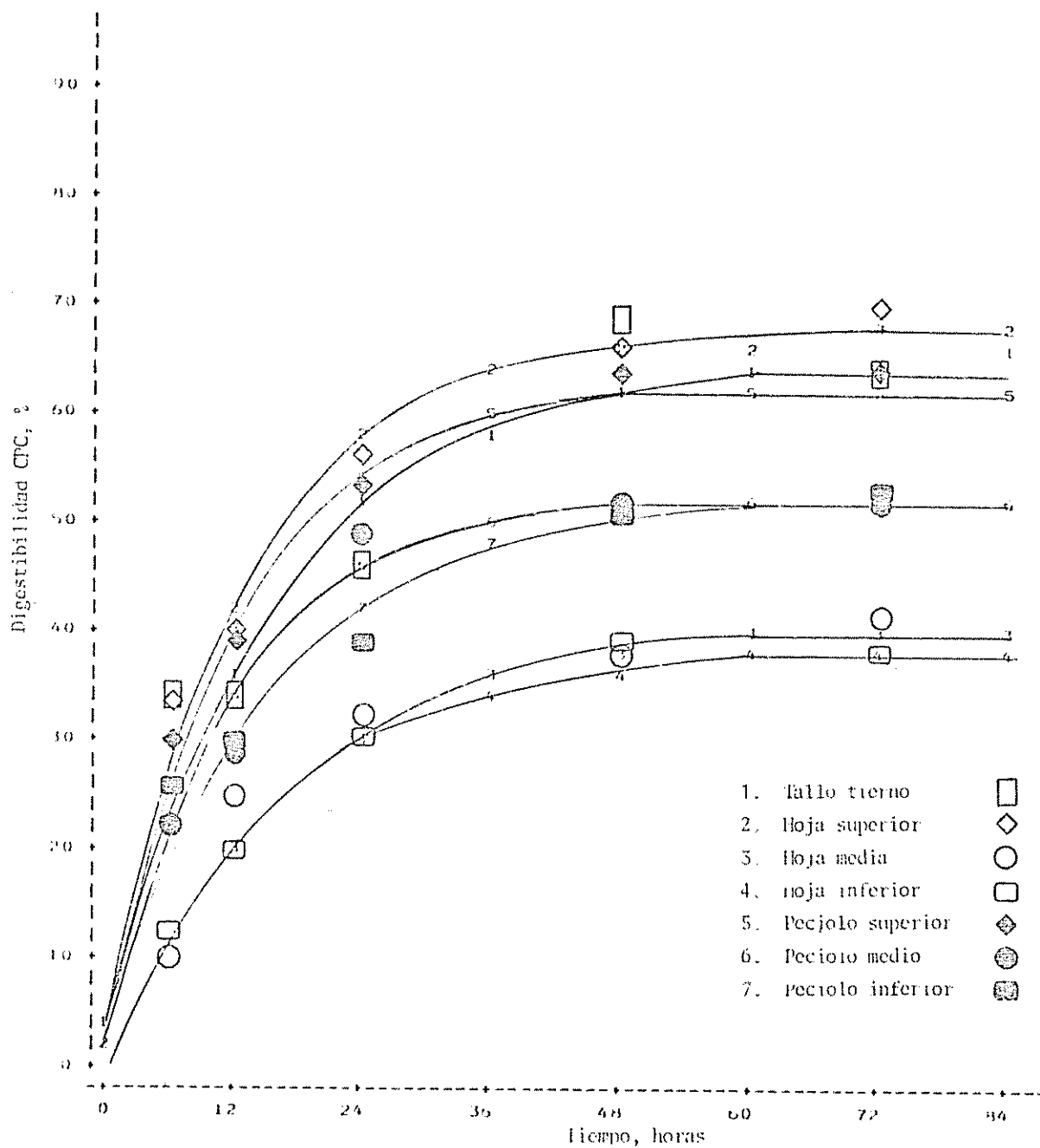


Fig. 15 Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 3 meses de rebrote.

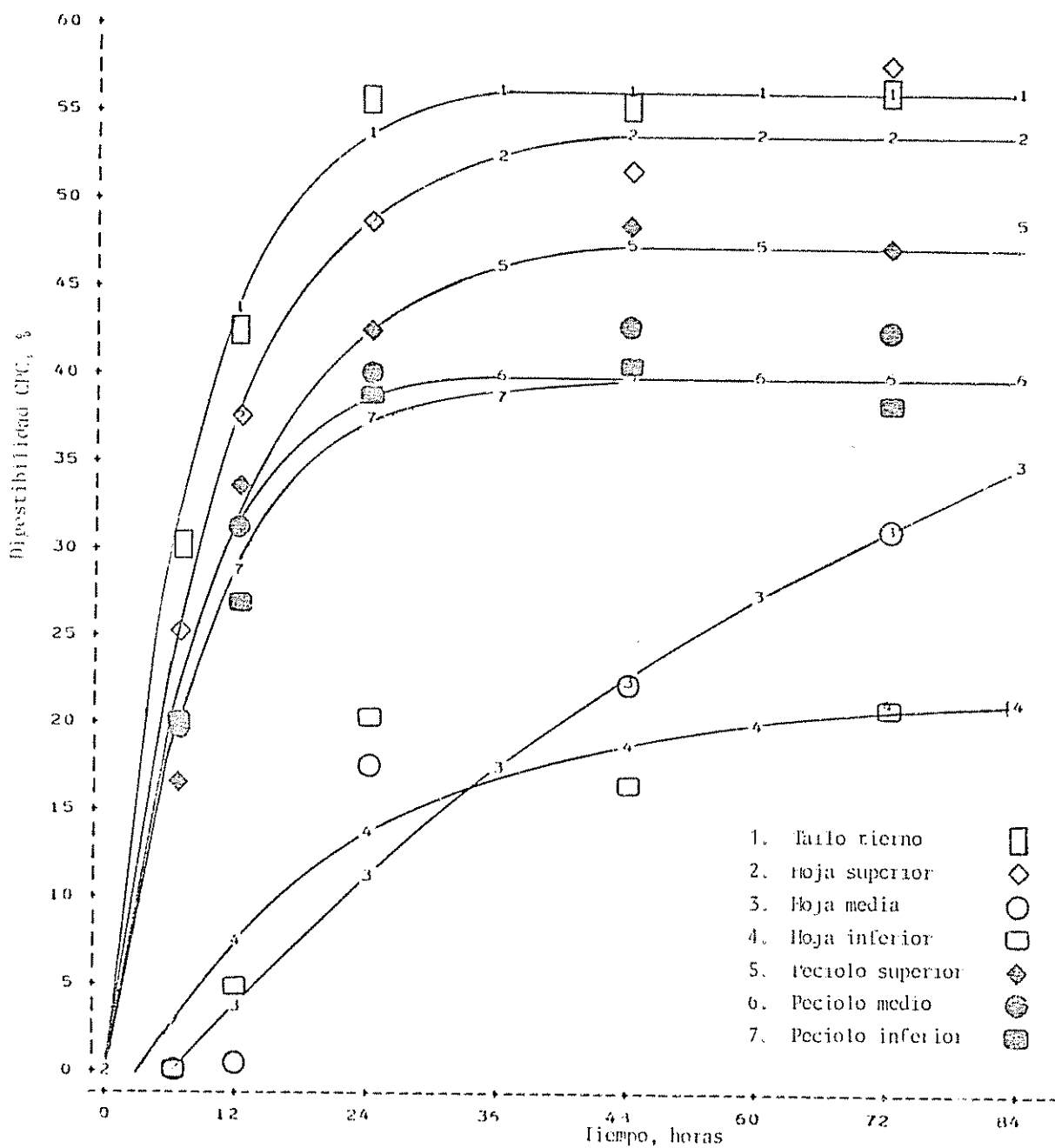


Fig. 16 Digestibilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 5 meses de rebrote.

la alta variabilidad encontrada en este parámetro (Cuadro 5).

4.2.4.3 Nitrógeno total

Las curvas de degradación de las diferentes porciones se muestran en las Figuras 17, 18, 19 y 20 y los parámetros de degradación potencial (A), coeficiente de aceleración de la degradación (B), tiempo de latencia (C), degradabilidad inicial, fracción degradada no inmediatamente y tiempo medio de degradación, en los Cuadros 7 y 8.

En ambas especies el nitrógeno total (N x 6,25) presenta una fracción rápidamente soluble en el líquido ruminal, con valores de 0,0 %-8,8 %. Esta solubilidad inicial tiende a aumentar conforme las porciones se acercan a la base de la rama en ambas especies. Las hojas del Poró son más solubles que los peciolos al comparar las edades de rebrote cinco meses, con tres meses. En este sentido el Madero Negro no presenta una tendencia manifiesta.

En promedio de degradabilidad potencial (DP) del nitrógeno total en el Madero Negro fue de 79,2 % \pm 5,2 y en el Poró de 73,8 % \pm 11,2. Las diferencias observadas en la DP de las porciones parece estar relacionada por la concentración de nitrógeno (Cuadro 2 y Figuras 17, 18, 19 y 20), lo cual esta de acuerdo con lo señalado por otros autores (55). El Madero Negro presenta valores más altos que el Poró, para la DP, en todas las porciones indistintamente de la edad de rebrote. En el Poró se presentaron valores de DP muy por debajo del promedio (73,8 %) en las hojas media e inferior (50 %-65%) en ambas frecuencias de rebrote.

En ambas especies al parecer son suficientes 36 h para

alcanzar la DP. En el Madero Negro se presenta una disminución de la DP conforme la edad de rebrote es mayor y cuando las porciones se alejan distalmente de la base de la rama en ambas frecuencias y especies. Se encontró un efecto significativo de la especie ($P < 0,01$), siendo superior la media del Madero Negro, respecto del Poró. Es también significativo el efecto de la porción ($P < 0,01$). Las frecuencias no fueron significativamente diferentes entre sí.

El promedio de DP del nitrógeno del Poró y Madero Negro fue superior que el de heno de buena calidad, forrajes deshidratados, cereales, ensilajes, materiales succulentos y otros alimentos concentrados, analizados por Ørskov y Mehrez (62), harina de soya con valores corregidos por tasa de pasaje en ovejas alimentadas restringidamente (71 %) o ad libitum (61 %), reportados por Ørskov y McDonald (62). Fueron inferiores a los analizados por Roldán (69) que incluyen el Poró (92,6 %) y Madero Negro (89,2 %), que son escasamente comparables con las porciones del estrato superior de las especies correspondientes analizadas en este trabajo.

Para el coeficiente de aceleración no se encontró un efecto de la especie o frecuencia, aunque sí de la porción ($P < 0,05$). Los resultados muestran una tendencia a aumentar la velocidad de degradación en el Madero Negro, conforme aumenta la edad de rebrote, excepto el tallo tierno, al igual que conforme las porciones se alejan del tronco, especialmente en la edad de rebrote de cinco meses (Cuadro 7). Las demás porciones y estratos no muestran una tendencia definida.

La fracción que no se degrada inmediatamente (Cuadro 8) fue casi o la totalidad de la degradabilidad potencial.

Cuadro 7. Parámetros de la digestibilidad del nitrógeno total.

	A	+S _A	B*	+S _B *	C*	+S _C *	S _{y.x}	R ²
MADERO NEGRO 3 MESES								
TT	86,65	2,45	700,00	0	0	1,28	7,76	0,99
HS	85,49	4,03	9,28	1,52	- 30,82	76,55	6,14	0,99
HM	78,90	3,23	7,76	1,27	- 27,42	90,73	5,80	0,99
HI	73,69	5,08	6,56	1,84	-124,35	183,97	8,21	0,98
PS	86,23	1,26	19,63	1,77	- 2,44	18,02	3,04	0,99
PM	78,46	1,45	400,00	0	0	1,30	4,10	0,99
PI	75,25	3,67	9,50	2,05	2,49	97,99	7,08	0,99
PORO 3 MESES								
TT	83,93	3,34	700,00	0	0	1,79	10,57	0,98
HS	79,25	2,10	10,24	1,15	- 6,37	50,80	4,28	0,99
HM	64,84	4,49	7,46	2,16	-103,39	177,23	7,88	0,98
HI	55,79	2,42	11,49	2,21	- 20,96	80,96	5,13	0,99
PS	86,72	3,25	15,24	2,74	- 16,42	58,23	7,45	0,99
PM	75,08	3,12	14,38	2,85	- 27,94	69,25	7,05	0,99
PI	75,88	3,33	18,33	4,16	- 16,74	60,10	7,97	0,98
MADERO NEGRO 5 MESES								
TT	81,43	4,65	700,00	0,0	0	2,58	14,72	0,97
HS	85,92	2,20	15,03	1,81	- 5,61	38,97	5,04	0,99
HM	74,61	4,32	11,92	3,11	-30,24	108,13	9,24	0,98
HI	71,50	2,34	11,25	1,64	-34,49	63,73	4,92	0,99
PS	79,88	3,45	700,00	0	0	1,95	10,94	0,98
PM	77,68	1,18	23,62	2,09	- 1,65	16,32	2,98	0,99
PI	73,88	1,71	18,19	2,13	- 6,00	30,84	4,10	0,99
PORO 5 MESES								
TT	90,41	2,13	28,73	4,57	0,08	21,26	5,53	0,99
HS	71,72	2,29	14,88	2,25	-13,82	49,94	5,21	0,99
HM	62,33	4,86	4,26	1,14	251,05	213,32	5,07	0,99
HI	52,82	5,46	5,46	2,37	-335,88	361,68	7,54	0,97
PS	81,83	2,96	7,0	0	0	1,64	9,39	0,98
PM	76,38	2,59	22,41	4,25	- 0,01	37,59	6,46	0,99
PI	76,50	2,50	23,54	4,46	- 2,27	35,11	6,28	0,99

* cifras x 100

TT = Tallo tierno

HS, HM, HI = hoja superior, media, inferior

PS, PM, PI = peciolo superior, medio inferior

$$Y = A(1 - e^{-B(t-C)})$$

Cuadro 8. Parámetros estimados según la ecuación^{1/} que definió la degradabilidad ruminal del nitrógeno total.

	Degradabilidad inicial %	Fracción no degradada inmediatamente %	Tiempo medio de degradación h
MADERO NEGRO 3 MESES			
TT	0	86,65	0,10
HS	2,74	83,05	7,16
HM	1,96	77,24	8,65
HI	5,78	67,91	11,80
PS	0,41	85,82	3,51
PM	0	78,46	0,17
PI	L	75,25	7,31
PORO 3 MESES			
TT	0	83,93	0,10
HS	0,52	78,73	6,70
HM	4,81	60,03	8,26
HI	1,33	54,46	4,99
PS	2,14	84,58	4,58
PM	2,96	72,12	4,54
PI	2,29	73,59	3,61
MADERO NEGRO 5 MESES			
TT	0	81,43	0,10
HS	0,72	85,20	4,55
HM	2,64	71,97	5,51
HI	2,72	68,78	5,81
PS	0	79,88	0,10
PM	0,30	77,38	2,92
PI	0,80	73,08	3,75
PORO 3 MESES			
TT	L	90,41	2,41
HS	1,46	70,26	4,52
HM	6,33	56,00	13,73
HI	8,85	43,97	9,33
PS	0	81,53	0,10
PM	0,001	76,38	3,09
PI	0,41	76,09	2,92

$$1/ Y = A(1 - e^{-B(t-c)})$$

L = tiempo de latencia

TT, HS, HM, HI, PS, PM, PI = respectivamente hojas superiores, media, inferior, peciolo superior, medio e inferior.

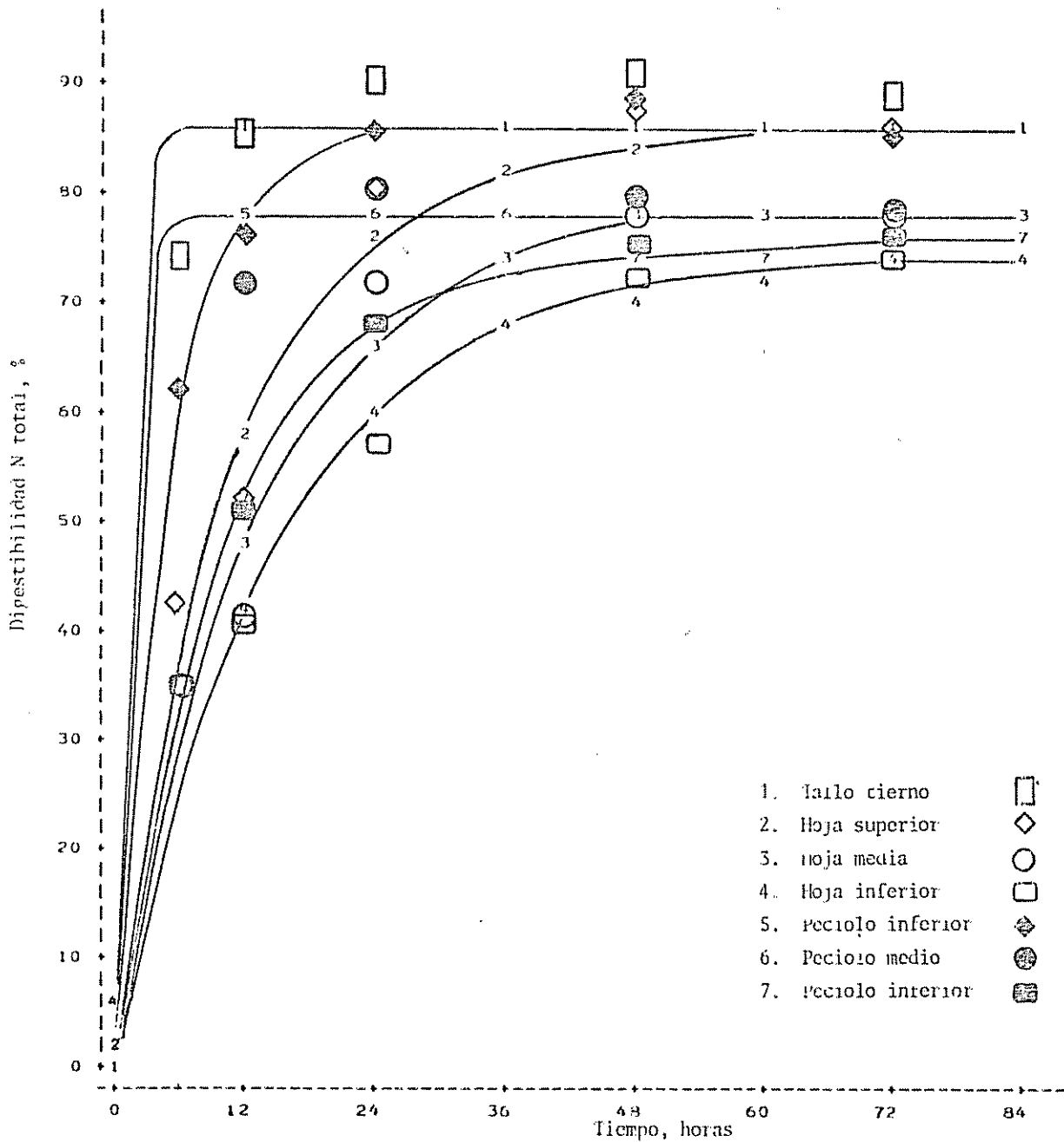


Fig. 17 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote.

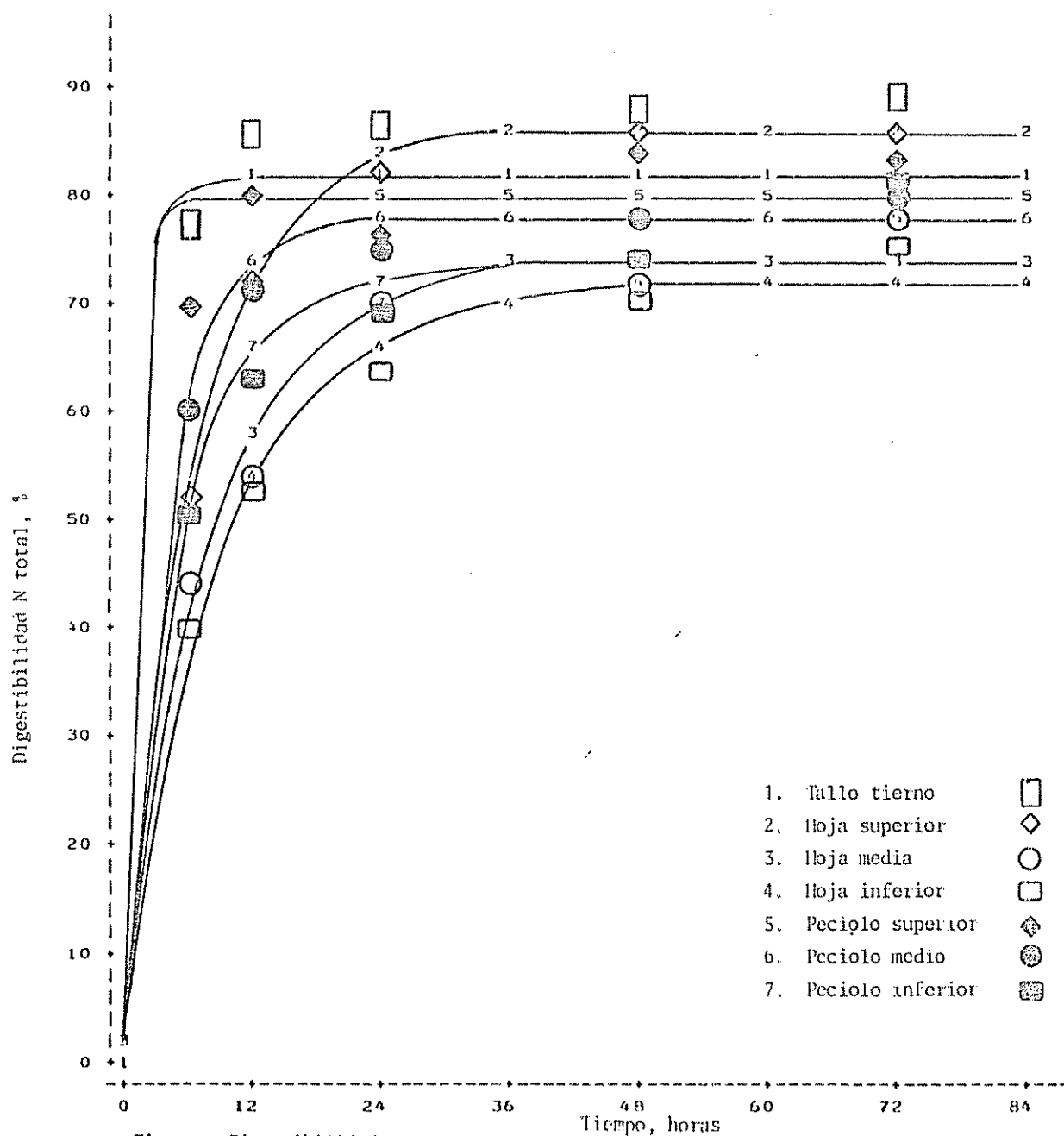


Fig. 18 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de cinco meses de rebrote.

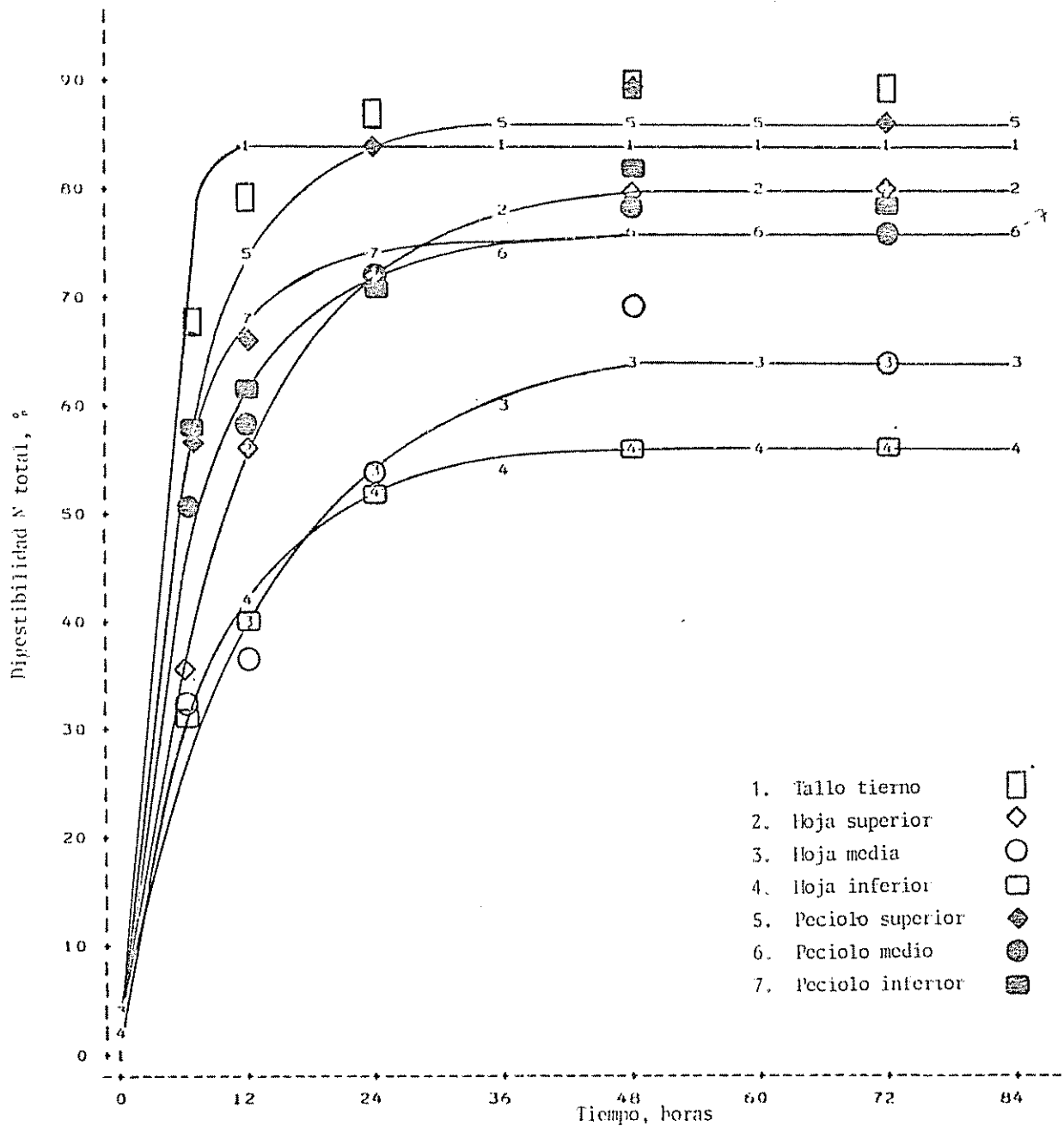


Fig.19 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de 3 meses de rebrote.

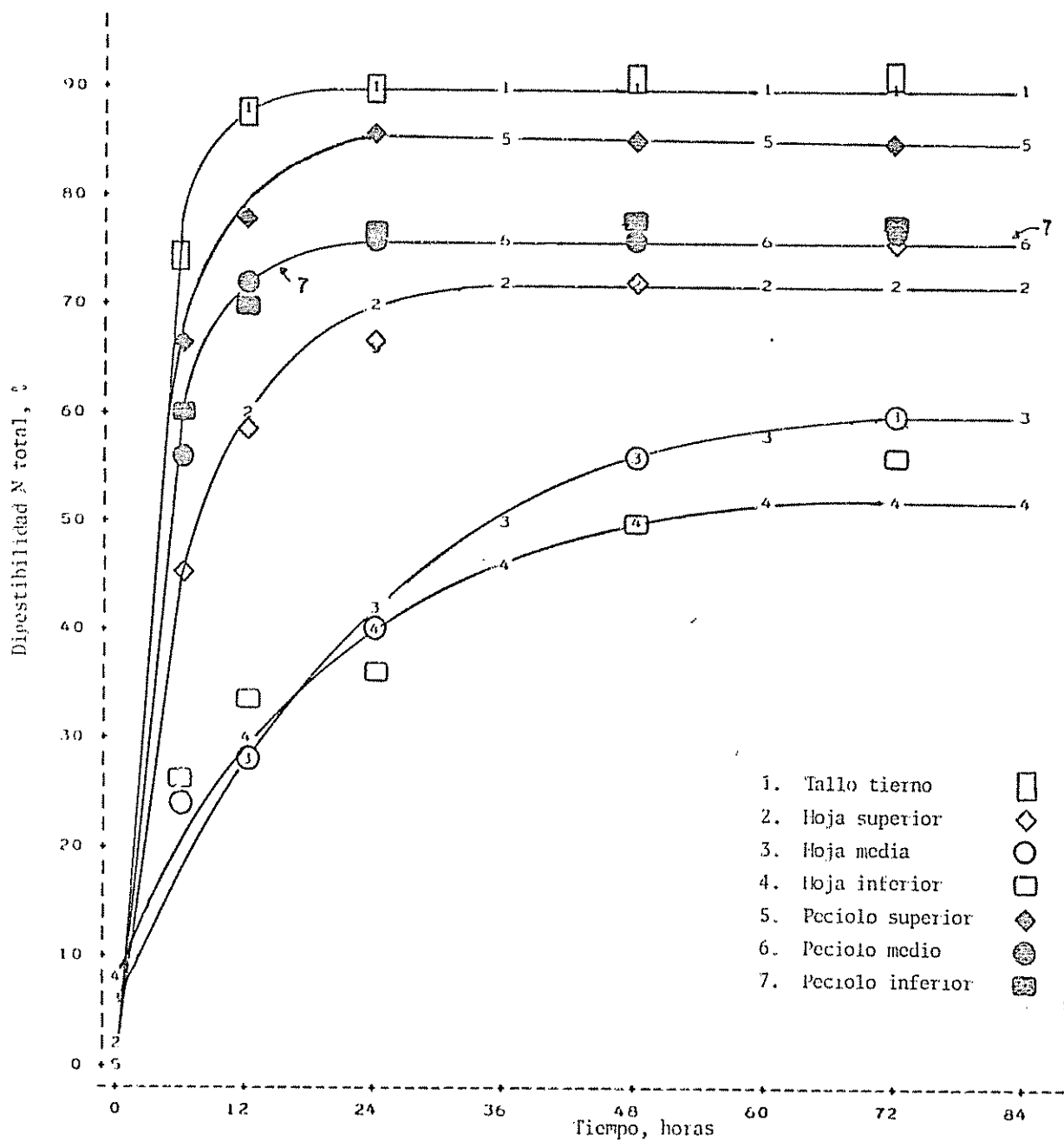


Fig. 20 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno total en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de cinco meses de rebrote.

Los tiempos medios de degradación del nitrógeno total en el Poró fueron 0,1h-13,7h y en el Madero Negro 0,1-11,8h, que en promedio son más cortos que los mostrados por el forraje de G. sepium (7,9h), yuca (20,5h), leucaena (21,1h) y plátano (28,7h), reportados por Minor y Deb Hove11 (56). Fueron similares a los tiempos medios de degradación presentados por Roldán (69) para el forraje de Madero Negro (7,1h), Poró (1,5h), leucaena (8,0h), camote (4,8h), yuca (8,9h), exceptuando gandul que es mayor (17,6h). Los resultados muestran una tendencia a disminuir el tiempo de degradación conforme las porciones aumentan de edad de rebrote, que es más evidente en la especie Madero Negro.

Como se apuntó anteriormente, existe mucha similitud entre la degradación de la materia seca y los CPC, éste último conteniendo una proporción considerable del nitrógeno total, lo cual puede explicar la alta degradación alcanzada.

4.2.4.4 Nitrógeno insoluble en detergente neutro

Las curvas de degradación de las porciones se muestran en las Figuras 21, 22, 23 y 24, y los parámetros de degradación potencial (A), coeficiente de aceleración de la degradación (B), tiempo de latencia (C), degradación inicial, fracción degradada no inmediatamente y tiempo medio de degradación, en los Cuadros 9 y 10.

Al igual que en los casos anteriores, según la ecuación utilizada, la solubilidad inicial esta ausente en la mayoría de porciones o presenta valores cercanos a cero. En la edad de rebrote de tres meses hay dos porciones con solubilidad inicial positiva y en cinco meses hay seis.

El resto de porciones presentan periodos de latencia. Este último, sin embargo, no es significativo debido a la alta variabilidad mostrada por los datos (Cuadro 9).

La degradación potencial (DP) del nitrógeno insoluble en detergente neutro es alta, especialmente en las porciones del estrato superior en ambas especies y frecuencias de corte. El promedio de DP para las porciones de Madero Negro fue $73,6 \% \pm 9,7$ y para el Poró $69,3 \% \pm 14,1$. Estos valores son superiores a la DP del nitrógeno insoluble en detergente neutro de varias leguminosas (28 % en promedio) reportado por Espinoza (27), a heno de trigo (39). Inferiores a ryegrass con una DP de 89,0% ().

La DP disminuye para las porciones, con alguna variación, al acercarse éstas a la base de la rama. La DP de las porciones de cinco meses tiende a ser menor que en los de tres meses de edad de rebrote, sin embargo, esta diferencia no fue significativa, al igual que el efecto de porción o especie.

El coeficiente de aceleración de la degradación es mayor para las porciones de cinco meses de edad de rebrote, respecto de tres meses, en ambas especies. Se encontró un efecto significativo de frecuencia, favoreciendo a la media de cinco meses de edad de rebrote ($P < 0,01$), No se detectó ningún efecto significativo de la porción o especie.

La fracción no degradada inmediatamente es equivalente aquí a la digestibilidad potencial, debido a la ausencia o valores mínimos de la degradación inicial. Esto puede ser explicado por la relación existente entre el NIDN y los CPC que son muy poco solubles en el líquido ruminal, necesitando la acción de los microorganismos ruminales para ser degradado.

Cuadro 9. Parámetros de la digestibilidad del nitrógeno insoluble en detergente neutro

	A	$\pm S_A$	B*	$\pm S_B^*$	C*	$\pm S_C^*$	$S_{y.x}$	R ²
MADERO NEGRO 3 MESES								
TT	72,94	23,64	2,99	2,02	450,62	284,17	15,13	0,88
HS	90,09	12,49	4,05	1,41	295,42	157,35	12,61	0,95
HM	74,53	8,17	4,44	1,34	162,65	145,70	9,27	0,97
HI	78,61	10,18	3,69	1,28	4,87	192,69	9,03	0,97
PS	75,67	8,35	4,62	1,42	174,63	152,48	9,84	0,92
PM	50,53	13,98	3,30	2,12	249,26	343,41	10,45	0,85
PI	81,26	85,08	1,47	2,34	483,27	600,18	14,90	0,85
PORO 3 MESES								
TT	99,25	44,29	1,78	1,31	412,59	267,24	11,19	0,94
HS	77,61	3,33	8,34	1,33	- 16,85	67,61	6,25	0,99
HM	67,79	3,77	5,30	0,95	2,53	93,63	5,17	0,99
HI	61,44	2,17	9,73	1,33	9,57	51,05	4,36	0,99
PS	153,71	159,60	0,79	0,92	287,45	318,09	7,17	0,97
PM	69,74	11,15	4,50	1,92	243,36	195,20	12,81	0,93
PI	64,12	13,26	2,74	1,27	36,98	243,44	7,36	0,96
MADERO NEGRO 5 MESES								
TT	70,23	2,08	12,92	1,61	- 8,63	35,90	4,57	0,99
HS	81,57	6,47	6,43	1,65	89,55	144,45	10,43	0,97
HM	81,79	20,73	2,92	1,63	229,44	259,55	12,81	0,93
HI	72,71	10,28	3,36	1,11	261,08	152,96	7,93	0,97
PS	71,06	5,27	15,88	5,25	7,87	74,23	12,21	0,968
PM	70,07	4,56	7,27	1,65	27,54	99,75	7,96	0,98
PI	60,14	4,17	5,64	1,28	- 6,09	117,48	6,05	0,98
PORO 5 MESES								
TT	83,03	3,33	15,26	2,72	- 0,51	42,36	7,64	0,99
HS	71,23	3,03	7,21	1,09	1,99	68,85	5,27	0,97
HM	59,82	8,37	2,79	0,84	219,03	140,24	4,79	0,98
HI	40,03	7,76	4,32	2,23	216,87	241,20	8,49	0,91
PS	79,96	2,50	15,50	2,18	- 4,89	33,02	5,75	0,99
PM	64,30	5,73	10,76	3,69	25,47	112,24	11,90	0,95
PI	62,15	3,23	14,51	3,32	- 7,49	58,13	7,33	0,98

* cifras X 100

TT = tallo tierno

HS, HM, HI = hoja superior, media, inferior

PS, PM, PI = peciolo superior, medio, inferior

$$Y = A(1 - e^{-B(t-C)})$$

Cuadro 10. Parámetros estimados según la ecuación^{1/} que definió la degradabilidad del nitrógeno insoluble en detergente neutro.

	Degradabilidad inicial	Fracción no degradada inmediatamente	Tiempo medio de degradación
	%	%	h
MADERO NEGRO 3 MESES			
TT	L	72,94	27,68
HS	L	90,09	20,03
HM	L	74,53	17,21
HI	L	78,61	18,81
PS	L	75,67	16,75
FM	L	50,53	23,45
PI	L	81,26	51,90
PORO 3 MESES			
TT	L	99,25	43,03
HS	1,08	76,53	8,14
HM	L	67,19	12,09
HI	0,57	60,87	7,02
PS	L	153,71	90,54
FM	L	69,74	17,83
PI	L	64,12	25,61
MADERO NEGRO 5 MESES			
TT	0,78	69,45	5,73
HS	L	81,57	11,66
HM	L	81,79	25,96
HI	L	72,71	23,22
PS	L	71,06	4,44
FM	L	70,07	9,08
PI	0,21	59,93	12,22
PORO 5 MESES			
TT	0,06	82,97	4,53
HS	0,10	71,13	9,59
HM	L	59,82	26,97
HI	L	40,03	18,20
PS	0,60	79,36	4,42
FM	L	64,30	6,69
PI	0,67	61,48	4,70

$$1/ Y = A (1 - e^{-B(t-c)})$$

L = tiempo de latencia

TT, HS, HM, HI, PS, FM, PI = respectivamente tallo tierno, hojas superior, media, inferior, peciolo superior, medio e inferior.

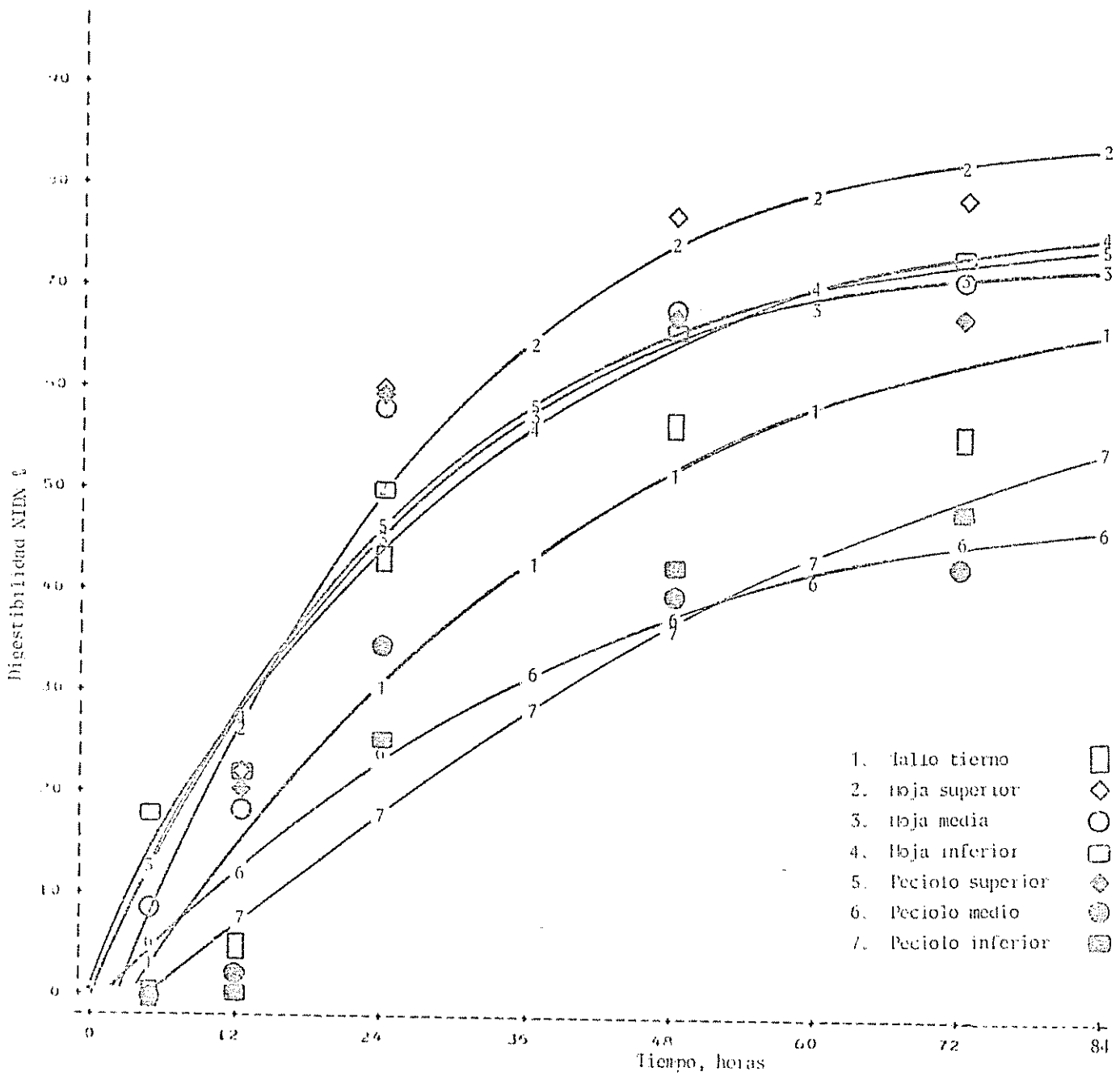


Fig. 21 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Madero Negro de tres meses de rebrote.

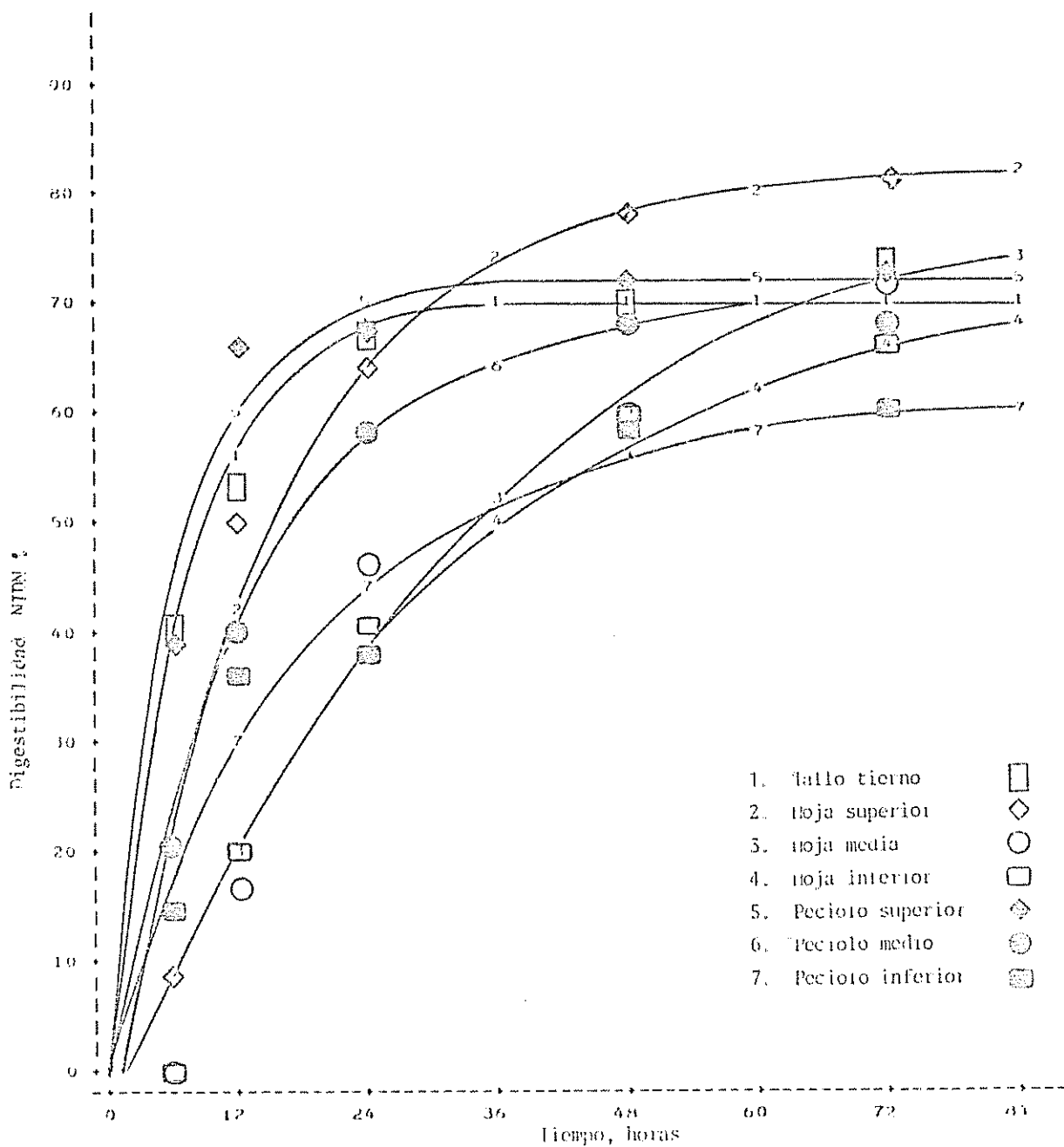


Fig. 22 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de madero negro de cinco meses de rebrote.

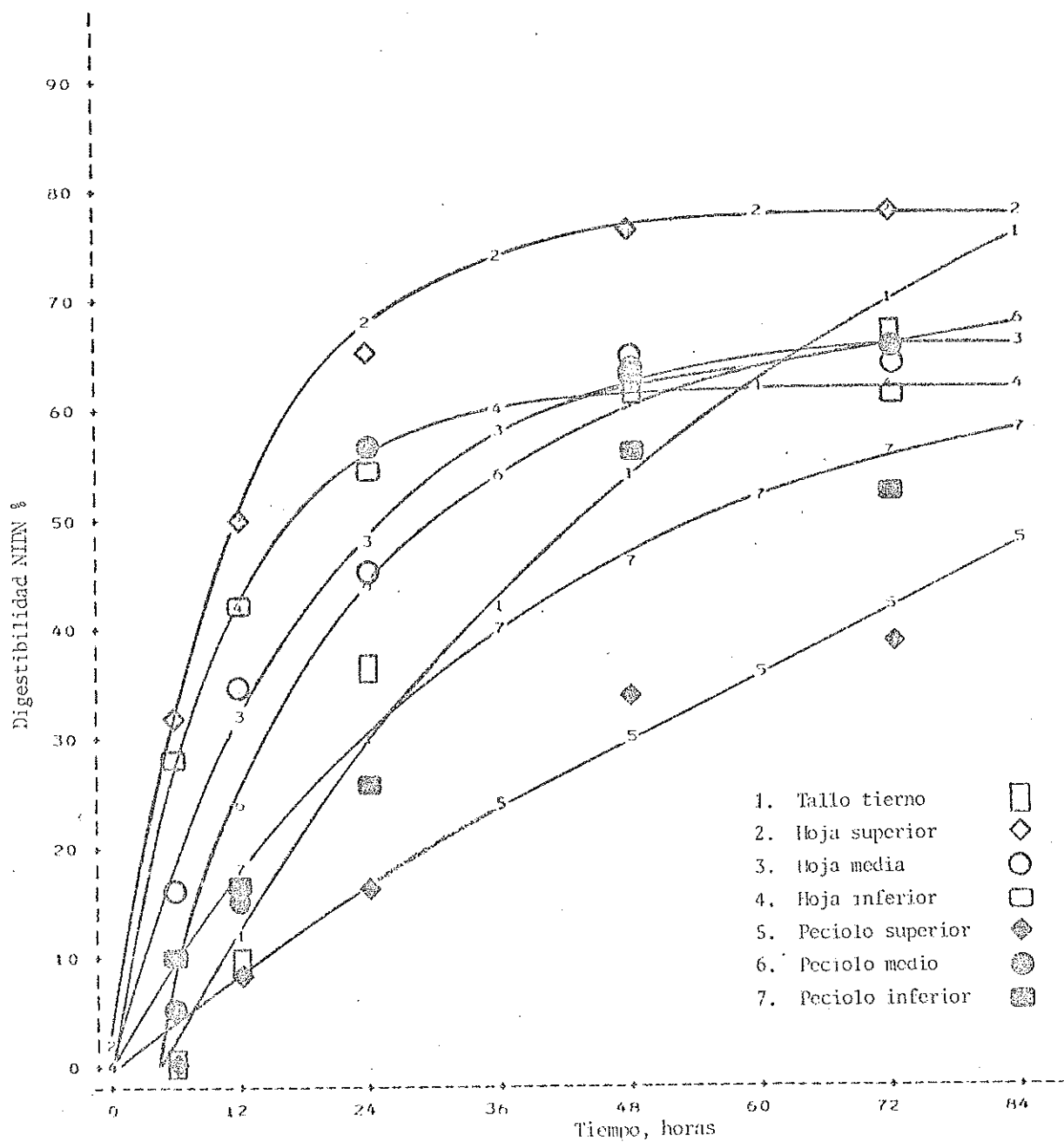


Fig. 23 Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de tres meses de rebrote.

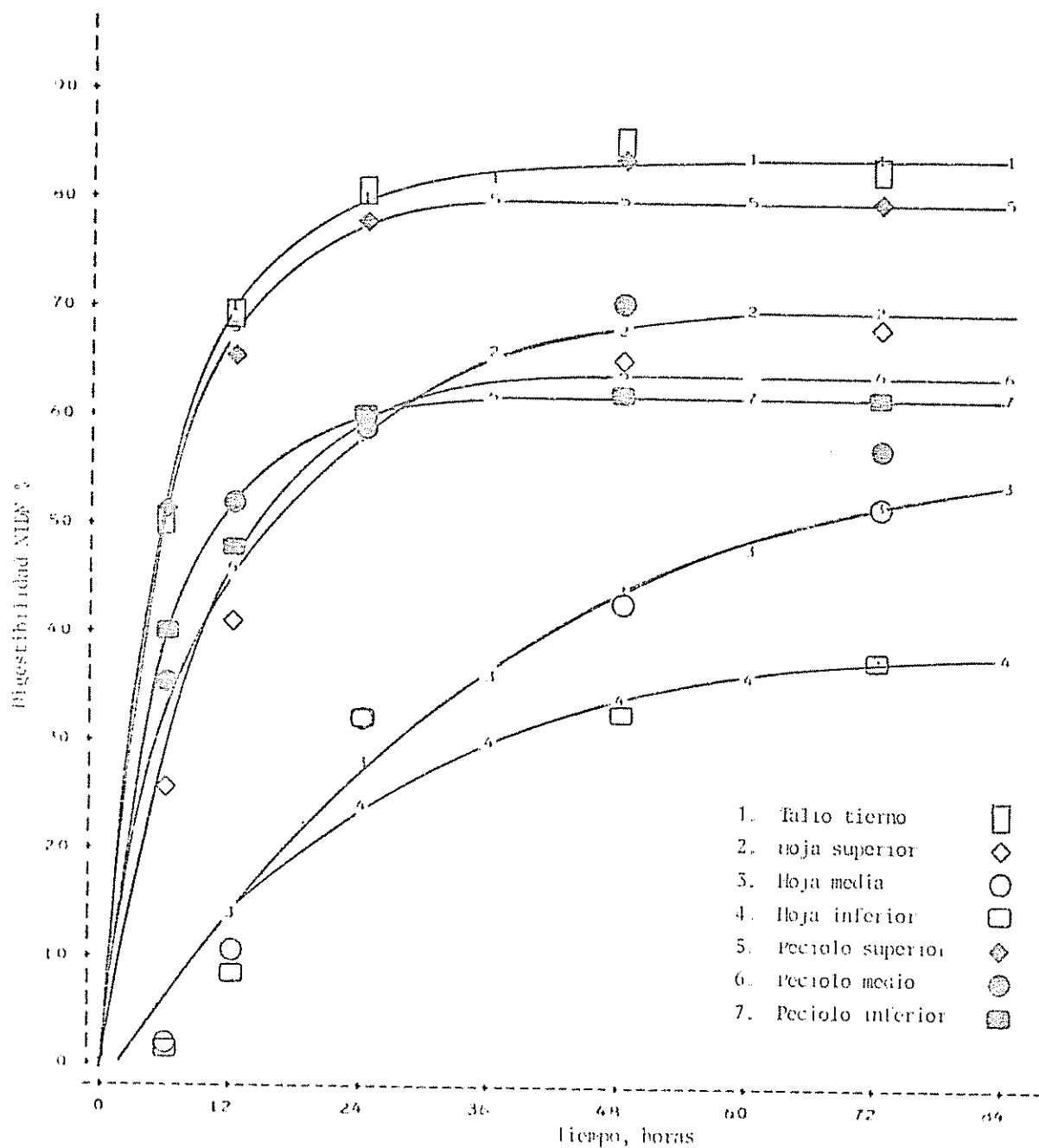


Fig. 21. Digestibilidad acumulativa del nitrógeno insoluble en detergente neutro en función del tiempo de fermentación ruminal. Porciones de Poró de cinco meses de rebrote.

Los valores encontrados para el tiempo medio de degradación en ambas especies con de 4,4h-90,5h. existiendo una tendencia a disminuir en las porciones de cinco meses con respecto de tres meses de rebrote. en ambas especies. No parece existir una tendencia definida en relación a la posición de las porciones en la rama, salvo los peciolo de Madero Negro en ambas frecuencias donde el tiempo medio aumenta conforme se acercan a la base de la rama.

Como se observó en la estimación de la degradabilidad de los CPC y NIDN, el parámetro C (tiempo de latencia) presentó en la mayoría de porciones un error estándar de más del 100 % del valor mismo del coeficiente. Este hecho no permitió hacer ninguna inferencia con respecto del tiempo de latencia que se esperaba para algunas porciones de los forrajes estudiados. Parte de la variabilidad encontrada en el parámetro C debe atribuirse a la falta de observaciones antes de las 6 h de fermentación. Tampoco puede descartarse la posibilidad de contaminación de las muestras con N bacteriano, que es una de las desventajas del método de la bolsa de dacrón. La ecuación exponencial empleada, que representa reacciones cinéticas de primer orden no se ajustó en aquellos casos en que la degradación del N no era una reacción de este tipo.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se especula que una forma apropiada de uso práctico de los forrajes del Poró o Madero Negro sería como suplemento nitrogenado en rumiantes consumiendo una ración a base de pastos con un bajo nivel de N. Al respecto González y Santos (35), reportan efectos beneficiosos en la producción de leche de vacas en pastoreo, cuando se suministró el forraje del Madero Negro como suplemento nitrogenado. En ovejas se reportan ganancias de peso de 39 g/día y en cabras

14 g/día, al suministrarseles forraje de G. sepium como suplemento (13).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. En ambas especies la producción de biomasa total es mayor en la edad de rebrote de cinco meses que a tres meses. Sin embargo, el rendimiento de biomasa potencialmente forrajera es mayor en la edad de rebrote de cinco meses en el Poró y tres meses en el Madero Negro.
2. La concentración promedio de nitrógeno en las porciones es semejante entre las especies y tiende a incrementarse a la mayor edad de rebrote y conforme las porciones se sitúan distalmente a la base de la rama.
3. El nitrógeno soluble en borato fosfato es mayormente nitrógeno no proteico.
4. El nitrógeno insoluble en detergente neutro es la mayor parte del nitrógeno total.
5. Los valores de la degradabilidad potencial son altos para la materia seca, constituyentes de la pared celular, nitrógeno total y nitrógeno insoluble en detergente neutro.
6. La velocidad de degradación del nitrógeno total e insoluble en detergente neutro es alta dentro de las primeras seis

horas de fermentación y por lo tanto la utilización del N proveniente del Poró y Madero Negro depende del suministro de una fuente de energía con similares características de degradación.

5.2 Recomendaciones

1. Evaluar la producción de biomasa de las leguminosas estudiadas durante períodos más largos y bajo otras condiciones de manejo y edad de los árboles.
2. Evaluar la posible relación entre variables como las estudiadas en la caracterización nutritiva y la degradación del nitrógeno a nivel ruminal.
3. Estudiar la tasa de pasaje del alimento en raciones suplementadas con el forraje de Madero Negro y Poró, al igual que la cantidad y calidad de proteína verdadera sobrepasante que proporcionan.
4. Evaluar la utilización del N en raciones con diferentes niveles de energía, suplementadas con el forraje nitrogenado del Poró o Madero Negro.
5. Adicionar observaciones en el método in situ, antes de las seis horas de fermentación, en forrajes que como los estudiados presentan una rápida degradación en ese período de tiempo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, A. V. Estudios en los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, IICA-CTEI, 1971. 139 p.
2. BATEMAN, J. V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, D.F. Herrero, 1970. 488 p.
3. BEER, J. *Erythrina poeppigiana* con pasto. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980. 4 p.
4. BELIARD, C. Producción de biomasa de Gliricidia sepium en cercos vivos bajo tres frecuencias de poda (3,6 y 9 meses) en el cantón de San Carlos, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. (en preparación).
5. BENAVIDES, J. E. Investigación en árboles forrajeros. In Curso Corto Intensivo Técnicas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, 1983. p. irreg.
6. _____. Utilización de forrajes de origen arbóreo en la alimentación de rumiantes menores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 11 p. (mimeografiado).
7. BENSADOUN, A. y WEINSTEIN, D. Assay of proteins in the presence of interfering materials. *Analytical Biochemistry* 70(1):241-250. 1976.
8. BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: Erythrina poeppigiana O.F. Cook. *Ecology* 61(5):1065-1074, 1980.
9. BRONSTEIN, G. Producción comparada de una pastura de Cynodon plectostachyus asociada con árboles de Cordia alliodora, con árboles de Erythrina poeppigiana y sin árboles. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1984. 109 p.
10. BUDOWSKY, G. Sistemas Agroforestales en América Tropical. In Curso Corto sobre Técnicas Agroforestales para el Trópico Húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1980. 9 p.
11. BUTTERY, P. J. Aspects of the biochemistry of rumen fermentation and their implication in ruminant productivity. In Haresign, W. y Cole, D.J.A., eds. Recent developments in ruminant nutrition. London, Butterworths, 1981. pp. 140-156.
12. _____ y LEWIS, D. Nitrogen metabolism in the rumen. In Thomson, D.J., Beaver, D.E. y Gunn, R.G., eds. Forage protein in ruminant animal production; Proceedings. British Society of Animal Production. Occasional Publication no. 6. 1982. pp- 25-40.

13. CAREW, B.A. Gliricidia sepium as a sole feed for small ruminants. Tropical Grasslands 17(4):181-184. 1983.
14. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Composición química, digestibilidad y consumo del follaje de poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook.) In Sistemas de producción bovina de doble propósito para pequeños productores del istmo centroamericano CID-3-P-79-0047; informe de progreso 1982. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción Animal, 1982. pp. 56-57.
15. CISZUK, P. y ERIKSSON, S. Ammonia formation in the rumen of sheep fed on grass, clover or lucerne preserved in various ways. Swedish Journal of Agriculture Research 3(1):13-20. 1973.
16. CRAWFORD, R.J. et al. Degradation of feedstuff nitrogen in the rumen vs nitrogen solubility in three solvents. Journal of Animal Science 46(6):1968-1975. 1978.
17. CROOKER, B.A. et al. Solvents for soluble nitrogen measurements in feedstuffs. Journal of Dairy Science 61(4):437-447. 1978.
18. CHADHOKAR, P.A. y KANTHARAJU, H.R. Effect of Gliricidia maculata on growth and breeding of bannur ewes. Tropical Grasslands 14(2):78-82. 1980.
19. _____. Gliricidia maculata una leguminosa forrajera prometedor. Revista Mundial de Zootecnia no. 44:36-43. 1982.
20. _____ y LECAMWASAM, A. Effect of feeding Gliricidia maculata to milking cows: a preliminary report. Tropical Grasslands 16(1):46-48. 1982.
21. _____ y SIVASUPIRAMANIAM, S. Gliricidia (Gliricidia maculata H.B. y K.) leaves as protein supplement to paddy straw in growing cross-bred heifers. Indian Journal of Animal Science 53(2):120-125. 1983.
22. CHALUPA, W. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. Journal of Dairy Science 58(8):1198-1218. 1975.
23. CHEEKE, P.R. y CARLSSON, R. Evaluation of several crops as source of leaf meal: composition, effect of drying procedure, and rat growth response. Nutrition Reports International 18(4):465-473. 1978.
24. DEVENDRA, C y GOHL, B. The chemical composition of caribbean feedingstuffs. Tropical Agriculture 47(4):335-342. 1970.
25. _____. Tree leaves for feeding goats in the humid tropics. In World Conference on Animal Production, 5th., Tokyo, Japan, 1983. Abstracts of Papers. Tokyo, 1983. p. 240.

26. ESNAOLA, M.A. y BENAVIDES, J.E. La investigación en cabras en el CATIE, algunos resultados preliminares. In Taller de Producción Caprina en el Trópico. Proyecto Sistemas de Producción para Pequeñas Fincas CATIE/ROCAP. Turrialba, CATIE, Departamento de Producción Animal, 1983. 46 p.
27. ESPINOZA, J.R. Consumo y parámetros de digestión en rastrojos de maíz cultivado solo o en asocio con leguminosas. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1983. 71 p.
28. FALVEY, L. *Gliricidia maculata*; a review. The International Tree Crops Journal 2(1):1-14. 1982.
29. FILMER, D.G. Assessment of protein degradability of foraje. In Thomson, D.J., Beever, D.E. y Gunn, R.G., eds. Forage Protein in Ruminant Animal Production; Proceedings. British Society of Animal Production. Occasional Publication no. 6. 1982. pp. 25-40.
30. GANEV, G., ØRSKOV, E.R. y SMART, R. The effect of roughage or concentrate feeding and rumen retention time on total degradation of protein in the rumen. Journal of Agricultural Science 93(3):651-656. 1979.
31. GARCIA-MOLINARI, O. Alimentos para ganado lechero: los pastos. Revista de Agricultura de Puerto Rico (1/2):91-123. 1950.
32. GOERING, H.K. y VAN SOEST, P.J. Análisis de fibra de forrajes. Trad. del inglés por D. Pezo. La Molina, Perú, Universidad Nacional Agraria. Boletín no. 10. 1972. 21 p.
33. _____ et al. Analytical estimates of nitrogen digestibility in heat damaged forages. Journal of Dairy Science 55(9):1275-1280. 1972.
34. GOHL, B. Tropical feeds: feed information summaries and nutritive values. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Series no. 12. 1981. 529 p.
35. GONZALEZ, C.A. y VAQUEDANO de SANTOS, N. Utilización del *Gliricidia sepium* (madrecacao) como suplemento en bovinos lecheros. Zootecnia (Guatemala) 4(2):32. 1983.
36. GUTIERREZ, R. Follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) y banano maduro de desecho (*Musa* sp. 'Cavendish') como suplemento para cabras lecheras estabuladas. Informe de problema especial. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 1983. 27 p.
37. GUYADEEN, K.D. A note on soil conservation work in St. Vincent, B.W.I. Journal of the Agriculture Society of Trinidad and Tobago 57(1): 98-107. 1957.
38. HACKER, J.B. y MINSON, D.J. The digestibility on plant parts. Herbage Abstracts 51(9):459-482. 1981.

39. HOGAN, J.P. y LINDSAY, J.R. The digestion of nitrogen associated with plant cell wall in the stomach and small intestine of the sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 31:147-153. 1980.
40. HOLTER, J.A. y REID, J.T. Relationships between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *Journal of Animal Science* 18(4):1339-1349. 1959.
41. HORTON, C.M. y MILLER, E.L. Rate and extent of protein degradation in the rumen. *The Proceedings of the Nutrition Society* 36(1):37A. 1977.
42. JOACHEM, A.W.R., y KANDIAH, S. The change in composition and decomposability of typical ceylon green manures with age, *Tropical Agriculturist* 82(1):3-20. 1934.
43. KRISHNAMCORTHY, U. et al. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science* 65(2):217-225. 1980.
44. LINDBERG, J.E. The effect of basal diet on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swedish Journal of Agricultural Research* 11(4):159-169. 1981.
45. _____ y VARVIKKO, T. The effect of bag pore size on the ruminal degradation of dry matter, nitrogenous compounds and cell walls in nylon bags. *Swedish Journal of Agricultural Research* 12(4):163-171. 1982.
46. LITTLE, C.O., BURROUGHS, W. y WOODS, W. Nutritional significance of soluble nitrogen in dietary proteins for ruminants. *Journal of Animal Science* 22(2):358-363. 1963.
47. LOWRY, O.H., et al. Protein measurement with the pholin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193(1):265-275. 1951.
48. MAHADEVAN, S., ERFLE, J.D. y SAUER, F.D. Solubility may not be a good indicator of protein degradability in the rumen. *Feedstuffs* 51(51):20. 1979.
49. _____, _____, _____. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteroides amylophilus* protease and by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science* 50(4):723-728. 1980.
50. MANGAN, J.L. The nitrogenous constituents of fresh forages. In Thomson, D.J., Beever, D.E. y Gunn, R.G., eds. *Forage Protein in Ruminant Animal Production; Proceedings*. British Society of Animal Production. Occasional Publication no. 6. 1982. pp. 25-40.
51. MATHERS, J.C. et al. The nutritive value of feed protein with scape degradation in the rumen. *The Proceedings of The Nutrition Society* 38(3):122A. 1979.

52. McINTOSH, C.E. et al. Economics of supplementary feeding of grazed sheep with ground cottonseed. *Tropical Agriculture* 53(2):97-103. 1976.
53. MEDINA, R. Tasas de digestión y digestibilidad potencial ruminal de materiales fibrosos en función de niveles de almidón suplementario. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1980. 69 p.
54. 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.
55. MILFORD, R. y MINSON, D.J. The relation between the crude protein content and the digestible crude protein content of tropical pasture plants. *Journal of the British Grasslands Society* 20(3):177-179. 1965.
56. MINOR, S. y DeB HOVELL, F.D. Velocidad de la digestión ruminal de algunas fuentes de proteína medida con bolsas ruminales en animales alimentados con caña de azúcar. *Producción Animal Tropical (República Dominicana)* 4(1):104. 1979.
57. MOHAMED, O.E. y SMITH, R.H. Measurement of protein degradation in the rumen. *The Proceedings of the Nutrition Society* 36(3):152A. 1977.
58. MONTILLA, J.J. et al. La harina de follaje de rabo de ratón (*Gliricidia sepium*) en raciones para ponedoras. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 6(24):505-511. 1974.
59. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Firewood crops-shrub and tree species for energy production. Washington, D.C. 1980. p. 54.
60. OAKES, A. y SKOV, O. Some woody legumes as forage crops for the dry tropics. *Tropical Agriculture* 39(4):281-287. 1962.
61. ØSKOV, E.R. y MEHREZ, A.Z. Estimation of extent of protein degradation from basal feeds in the rumen of sheep. *The Proceedings of the Nutrition Society* 36(2):78A. 1977.
62. _____ y McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92(2):499-503. 1979.
63. _____, DeB HOVELL, F.D. y MOULD, F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal production (República Dominicana)* 5(2)195-213. 1980.

64. ORSKOV, E.R., Dynamics of nitrogen in the rumen. In Protein Nutrition in Ruminants. London, Academy Press, 1982. pp. 40-84.
65. ORTEGAS, R. The nutritive value and palatability of combinations of corn and madre de cacao (Gliricidia sepium Steud.) silage. The Phillippine Agriculturist 40(4):171-177. 1956.
66. OWENS, F.N. Protein solubility and ruminant nutrition. Feedstuffs 50(28):23-24, 39. 1978.
67. PEZO, D. y VOHNOUT, K. Tasas de digestión in vitro de seis gramíneas tropicales. Turrialba (Costa Rica) 27(1):47-53. 1977.
68. PICHARD, G. y VAN SOEST, P.J. Protein solubility of ruminant feeds. In. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca, N.Y., 1977. Proceedings. Ithaca, Cornell University, 1977. pp. 91-98.
69. ROLDAN, G. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1981. 71 p.
70. RUSSELL, J.B., BOTTJE, W.G. y COTTA, M.A. Degradation of protein by mixed cultures of rumen bacteria: identification of Streptococcus bovis as an actively proteolytic bacterium. Journal of Animal Science 53(1):242-252. 1981.
71. RUSSE, O. Efecto de la poda de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook (Poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "Café-Poró". Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1984. 51 p.
72. SAMUR, C. Producción de leche de cabra alimentada con king grass (Pennisetum purpureum) y poró (Erythrina poeppigiana) suplementadas con fruto de banano (Musa sp. 'cavendish'). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1980. 59 p.
73. SAN MARTIN, F. Digestibilidad, tasas de digestión y consumo de forraje en función de la suplementación con banano verde. Tesis Ma. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1980. 59 p.
74. SENTHESHANJUGANATHAN, S. y DURAND, S. Isolation and composition of proteins from leaves of plants grown in ceylon. Journal of the Science of Food and Agriculture 20(10):603-608. 1969.
75. SINHA, S.M. y DEY, N. S. R. N. Suitability of some introduced legumes in indian agriculture. Allahabad Farmer 30(5):186-198. 1956.

76. SMITH, C.R., EARLE, F.R. y WOLFF, I.A. Comparison of solubility characteristics of selected seed proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 7(2):133-136. 1959.
77. SNIFFEN, C.J. Nitrogen utilization as related to solubility NPN and protein in feeds. In *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, Buffalo, N.Y. 1974. Proceedings. Ithaca, Cornell University, 1974. pp. 12-18.
78. _____ et al. The soluble protein concept and its value in ruminant feeding. *Feedstuffs* 52(20):25-27. 1980.
79. TAMMINGA, S. Energy-protein relationships in ruminant feeding; similarities and differences between rumen fermentation and postruminal utilization. In Miller, E. L., Pike, L.H. y Van Es, A.J.H., eds, *Protein Contributions of Feedstuffs for Ruminants: application to feed formulation*. London, Butterworth, 1982. pp. 44-15
80. THOMAS, P.C. y ROOK, J.A.F. Manipulation of rumen fermentation. In Haresing, W. y Cole, D.J.A., eds. *Recent Developments in Ruminant Nutrition*. London, Butterworth, 1981. pp. 157-183.
81. VARGA, C.A. y HOOVER, W.H. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs in situ. *Journal of Dairy Science* 66(10):2109-2115. 1983.
82. WALDO, D. R. y GOERING, H.K. Insolubility of proteins in ruminant feeds by four methods. *Journal of Animal Science* 49(6):1560-1568.
83. WOHLT, J. E. et al. Nitrogen metabolism in wethers as affected by dietary protein solubility and amino acid profile. *Journal of Animal Science* 42(5):1280-1289. 1976.
84. _____, SNIFFEN, C.J. y HOOVER, W.H. Measurement of protein solubility in common feedstuffs. *Journal of Dairy Science* 56(8):1052-1057. 1980.

7. APENDICE

Cuadro 1A Porcentaje de materia seca promedio de las porciones de madero negro y poró a dos frecuencias de corte.

<u>Edad de rebrote</u>	<u>Madero Negro*</u>		<u>Poró*</u>	
	<u>3</u>	<u>5</u> MESES	<u>3</u>	<u>5</u>
Tallo tierno	22,15	18,70	19,90	19,60
Hoja superior	21,60	26,70	23,90	29,40
media	24,80	30,40	25,90	31,20
inferior	28,20	31,80	30,90	33,80
Pecíolo superior	27,10	18,80	31,70	27,10
medio	30,10	23,60	35,90	29,80
inferior	28,30	23,70	38,00	31,50
Tallo maduro	22,60	20,80	23,30	24,40

* Secadas en horno de aire forzado a 40°C hasta peso constante.

Cuadro 2A Cuadrados medios de la producción de biomasa.

	(1)	(2)	(4)	(3)	(1)+(2)+(3)	Biomasa total	
F. V.	G.L.	Hojas	Pecíolo	Total Tallos	Tallos Tiernos	Biomasa forra era	
A. Repeticiones	4	0.0478 n.s.	0.006 n.s.	0.235 n.s.	0.0120 n.s.	0.038 n.s.	1.017 n.s.
B. Especie	1	2.848**	0.468**	1.271**	0.226**	8.497**	38.368**
C. Frecuencia	1	0.153 n.s.	0.0005 n.s.	0.912**	0.0009 n.s.	0.111 n.s.	10.140**
B * C	1	0.171 n.s.	0.005 n.s.	0.099 n.s.	0.015 n.s.	0.283 n.s.	7.345
Error	12	0.097	0.015	0.123	0.013	0.221	0.499

** ($P < 0,01$)

n.s. No significativo

Cuadro 3A Producción de biomasa de el Poró y Madero Negro

	(1)	(2)	(4)	(3)	(1)+(2)+(3)	(1)+(2)+
	Hojas	Pecíolos	Total Tallos	Tallos Tiernos	Biomasa forra era	Biomasa Total
PORO	0.66 B	0.25 A	0.56 A	0.14 A	1.07 A	1.53 A
MADERO NEGRO	0.23 B	0.06 B	0.27 B	0.02 B	0.32 B	0.55 B

Las medias con la misma letra en las columnas no son significativamente diferentes

Cuadro 4A Cuadrados medios de la solubilidad en borato fosfato.

F.V.	G.L.	N Total	N IBF	N SBF	PVSBF	NNPSBF
A. Especie	1	0,56 n.s.	26,69 n.s.	26,66 n.s.	19,97**	0,48 n.s
B. Frecuencia	1	32,57**	302,55**	302,68**	38,02**	126,14*
A * B	1	4,64 n.s.	176,10*	176,20*	0,89 n.s.	152,05*
C Porción	6	265,69**	907,19**	907,31**	15,55**	845,90**
A * C	6	7,99 n.s.	18,34 n.s.	18,31 n.s.	4,96*	8,00 n.s.
B * C	6	2,70 n.s.	14,20 n.s.	14,20 n.s.	0,63 n.s.	12,78 n.s.
Error	6	1,89	14,06	14,07	1,15	17,46
Total	27					

* (P < 0,05)

** (P < 0,01)

n.s. No significativo

NIBF Nitrogeno insoluble en borato fosfato

NSBF Nitrogeno soluble en borato fosfato

PVSBF Proteina verdadera soluble

NNPSBF Nitrogeno no proteico soluble

Cuadro 5A Solubilidad en detergentes del nitrógeno contenido en tallo tierno, hojas y peciolo de *E. poeppigiana* y *G. senium* a dos edades de rebrote.

Edad de rebrote, meses	Nitrógeno Total N x 6.25					MS, %					NIDA					NIDA x 100 FDA					NIDN					NIDN x 100 FDA					NIDA x 100 FDA																																																																																	
	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	3																																																																													
MADERO NEGRO																																																																																																																
TT	20,7	18,9	56,3	56,9	3,3	3,3	5,3	35,8	41,9	2,8	2,8	2,5	5,9	9,3	7,8	7,8	6,0	25,9	27,6	52,5	46,3	17,0	19,3	23,8	27,4	10,4	10,3	52,4	41,7	45,8	37,6	24,0	27,7	56,2	49,7	19,7	22,7	29,2	27,9	10,7	11,4	55,0	45,7	56,6	40,9	21,5	25,4	55,6	48,5	20,2	22,7	27,1	27,0	11,7	13,8	36,3	46,8	43,2	51,1	15,4	14,5	64,5	58,5	4,2	5,4	40,4	44,6	3,5	3,7	6,5	9,2	8,7	8,3	11,0	11,9	72,3	62,7	2,6	5,9	45,2	49,1	2,6	4,1	3,6	9,4	5,7	8,3	9,3	11,2	70,2	61,8	3,1	5,5	46,3	49,3	3,7	4,2	4,4	8,9	8,0	8,5	PCRO										
TT	17,8	22,4	64,1	51,8	5,0	7,2	51,4	40,2	2,4	3,5	4,7	5,9	9,3	4,7	8,2	50,1	52,8	62,2	58,4	25,7	31,7	29,9	33,9	9,8	11,1	51,0	44,0	32,8	32,7	25,8	31,5	60,7	54,4	24,7	27,2	35,6	33,3	11,4	10,5	44,8	45,4	32,0	31,5	22,1	26,5	60,8	54,4	21,2	25,7	39,8	34,4	11,9	8,8	42,3	39,0	29,9	25,6	12,0	14,3	68,9	55,3	2,6	6,5	51,4	44,7	2,4	3,1	3,8	11,7	4,7	6,9	7,4	9,2	68,3	58,8	3,2	3,8	55,1	48,7	1,9	2,7	4,7	6,5	3,4	5,5	8,5	7,8	67,4	61,3	2,9	4,1	52,6	49,1	2,0	2,5	4,3	6,7	3,8	5,1													

TT= tallo tierno

HS, HN, HI = hoja superior, media, inferior

PS, PM, PI = peciolo superior, medio, inferior

FDN, FDA = fibra detergente neutro, ácido

NIDN, NIDA = nitrógeno insoluble en detergente neutro, ácido

Quadro 6A Cuadrados medios de la solubilidad en detergentes

G.L.	Nitrógeno total	FDN	NIDN	FDA	NIDA
A Especie	1	0,36 n.s.	39,95 n.s.	258,64**	5,23 n.s.
B Frecuencia	1	32,57**	6,60 n.s.	5,23 n.s.	0,66 n.s.
A * B	1	4,64 n.s.	14,80 n.s.	92,55*	0,54 n.s.
C Porción	6	265,69**	407,55**	314,88**	74,73**
A * C	6	7,99 n.s.	16,97 n.s.	4,64 n.s.	0,89 n.s.
B * C	6	2,70 n.s.	3,50 n.s.	4,95 n.s.	0,26 n.s.
Error	6	1,89	4,71	9,40	1,38
Total	27				

* (P < 0,05)

** (P < 0,01)

n.s. No significativo

FDN, FDA = fibra detergente neutro, ácido
 NIDN, NIDA = nitrógeno insoluble en detergente neutro, ácido

Cuadro 7A. Cuadrados medios de los parámetros estimados para la digestibilidad

Fuente de variación	G.L.	CPC		MATERIA SECA		NIDN		N TOTAL	
		A	B ^{2/}	A	B	A	B ^{2/}	A	B
Especie	1	29,12ns	0,82ns	165,25ns	0,15ns	35,08ns	2,15	212,46**	10,95
Frecuencias	1	655,34**	0,48ns	206,12*	0,05ns	321,50ns	16,04**	29,45	0,42
Porción	6	247,52**	2,14**	235,76**	0,04ns	279,59ns	1,26	241,45**	14,74
Error	19	64,56	0,32	42,62	0,05	131,80ns	1,64	26,71	5,61**

A= digestibilidad potencial

B= coeficiente de aceleración

1/= según la ecuación $= A(1 - e^{-B(t-C)})$

2/= cifras x.1000