

TASA DE DIGESTIBILIDAD RUMINAL DE CARBOHIDRATOS
ESTRUCTURALES DE *Kochia scoparia* (L.) ROTH

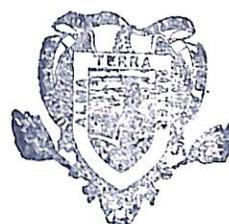
JOSE DEMETRIO PEREZ RODRIGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE Universidad Autónoma Agraria
MAESTRO EN CIENCIAS ANTONIO NARRO

EN NUTRICION ANIMAL



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DE 1996

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

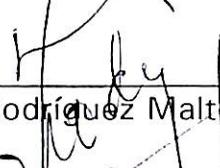
MAESTRO EN CIENCIAS EN
NUTRICIÓN ANIMAL

COMITE PARTICULAR

Asesor principal:


M.C. Ramón F. García Castillo

Asesor:


Dr. David Rodríguez Maltos

Asesor:


M.C. Regino Morones Reza


Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez
Subdirector de postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre de 1996

C O M P E N D I O

TASA DE DIGESTIBILIDAD RUMINAL DE CARBOHIDRATOS
ESTRUCTURALES DE Kochia scoparia (L.) ROTH

POR

JOSE DEMETRIO PEREZ RODRIGUEZ

MAESTRIA

NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. Noviembre de 1996

M.C. Ramón F. García Castillo - Asesor -

Palabras clave: Kochia, Digestibilidad, MS, NDF, ADF, H, CC, efecto de la altura, efecto del tiempo.

Este trabajo se llevó a cabo en la Unidad Metabólica y Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en

Coahuila, México; ubicado en los 101° 1' longitud Oeste y 25° 22' latitud Norte; con una altitud de 1743 msnm. El propósito de este estudio fue determinar la tasa de digestibilidad de los carbohidratos de Kochia scoparia cosechada a 30 (T1), 60 (T2), 90 (T3), 120 (T4) y 150 (T5) cm de altura, se utilizaron seis tiempos de incubación ruminal 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas, distribuyéndose en un diseño de bloques al azar para un arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La Kochia se cortó a 5 cm del suelo durante los meses de julio de 1991 y 1992, con objeto de eliminar el efecto de año ambas cosechas fueron mezcladas. Se encontró una diferencia estadística ($P < 0.01$) entre los factores tiempo y altura; de este modo se particionó la suma de cuadrados por medio de polinomios ortogonales, los resultados indican una tendencia lineal. La relación entre altura (cm) o tiempo de incubación (X) y desaparición de carbohidratos estructurales (Y) son descritos por las siguientes ecuaciones:

Efecto de la altura sobre la digestibilidad

$$\text{DM} \quad Y = 57.7130 + (-0.2182 * X); (r^2 = 0.9354); \quad 30 \quad X \quad 150 \text{ cm}$$

$$\text{NDF} \quad Y = 40.9630 + (-0.2051 * X); (r^2 = 0.8960); \quad 30 \quad X \quad 150 \text{ cm}$$

$$\text{ADF} \quad Y = 29.1000 + (-0.1567 * X); (r^2 = 0.8184); \quad 30 \quad X \quad 150 \text{ cm}$$

$$\text{H} \quad Y = 11.9480 + (-0.0499 * X); (r^2 = 0.9659); \quad 30 \quad X \quad 150 \text{ cm}$$

Efecto del tiempo sobre la digestibilidad

DM	$Y = 24.7214 + (0.3180 * X); (r^2 = 0.8510);$	12	X 72 horas
NDF	$Y = 8.4053 + (0.3357 * X); (r^2 = 0.8976);$	12	X 72 horas
ADF	$Y = 5.4747 + (0.2268 * X); (r^2 = 0.8928);$	12	X 72 horas
H	$Y = 3.0287 + (0.1055 * X); (r^2 = 0.8641);$	12	X 72 horas
CC	$Y = 38.8940 + (0.3348 * X); (r^2 = 0.9755);$	12	X 72 horas

El porcentaje de digestibilidad perdido de acuerdo al tiempo de incubación por cada 30 cm de altura en MS fue 15.9, y por cada 12 horas de incubación el porcentaje de desaparición fue 11.57, para NDF (23.5, 1.82), ADF (25.8, 25.0), H (19.0, 22.0) y CC (8.6, 8.0). El tiempo medio de digestión encontrado de acuerdo al tiempo de incubación (h) entre 30 y 150 cm de altura de la planta fue : MS (40.2-131), FDN (58.1-196), FDA (69.6-204), H (124-1108) y CC (9.15-68.4). Del resultado de este estudio, puede concluirse que la Kochia scoparia de acuerdo a la altura y al tiempo de incubación tiene un tiempo medio de digestión aceptable, cuando las plantas son cortadas entre 60-90 cm de altura.

ABSTRACT

RUMINAL DIGESTIBILITY RATE OF STRUCTURAL CARBOHYDRATES OF Kochia scoparia (L) ROTH

by

José Demetrio Pérez Rodríguez

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL NUTRITION

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Buena Vista, Saltillo, Coahuila.

Ramón F. García Castillo M.C. - Advisor -

Key words: *Kochia*, digestibility, DM, NDF, ADF, H, CC, effect of height, effect of time.

This work was carried out in the Metabolic Unit and Animal Nutrition Laboratory of the Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" in Coahuila México; located at 101° 1' west longitude and 25° 22' north latitude; 1743 meters above the sea level. The purpose of this study was to determine the rate of carbohydrate digestibility of *Kochia scoparia* harvested at 30 (T1), 60 (T2), 90 (T3), 120 (T4) and 150 (T5) cm height, and ruminal incubation time of

12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours. A random block design, arranged in divided plots with four replications was used to analyse the data. Plants were cutted at 5 cm above the ground level during the month of July 1991 and 1992. In order to eliminate the year effect both harvests were mixed in the study. Statistical differences ($P < 0.01$) were found between time and hight factors; due to this, Sums of Squares were partitioned (orthogonal polynomials) finding a linear tendency. The relationship between hight (cm) or ruminal incubation time (X) and structural carbohydrates dissapearance (Y) are described with the following equations:

Effect of hight (cm) on digestibility

DM $Y = 57.7130 + (-1.2182 * X)$; ($r^2 = 0.9354$); $30 \leq X \leq 150$ cm

NDF $Y = 40.9630 + (-0.2051 * X)$; ($r^2 = 0.8960$); $30 \leq X \leq 150$ cm

ADF $Y = 29.1000 + (-0.1567 * X)$; ($r^2 = 0.8184$); $30 \leq X \leq 150$ cm

H $Y = 11.9480 + (-0.0499 * X)$; ($r^2 = 0.9659$); $30 \leq X \leq 150$ cm

Effect of time (h) on digestibility

DM $Y = 24.7214 + (0.3180 * X)$; ($r^2 = 0.8510$); $12 \leq X \leq 72$ hours

NDF $Y = 8.4053 + (0.3357 * X)$; ($r^2 = 0.8976$); $12 \leq X \leq 72$ hours

ADF $Y = 5.4747 + (0.2268 * X)$; ($r^2 = 0.8928$); $12 \leq X \leq 72$ hours

H $Y = 3.0287 + (0.1055 * X)$; ($r^2 = 0.8641$); $12 \leq X \leq 72$ hours

CC $Y = 38.8940 + (0.3348 * X)$; ($r^2 = 0.9755$); $12 \leq X \leq 72$ hours

The percentage of digestibility lost according to incubation time per each 30 cm plant height in D.M. was 15.9, and per each 12 hours incubation the percentage of disappearance was 11.57, for NDF (23.5, 1.82), ADF (25.8, 25.0), H (19.0, 22.0) and CC (8.6, 8.0). The percentage average digestion according to incubation time (h) found between 30 and 150 cm plant height was: DM (40.2, 131), NDF (58.1, 196), ADF (69.6, 204), H (124, 1108) and CC (9.15, 68.4). From the results of this study, it can be concluded that Kochia scoparia according to height and incubation time, has an acceptable average time of digestion, when plants are cutted at 60-90 height.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Descripción botánica.....	4
Producción de forraje.....	5
Valor nutritivo.....	6
Digestibilidad de la <u>Kochia scoparia</u>	8
Factores que afectan la digestibilidad del alimento.....	8
Factores que afectan los valores de digestibilidad <u>in situ</u>	12
Tamaño del poro.....	12
Introducción de las bolsas.....	13
Tiempo de incubación.....	13
Dieta ofrecida al animal fistulado.....	14
posición de las bolsas en el rumen.....	14
Modelos para estimar la tasa de degradación inal	15
MATERIALES Y METODOS.....	16
Localización.....	16
Características del clima y suelo.....	16
Materiales.....	17
Métodos.....	17

RESULTADOS.....	20
Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.....	20
Digestibilidad de la materia seca con respecto a la altura - y al tiempo de incubación.....	20
Tasa de digestión de la materia seca con respecto a la - altura y al tiempo de incubación.....	23
Materia seca potencialmente digestible y tiempo medio - de digestión.....	24
Porcentaje de desaparición de la Fibra Detergente Neutro.....	27
Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro con respecto - a la altura y al tiempo de incubación.....	27
Tasa de digestión de la Fibra Detergente Neutro con - respecto a la altura y al tiempo de incubación.....	30
Fibra Detergente Neutro potencialmente digestible y tiempo - medio de digestión.....	31
Porcentajes de la desaparición de la Fibra Detergente Acido.....	33
Digestibilidad de la Fibra Detergente Acido en relación a la - altura y al tiempo de incubación.....	35
Tasa de digestión de la Fibra Detergente Acido con respecto - a la altura y al tiempo de incubación.....	37
Fibra Detergente Acido potencialmente digestible y tiempo -	

medio de digestión.....	38
Porcentaje de digestibilidad de la Hemicelulosa.....	40
Digestibilidad de la Hemicelulosa con respecto a la altura y al - tiempo de incubación.....	40
Tasa de digestion de la Hemicelulosa con respecto a la altura - y al tiempo de incubación.....	43
Hemicelulosa potencialmente digestible y tiempo medio de - digestión.....	44
Porcentaje de desaparición del Contenido Celular.....	46
Digestibilidad del Contenido Celular en relación a altura y - al tiempo de incubación ruminal.....	46
Tasa de digestión del Contenido Celular con respecto a la - altura y al tiempo de incubación.....	49
contenido celular potencialmente digestible y tiempo medio - de digestión.....	50
interacciones.....	53
DISCUSION.....	56
CONCLUSIONES.....	65
RESUMEN.....	67
LITERATURA CITADA.....	69
APENDICE.....	76

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1 Composición química de la <u>kochia scoparia</u> cosechada - a diferentes alturas.....	7
2.2 Composición química de las raciones de <u>Kochia</u> y alfalfa.....	7
4.1 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo - a la altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.....	21
4.2 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo - a la altura de la planta.....	22
4.3 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo - al tiempo de incubación ruminal.....	22
4.4 Desaparición de la materia seca y materia seca potencial - mente digestible de la Kochia scoparia de acuerdo al tiempo - de incubación.....	25
4.5 Evolución de la desaparición de la materia seca de la Kochia - scoparia considerando cinco alturas de la planta y seis perío - dos de incubación ruminal.....	26
4.6 Porcentajes de digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro - de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación.....	28
4.7 Porcentajes de digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro - considerando cinco alturas de la planta.....	29
4.8 Porcentajes de digestibilidad de la Fibra detergente Neutro - considerando seis períodos de incubación ruminal.....	29
4.9 Desaparición de la Fibra Detergente Neutro y Fibra Detergente - Neutro potencialmente digestible de la Kochia scoparia de - acuerdo al tiempo de incubación.....	32
4.10 Evolución de la desaparición de la fibra Detergente Neutro - de la Kochia scparia considerando cinco alturas de planta y . seis períodos de incubaciónruminal.....	33

4.11	Porcentajes de digestibilidad de la Fibra Detergente Acido - de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación - ruminal.....	34
4.12	Porcentaje de digestibilidad de la Fibra Detergente Acido - considerando cinco alturas de la planta.....	35
4.13	Porcentajes de digestibilidad de la Fibra detergente Acido - de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.....	36
4.14	Desaparición de la Fibra Detergente Acido potencialmente - digestible de la kochia scoparia de acuerdo al tiempo de - incubación.....	39
4.15	Evolución de la desaparición de la Fibra Detergente acido - de la kochia scoparia considerando cinco alturas de la - planta y seis períodos de incubación ruminal.....	40
4.16	Porcentajes de digestibilidad de la Hemicelulosa de acuerdo - a la altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.....	41
4.17	Porcentajes de digestibilidad de la Hemicelulosa de acuerdo - a la altura de la planta.....	42
4.18	Porcentajes de digestibilidad de la Hemicelulosa de acuerdo - al tiempo de incubación ruminal.....	42
4.19	Evolución de la desaparición de la Hemicelulosa y Hemice - lulosa potencialmentye digestible de la Kochia scoparia.....	45
4.20	Desaparición de la Hemicelulosa de la Kochia scoparia a - diferentes tiempos de incubación ruminal y a cinco alturas - de la planta.....	46
4.21	Porcentajes de digestibilidad del Contenido Celular de la - Kochia scoparia de acuerdo a la altura de la planta y al - tiempo de incubación ruminal.....	47
4.22	Porcentaje de digestibilidad del Contenido Celular de - acuerdo a la altura de la planta.....	48
4.23	Porcentaje de digestibilidad del Contenido Celular de - acuerdo al tiempo de incubación ruminal.....	48
4.24	Desaparición del contenido Celular y contenido Celular -	

potencialmente digestible de la Kochia scoparia.....	52
4.25 Desaparición del contenido Celular de la Kochia a diferentes - tiempos de incubación ruminal y a cinco alturas de la planta.....	53
4.26 Efecto de la altura sobre la cinética ruminal de la MS, carbo - hidratos estructurales y CC de la planta de Kochia scoparia - a diferentes tiempos incubación.....	53
4.27 Efecto del tiempo sobre la cinética ruminal de la MS, carbo - hidratos estructurales y CC de la planta de Kochia scoparia - de diferentes alturas de crecimiento.....	54

INTRODUCCION

Debido a la gran importancia que tienen las especies forrajeras con alto rendimiento y buenas características nutricionales para el ganado vacuno, es necesario tener un conocimiento más específico sobre las variables mencionadas ya que los análisis de la composición química del alimento solo son indicativos de su contenido de nutrientes; más no de su disponibilidad para el animal, por lo que se plantea la necesidad de contar con datos sobre la digestibilidad, definiendo ésta, como la cantidad de un nutriente dado que se digiere o sea que desaparece.

Amplia es la literatura que señala cómo a medida que los pastos crecen o envejecen, su calidad disminuye; esto obedece fundamentalmente, al aumento de sus componentes estructurales y a la disminución de los carbohidratos solubles, proteínas, minerales y digestibilidad. Esto, además representa en el aspecto económico pérdidas significativas por el solo desconocimiento de la edad o altura óptimas de cosechar los forrajes. Asimismo, sin minimizar los componentes de calidad (consumo, digestibilidad y utilización), el estudio sobre la altura de corte de un forraje, nos permite conocer el comportamiento de los carbohidratos estructurales y el tiempo de

incubación permitirá establecer y predecir el consumo y por supuesto el potencial de producción de un forraje.

Tomando en cuenta lo anterior y considerando la importancia que los forrajes tienen para la alimentación de rumiantes, es necesario considerar e incorporar aquellos cultivos anuales con bajas demandas de agua y agroquímicos, y a la vez que posean características nutricionales importantes. Según Durham y Durham (1978) un cultivo que reúne las características mencionadas, además de volúmenes de producción elevados es la Kochia scoparia. Esta ha sido comparada con la alfalfa, presentando menos contenido de fibra y similar proteína cruda (Sherrod, 1973), siendo la ventaja principal su resistencia a la sequía, teniendo una producción de 2.5 veces más forraje por cada 2.5 cm de lámina de riego que la alfalfa.

Considerando la alta producción de forraje a partir de la Kochia y que en estudios agronómicos ha demostrado ser una alternativa para la alimentación animal en las zonas semiáridas, se plantea la necesidad de contar además, con datos sobre tasas de digestión de los carbohidratos estructurales que influyen en su consumo.

Dada la importancia que tiene la evaluación de los forrajes anuales más promisorios, es que se llevó a cabo la presente investigación, cuyos objetivos fueron los siguientes:

- a) Determinar la tasa de digestibilidad de la Materia Seca (MS), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Acido (FDA), Hemicelulosa (H) y Contenido Celular (CC).

- B) Determinar la tasa de desaparición de las fracciones mencionadas con respecto a la altura de la planta y al tiempo de incubación ruminal.

- c) Determinar la relación existente entre MS vs FDN, MS vs FDA, MS vs H, MS vs CC y FDN vs FDA.

- d) Generar criterios de apoyo para cosechar la Kochia en equilibrio agronómico y nutricional (Altura - Digestibilidad).

REVISION DE LITERATURA

Descripción Botánica

La Kochia scoparia (L.) Roth, pertenece a la familia Chenopodiaceae, es una hierba con tallos erectos, ramificada desde la base, siendo sus características más distintivas, su hábito de crecimiento (globular y denso), sus flores pequeñas y verdosas, sus hojas lineales y su tallo cambia de color verde en el verano a púrpura rojizo en el otoño (Stublendieck, 1981). Se propaga solo por semilla, de cual produce gran cantidad (Villarreal, 1983).

Farías (1984) menciona que la Kochia se considera actualmente como nativa en algunas áreas del Sur de E.U.A., siendo un cultivo eficiente en el uso del agua y produciendo gran cantidad de semilla, lo que le permite en ocasiones su resiembra natural, sin embargo, su semilla pierde viabilidad en dos años, lo cual reduce el riesgo de que se convierta en maleza. Durham y Durham (1982) reportan que la Kochia produce entre 1.7 y 2.2 ton/ha de semilla. Phillips y Launchbaugh (1958) observaron plantas cuyas raíces puedan alcanzar un diámetro de 2.5 cm y profundidades de 5 m, haciéndola más resistente a la sequía.

Producción de Forraje

Sherrod (1971) encontró que la Kochia scoparia produjo en estado silvestre 3.5, 8.7 y 11.3 ton MS/ha, cortada a alturas de 44, 87 y 133 cm respectivamente, bajo tres estados de madurez (Prefloración, Media Floración y Floración Completa). Bajo condiciones de temporal Ozuna (1984) evaluó doce fechas de siembra, cosechando la planta en estado de botón, obteniendo el mayor rendimiento en la siembra del 15 de Febrero (13.06 ton MS/ha), seguida por la siembra del 30 de Enero con (11.44 ton MS/ha), en las siembras de Marzo a Junio, no se logró un buen establecimiento y su producción de forraje se redujo a 1.46 ton MS/ha.

Bajo una marcada escasez de lluvia Durham y Durham (1982) encontraron que la Kochia soportó una carga de un animal en 1.17 ha/año, comparado con la carga de un animal en 10.42 ha en pastos nativos. Bajo condiciones de lluvia regular (240-260 mm) Fuehring (1980) obtuvo una producción de 2 a 3 ton de MS/ha en un solo corte, y bajo condiciones de riego, este mismo autor obtuvo 1 ton MS/ha por cada 2.5 cm de lámina de riego, siendo este cultivo tres veces más eficiente que la alfalfa. Similar producción de materia seca (12 ton/ha) cosechó Becker (1978) al utilizar una lámina de riego de 35 cm.

Con el propósito de observar la respuesta de la Kochia a la fertilización Ozuna (1984) reporta que aplicando 80 kg de nitrógeno y 100 kg de fósforo antes de la siembra y 75 kg N/ha después de cada corte, y regando el cultivo cada 15 días, obtuvo una producción de 19.78 ton MS/ha en cinco cortes.

Al incrementar la aplicación de nitrógeno (280 kg/ha) Foster (1980) cosechó 26 ton de MS/ha en cuatro cortes, pudiendo producirse hasta 40.9 ton/ha si se aumentaran el número de fertilizaciones y riegos. En experimentos realizados en Nuevo México (Lugg et al., 1982) igualmente reportan una mayor producción de materia seca en respuesta a altas dosis de fertilizante nitrogenado con riego. Al aplicar 224 kg de N/ha en temporal, se obtuvo un 26 por ciento más de MS, y con la misma dosis de fertilizante y la aplicación de tres riegos, la producción de MS se elevó en un 111 por ciento en que las concentraciones de calcio, fósforo y oxalato disminuyeron comparación cuando no se aplicó fertilizante. Al aplicar altos niveles de fósforo Lugg et al., (1983) encontraron un aumento en la producción de MS, PC y N. En otro experimento, la fertilización nitrogenada aumentó la MS linealmente, observándose cuadráticamente.

Valor Nutritivo

Al hablar de forrajes, es ampliamente conocido que a medida que éstos maduran, su porcentaje de proteína declina, aumentando su cantidad de fibra.

Investigadores (Bell *et al.*, 1952; Sherrod, 1973; Ozuna, 1984; Miranda *et al.*, 1986 y Hernández, 1986) han comparado a la Kochia en su valor nutricional con la alfalfa, encontrando que ésta tiene mayor contenido proteínico (Cuadros 2.1 y 2.2) en la etapa de crecimiento en relación a la alfalfa.

Cuadro 2.1 Composición química de la Kochia scoparia cosechada a diferentes alturas. Bell *et al.*, (1952)

Altura (cm)

Determinación (%)	60	90	120
Proteína Cruda	21.0	17.1	15.6
Fibra Cruda	15.2	18.7	21.1
Grasa	1.5	1.4	1.0
Ext.libre de Nitrógeno	41.8	44.2	46.3

Cuadro 2.2 Composición química de las raciones de Kochia y alfalfa. Sherrod (1973)

% de Kochia	100	75	50	25	0
% de Alfalfa	0	25	50	75	100
% Mat. Orgánica	85.80	87.30	88.70	90.20	91.70
% de Ceniza	14.20	12.70	11.30	9.80	8.30
% Prot. Cruda	14.60	14.40	14.20	14.10	13.90
% Extrac.Etéreo		1.80	1.70	1.70	1.60
% Fibra Cruda	25.00	28.70	32.40	36.20	40.00
% E.L.N.	44.30	42.40	40.40	38.20	36.20
% de Calcio	1.12	1.14	1.15	1.16	1.18
% de Fósforo	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
E.B. Kcal/g MS	3.95	4.05	4.16	4.26	4.37

Digestibilidad de la Kochia scoparia

Al sustituir heno comercial de alfalfa por heno de Kochia, Sherrod (1973) obtuvo un porcentaje de digestibilidad de la MS (100 por ciento Kochia) de 63.2 y 59.6 por ciento para la mezcla con 50 por ciento de Kochia y 50 por ciento de alfalfa, observándose un valor más bajo (54.5) para la ración con 100 por ciento de alfalfa. Años más tarde (Ozuna, 1984) en un estudio in vitro, obtuvo una digestibilidad que varió de 69.3 a 77.3 por ciento considerando nueve fechas de siembra, y para el temporal, digestibilidades de 77.7 a 84.9 por ciento considerando cuatro fechas de siembra. Sin embargo, Hernández, (1986) en estudios in vitro, considerando diferentes alturas de corte (25, 50, 75 y 100 cm) obtuvo valores de 57.83, 56.93, 43.84 y 48.80 por ciento respectivamente. Digestibilidades similares (60.1 por ciento) reportaron García et al., (1988). En estudios de digestibilidad in vivo, (Ortiz et al., 1988) obtuvieron valores superiores (71.9 y 73.2 por ciento) para heno y en verde respectivamente. Ellos concluyeron que probablemente estos valores se relacionan ya que la planta se cosechó a 60 cm de altura, y es cuando su contenido lignocelulósico es más bajo.

Factores que afectan la digestibilidad del alimento

La digestibilidad de un alimento está directamente relacionada con su composición química, en algunos alimentos como los granos, la variación en su composición es mínima de una muestra a otra, mientras que en otros como los forrajes frescos, ensilados o henificados, su composición es menos constante y su digestibilidad es más variable. Según (Church, 1976) cuando los alimentos se dan combinados su efecto asociativo puede resultar en una mayor o menor digestión de los mismos, que al darse por separado; quizás debido a una mejor combinación de nutrimentos o a que se altera la velocidad de paso a través del tracto digestivo.

Van Soest, (1975) indica que el contenido celular de las plantas se digiere casi completamente, mientras que las paredes celulares formadas principalmente por hemicelulosa y celulosa se digieren en menor proporción, sobre todo si están muy lignificadas, como en el caso de forrajes maduros.

La presencia de algunos minerales como Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloro, Fósforo y Azufre en la dieta, incrementan la digestibilidad de la fibra (Witt y Owens, 1983). Al suplementar minerales traza como Hierro, Cobre, Cobalto, Manganeseo o Selenio, en algunos casos, aumentan la digestibilidad de la celulosa, mientras que en otros casos no se logró ningún beneficio (Church, 1976). Por otra parte considerando las interacciones entre algunos minerales, como el calcio, y al aumentar su contenido en la dieta al

doble de lo recomendado por la NRC, disminuye la digestibilidad aparente del Zinc, Cobre, Molibdeno y Fósforo; aumentando la de Hierro, sin tener efecto sobre la de Potasio, Magnesio y Azufre (Cathcart *et al.*, 1983).

La digestibilidad de un alimento no solamente se ve afectada por su propia composición, sino también por la de otros alimentos consumidos al mismo tiempo (Schneider y Ellenberg, 1927; Church, 1976) reportan que la digestibilidad de un alimento puede variar dependiendo del alimento o la combinación de éstos, el coeficiente de digestibilidad de una dieta combinada es diferente de los obtenidos por separado. En dietas que contienen poca proteína en relación con la cantidad de carbohidratos fácilmente digeribles, la digestibilidad de la celulosa se reduce, por lo que debe proporcionarse una fuente de Nitrógeno y minerales, principalmente macrominerales para favorecer el crecimiento y actividad microbiana (Witt y Owens, 1983).

La forma física del alimento igualmente afecta la digestibilidad de sus constituyentes (Balch y Campling, 1965). Varios autores (Church, 1976; Moore, 1964; Schneider y Flatt, 1975) estudiaron la digestibilidad de forrajes molidos y peletizados, tratando de explicar el porqué disminuye el aprovechamiento del forraje con esos tratamientos, atribuyendo la menor digestibilidad de la fibra en forrajes picados en relación con forrajes enteros, a

que los animales seleccionan las partes más digestibles. Schneider y Flatt (1975) observaron que los forrajes ofrecidos en forma de pelet o cubos pasan rápidamente por el tracto digestivo y tienen menor digestibilidad que los forrajes enteros, debido a una tasa más rápida de pasaje de las partículas molidas, afectando la fermentación y reduciendo el tiempo de exposición del alimento ante microorganismos ruminales. Moore, (1964) reporta menor tiempo de aprehensión y masticación, reducción de la secreción de saliva, disminución de la rumia, aumento de la fermentación ruminal, disminución del pH ruminal, disminución en las relaciones acetato - propionato, aumento de la tasa de pasaje a través del rumen, aumento en el consumo de materia seca y mayor aceptación y gustosidad del forraje empastillado en comparación de forrajes enteros.

Investigadores como (Latt, 1966; Reid et al., 1966 y Robertson y Van Soest, 1975) opinan que la cantidad de alimento consumido puede afectar el grado de su digestibilidad, disminuyendo el aprovechamiento del alimento al aumentar el consumo. Una mayor digestibilidad se ha observado cuando la cantidad de alimento consumido cubre únicamente las necesidades de mantenimiento, observándose este fenómeno, tanto en ovinos como en bovinos (Colucci et al., 1982) estos investigadores encontraron baja digestibilidad de los concentrados en comparación a los forrajes al aumentar su

ingestión, ésto debido al aumento de la velocidad de paso del alimento, con lo que se reduce el tiempo de exposición a la fermentación y a la acción enzimática.

Factores que afectan los valores de digestibilidad in situ

Tamaño del Poro

Algunos factores que pueden afectar la digestibilidad de alimento en rumiantes utilizando la técnica in situ pueden ser el tamaño de la muestra, número y tamaño del poro por cm^2 , número de muestra en forma conjunta, localización o asentamiento de las muestras en el rumen y dieta del animal fistulado. En estudios realizados por Van Hellen y Ellis (1977) en donde se utilizaron bolsas con poros de 70 milimicras (*mu*) observaron al cabo de 48 horas de incubación que a través de los poros habían atravesado hacia el interior 0.27 g de partículas de paredes celulares; sin embargo, cuando se utilizaron bolsas con poros de 10 milimicras, la entrada de partículas fue despreciable. En otro estudio, igualmente con el propósito de encontrar la dimensión óptima del poro, (Noceck, 1985) consideró dimensiones que variaron de 20 a 50, y de 50 a 80 *mu*, observando que a medida que aumenta la dimensión del poro, la desaparición de la materia seca incubada aumenta. Similar conclusión fue observada por Lindberg, (1984) y Van Soest,

(1982) quienes consideraron el diámetro de poro de 30 μ como óptimo, tomando en cuenta que poros de menor dimensión retardan la entrada de los microorganismos ruminales inhibiendo la fermentación y poros de mayor dimensión permiten la entrada de partículas lignificadas distorsionando los resultados finales.

Introducción de las Bolsas

Al utilizar esta técnica, ha sido una práctica común introducir al rumen simultáneamente las bolsas que se van a incubar por diferentes períodos, enredándose todas entre sí, causando problemas en aquellas que se incuban por períodos largos al sacarse todas las bolsas, interrumpiéndose la fermentación. Por lo que para evitar este problema, (Noceck, 1985) sugiere introducir las bolsas a diferentes intervalos de tiempo, de acuerdo con las horas de incubación que se desee estudiar y sacar todo el grupo al mismo tiempo.

Tiempo de Incubación

A la fecha, es difícil indicar el mejor período de incubación para predecir la óptima digestibilidad de un alimento, debido esto, al diferente uso de bolsas, animales, dietas, tiempos de incubación, etc. (Rodríguez, 1968 y McQueen et al., 1980), Sin embargo, Orskov, (1982) reporta que los concentrados

requieren de 12 a 36 horas de incubación, henos y pajas 36, y para los forrajes tropicales, el período de incubación debe ser superior a 48 horas.

Dieta Ofrecida al Animal Fistulado

Investigadores como Romero et al., (1987) y Weakley et al., (1983) concuerdan que la dieta de los animales fistulados es importante en la determinación de degradabilidad de los alimentos, observando que al utilizar 70 y 30 por ciento de concentrado y heno, la tasa de degradación de la MS y la PC de la ración disminuyeron. Sin embargo, otros investigadores no encontraron ningún efecto de la dieta sobre la degradación de la MS o la PC en el rumen (Faría y Huber, 1984).

Posición de las Bolsas en el Rumen

Respecto a la colocación de las bolsas en el rumen Van Soest, (1982) sugiere como el mejor sitio el saco ventral donde la fermentación es más rápida. Sin embargo, Mehrez y Orskov (1977) no reportan lugar alguno para la colocación de las bolsas.

Modelos para estimar la tasa de degradación ruminal

En enfoque matemático más empleado ha sido el de Smith et al., (1971) quienes se basaron en modelos semilogarítmicos, en los que la variable dependiente es el logaritmo del porcentaje del material inicial que sobra después de cada tiempo de incubación. Waldo et al., (1972) propusieron que la digestión de la fracción de celulosa potencialmente degradable, se ajuste a un modelo de cinética de primer orden, el mismo concepto fue utilizado por Cross et al., (1974) para definir la fase de degradación de los constituyentes de la pared celular, y por Broderick, (1978) para el caso de la proteína cruda, a diferencia de estos investigadores (Mertens y Elly, 1982) propusieron un modelo más completo, en el que incorporaron otros dos componentes de tasa de degradación (k_1 = Tasa de degradación para la fracción rápidamente degradable y k_2 = Tasa de degradación para la fracción lentamente degradable), más el largo del período pre-fermentativo, en el que se asume no ocurre degradación. Un modelo estocástico de tasa heterogénea fue propuesto por Ellis et al., (1984), y a diferencia de los modelos citados, en este, el valor de la degradación obtenido en cualquier tiempo de incubación, se ajusta con base en la magnitud de la fracción fibrosa potencialmente degradable.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El trabajo se llevó a cabo en la Unidad Metabólica y Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mismos que se encuentran ubicados en Buenavista, Saltillo, Coahuila, sobre la carretera Saltillo - Zacatecas, siendo sus coordenadas geográficas 25° 22' Latitud Norte y 101° 1' Longitud Oeste, con una altitud promedio de 1743 msnm (CETENAL, 1977).

Características del clima y suelo

Su clasificación climática es (BW. hw(X')(e)), la cual tiene las siguientes características : Muy seco, cálido, lluvias escasas todo el año y extremo, su precipitación media anual es de 298.5 mm con una temperatura media anual de 19.8°C, con una máxima promedio anual de 21.3°C y una mínima promedio anual de 11.9°C (Mendoza, 1983). Los suelos son de tipo Aluvión y se

clasifican como medianamente pobres en nitrógeno total (0.13 por ciento), medianamente ricos en fósforo aprovechable con 52.2 kg/ha, ricos en potasio intercambiable (>900 kg/ha), medianos en materia orgánica (2.27 por ciento), altos en carbonato (45 por ciento), pH ligeramente alcalino (7.87) y textura migajón arcilloso.

Materiales

La Kochia scoparia (L) Roth fue identificada por Villarreal (1983) del Departamento de Botánica de la UAAAN, las plantas utilizadas en el estudio se localizaron en el terreno que ocupa la Universidad, se cortaron a 5 cm del suelo y en los mismos sitios, cosechándose durante dos años seguidos (Julio de 1990 y Julio de 1991) y mezclándose ambas cosechas. Para la prueba de digestibilidad in situ se utilizaron cuatro novillos adultos provistos de cánulas ruminales permanentes, y 360 bolsas de poliseda con una dimensión de 10 x 7 cm y aproximadamente 1600 perforaciones/cm².

Métodos

El forraje utilizado en el trabajo se obtuvo de plantas de Kochia scoparia (L) Roth con alturas de 30, 60, 90, 120 y 150 cm. Las muestras de forraje

(de acuerdo a la altura) se secaron en una estufa a 60 ± 5 °C, posteriormente se molieron utilizando una criba de 2 mm, se tomaron muestras de cada altura de corte, las cuales fueron sometidas al análisis de materia seca total (Tejada, 1983) y al análisis de las fracciones de fibra (Goering y Van Soest, 1970), las muestras obtenidas se colocaron en las bolsas de poliseda (5 g/bolsa). Se incubaron 3 bolsas/tiempo/altura/novillo y al momento de su introducción al rumen se humedecieron, con el propósito de que las muestras se homogeneizaran con el resto del contenido ruminal. Dos muestras de cada tratamiento no se introdujeron en el rumen con el propósito de obtener un factor de corrección por escape de partículas pequeñas a través de los poros de las bolsas. Las muestras se incubaron durante períodos de 12 hrs que comprendieron de 12 hasta 72 horas, realizando las introducciones de acuerdo al método descrito por Noceck (1985). Al finalizar el tiempo de incubación establecido para cada muestra, las bolsas se retiraron del rumen, se lavaron y secaron, para inmediatamente después determinar la tasa de degradación, utilizándose la técnica descrita por Deville y Figon, (1980).

Los datos obtenidos del presente estudio, fueron analizados estadísticamente, utilizando un Diseño de Bloques al Azar con arreglo en parcelas divididas (AxB) con cuatro repeticiones (Olivares, 1990), siendo el factor tiempo de incubación para "parcelas grandes" y el factor altura de planta para "parcelas chicas". Los niveles del factor tiempo de incubación

fueron: 12,24,36,48,60 y 72 horas. Los del factor altura de planta fueron: 30,60,90,120 y 150 cm.

Las variables a medir fueron: Tasa de degradación ruminal para MS, FDN, FDA, Hemicelulosa y Contenido Celular; se calculó el tiempo medio de desaparición de cada fracción por medio de la ecuación de regresión lineal establecida entre el tiempo de digestión transcurrido (X) y el semilogaritmo del porcentaje de desaparición (Y) (Smith et al., 1971), se consideró como tiempo medio a las horas necesarias para que el 50 por ciento de la fracción depositada en las bolsas desapareciera.

Se analizó la degradabilidad potencial por altura y tiempo de incubación ruminal (Waldo et al., 1972), obteniéndose la tendencia de la digestibilidad por altura de la planta, para este cálculo, la digestión de cada fracción ocurrida a las 72 horas de incubación ruminal se consideró como la extensión máxima de la digestión y el residuo la fracción indigestible, y la diferencia entre el contenido de la fracción original y la fracción indigestible, la fracción potencialmente digestible. La tasa de digestión para cada fracción de fibra, se analizó mediante el análisis de varianza de acuerdo al diseño citado, y las tendencias de las fracciones de fibra con respecto a la altura de la planta y al tiempo de incubación ruminal, se obtuvieron utilizando polinomios ortogonales.

RESULTADOS

Porcentaje de digestibilidad de la materia seca

En el cuadro 4.1 se presentan los porcentajes de digestibilidad de la materia seca, estos resultados indican diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre altura de la planta y tiempo de incubación ruminal. Los valores de materia seca total ajustada (MSTA), se obtuvieron con la fórmula $(M_{sp}/100) * (MST/100) * 100$ para cada altura de la planta (30, 60, 90, 120 y 150 cm) siendo 90.71, 90.67, 91.79, 91.69 y 91.32 por ciento respectivamente.

Digestibilidad de la materia seca con respecto a la altura y al tiempo de incubación

Con el propósito de establecer las diferencias reales entre altura de la planta y tiempo de incubación ruminal, y con base en la alta significancia estadística encontrada, se procedió a particionar la suma de cuadrados por medio del método de polinomios ortogonales, utilizando para este fin las medias de los tratamientos (Cuadros 4.2 y 4.3).

Cuadro 4.1 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.

Altura	Tiempo	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
30	12	26.93	47.39	33.38	32.88
30	24	43.50	47.87	52.90	50.35
30	36	54.63	53.68	48.87	54.58
30	48	52.88	53.58	57.04	55.20
30	60	55.60	56.47	57.05	56.70
30	72	57.19	62.74	59.91	56.59
60	12	37.84	29.02	20.15	23.35
60	24	34.40	40.60	40.76	42.51
60	36	51.13	51.14	50.58	56.13
60	48	49.73	51.02	52.25	54.56
60	60	54.92	52.46	54.55	56.15
60	72	56.68	61.24	53.67	57.35
90	12	21.89	20.81	19.53	17.65
90	24	25.89	20.27	25.45	29.16
90	36	38.05	42.31	35.16	32.08
90	48	37.16	41.29	39.56	38.60
90	60	41.83	40.22	41.27	36.22
90	72	40.64	37.78	42.18	38.46
120	12	25.64	18.64	23.52	25.12
120	24	25.27	29.26	23.83	23.97
120	36	33.66	31.89	32.90	35.56
120	48	33.11	35.30	40.58	38.82
120	60	33.53	36.27	39.64	38.84
120	72	33.41	34.04	39.64	41.50
150	12	22.74	20.74	16.87	14.07
150	24	23.47	24.81	22.64	26.02
150	36	24.22	21.16	30.42	32.59
150	48	23.96	15.79	32.31	32.93
150	60	29.72	20.44	34.81	33.93
150	2	27.38	26.80	38.01	31.46

Los resultados del análisis de varianza para el efecto de la altura de la Kochia sobre la digestibilidad de la materia seca, indican que el 93.55 por ciento de la tendencia correspondió a un efecto lineal ($P < 0.01$) (Fig. A.1) esta relación encontrada es descrita por la ecuación $Y = 57.71299 + (-0.2181666 * X)$; ($r^2 = 0.9355$) ; ($r = -0.9672$).

Cuadro 4.2 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo a la altura de la planta.

Altura (cm)	Porcentaje de digestibilidad
30	51.3768 a
60	47.1800 a
90	33.4821 b
120	32.2110 b
150	26.1414 c

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Cuadro 4.3 Porcentajes de digestibilidad de la materia seca de acuerdo al tiempo de incubación ruminal

Tiempo de incubación	Porcentaje de digestibilidad
12	24.9122 d
24	32.6519 c
36	40.5420 b
48	42.0388 ab
60	43.5360 ab
72	44.7886 a

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Otra relación encontrada para estos valores, fue que de acuerdo con la prueba de F y resultando altamente significativo ($P < 0.01$), se obtuvo un efecto cuártico, pero representando solamente el 4.79 por ciento, con respecto a la suma de las F, esta relación, es descrita por la ecuación $y = -15.736 + (4.44 * X^1) + (-9.34 * 10^{-2} * X^2) + (0.0007 * X^3)$; ($r^2 = 1.0002$); ($r = 1.0004$)

Por lo que respecta a la digestibilidad de la materia seca obtenida para cada tiempo de incubación ruminal (Cuadro 4.3) y con base en el análisis de varianza, se determinó que el efecto del tiempo de incubación sobre la digestibilidad de la materia seca siguió una tendencia lineal ($P < 0.01$), explicada por el 85.08 por ciento para este efecto y el 13.39 por ciento correspondió a una tendencia cuadrática ($P < 0.01$), estas relaciones son descritas de acuerdo a las ecuaciones:

$$Y = 24.72136 + (0.3180234 * X); \quad (r^2 = 0.8510); \quad (r = 0.9225)$$

$$Y = 15.05306 + (0.9223 * X^1) + (-0.0072 * X^2); \quad (r^2 = 0.9847); \quad (r = 0.9923)$$

En la figura A.2 se muestra el efecto del tiempo de incubación ruminal, sobre la digestibilidad de la materia seca.

Tasa de digestión de la materia seca con respecto a la altura y al tiempo de incubación

La tasa de digestión de la materia seca, se calculó por medio de una regresión lineal, establecida entre la altura de la planta o el tiempo de

incubación (X) y el semilogaritmo del porcentaje de desaparición (Y), con el modelo ($Y = ab^x$) la pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida, correspondió a la tasa de digestión, con una ecuación del tipo:

$Y = 62.05128 * (0.8408632^X)$; ($r^2 = 0.9484$) ; ($r = 0.9739$), indicándonos que por cada 30 cm de altura de la planta de Kochia, se pierde aproximadamente el 15.9 por ciento de la digestibilidad de la materia seca (Fig. A.3).

La tasa de digestión de la materia seca con respecto al tiempo de incubación, es descrita por la ecuación $Y = 25.43878 * (1.115749^X)$; ($r^2 = 0.8094$) ; ($r = 0.8997$) el coeficiente de regresión de la recta obtenida, indica que por cada doce horas de incubación ruminal, se degrada el 11.57 por ciento de la materia seca incubada (Fig. A.4).

Materia seca potencialmente digestible y tiempo medio de digestión

En el cuadro 4.4 se presentan los porcentajes de materia seca potencialmente digestible, se observa una drástica disminución de ésta a partir de las 36 horas de incubación ruminal y un porcentaje ascendente de la materia seca indigestible conforme incrementó la altura de la planta.

El tiempo medio ($T_{1/2}$) de desaparición se obtuvo a partir de los

Cuadro 4.4 Desaparición de la materia seca y materia seca potencialmente digestible de la Kochia scoparia de acuerdo al tiempo de incubación.

	30		60		90		120		150	
Tiempo	MS	MSPD**	MS	MSPD	MS	MSPD	MS	MSPD	MS	MSPD
12	64.9	26.4	72.4	32.7	80.0	21.6	76.7	14.9	81.4	13.5
24	51.3	11.5	60.4	19.5	74.8	15.6	74.4	12.3	75.8	7.3
36	47.1	6.8	47.8	5.5	63.1	3.1	66.5	3.7	72.9	4.2
48	44.1	3.5	48.1	5.9	60.9	0.7	63.0	0	73.8	5.1
60	43.5	2.9	45.5	3.0	60.1	0	62.9	0	70.3	1.3
72	40.9	0	42.8	0	60.2	0	63.1	0	69.1	0

* Materia seca indigestible (porcentaje)

** Materia seca potencialmente digestible (porcentaje)

porcentajes de digestibilidad obtenidos para cada altura de la planta (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Evolución de la desaparición de la materia seca de la Kochia scoparia considerando cinco alturas de la planta y seis períodos de incubación ruminal.

Tiempo incub.	Altura de la planta (cm)				
	30	60	90	120	150
12	35.15	27.60	19.97	23.23	18.60
24	48.66	39.57	25.20	25.59	24.24
36	52.94	52.25	36.91	33.51	27.10
48	55.93	51.89	39.16	36.96	26.25
60	56.46	54.52	39.89	37.08	29.73
72	59.12	57.24	39.77	36.90	30.92
T½ *	40.22	49.99	79.37	96.45	131.02

*Tiempo medio necesario para que se degrade el 50% de la MS

Las ecuaciones de regresión obtenidas para el cálculo del tiempo medio de desaparición de la materia seca se efectuaron por medio de una regresión semilogarítmica con el modelo $Y = ab^x$

Para altura a 30 cm se tiene $Y = 37.1540 \cdot (1.0926^X)$; ($r^2 = 0.7519$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 60 cm se tiene $Y = 28.9133 \cdot (1.1405^X)$; ($r^2 = 0.7737$); $2 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 90 cm se tiene $Y = 19.8777 \cdot (1.1497^X)$; ($r^2 = 0.7816$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 120 cm se tiene $Y = 22.2570 \cdot (1.1060^X)$; ($r^2 = 0.8188$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 150 cm se tiene $Y = 18.8807 \cdot (1.0933^X)$; ($r^2 = 0.8360$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Porcentaje de desaparición de la fibra detergente neutro

En el cuadro 4.6 se presentan los porcentajes de desaparición de la fibra detergente neutro, estos resultados indican diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre los factores evaluados. Los valores de la fibra detergente neutro, obtenidos para las alturas de la planta 30, 60, 90, 120 y 150 cm fueron : 35.62, 35.81, 48.25, 47.75 y 48.09 por ciento base seca respectivamente.

Digestibilidad de la fibra detergente neutro con respecto a la altura y al tiempo de incubación

Para establecer las diferencias entre altura de la planta y tiempo de incubación y con base en la alta significancia estadística encontrada, se particionó la suma de cuadrados, por medio del método de polinomios ortogonales, utilizando para esto las medias de los tratamientos (Cuadros 4.7 y 4.8). Los resultados del análisis de varianza, para determinar el efecto de la altura de la Kochia, sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro, indican que el 89.62 por ciento de la tendencia correspondió a un efecto lineal ($P < 0.01$) (Fig. A.5). Esta relación encontrada es descrita por la ecuación $Y = 40.96301 + (-0.2051001 * X)$; ($r^2 = 0.8961$); ($r = -0.9466$).

Cuadro 4.6 Porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente neutro de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación.

Altura	Tiempo	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
30	12	9.11	9.76	8.98	8.18
30	24	31.21	33.80	32.23	33.97
30	36	39.13	43.17	43.26	44.91
30	48	47.55	44.16	42.01	41.90
30	60	54.82	52.45	47.49	53.30
30	72	49.23	53.04	50.96	54.69
60	12	9.13	8.62	8.92	9.30
60	24	24.98	26.11	25.77	27.00
60	36	26.99	28.11	26.18	26.92
60	48	29.63	27.83	27.96	28.36
60	60	29.26	30.10	29.98	31.24
60	72	34.46	35.76	34.99	36.10
90	12	9.14	9.13	9.00	9.18
90	24	8.54	9.13	10.01	8.98
90	36	23.36	21.98	21.47	22.27
90	48	20.99	22.80	23.01	21.96
90	60	24.75	22.03	23.00	23.96
90	72	24.93	26.10	25.79	24.86
120	12	12.14	7.26	8.98	7.70
120	24	7.90	7.85	8.96	12.10
120	36	16.21	19.23	18.14	14.73
120	48	19.96	16.67	18.63	20.00
120	60	19.01	21.01	20.15	17.15
120	72	26.13	24.09	24.82	27.60
150	12	9.25	9.19	8.09	9.36
150	24	11.00	10.99	9.45	10.61
150	36	11.09	12.89	15.07	13.20
150	48	14.99	13.76	10.28	12.98
150	60	14.40	13.90	16.00	15.11
150	72	15.74	17.21	15.00	14.16

Cuadro 4.7 Porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente neutro considerando cinco alturas de la planta.

Altura de la planta (cm)	Porcentaje de digestibilidad
30	38.72 a
60	25.98 b
90	18.60 c
120	16.51 d
150	12.68 e

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

Cuadro 4.8 Porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente neutro considerando seis períodos de incubación ruminal.

Tiempo de Incubación Ruminal	Porcentaje de digestibilidad
12	9.02 a
24	17.53 b
36	24.41 [*] c
48	25.30 c
60	27.95 d
72	30.78 e

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Otra relación encontrada en estos valores, fue que de acuerdo con la prueba de F y resultando altamente significativo ($P < 0.01$), se obtuvo un efecto cuártico, pero representando solamente el 0.166 por ciento, con respecto a la suma de las F: $Y = 49.8743 + (-0.2103 * X^1) + (-0.0083 * X^2) + (0.0001 * X^3)$

La digestibilidad de la fibra detergente neutro, obtenida durante seis períodos de incubación ruminal (Cuadro 4.8) se sometió a la partición de la suma de cuadrados. El análisis de varianza indicó que el efecto del período de incubación sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro, se comportó linealmente, explicado por el 89.77 por ciento para este efecto ($P < 0.01$) y el 0.58 por ciento correspondió a un efecto quintico ($P < 0.01$), estas relaciones son descritas por las siguientes ecuaciones:

$$Y = 8.405329 + (0.3356668 * X); (r^2 = 0.8977); (r = 0.9474)$$

$$Y = 78.3623 + (-13.2277 * X^1) + (0.8725 * X^2) + (-0.0244 * X^3) + (0.0003 * X^4); (r^2 = 1.0030);$$

($r = 1.0060$). En la figura A.6 se muestra el efecto del período de incubación ruminal, sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro.

Tasa de digestión de la fibra detergente neutro con respecto a la altura y al tiempo de incubación.

La tasa de digestión de la fibra detergente neutro, se calculó por medio de una regresión lineal establecida entre la altura de la planta o el período de incubación ruminal (X) y el semilogaritmo del porcentaje de desaparición (Y), con el modelo ($Y = ab^x$) la pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida, correspondió a la tasa de digestión, con una ecuación de tipo:

$$Y = 46.60879 * (0.7645849^X); (r^2 = 0.9665); (r = 0.9831)$$

Esta ecuación indica que por cada 30 cm de altura de la Kochia, se pierde el 23.5 por ciento de la digestibilidad de la fibra detergente neutro (Fig. A.7).

La tasa de digestión de la fibra detergente neutro con respecto al período de incubación ruminal, se describe por la ecuación :

$$Y = 9.815058 * (1.018196^X); (r^2 = 0.7937); (r = 0.8909)$$

El coeficiente de regresión de la recta obtenida, indica que por cada 12 horas de incubación ruminal, se degrada el 1.82 por ciento de la fibra detergente neutro incubada (Fig. A.8).

Fibra detergente neutro potencialmente digestible y tiempo medio de digestión

En el cuadro 4.9 se presentan los porcentajes de la fibra detergente neutro potencialmente digestible, el tiempo medio ($T_{1/2}$) de digestión, se encontró a partir de los porcentajes de digestibilidad obtenidos de acuerdo a la altura evaluada, mediante regresión lineal, obteniéndose la ecuación correspondiente (Cuadro 4.10).

Las ecuaciones de regresión obtenidas para el cálculo del tiempo medio de degradación de la fibra detergente neutro para ($12 \leq X \leq 72$ horas) fueron:

Para altura a 30 cm se tiene $Y = 12.2164 * (1.3376^X); (r^2 = 0.6595)$

Para altura a 60 cm se tiene $Y = 11.5210 * (1.2334^X); (r^2 = 0.6336)$

Para altura a 90 cm se tiene $Y = 7.7067 * (1.2548^X); (r^2 = 0.7644)$

Para altura a 120 cm se tiene $Y = 7.2307 * (1.2407^X); (r^2 = 0.8909)$

Para altura a 150 cm se tiene $Y = 8.5364 * (1.1142^X); (r^2 = 0.9258)$

Cuadro 4.9 Desaparición de la fibra detergente neutro y fibra detergente neutro potencialmente digestible de la Kochia scoparia de acuerdo al tiempo de incubación.

TIEMPO	30		60		90		120		150	
	FDN	FDNPD*	FDN	FDNPD	FDN	FDNPD	FDN	FDNPD	FDN	FDNPD
12	91.0	-	91.0	73.6	90.9	33.8	90.9	34.8	91.0	13.6
24	67.2	53.8	74.0	26.2	90.8	33.7	90.7	34.4	89.5	10.4
36	57.4	26.3	72.9	23.1	77.7	6.5	82.9	18.0	86.9	5.2
48	56.1	22.7	71.5	19.2	77.8	6.7	81.2	14.3	86.8	4.9
60	48.0	-	69.8	14.5	76.5	4.1	80.6	13.3	85.1	1.4
72	48.0	0	64.6	0	74.5	0	74.3	0	84.5	0

* Fibra detergente neutro potencialmente digestible

Los valores de FDN a las 72 horas se consideraron como fibra indigestible

Cuadro 4.10 Evolución de la desaparición de la fibra detergente neutro de la Kochia scoparia considerando cinco alturas de la planta y seis períodos de incubación ruminal.

Tiempo Incub.	Altura de la planta (cm)				
	30	60	90	120	150
12	9.00	8.99	9.11	9.02	8.98
24	32.81	25.97	9.17	9.21	10.51
36	42.62	27.05	22.27	17.08	13.07
48	43.91	28.45	22.19	18.82	13.18
60	52.01	30.15	23.44	19.33	14.86
72	51.98	35.33	25.42	25.66	15.53
T½	58.14	83.98	98.88	107.60	196.00

T½ = Tiempo necesario para que se digiera el 50 por ciento de la FDN incubada.

Porcentajes de la desaparición de la fibra detergente ácido

En el cuadro 4.11 se presentan los porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente ácido, los resultados obtenidos indican diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre los factores evaluados.

Cuadro 4.11 Porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente ácido de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.

Altura	Tiempo	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
30	12	4.84	5.97	5.92	5.32
30	24	25.11	25.81	24.61	25.43
30	36	30.13	30.25	29.87	34.60
30	48	36.89	30.99	29.01	31.26
30	60	40.51	39.22	33.49	38.89
30	72	38.60	39.81	36.74	39.26
60	12	4.96	5.61	5.54	5.18
60	24	17.22	17.51	17.13	17.56
60	36	17.89	18.06	17.70	18.14
60	48	18.10	18.13	17.90	18.23
60	60	18.96	19.20	18.95	19.43
60	72	24.11	24.07	23.60	24.27
90	12	7.01	6.41	5.90	5.52
90	24	5.89	6.19	6.17	6.19
90	36	10.06	11.67	10.20	9.30
90	48	13.13	10.87	13.22	13.31
90	60	13.60	13.96	13.80	13.89
90	72	13.71	14.56	14.93	14.70
120	12	5.87	6.13	6.21	6.27
120	24	6.15	6.29	6.30	6.46
120	36	11.21	11.89	11.52	11.14
120	48	14.17	12.56	14.01	14.08
120	60	14.56	14.60	14.11	12.30
120	72	14.41	14.70	14.28	17.54
150	12	4.52	4.79	5.21	4.93
150	24	6.49	6.00	6.35	6.01
150	36	8.11	8.36	8.16	8.31
150	48	8.14	8.56	8.27	8.28
150	60	9.89	9.43	9.69	10.00
150	72	9.90	9.54	9.79	10.01

**Digestibilidad de la fibra detergente ácido en relación
a la altura y al tiempo de incubación**

Con el propósito de establecer las diferencias entre los factores evaluados (altura de la planta y tiempo de incubación), y con base en la alta diferencia estadística encontrada, se particionó la suma de cuadrados por medio de polinomios ortogonales, utilizando para esto las medias de los tratamientos (Cuadros 4.12 y 4.13).

Cuadro 4.12 Porcentaje de digestibilidad de la fibra detergente ácido considerando cinco alturas de la planta.

Altura (cm)	Porcentaje de digestibilidad
30	28.44 a
60	16.98 b
90	10.59 c
120	11.12 c
150	7.87 d

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Los resultados del análisis de varianza para determinar el efecto de la altura de la Kochia sobre la digestibilidad de la fibra detergente ácido, indican que el 81.86 por ciento de la tendencia, correspondió a un efecto lineal ($P < 0.01$) (Fig. A.9) Con respecto a la suma de las F. La relación encontrada es descrita por la siguiente ecuación: $Y = 29.1 + (-0.1566667 * X)$; ($r^2 = 0.8184$); ($r = -0.9047$).

Cuadro 4.13 Porcentajes de digestibilidad de la fibra detergente ácido de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

Tiempo de Incubación	Porcentaje de digestibilidad
12	5.61 a
24	12.25 b
36	15.83 c
48	16.96 d
60	18.93 e
72	20.43 f

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

De acuerdo al análisis de varianza y a la partición de la suma de cuadrados, se encontró un efecto cuártico ($P < 0.01$) representando solamente el 0.83 por ciento con respecto a la suma de las F:

$$Y = 30.5029 + (0.3532 * X) + (-0.0197 * X^2) + (0.0002 * X^3); \quad (r^2 = 1.000009);$$

$$(r = 1.000004)$$

Tomando en cuenta la digestibilidad de la fibra detergente ácido obtenida para cada tiempo de incubación ruminal (Cuadro 4.13) y con base en el análisis de varianza, se observó una tendencia lineal ($P < 0.01$) (Fig. A.10) del tiempo de incubación sobre la digestibilidad de la fibra detergente ácido, explicada por

el 89.2 por ciento para este efecto y el 0.146 por ciento correspondió a una tendencia quíntica ($P < 0.05$), relaciones descritas por las siguientes ecuaciones:

$$Y = 5.4747 + (0.2268 * X); (r^2 = 0.8930); (r = 0.9449)$$

$$Y = 18.1779 + (-3.0877 * X) + (0.2457 * X^2) + (-0.0074 * X^3) + (0.0001 * X^4);$$

$$(r^2 = 1.001167); (r = 1.000583)$$

Tasa de digestión de la fibra detergente ácido con respecto a la altura y al tiempo de incubación

La tasa de digestión de la fibra detergente ácido, se calculó por regresión lineal, considerando la altura de la planta o el tiempo de incubación (X) y el porcentaje de desaparición (Y) por medio de regresión semilogarítmica. La pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida, correspondió a la tasa de digestión: La ecuación: $Y = 33.12009 * (0.7414^X)$; ($r^2 = 0.8996$); ($r = 0.9485$), indica que por cada 30 cm de altura de la planta, disminuye un 25.8 por ciento la digestibilidad de la fibra detergente ácido (Fig. A.11).

Asimismo, la ecuación :

$Y = 6.3370 * (1.2510^X)$; ($r^2 = 0.7700$); ($r = 0.8775$) que corresponde a la tasa de digestión de la fibra detergente ácido con respecto al tiempo de incubación ruminal, indica que por cada 12 h de incubación ruminal, se degrada el 25 por ciento de la fibra detergente ácido (Fig. A.12).

Fibra detergente ácido potencialmente digestible y tiempo medio de digestión

En el cuadro 4.14 se presenta el porcentaje de fibra detergente ácido potencialmente digestible por tiempo de incubación. Para este cálculo el porcentaje de digestión de la FDA a las 72 h de incubación se consideró como el valor máximo de la digestión, y la diferencia como indigestible. La FDA potencialmente digestible se obtuvo por diferencia entre la FDA original y la FDA indigestible.

El tiempo medio ($T_{1/2}$) de digestión, se encontró a partir de los porcentajes de digestibilidad obtenidos de acuerdo a cada altura de la planta (Cuadro 4.15), definiéndose éste como el tiempo necesario para que se digiera el 50 por ciento de la FDA incubada. Tomando en cuenta la altura de la planta (30, 60, 90, 120 y 150 cm) obteniendo ecuaciones del tipo:

Para altura de 30 cm $Y = 8.0851 * (1.3689^X)$; ($r^2 = 0.6258$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura de 60 cm $Y = 7.0718 * (1.2510^X)$; ($r^2 = 0.6101$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura de 90 cm $Y = 5.0145 * (1.2173^X)$; ($r^2 = 0.8830$); $2 \leq X \leq 72$ horas

Para altura de 120 cm $Y = 5.1161 * (1.2254^X)$; ($r^2 = 0.8530$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura de 150 cm $Y = 4.6881 * (1.1494^X)$; ($r^2 = 0.8875$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Cuadro 4.14 Desaparición de la fibra detergente ácido potencialmente digestible de la *Kochia scoparia* de acuerdo al tiempo de incubación.

30			60		90		120		150	
TIEMPO	FDA	FDAPD*	FDA	FDAPD	FDA	FDAPD	FDA	FDAPD	FDA	FDAPD
12	94.4	-	94.7	81.9	93.8	27.1	93.8	30.1	95.1	14.8
24	74.8	59.1	82.6	29.1	93.9	27.5	93.7	29.6	93.8	10.7
36	68.8	32.7	82.0	26.6	89.7	13.7	88.5	12.6	91.8	4.7
48	67.9	29.0	81.9	25.9	87.3	6.8	86.2	5.0	91.7	4.4
60	61.9	2.6	80.8	21.3	86.1	2.2	86.1	4.4	90.2	0.2
72	61.3	0	75.9	0	85.5	0	84.7	0	90.1	0

* Fibra detergente ácido potencialmente digestible

Todos los valores del tiempo de incubación máxima, con 72 h se tomaron como fibra indigestible.

Cuadro 4.15 Evolución de la desaparición de la fibra detergente ácido de la Kochia scoparia considerando cinco alturas de la planta y seis períodos de incubación ruminal.

Tiempo incub.	Altura de la planta (cm)				
	30	60	90	120	150
12	5.51	5.32	6.21	6.12	4.86
24	25.24	17.36	6.11	6.30	6.21
36	31.21	17.95	10.31	11.44	8.24
48	32.04	18.09	12.63	13.71	8.31
60	38.03	19.14	13.81	13.90	9.75
72	38.61	24.02	14.48	15.23	9.81
T½	69.60	104.80	140.30	134.60	203.90

Porcentaje de digestibilidad de la hemicelulosa

En el cuadro 4.16 se presentan los porcentajes de digestión de la hemicelulosa, los resultados obtenidos indican diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre los factores evaluados (altura de la planta y tiempo de incubación ruminal).

Digestibilidad de la hemicelulosa con respecto a la altura y al tiempo de incubación

Con el fin de establecer las diferencias entre los factores evaluados (altura de la planta y tiempo de incubación ruminal), y con base en la alta significancia estadística encontrada, se particionó la suma de cuadrados, utilizando las medias de los tratamientos (Cuadros 4.17 y 4.18).

Cuadro 4.16 Porcentajes de digestibilidad de la hemicelulosa de acuerdo a la altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.

Altura	Tiempo	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
30	12	4.27	3.79	3.06	2.85
30	24	6.10	7.99	7.62	8.54
30	36	9.00	12.93	13.39	10.32
30	48	10.66	13.17	13.00	10.64
30	60	14.31	13.23	14.00	14.40
30	72	10.63	13.22	14.22	15.43
60	12	4.17	3.01	3.38	4.13
60	24	7.77	8.60	8.64	9.44
60	36	9.09	10.06	8.48	8.78
60	48	11.53	9.70	10.06	10.14
60	60	10.30	10.90	11.03	11.81
60	72	10.35	11.69	11.39	11.83
90	12	2.13	2.72	3.10	3.66
90	24	2.65	2.94	3.84	2.79
90	36	13.30	10.30	11.27	12.97
90	48	7.86	11.94	9.80	8.65
90	60	11.15	8.07	9.20	10.07
90	72	11.22	11.54	10.86	10.16
120	12	6.27	1.13	2.77	1.43
120	24	1.75	1.56	2.66	5.64
120	36	5.00	7.34	6.63	3.58
120	48	5.79	4.11	4.62	5.92
120	60	4.45	6.41	6.03	4.85
120	72	11.42	9.39	10.54	10.06
150	12	4.73	4.40	2.88	4.44
150	24	4.51	4.99	3.10	4.60
150	36	2.99	4.53	6.91	4.89
150	48	6.86	5.20	2.72	4.70
150	60	4.51	4.47	6.31	5.11
150	72	5.84	2.67	5.21	4.14

05391

Los resultados del análisis de varianza para determinar el efecto de la altura de la Kochia sobre la digestibilidad de la hemicelulosa (Fig. A.13) indican que el 97.03 por ciento de la tendencia fue lineal ($P < 0.01$): $Y = 11.948 + (-0.0499 * X)$; ($r^2 = 0.9702$); ($r = -0.9850$), y el 1.76 por ciento tuvo una tendencia cuártica ($P < 0.05$). $Y = 19.0631 + (-0.5428 * X) + (0.0109 * X^2) + (-0.0001 * X^3)$; ($r^2 = 1.00018$); ($r = 1.000088$)

Cuadro 4.17 Porcentajes de digestibilidad de la hemicelulosa de acuerdo a la altura de la planta.

Altura (cm)	Porcentaje de digestibilidad
30	10.28 a
60	9.01 b
90	8.00 c
120	5.39 d
150	4.61 d

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Cuadro 4.18 Porcentajes de digestibilidad de la Hemicelulosa de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

Tiempo de incubación	Porcentaje de digestibilidad
12	3.42 a
24	5.29 ab
36	8.59 b
48	8.35 b
60	9.03 c
72	10.09 d

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

Los valores obtenidos en el cuadro 4.18 indican que a medida que se aumentó el tiempo de incubación, la digestibilidad de la hemicelulosa se incrementó linealmente, explicada ésta en un 84.3 por ciento ($P < 0.01$), correspondiendo en un 2.46 por ciento a una tendencia quíntica ($P < 0.01$), de acuerdo a las ecuaciones: $Y = 3.0287 + (0.1055 * X)$; ($r^2 = 0.8643$); ($r = 0.9296$)
 $Y = 60.7137 + (-10.2355 * X) + (0.6331 * X^2) + (-0.0172 * X^3) + (0.0002 * X^4)$;
 $(r^2 = 1.0291)$; ($r = 1.0144$) (Fig. A.14).

Tasa de digestión de la hemicelulosa con respecto a la altura y al tiempo de incubación

La tasa de digestión de la hemicelulosa, se calculó por medio de regresiones lineales, considerando la altura de la planta o el tiempo de incubación (X) y el semilogaritmo del porcentaje de desaparición (Y), con el modelo $Y = ab^x$, La pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida, correspondió a la tasa de digestión, de acuerdo a la ecuación:

$Y = 13.4566 * (0.809148^X)$; ($r^2 = 0.9535$); ($r = 0.9765$), indicándonos esta, que por cada 30 cm de altura de la planta de Kochia, disminuye el 19 por ciento de la digestibilidad de la hemicelulosa (Fig. A.15), así mismo, la ecuación : $Y = 3.484057 * (1.220893^X)$; ($r^2 = 1.8076$); ($r = 0.8987$) indica que por cada 12 horas de incubación ruminal, se degrada el 22 por ciento de la hemicelulosa (Fig. A.16).

Hemicelulosa potencialmente digestible y tiempo medio de digestión

En el cuadro 4.19 se presenta el porcentaje de hemicelulosa potencialmente digestible por tiempo de incubación. Para este cálculo el porcentaje de digestión de la hemicelulosa a las 72 horas de incubación se consideró como el valor máximo de la digestión, y la diferencia como indigestible. La hemicelulosa potencialmente digestible se obtuvo por diferencia entre la hemicelulosa original y la hemicelulosa indigestible.

El tiempo medio ($T_{1/2}$) de digestión se encontró a partir de los porcentajes de digestibilidad obtenidos de acuerdo a cada altura de la planta (Cuadro 4.20), ($Y = ab^x$) definiéndose éste como el tiempo necesario para que digiera el 50 por ciento de la hemicelulosa incubada. Tomando en cuenta la altura de la planta (30, 60, 90, 120 y 150 cm) obteniendo ecuaciones del tipo:

Para altura a 30 cm $Y = 3.9562 * (1.2786^X)$; ($r^2 = 0.7532$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 60 cm $Y = 4.4280 * (1.2038^X)$; ($r^2 = 0.6709$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 90 cm $Y = 2.5711 * (1.3552^X)$; ($r^2 = 0.6469$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 120 cm $Y = 2.1638 * (1.2630^X)$; ($r^2 = 0.8310$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 150 cm $Y = 4.1875 * (1.0272^X)$; ($r^2 = 0.3676$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Cuadro 4.19 Evolución de la desaparición de la hemicelulosa y hemicelulosa potencialmente digestible de la Kochia scoparia

TIEMPO	30		60		90		120		150	
	H	HPD*	H	HPD	H	HPD	H	HPD	H	HPD
12	96.5	75.9	96.3	58.8	97.1	45.1	97.1	42.4	95.9	2.6
24	92.4	44.6	91.4	20.8	96.9	44.2	97.1	42.4	95.7	1.2
36	88.6	15.0	90.9	17.0	88.0	-	94.4	26.8	95.2	-
48	88.1	11.5	89.6	7.3	90.4	7.7	94.9	29.8	95.1	-
60	86.0	-	89.0	2.3	90.3	7.4	94.6	27.9	94.9	-
72	86.6	0	88.7	0	89.0	0	89.7	0	95.5	0

* Hemicelulosa potencialmente digestible

Todos los valores de hemicelulosa a las 72 horas se consideraron como fibra indigestible.

Cuadro 4.20 Desaparición de la hemicelulosa de la Kochia scoparia a diferentes tiempos de incubación ruminal y a cinco alturas de la planta.

TIEMPO	30	60	90	120	150
12	3.49	3.67	2.90	2.90	4.11
24	7.56	8.61	3.06	2.90	4.30
36	11.41	9.10	11.96	5.64	4.83
48	11.87	10.36	9.56	5.11	4.87
60	13.99	11.00	9.62	5.44	5.10
72	13.37	11.31	10.95	10.35	4.47
T½	123.80	156.80	117.10	161.80	1108.00

Porcentaje de desaparición del contenido celular

En el cuadro 4.21 se presentan los porcentajes de desaparición del contenido celular. Los resultados obtenidos indican diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) entre altura de la planta y tiempo de incubación ruminal.

Digestibilidad del contenido celular en relación a altura y al tiempo de incubación ruminal

El contenido celular de la Kochia scoparia, de acuerdo a la altura de corte de 30, 60, 90, 120 y 150 cm fue de 64.38, 64.19, 51.75, 52.76 y 51.91,

Cuadro 4.21 Porcentajes de digestibilidad del contenido celular de la Kochia de acuerdo a la altura de la planta y al tiempo de incubación ruminal.

Altura	Tiempo	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	Rep. 4
30	12	47.94	48.16	47.95	48.54
30	24	57.46	57.29	57.02	56.94
30	36	60.75	60.89	61.01	61.31
30	48	61.74	61.78	61.80	61.96
30	60	65.23	66.00	65.49	65.89
30	72	71.86	72.40	72.01	71.64
60	12	48.07	47.91	47.60	48.00
60	24	56.76	56.70	56.22	56.81
60	36	59.37	59.34	59.00	59.47
60	48	59.61	59.39	59.20	59.78
60	60	65.36	65.49	65.07	65.00
60	72	68.43	68.73	68.76	68.36
90	12	41.00	40.34	40.79	40.56
90	24	41.68	41.49	41.61	41.56
90	36	53.00	52.91	53.31	53.20
90	48	53.76	53.77	54.00	53.87
90	60	60.13	60.53	60.29	60.29
90	72	64.76	64.68	64.30	64.62
120	12	40.11	39.83	40.76	40.56
120	24	40.56	40.53	40.89	40.78
120	36	49.76	49.75	49.20	49.89
120	48	52.22	52.41	52.30	52.37
120	60	52.40	52.89	52.51	52.60
120	72	60.48	60.01	60.14	60.61
150	12	34.12	33.98	33.87	34.17
150	24	38.15	37.65	37.90	38.01
150	36	42.43	42.36	42.39	42.12
150	48	44.40	44.68	44.43	44.50
150	60	44.86	45.10	44.90	45.06
150	72	52.14	51.90	51.90	51.99

respectivamente. De acuerdo al análisis de varianza (arreglo en parcelas divididas) resultó que el contenido celular tuvo un efecto altamente significativo, para altura de la planta y tiempo de incubación ruminal (cuadros 4.22 y 4.23)

Cuadro 4.22 Porcentaje de digestibilidad del contenido celular de acuerdo a la altura de la planta.

Altura (cm)	Porcentaje de digestibilidad
30	60.96 a
60	59.52 b
90	52.35 c
120	49.32 d
150	42.63 e

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$).

Cuadro 4.23 Porcentaje de digestibilidad del contenido celular de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

Tiempo de incubación	Porcentaje de digestibilidad
12	42.21 f
24	46.80 e
36	53.07 d
48	54.40 c
60	57.76 b
72	63.49 a

Valores con literales distintas son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

El efecto de la altura de la Kochia sobre la digestibilidad indica que el 96.6 por ciento de la tendencia, correspondió a un efecto lineal ($P < 0.01$) (Fig. A.17), siendo su ecuación de respuesta: $Y = 67.009 + (-0.1561667 * X)$; ($r^2 = 0.9658$); ($r = -0.9828$)

Al particionar la suma de cuadrados, se encontró una alta significancia estadística para el efecto cuártico ($P < 0.01$), representando éste solamente el 1.95 por ciento ($P < 0.01$) (Fig.A. 18):

$$Y = 28.8508 + (2.0860 * X) + (-.0431 * X^2) + (0.0003 * X^3); (r^2 = 1.000157);$$

$$(r = 1.000078)$$

Los valores del cuadro 4.23 muestran una tendencia lineal del efecto del tiempo de incubación con respecto a la digestibilidad del contenido celular ($P < 0.01$), explicado éste por un 97.0 por ciento de acuerdo a la ecuación:

$$Y = 38.89398 + (0.3347862 * X); (r^2 = 0.9755); (r = 0.9877);$$

representando el 0.56 por ciento una tendencia quíntica ($P < 0.01$) $Y = 120.6416 + (-14.2228 * X) + (0.8918 * X^2) + (-0.0243 * X^3) + (0.0003 * X^4)$

Tasa de digestión del contenido celular con respecto a la altura y al tiempo de incubación

La tasa de digestión del contenido celular, se calculó por regresión lineal, considerando la altura de la planta o el tiempo de incubación ruminal (X)

y el semilogaritmo del porcentaje de desaparición (Y), la pendiente o coeficiente de regresión de la recta obtenida, correspondió a la tasa de digestión, de acuerdo a la ecuación: $Y = 68.85916 (0.9136297^X)$; ($r^2 = 0.9559$), indicándonos ésta, que por cada 30 cm de altura de la planta de Kochia disminuye el 8.6 por ciento de la digestibilidad del contenido celular (Fig. A.19), así mismo, la ecuación:

$Y = 40.08109 (1.080107^X)$; ($r^2 = 0.9672$), indica que por cada 12 horas de incubación ruminal, se degrada el 8.0 por ciento del contenido celular (Fig. A.20).

Contenido celular potencialmente digestible y tiempo medio de digestión

En el cuadro 4.24 se presenta el porcentaje de contenido celular potencialmente digestible por tiempo de incubación. Para este cálculo, el porcentaje de digestión del contenido celular a las 72 horas de incubación se consideró como el valor máximo de la digestión y la diferencia como indigestible. El contenido celular potencialmente digestible se obtuvo por diferencia entre el contenido celular original y el contenido celular indigestible.

El tiempo medio de digestión, se encontró a partir de los porcentajes de digestibilidad obtenidos de acuerdo a cada altura de la planta (Cuadro 4.25), definiéndose éste como el tiempo necesario para que digiera el 50 por ciento del contenido celular incubado, obteniendo ecuaciones del tipo :

Para altura a 30 cm $Y = 47.4109 * (1.0721^X)$; ($r^2 = 0.9160$); $2 \leq X \leq 72$ horas

Para altura a 60 cm $Y = 47.3609 * (1.0655^X)$; ($r^2 = 0.9057$); $12 \leq 72$ horas

Para altura a 90 cm $Y = 36.5647 * (1.1033^X)$; ($r^2 = 0.9370$); $12 \leq 72$ horas

Para altura a 120 cm $Y = 36.7566 * (1.0844^X)$; ($r^2 = 0.9183$); $12 \leq 72$ horas

Para altura a 150 cm $Y = 32.3221 * (1.0795^X)$; ($r^2 = 0.8977$); $12 \leq 72$ horas

Cuadro 4.24 Desaparición del contenido celular y contenido celular potencialmente digestible de la Kochia scoparia.

	30		60		90		120		150	
TIEMPO	CC**	CCPD*	CC	CCPD	CC	CCPD	CC	CCPD	CC	CCPD
12	51.9	37.0	52.1	32.2	59.3	46.2	59.7	37.9	65.9	34.6
24	42.8	22.9	43.4	18.6	58.4	44.4	59.3	37.2	62.0	27.1
36	39.0	17.1	40.7	14.4	46.9	22.2	50.3	20.2	57.6	18.6
48	38.2	15.8	40.5	14.1	46.1	20.8	47.7	15.1	55.5	14.4
60	34.3	9.8	34.8	5.2	39.7	8.3	47.4	14.6	55.0	13.5
72	28.0	0	31.4	0	35.4	0	39.7	0	48.0	0

** Porcentaje de contenido celular

* Porcentaje de contenido celular potencialmente digestible

Para el tiempo de 72 horas de incubación ruminal, los valores de contenido celular se tomaron como el porcentaje de contenido celular indigestible.

Cuadro 4.25 Desaparición del contenido celular de la Kochia a diferentes tiempos de incubación ruminal y a cinco alturas de la planta.

TIEMPO	30	60	90	120	150
12	48.15	47.90	40.67	40.32	34.04
24	57.18	56.62	41.59	40.69	37.93
36	60.99	59.30	53.11	49.65	42.33
48	61.82	59.50	53.85	52.32	44.50
60	65.66	65.23	60.31	52.60	44.98
72	71.98	68.57	64.59	60.31	51.98
T½	9.15	10.25	38.10	45.50	68.40

Interacciones

Las interacciones estudiadas en lo que respecta a la digestibilidad de la Kochia scoparia por altura de corte y tiempo de incubación ruminal se presentan en los cuadros 4.26 y 4.27.

Cuadro 4.26 Efecto de la altura sobre la cinética ruminal de la MS, carbohidratos estructurales y CC de la planta de Kochia scoparia a diferentes tiempos de incubación.

ALTURA	MS	FDN	FDA	CC	HEMIC.
30	51.38	38.72	28.44	60.96	10.28
60	47.18	25.99	16.98	59.52	9.01
90	33.48	18.60	10.59	52.35	8.01
120	32.21	16.52	11.12	49.32	5.39
150	26.14	12.69	7.87	42.63	4.61

Cuadro 4.27 Efecto del tiempo sobre la cinética ruminal de la MS, carbohidratos estructurales y CC de la planta de Kochia scoparia de diferentes alturas de crecimiento.

TIEMPO	MS	FDN	FDA	CC	HEMIC.
12	24.91	9.02	5.61	42.21	3.42
24	32.65	17.53	12.24	46.80	5.29
36	40.54	24.42	15.83	53.07	8.59
48	42.04	25.31	16.96	54.40	8.35
60	43.54	27.96	18.93	57.76	9.03
72	44.79	30.78	20.43	63.49	10.09

Con el propósito de encontrar las ecuaciones que relacionen las interacciones descritas, se realizaron regresiones lineales para tal fin, en todos los casos la estimación de la materia seca se tomó como datos observados y las demás fracciones de fibra como datos estimados.

- MS Vs FDN $Y = -10.98863 + (0.879579 * X); (r^2 = 0.9356); (r = 0.9673)$
- MS Vs FDA $Y = -10.58171 + (0.671824 * X); r^2 = 0.9354; (r = 0.9672)$
- MS Vs CC $Y = 27.44736 + (0.669905 * X); (r^2 = 0.9527); (r = 0.9761)$
- MS Vs H $Y = -0.683387 + (0.213860 * X); (r^2 = 0.9356); (r = 0.9673)$
- FDN Vs FDA $Y = -0.404346 + (0.684516 * X); (r^2 = 0.8960); (r = 0.9466)$

Las regresiones lineales con respecto al tiempo de incubación fueron:

- MS Vs FDN $Y = -11.70671 + 0.898412 * X$; ($r^2 = 0.8511$); ($r = 0.9226$)
- MS Vs FDA $Y = -8.12065 + (0.607186 * X)$; ($r^2 = 0.8510$); ($r = 0.9225$)
- MS Vs CC $Y = 18.84193 + (0.895865 * X)$; ($r^2 = 0.8510$); ($r = 0.9225$)
- MS Vs H $Y = -3.21459 + 0.282214 * X$; ($r^2 = 0.8504$); ($r = 0.9222$)
- FDN Vs FDA $Y = 1.34633 + (0.606740 * X)$; ($r^2 = 0.8975$); ($r = 0.9474$)

DISCUSION

Es necesario hacer incapié que para la discusión del presente estudio, se encontró muy poca información en la literatura con respecto a la digestibilidad de los carbohidratos estructurales, no solo de la Kochia scoparia, sino de alimentos que han sido caracterizados por medio de evaluaciones nutricionales basados en la degradabilidad de las fracciones de fibra. Con base en esto la discusión redundará sobre la información disponible de trabajos efectuados con pruebas in vitro e in vivo, así como la de los valores de respuesta definidos para esta investigación.

La digestibilidad no solo de la Kochia sino de cualquier forraje, depende de muchos factores. En los cuadros 4.1,4.6,4.11,4.16 y 4.21 se muestran los porcentajes de digestibilidad obtenidos para las diferentes alturas evaluadas: A este respecto Jollif et al., (1979) mencionan que cada forraje puede tener la misma edad cronológica, pero no necesariamente el mismo estado de desarrollo fisiológico. Asimismo, Raymond, (1969) señala que la digestibilidad de los forrajes es variable dentro de especies y entre variedades.

El análisis de la digestibilidad de la materia seca, con respecto a la altura de corte y al tiempo de incubación ruminal, se muestra en las figuras A.1 y A.2, las ecuaciones encontradas denotan una clara tendencia lineal, explicada por el 93.5 y 85.0 por ciento para este efecto. Es importante mencionar que, a diferencia de otros autores, bajo las condiciones de este trabajo, la relación existente entre la altura de la planta o el tiempo de digestión transcurrido contra la desaparición ruminal de la materia seca fue de tipo lineal. En efecto Orskov y Deb Hovell (1978) indican que esta relación es de tipo cuadrático. Esta diferencia puede ser atribuible a los tiempos mínimo y máximo de digestión empleados en este trabajo (12 y 72 horas) lo cual no fue suficiente para que la degradación alcanzara el nivel asintótico.

El porcentaje de digestibilidad de la materia seca con respecto a la altura de la Kochia (Cuadro 4.2) se comportó en forma decreciente conforme se incrementó la altura, en el cuadro 4.3 se muestran los porcentajes de digestibilidad para los tiempos de incubación evaluados (12 a 72 horas) con un rango de 24.9 a 44.8 por ciento. Esta tendencia concuerda con lo reportado por Hernández (1986) quien observó una tendencia depresiva de la digestibilidad conforme se incrementó la altura de la planta, pero difieren en que este autor no encontró diferencia estadística entre las alturas de corte y el

porcentaje de digestibilidad, y para este trabajo se encontró diferencia estadística ($P < 0.01$).

Sherrod (1973) menciona que la disminución de la digestibilidad de la materia seca conforme avanza el crecimiento, es debida a una menor relación hoja-tallo, incrementándose el contenido de fibra cruda.

Porcentajes de digestibilidad más altos han sido reportados por otros autores, Ortiz et al., (1988) mediante pruebas de digestibilidad aparente obtuvieron el 71.9 por ciento a los 60 cm de altura de la planta y García et al (1988) reportan que la digestibilidad in vitro de la materia seca al evaluar las hojas de Kochia fue de 60.1 por ciento.

En forma general los porcentajes de digestibilidad de la materia seca obtenidos, difieren de los encontrados por otros autores, estas diferencias pueden deberse a que los animales fistulados solo recibieron forraje durante la prueba, ocasionando un desequilibrio entre la disponibilidad de nitrógeno y la energía fermentable en el rumen; ya que esto favorece el crecimiento de bacterias celulolíticas que son las responsables de la degradación de los carbohidratos estructurales (Annison y Lewis, 1967).

La digestibilidad de la fibra detergente neutro (FDN) y de la fibra detergente ácido (FDA) se presentan en los cuadros 4.7, 4.8, 4.12 y 4.13, las relaciones encontradas fueron para la altura - FDN con una ($r = 0.9466$) y FDA con una ($r = 0.9047$), las relaciones entre el tiempo - FDN se describen por una ($r = 0.9474$) y FDA con una ($r = 0.9449$). Mir et al., (1978) reportan niveles de 53.2 a 59.5 y de 33.2 a 36.6 por ciento respectivamente. Santibáñez et al., (1989) evaluó la Kochia fresca y ensilada obteniendo 54.97 y 28.75 por ciento para FDN y FDA en plantas cosechadas a los 100 cm de altura, para la misma altura de cosecha ensilándola, obtuvo valores de digestibilidad in vivo de 55.68 y 27.32 por ciento.

Estas tendencias presentadas en las figuras A.7, A.8, A.11 y A.12 para la altura de la planta, muestran una relación negativa para todas las variables estudiadas, a este respecto, Van Soest, (1975) señaló que las propiedades de los carbohidratos celulósicos digeribles pueden regular la velocidad de fermentación. Muchos autores han discutido el efecto de la madurez de la planta sobre la digestibilidad de los carbohidratos (Jones, 1972; Van Soest, 1975; Barnes, 1973; Mott y Moore, 1985; Raymond, 1969; Bores et al., 1986) estos investigadores señalan como depresores de la digestibilidad la madurez de la planta, la proporción de hojas y tallos, la temperatura, la fertilización, la suplementación y el procesamiento del forraje.

Tendencias idénticas sobre la disminución o aumento de la digestibilidad se obtuvieron para las fracciones hemicelulosa y contenido celular. Las relaciones encontradas fueron para la altura - hemicelulosa con una ($r= 0.9850$) y el contenido celular con una ($r= 0.9828$), las relaciones entre el tiempo - hemicelulosa se describen por ($r= 0.9296$) y el contenido celular con ($r= 0.9877$) (Cuadros 4.17,4.18,4.22 y 4.23).

En las figuras A.7, A.8, A.11, A.12, A.15, A.16, A.19 y A.20 se muestra la ganancia o pérdida en el porcentaje de digestibilidad para los carbohidratos estructurales, invariablemente conforme se aumentó la altura de la planta disminuyó el porcentaje de digestibilidad y al aumentar el tiempo de incubación ruminal, aumentó la digestibilidad.

Las tasas de digestión tanto de la materia seca como la de las otras fracciones, fue bastante baja. Estos podría indicar que la tasa de digestión es más afectada por las características intrínsecas de la pared celular en los diferentes estados de desarrollo de la planta, mientras que la extensión de la digestión se limita por el contenido de lignina (Aguilera *et al.*, 1992).

La degradabilidad potencial evaluada para las diferentes fracciones de fibra (Cuadros 4.4,4.9,4.14,4.19 y 4.24) indica que el mayor porcentaje de

fibra indigestible fue detectado en la hemicelulosa, valores comparados a los 30 cm de altura, con 86.63 por ciento, seguido por la FDA con 61.39, FDN con 48.02, la materia seca con 40.88 y el contenido celular con 28.02 por ciento.

El concepto de degradabilidad potencial fue propuesto por Wilkins (1969) definiéndolo como la degradación que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal, si es que el tiempo de retención en el mismo, no fuera limitante. Los porcentajes de digestibilidad obtenidos, mostraron siempre una tendencia positiva conforme el tiempo de exposición ruminal aumentó, esto concuerda con lo reportado por Goto y Minson (1977) quienes observaron cambios en la degradación de la materia seca incluso después de 14 días de incubación ruminal.

La fibra indigestible detectada para las diferentes alturas de la planta, siguieron una tendencia positiva, bajo el mismo patrón que para la altura de 30 cm. Estos resultados se asemejan a lo reportado por Cherney et al., (1986) quienes utilizaron las 72 horas para determinar la degradabilidad potencial.

En este estudio no se determinó el porcentaje de lignina de la Kochia, pero se sabe que tanto ésta como el sílice presentes en los forrajes afectan la extensión de la digestión (Mertens, 1977 y Smith et al., 1971).

En la metodología del trabajo, se mencionó que en el momento de introducir las bolsas al rumen, se dejó sin introducir cierto número de ellas para tener un factor de corrección, basados en que existe un escape de partículas muy finas a través de la bolsa, este factor fue : 2.71, 2.49, 3.01, 2.16 y 1.94 por ciento para las alturas 30, 60, 90, 120 y 150 cm. A este respecto, San Martín (1980) cuantificó el material que escapaba de la bolsa, siendo el 0.67 por ciento de la muestra original, mientras que Playne et al., (1978) obtuvieron valores que variaron entre 3.7 y 4.7 por ciento para muestras molidas a 2 mm.

Uno de los parámetros de respuesta importantes es el largo del período pre-fermentativo, la existencia de este período tiene un gran sentido biológico, puesto que para que ocurra degradación de la fracción fibrosa, se requiere que esta se hidrate, sufra alteraciones físicas y químicas, y que las bacterias celulolíticas se adhieran a la fibra, especialmente si se trata de los tejidos más lignificados que se degradan muy lentamente (Akin, 1979; Mertens y Elly, 1982; Morris, 1984).

En el caso de la materia seca, la degradación aparente es detectable desde un principio, y no se observa un período de latencia, dado que existen enzimas proteolíticas y amilolíticas en el fluido ruminal.

En la presente evaluación de las fracciones de fibra, no se calculó el período de latencia, debido a que el modelo descrito por Waldo et al.,(1972) empleado en este estudio no la contempla, además, estudios más recientes indican que este parámetro es altamente variable y poco reproducible (Ruiz et al., 1990).

El tiempo medio ($T_{1/2}$) evaluado, se definió como las horas necesarias para que el 50 por ciento del material incubado desapareciera. En los cuadros 4.5,4.10,4.14,4.20 y 4.25 se muestra el $T_{1/2}$ obtenido para las diferentes alturas de la planta y en cada fracción evaluada. El contenido celular en forma lógica sólo necesitó de alrededor de nueve horas para la digestión del 50 por ciento, en orden creciente le siguieron la materia seca con 40, FDN con 58, FDA con 69 y la hemicelulosa con 123 horas. (Estos valores solo pretenden mostrar la tendencia en la desaparición de los carbohidratos estructurales, ya que matemáticamente las ecuaciones que se presentan solo responden al valor comprendido entre sus extremos mínimo y máximo).

CONCLUSIONES

La planta de Kochia presentó un alto porcentaje de fibra indigestible a partir de los 90 cm de altura, por lo que se recomienda su cosecha antes de esta altura, ya que el consumo de forraje disminuye debido a la cantidad de fibra indigestible, esto se debe principalmente al aumento de la lignificación de la fibra, impidiendo la digestibilidad de todos los nutrientes.

Las tasas de digestión de los carbohidratos estructurales, son bajas.

Esto podría inhibir el consumo, ya que se incrementa el tiempo medio de desaparición de la fibra. La solución sería adicionar a la dieta una fuente nitrogenada, ya que se ha demostrado con esto, que es más rápido el ataque de carbohidratos estructurales del forraje.

El tiempo medio de degradación de los carbohidratos estructurales, se incrementa con la altura de la planta, lo cual podría servir para predecir el consumo.

La pared celular de la *Kochia scoparia* (L) Roth no tiene una disponibilidad nutritiva uniforme, ya que la proporción de parte digerible a indigerible, cambia con la altura de la planta.

El estado de desarrollo de la *Kochia*, es el factor que más afecta su digestibilidad.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la unidad metabólica y laboratorio de Nutrición Animal de la U.A.A.A.N., ubicados en los $101^{\circ} 1''$ longitud Oeste y $25^{\circ} 22''$ latitud Norte, con una altitud de 1743 msnm, los objetivos del trabajo fueron determinar la tasa de digestibilidad de los carbohidratos estructurales de la Kochia scoparia cosechada a 30, 60, 90, 120 y 150 cm de altura, así como obtener la relación existente entre estos. Los tratamientos evaluados fueron; las alturas de la planta 30 cm (T1), 60 cm (T2), 90 cm (T3), 120 cm (T4) y 150 cm (T5). Se utilizaron seis tiempos de incubación ruminal, distribuyéndose en un diseño de bloques al azar para un arreglo en parcelas divididas (AxB) con cuatro repeticiones, la Kochia se cortó a 5 cm del suelo y en los mismos sitios, la cosecha se efectuó en Julio de 1991 y Julio de 1992, efectuándose una mezcla de ambas cosechas. Se encontró una diferencia estadística ($P < 0.01$) entre los dos factores evaluados (Altura y Tiempo). En base a esto se particionó la suma de cuadrados por medio de polinomios ortogonales, los resultados obtenidos indican una cinética de primer orden, a juzgar por la linealidad encontrada. Las relaciones encontradas entre la altura de la planta o el tiempo de incubación ruminal (X) y el porcentaje de desaparición de los carbohidratos estructurales (Y) son descritas por las siguientes ecuaciones:

Efecto de la altura sobre la digestibilidad:

Para MS $Y = 57.71299 + (-1.2182 * X)$; ($r^2 = 0.9354$); $30 \leq X \leq 150$ cm

Para FDN $Y = 40.96301 + (-0.2051 * X)$; ($r^2 = 0.8960$); $30 \leq X \leq 150$ cm

Para FDA $Y = 29.1000 + (-0.1567 * X)$; ($r^2 = 0.8184$); $30 \leq X \leq 150$ cm

Para H $Y = 11.94801 + (-0.0499 * X)$; ($r^2 = 0.9658$); $30 \leq X \leq 150$ cm

Efecto del tiempo sobre la digestibilidad:

Para MS $Y = 24.72136 + (0.3180 * X)$; ($r^2 = 0.8510$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para FDN $Y = 8.405329 + (0.3357 * X)$; ($r^2 = 0.8975$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para FDA $Y = 5.474669 + (0.2268 * X)$; ($r^2 = 0.8928$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para H $Y = 3.028665 + (0.1055 * X)$; ($r^2 = 0.8511$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Para CC $Y = 38.8939 + (0.3348 * X)$; ($r^2 = 0.9755$); $12 \leq X \leq 72$ horas

Las tasas de digestión por altura y tiempo de incubación se describen por el porcentaje de digestibilidad perdido por cada 30 cm de altura y el porcentaje de desaparición por cada 12 horas de incubación; MS (15.9, 11.57), FDN (23.5, 1.82), FDA (25.8, 25.0), Hemicelulosa (19.0, 22.0) y CC (8.6, 8.0). El tiempo medio de digestión encontrado para el rango de alturas de 30 a 150 cm fué : MS (40.2-131), FDN (58.1-196), FDA (69.6-204), Hemicelulosa (124-1108) y CC (9.15-68.4): Se concluye que la Kochia scoparia tiene un tiempo medio de digestión aceptable, pero a medida que la planta crece disminuye su digestibilidad, por lo que se recomienda cosecharla entre los 60 y 90 cm de altura.

LITERATURA CITADA

- Aguilera, S. R.; G. Llamas Ll. y A. S. Shimada M. 1992. Valor nutritivo del ensilaje de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) CV Taiwan, adicionado con un inhibidor y dos estimulantes de la fermentación. I.N.I.F.A.P. Tec. Pec. en México. Vol. 30(3) p. 196-207.
- Akin, D. E. 1979. Microscopic evaluation of forage tissue by rumen microorganisms. A review. Journal of Animal Science. 48: 701.
- Annison, E. I. y Lewis, M. R. 1967. El Metabolismo en el Rumen. 1a. Ed. en Español. Ed. U.T.E.H.A., México.
- Balch, C. C. and Campling, R. C. 1965. Rate of passage of digesta through the ruminant digestive tract. In: Physiology of Digestion in the Ruminant. Edited by Dougherty, R. W. Washington D.C., U.S.A.
- Barnes, R. F. 1973. Chemistry and Biochemistry of Herbage. Academic Press, London.
- Bell, J. M., G. H. Bowman, and R. T. Coupland. 1952. Chemical composition and digestibility of forage crops grown in central Saskatchewan, with observations on Kochia species. Sci. Agr. 32. p. 463-473. U.S.A.
- Becker, D. 1978. Steam abscission in tumbleweeds of the Chenopodiaceae: Kochia. Amer. J. Bot. 65(4):375.
- Bores, Q. R., A. Martínez A. y A. Castellanos R. 1986. Efecto de la adición de niveles crecientes de carbohidratos solubles en la dieta de ovinos sobre el aprovechamiento ruminal de los carbohidratos estructurales. I.N.I.F.A.P. Tec. Pec. en México. No. 51. p. 122-127.
- Broderick, G. A. 1978. *In Vitro* procedures for estimating rates of ruminal protein degradation and proportions of protein escaping the rumen undegraded. J. Nut. 108:181. U.S.A.

- Cano, P. 1984. Kochia: New source of forage. *Plant Breeding Methodologies*. New Mexico State Univ. 10 pp., U.S.A.
- Cathcart, E. B., J. A. Shelford and R. G. Peterson. 1983. The effects of calcium carbonate on the apparent digestibility, serum concentration and apparent retention on dietary minerals in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 63. p. 173-180.. U.S.A.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional. (CETENAL). 1977. Saltillo, Carta geológica. G-1473. Escala 1:50000. Saltillo, Coahuila, México.
- Cherney, J. H., K. J. Moore, J. J. Volenec and J. D. Axtell. 1986. Rate and extend of digestion of cell wall components of brown-midgnet sorghum species. *Crop. Science.* 26:1055., U.S.A.
- Church, D. C. 1976. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. 1. 2nd ed. O & B Books Inc. Corvallis, Oregon., U.S.A.
- Colucci, P. E., L. E. Chase and P. J. Van Soest. 1982. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate particulate passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 65: 1445-1456., U.S.A.
- Cross, H. H., L. W. Smith and J. V. DeBarth. 1974. Rates of in vitro forage fiber digestion as influenced by chemical treatment. *J. Anim. Sci.* 39:808., U.S.A.
- Deville, J. y C. Figon. 1980. Comparación de la degradabilidad en el rumen de algunos alimentos por medio de la técnica de bolsa de fibra artificial. *Prod. Anim. Trop.* 5(1):54., Mérida, Yuc., México.
- Durham, R. M. and J. W. Durham. 1978. Kochia: it's potential for forage production. *Rangeland* 2:22., U.S.A.
- Durham, R. M. and J. W. Durham. 1982. Kochia: it's potential for forage production. in: Gooding, J. R. and D. K. Northington (Ed.) *Arid Land Plant Resources*. U.S.A. International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies. Texas. Univ. Herbage abstracts. 52(2):71.
- Ellis, W. C., J. H. Matis, K. R. Pond, C. Lascano and J. P. Telford. 1984. Dietary influences on flow rate and digestive capacity. In *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics*. Ed. by F.M.C. Gilchrist, R.I. Mackie. Craighall, South Africa. Science Press. p. 269.

- Faría , V.P. and Huber, J.T. 1984. Influence of dietary protein and energy on disappearance of dry matter from different forage types from dacron bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.* 59:246., U.S.A.
- Fariás, J. 1984. Alternativas para optimizar el uso del agua de riego en la producción de forraje. Folleto para Productores No. 6. Campo Agrícola Experimental de la Laguna, S.A.R.H.- I.N.I.A. México.
- Foster, C. 1980. Kochia poor-man's alfalfa shows potential as feed. *Rangeland* 2(1): 22., U.S.A.
- Fuehring, H. D. 1980. Kochia as a forage crop. Proc. Eight Annual Texas Beef conference. Amarillo, Texas. p. 1-3., U.S.A.
- García, C. R. F., R. Morones R., M. Miranda L. y J. L. Caballero R. 1988. Composición química y digestibilidad in vitro de heno de Kochia scoparia (L) Roth y su utilización en cabras. Reunión XI A.L.P.A. La Habana, Cuba.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural Handbook No. 379.* Agricultural Research Service. U.S.A.
- Goto, L. and D. J. Minson. 1977. The potential digestibility of leaf and stem fractions of grasses. *J. of Agr. Sci. Cambridge.* 89:143., U.S.A.
- Hernández, A. J. L. 1986. Evaluación de la Kochia scoparia (L.) Schrad. Como planta productora de forraje tomando en cuenta su producción de materia verde y seca, análisis bromatológico, químico y su digestibilidad in vitro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- Jollif, G. D., A. Garza and J. M. Hertel. 1979. Seasonal forage nutritive value variation of coastal and coast cross-1 bermudagrass. *Agron. J.* 71(1):91-94., U.S.A.
- Jones, G. M. 1972. Chemical factors and their relation to feed intake regulation in ruminants: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 52:207-239.
- Latt, W. P. 1966. Energy metabolism results with lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 49:230-237., U.S.A.
- Lindberg, J. E. 1984. Nitrogen metabolism in sheep. 2. A comparison between rumen degradability of nitrogen and organic matter in sacco and in vivo in sheep fed hay rations and various protein supplements. *Swedish Journal of Agricultural Research* 14:37., Suecia.

- Lugg, D. G., H. D. Fuehring, P. A. Cuesta and G. Y. Norcross. 1982. The effect of fertilizer rates on forage yield and quality of Kochia. In Forage and Grassland Conference. Rochester, Minnesota, U.S.A. p. 78.
- Lugg, D. G., P. A. Cuesta and G. Y. Norcross. 1983. Effect of N and P fertilization on yield and quality Kochia grown in the greenhouse. In Soil Sci. Plant. Anal. 14(9):589-875. U.S.A.
- McQueen, R. E., R. S. Bush and J. W. G. Nicholson. 1980. Variability of forage digestion in nylon bags suspended in the rumen. Proceedings of a meeting held in Alberta, Canada. p. 9.
- Mehrez, A. Z. and E. R. Orskov. 1977. The use of a dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 93:645.
- Mendoza, H. J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la U.A.A.A.N. Departamento de Agrometeorología U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 616 pp.
- Mertens, D. R. 1977. Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. Federation Proceedings. 36:187., U.S.A.
- Mertens, D. R. and L. O. Elly. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization. A dynamic model evaluation. J. Anim. Sci. 54:895., U.S.A
- Mir, Z., S. Bittman and L. Townley-Smith. 1978. Voluntary intake and digestibility of complete diets comparison varying levels of Kochia scoparia, Alfalfa hay and barley. Can. J. of Animal Sci. 67(4):1206. Canada.
- Miranda, L. M. D., R. F. García C., R. Morones R. y J. A. Rodríguez G. 1986. Análisis bromatológico y digestibilidad in vitro de Kochia scoparia (L) Roth Memorias de la Primera Reunión Bianual de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- Moore, L. A. 1964. Symposium on forage utilization: nutritive value of forage as affected by physical form. Part 1. General principles involved with ruminants and effect of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. J. Anim. Sci. 23:230-238., U.S.A.
- Morris, E. J. 1984. Degradation of the intact plant cell wall of subtropical and tropical herbage by rumen bacteria. In Herbivore Nutrition in the Subtropics

and tropics. Ed. by F.M.C. Gilchrist, R.I. Mackie. Craighall, South Africa, Science Press. p. 378.

- Mott, G. O. and J. E. Moore. 1985. Evaluating forage production. In: Heath, M.E., R.F. Barnes y D. S. Metcalfe. Ed. Forages, the Science of Grassland Agriculture. 4 th Ed. pp. 422-429. Iowa State University. Press. U.S.A.
- Nocek, J. E. 1985. Evaluation of specific variables affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. J. Anim. Sci.60:1347., U.S.A.
- Olivares, S. E. 1990. Paquete de Diseños Experimentales. F.A.U.A.N.L. Versión 2.0. Facultad de Agronomía U.A.N.L. Marín, Nuevo León.
- Orskov, E. R. 1982. Protein Nutrition in Ruminants. 1 Ed. New York, New York, Academic Press, Inc. 160 p., U.S.A.
- Orskov, E. R. and F. Deb Hovell. 1978. Digestión ruminal del heno (medida a través de bolsas de dacrón) en el ganado alimentado con caña de azúcar o heno de pangola. Prod. Anim. Trop. 3(1):9., Mérida, Yuc., México.
- Ortiz, De la R. B., M. J. Hernández A. y R. F. García C. 1988. Digestibilidad aparente (in vivo) de Kochia scoparia (L) Roth. Memorias de la Segunda Reunión Bianual de Nutrición Animal. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- Ozuna, O. M. 1984. El cultivo de la Kochia scoparia. Resúmenes del Séptimo Día del Forrajero. Campo Agrícola Experimental Zaragoza. S.A.R.H.-I.N.I.A., México.
- Phillips, W.M., and J. L. Launchbaugh. 1958. Preliminary studies of the root system of Kochia scoparia at Hays. Kansas, Weeds. 6:19-23., U.S.A.
- Playne, M. J., W. Khumnualthong and M. C. Echeverría. 1978. Factors affecting the digestion of esophaegal fistula samples and hay samples in nylon bags the rumen of cattle. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 90:193., U.S.A.
- Raymond, W. F. 1969. The nutritive value of forage crops. adv. Agron. 21:1- 108., U.S.A.
- Reid, J. T., P. W. Moe and H. F. Tyrrell. 1966. Symposium: re-evaluation of nutrient allowances for high producing cows. J. Dairy Sci. 49:215-223., U.S.A.

- Robertson, J. B. and P. J. Van Soest. 1975. Note on digestibility in sheep as influenced by level of intake. *J. Anim. Prod.* 21:89-92., U.S.A.
- Rodríguez, H. 1968. The in vivo bag technique in digestibility studies. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 2:285.
- Romero, F. 1990. Utilización de la técnica de digestión in situ para la caracterización de los forrajes. *Nutrición de Rumiantes: Guía Metodológica de Investigación. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica.* San José, Costa Rica. p. 105-114.
- Romero, F., H. H. Van Horn, G. M. Prine and E. C. French. 1987. Effect of cutting interval upon yield, composition and digestibility of Florida 77 Alfalfa and Florigraze Rhizoma Peanut. *J. Anim. Sci.*65:786., U.S.A.
- Ruiz, M. E., F. Romero y D. Pezo. 1990. Recomendaciones sobre la utilización de los métodos in vitro, in situ y enzimático en el estudio de la digestión de alimentos. *Nutrición de Rumiantes: Guía Metodológica de Investigación. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica.* San José, Costa Rica. p. 127-139.
- San Martín, F. A. 1980. Evaluación de una técnica de digestión in situ en la determinación de la digestibilidad de la materia seca y pared celular. Informe problema especial. Programa de la Universidad de Costa Rica/CATIE. p. 23., Turrialba, C. R
- Santibáñez, F. P., R. F. García C. y G. L. Suárez. 1989. Digestibilidad in vivo del ensilaje de Kochia scoparia (L.) Roth en caprinos. Memoria de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, Zac. pp. 148 - 152 México.
- Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens, Georgia., U.S.A.

- Schneider, B. H. and H.B. Ellenberg. 1927. Apparent digestibility as affected by length of trial and by certain variations in the ration Vermont. Agrs. Exp. Sta., Bull No. 270., U.S.A.
- Sherrod, L. 1971. Nutritive value of Kochia scoparia. I. yield and chemical composition at three stages of maturity. Agronomy Journal. 63:343-344. U.S.A.
- Sherrod, L. 1973. Nutritive value of Kochia scoparia. III. Digestibility of Kochia hay compared with alfalfa hay. Journal of dairy Science. 56(7):923-926. U.S.A.
- Smith, L. W., H. K. Goering, D. R. Waldo and D. H. Gordon. 1971. In vitro digestion rates of forage cell wall components. Journal of Dairy Science. 54:71. U.S.A.
- Stublendieck, J. 1981. North American Range Plants. 1st. ed. Natural Resources Enterprises, Inc. Nebraska, U.S.A. p. 305.
- Tejada, H. I. 1983. Manual de Laboratorio para Análisis de los Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación I.N.I.F.A.P.-S.A.R.H., México.
- Van Hellen, R. W. and W. C. Ellis. 1977. Sample container porosities for rumen in situ studies. J. Anim. Sci. 44:141., U.S.A.
- Van Soest, P. J. 1975. Digestion and Metabolism in the Ruminant. Ed. I. W. McDonald y A.C.I. Warner, Univ. N. England Pub. United, Australia.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. 1 Ed. Corvallis, Oregon, O & B Books. 374 p., U.S.A.
- Villarreal, Q. J. A. 1983. Malezas de Buenavista Coahuila. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 70-71.
- Waldo, D. R., L. W. Smith and E. L. Cox. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. J. Dairy Sci. 55:125.

- Weakley, D. C., M. D. Stern and L. D. Satter. 1983. Factors affecting disappearance of feedstuffs from bags suspended in the rumen. *J. Anim. Sci.* 56:496., U.S.A.
- Wilkins, R. J. 1969. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *Journal of Agricultural Science. Cambridge.* 57:73., U.S.A.
- Witt, K. E. and F. N. Owens. 1983. Phosphorus : Ruminant availability and effects on digestion. *J. of Anim. Sci.* 56:930-937., U.S.A.

A P E N D I C E

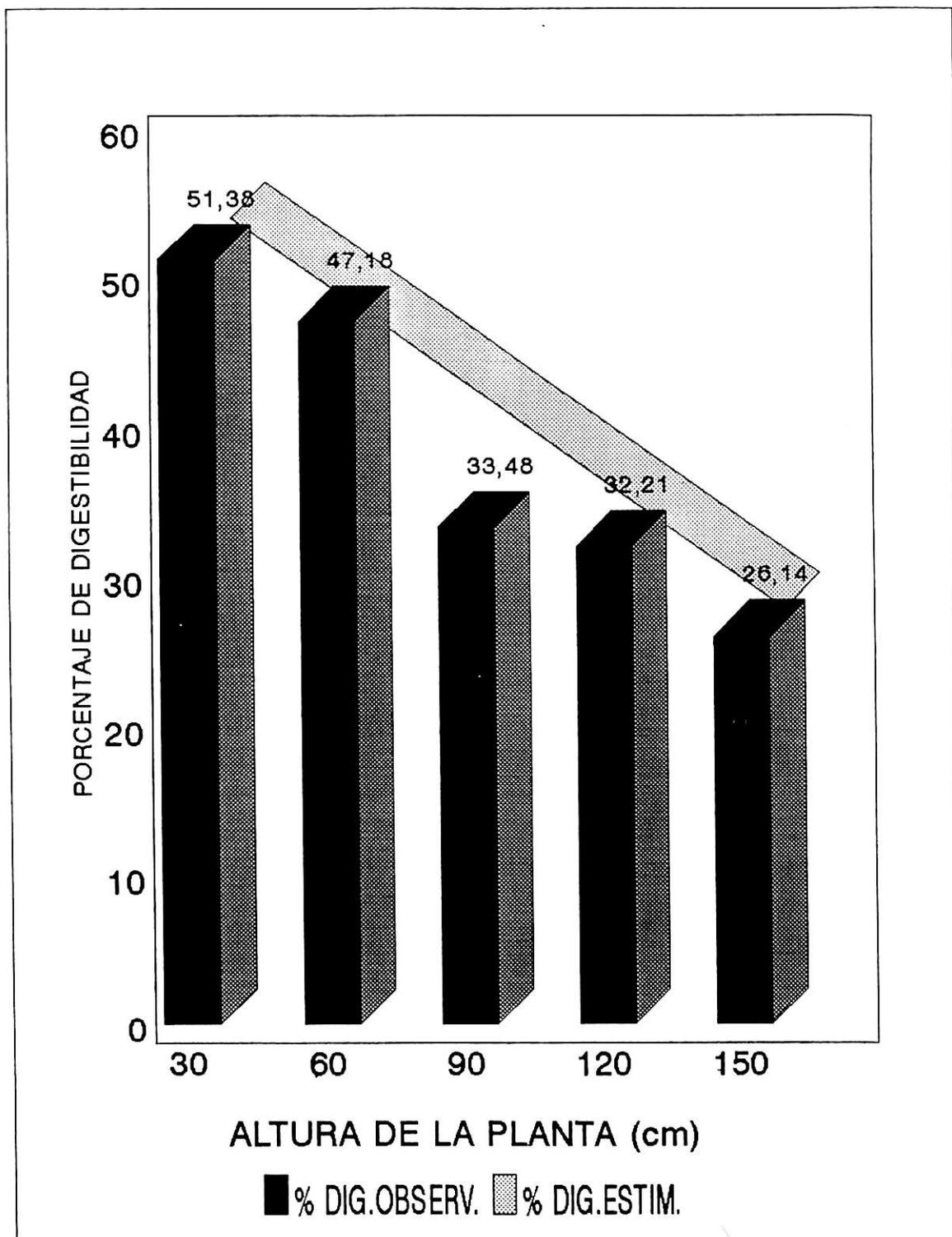


Figura A.1 Efecto de la altura de la kochia sobre la digestibilidad de la materia seca.

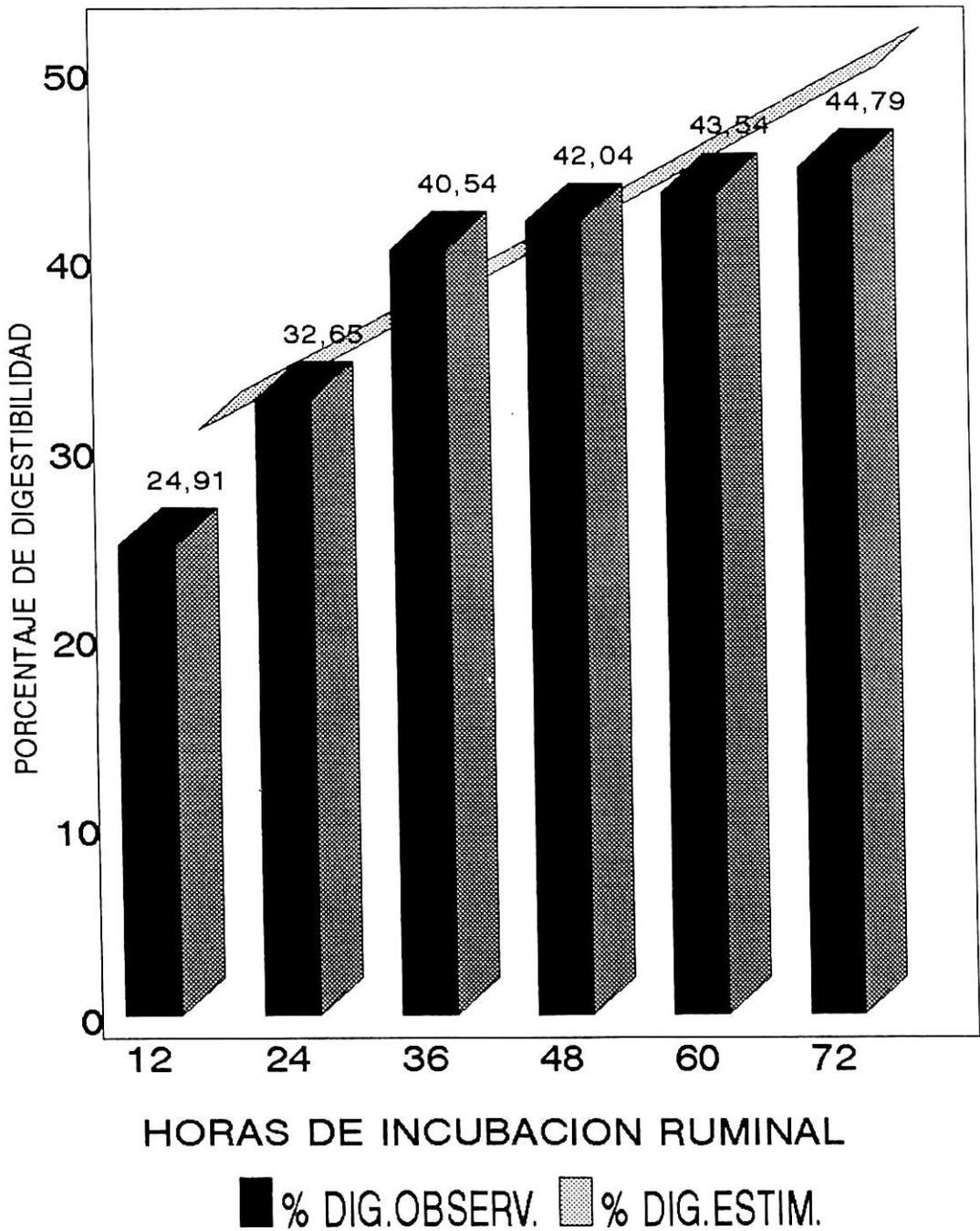


Figura A.2 Efecto del tiempo de incubación ruminal sobre la digestibilidad de la materia seca.

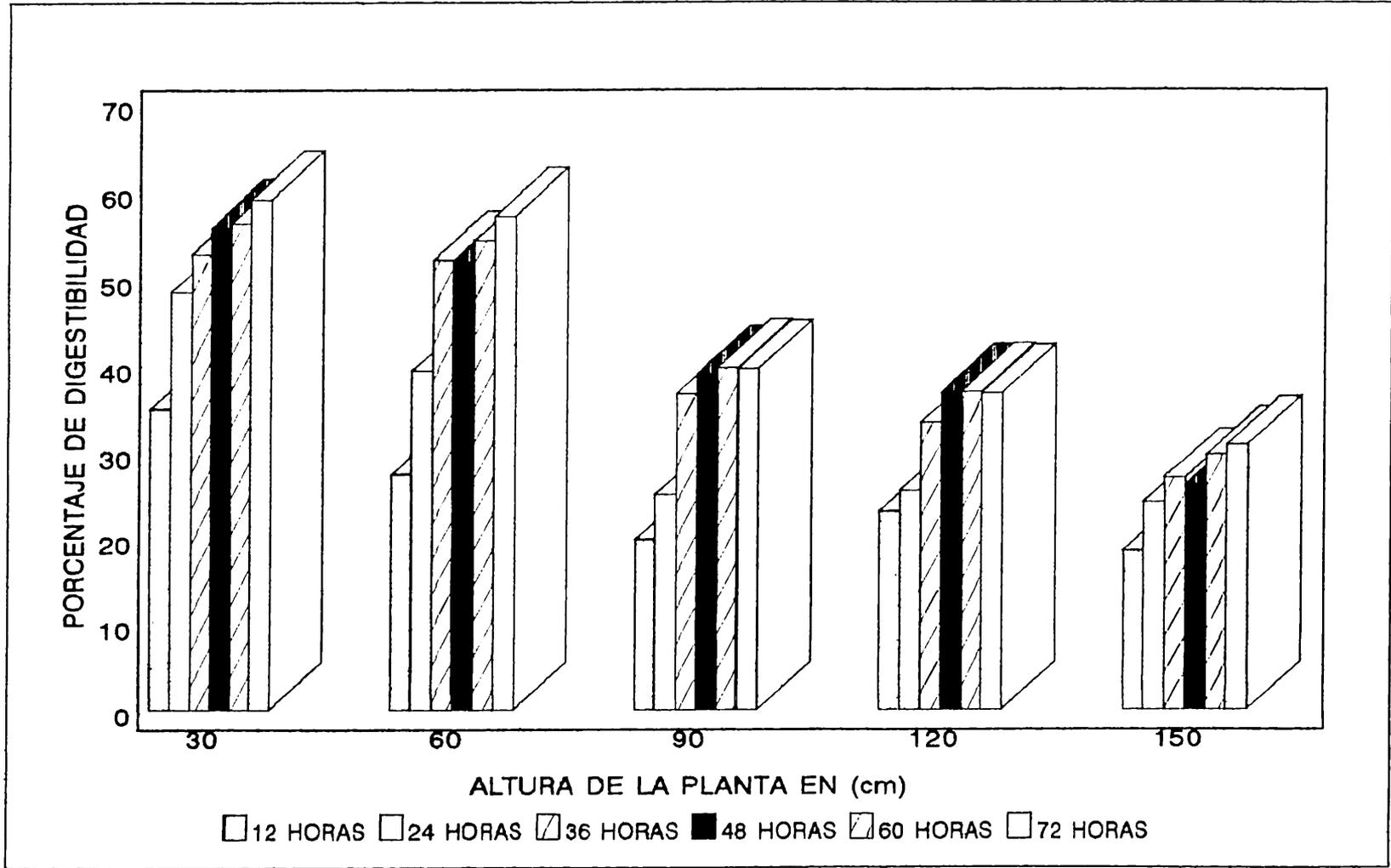


Figura A.3 Digestibilidad de la materia seca obtenida de acuerdo al tiempo de incubación ruminal y a la altura de la planta.

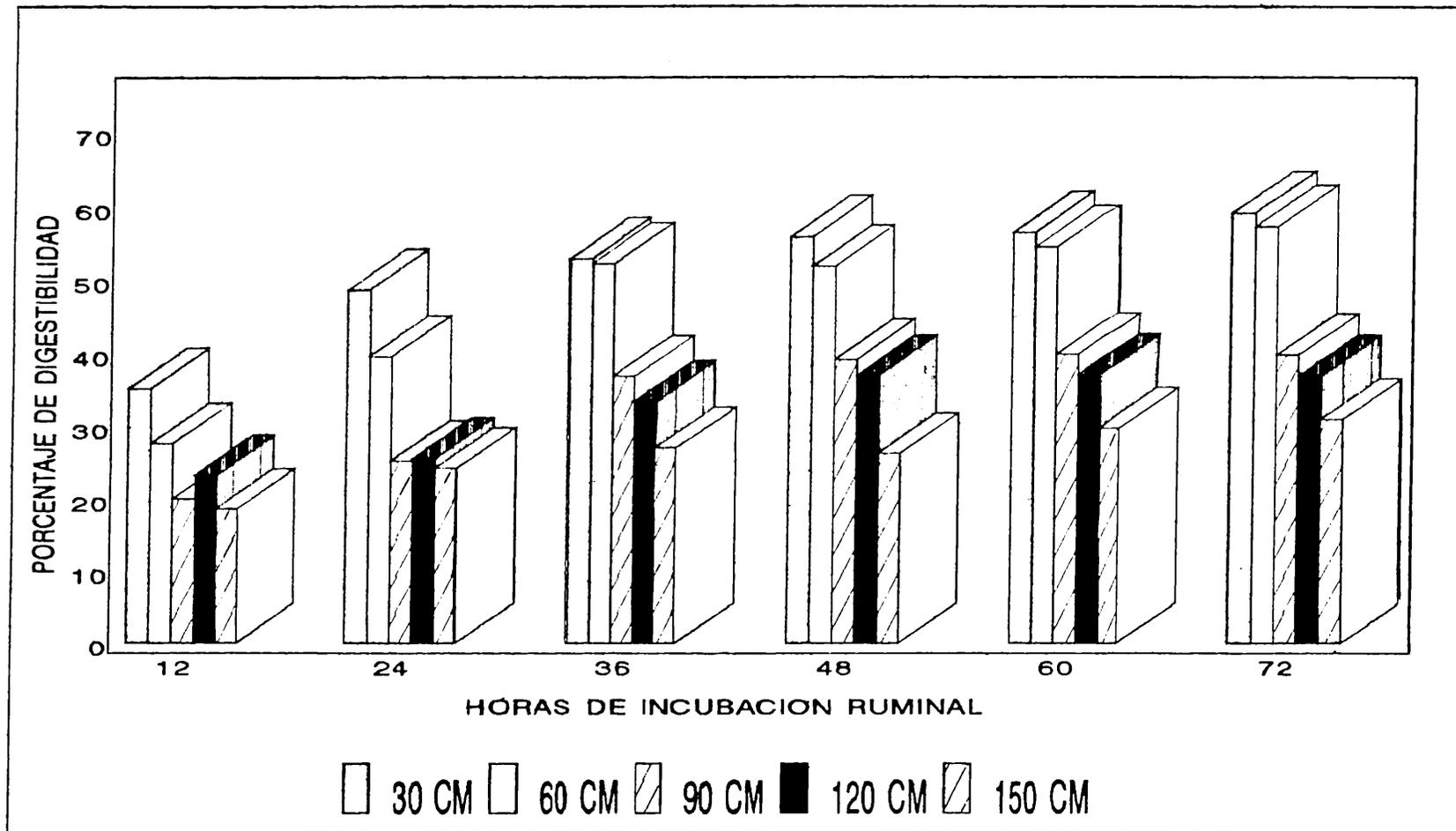


Figura A.4 Digestibilidad de la materia seca obtenida a cinco alturas de la planta de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

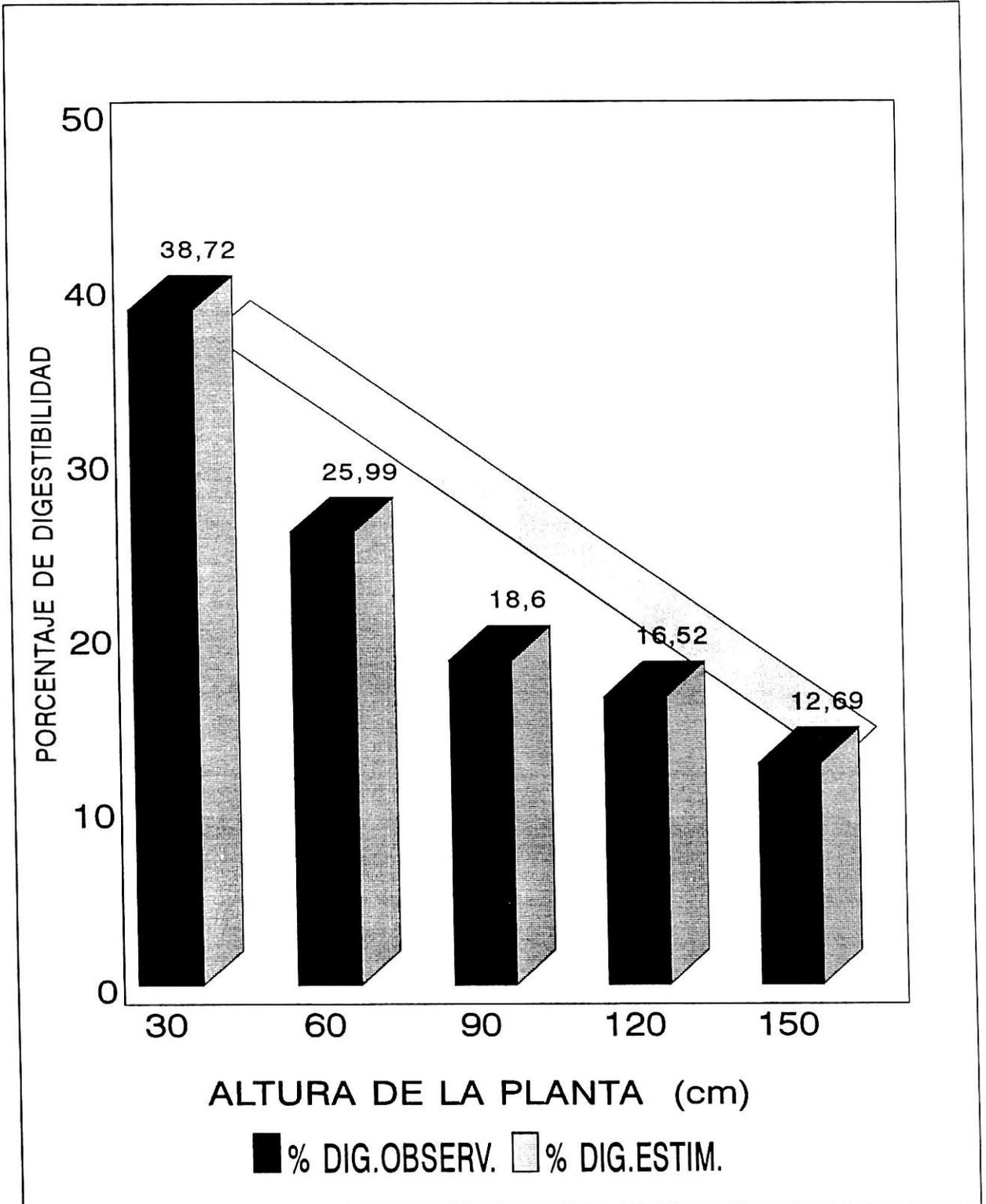


Figura A.5 Efecto de la altura de la kochia sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro.

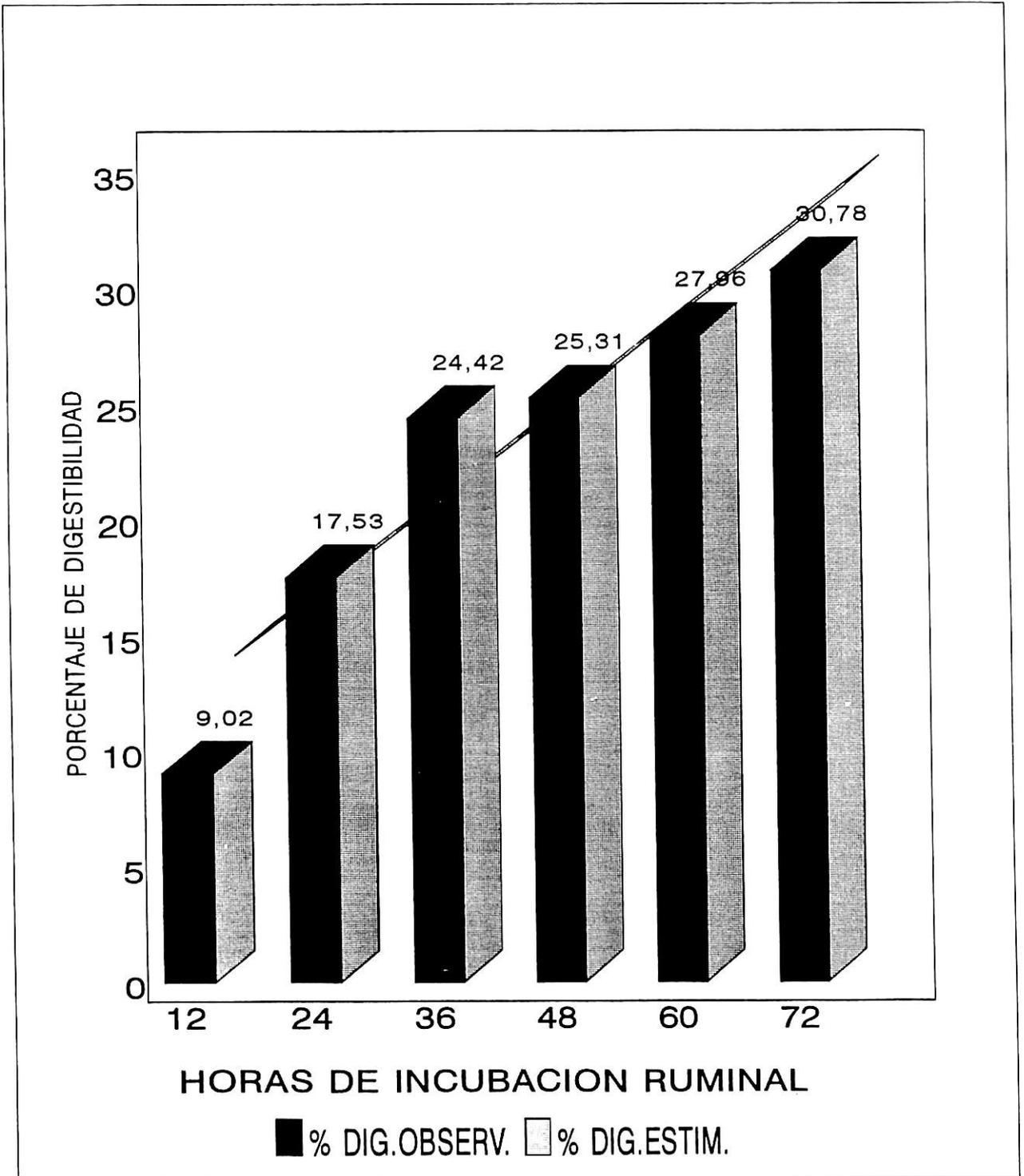


Figura A.6 Efecto del tiempo de incubación ruminal sobre la digestibilidad de la fibra detergente neutro.

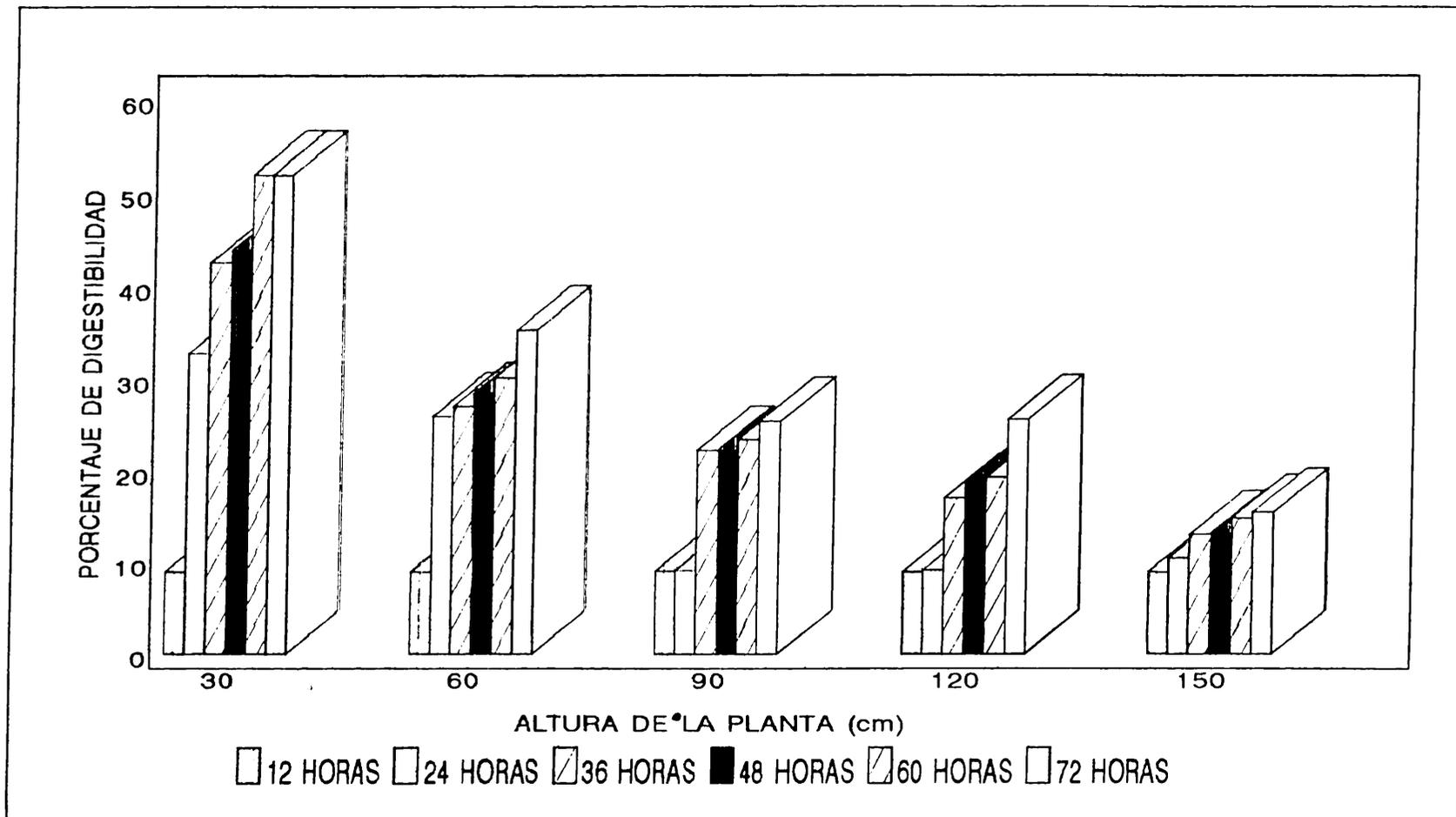


Figura A.7 Digestibilidad de la fibra detergente neutro obtenida de acuerdo al tiempo de incubación ruminal y a la altura de la planta.

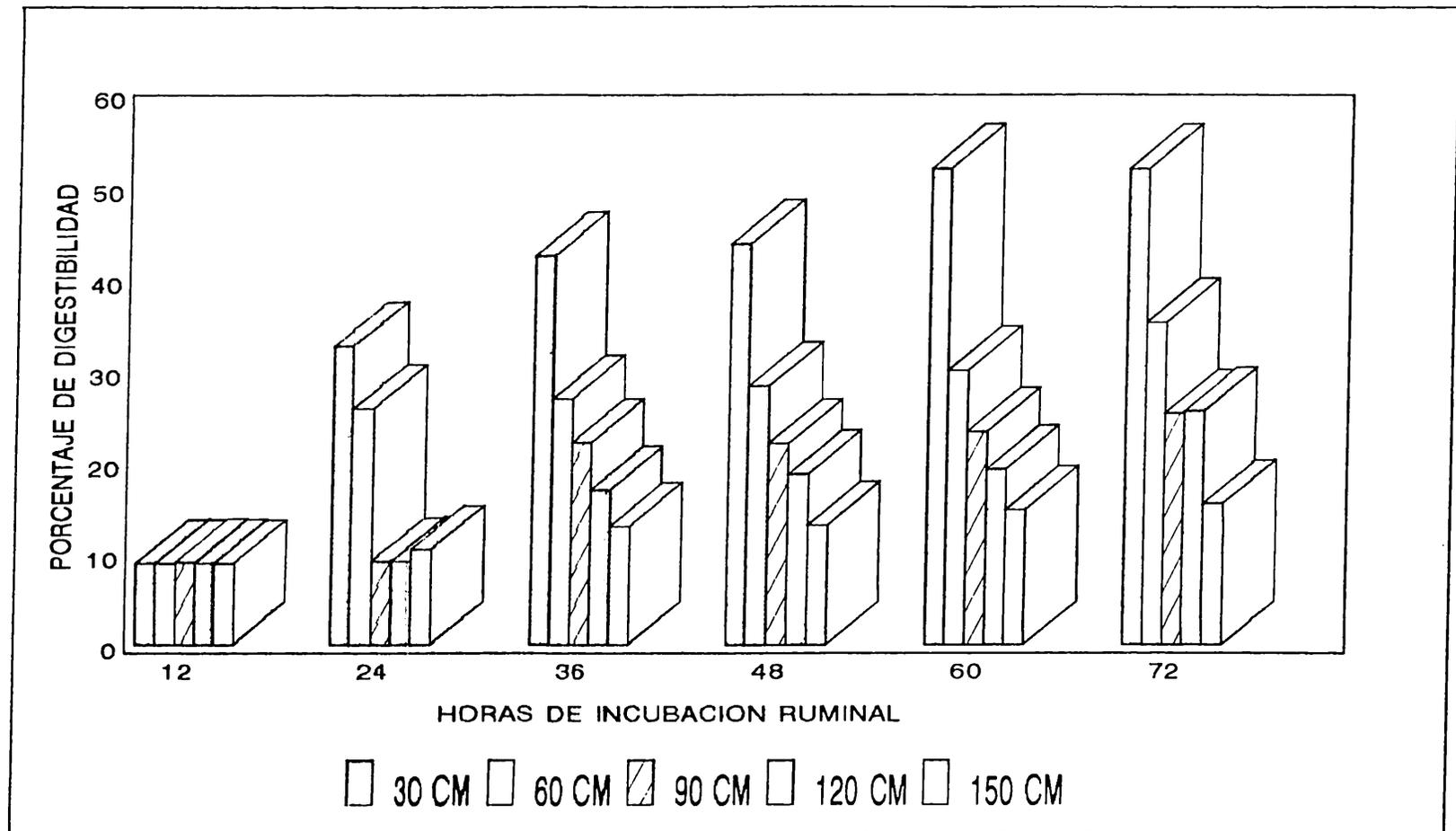


Figura A.8 Digestibilidad de la fibra detergente neutro obtenida a cinco alturas de la planta de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

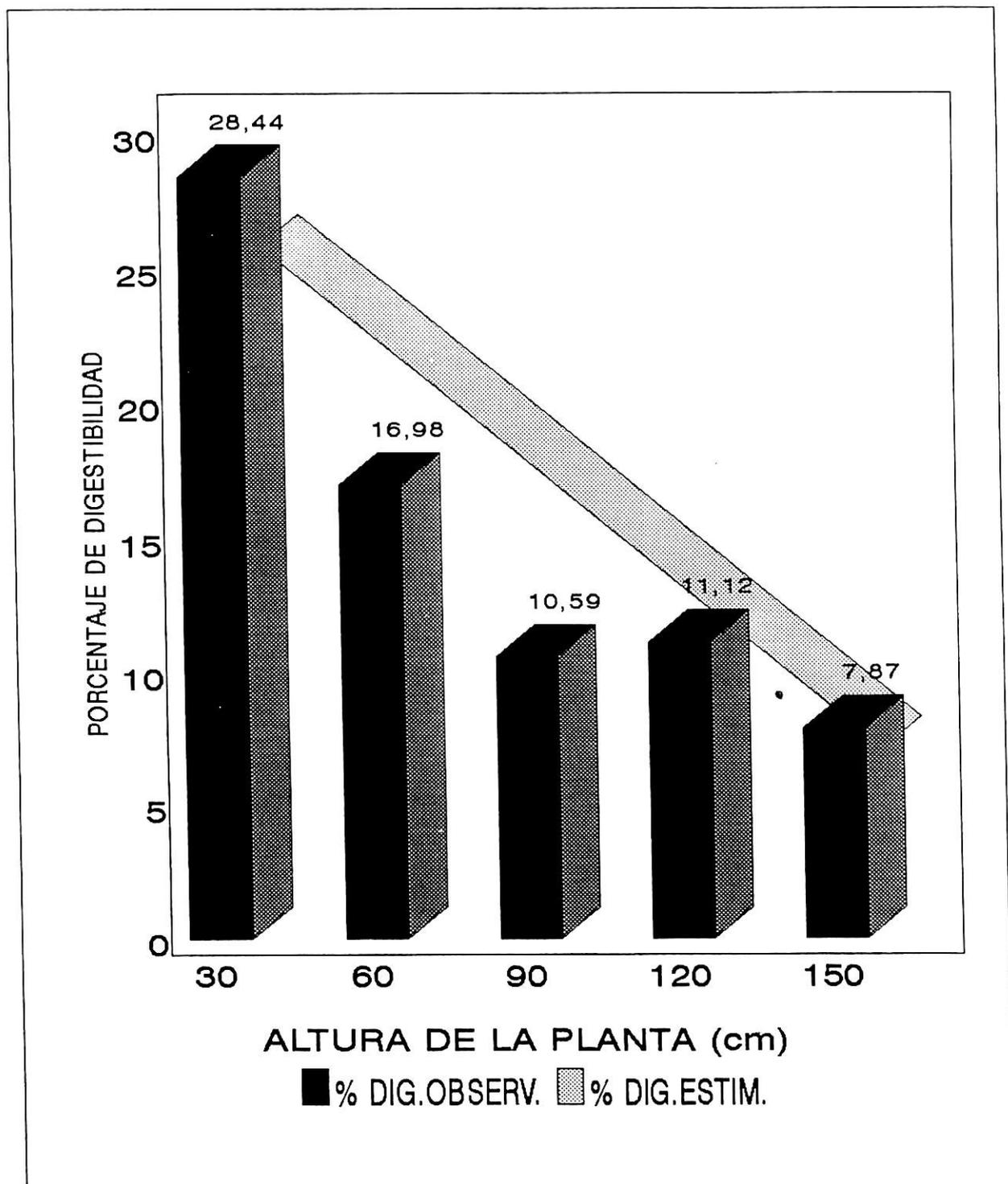


Figura A.9 Efecto de la altura de la kochia sobre la digestibilidad de la fibra detergente ácido.

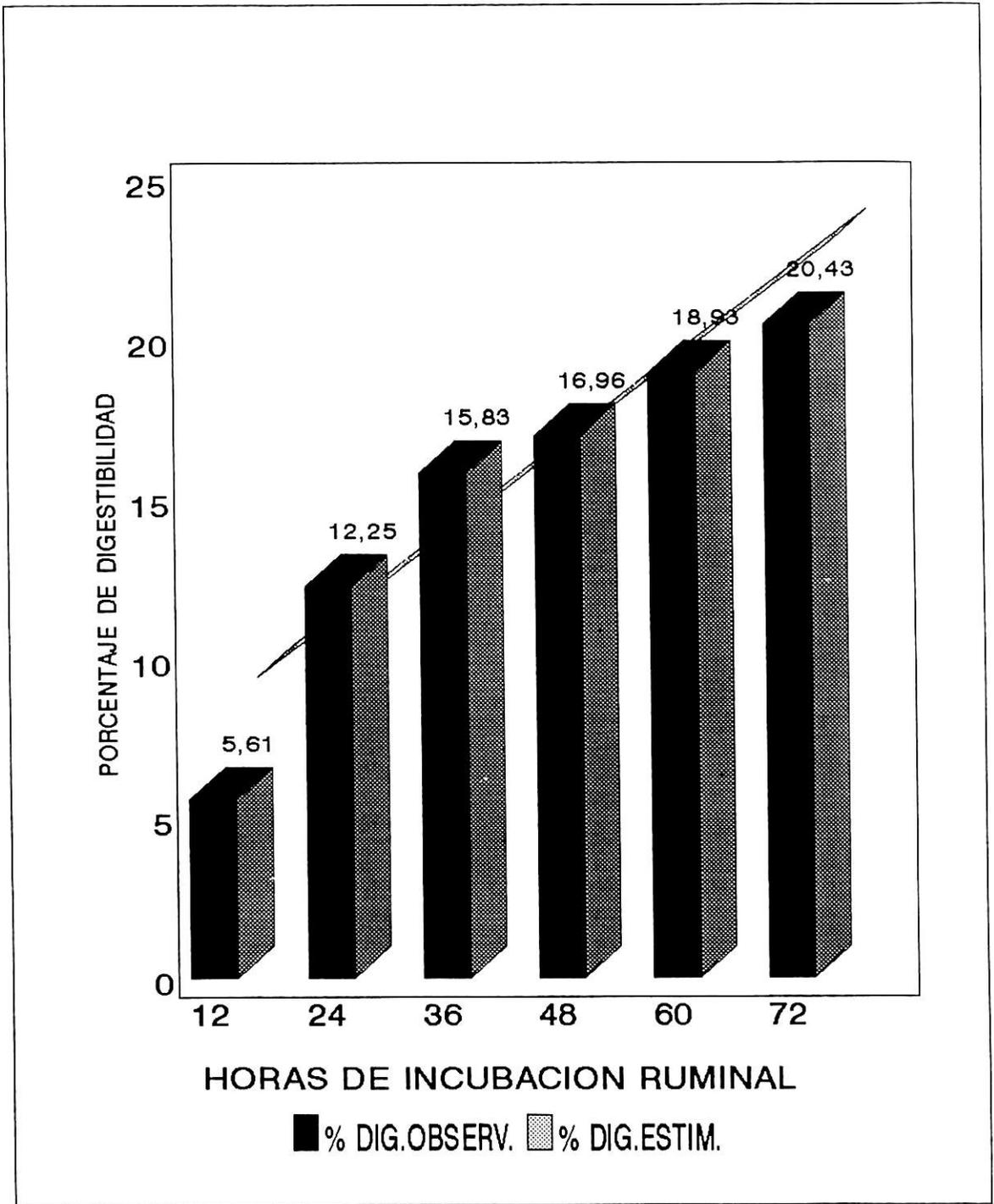


Figura A.10 Efecto del tiempo de incubación ruminal sobre la digestibilidad de la fibra detergente ácido.

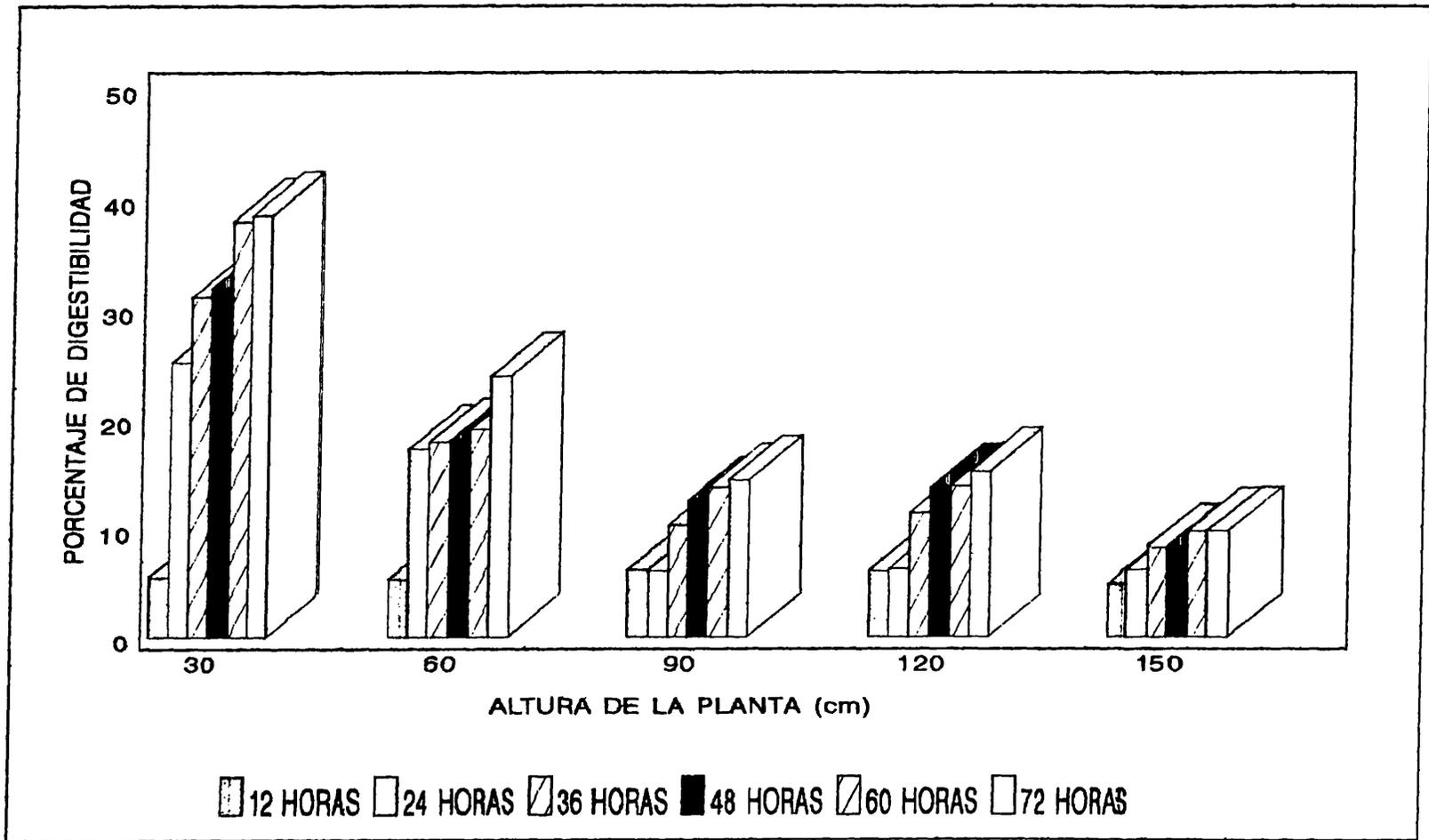


Figura A.11 Digestibilidad de la fibra detergente ácido obtenida de acuerdo al tiempo de incubación ruminal para cada altura de la planta.

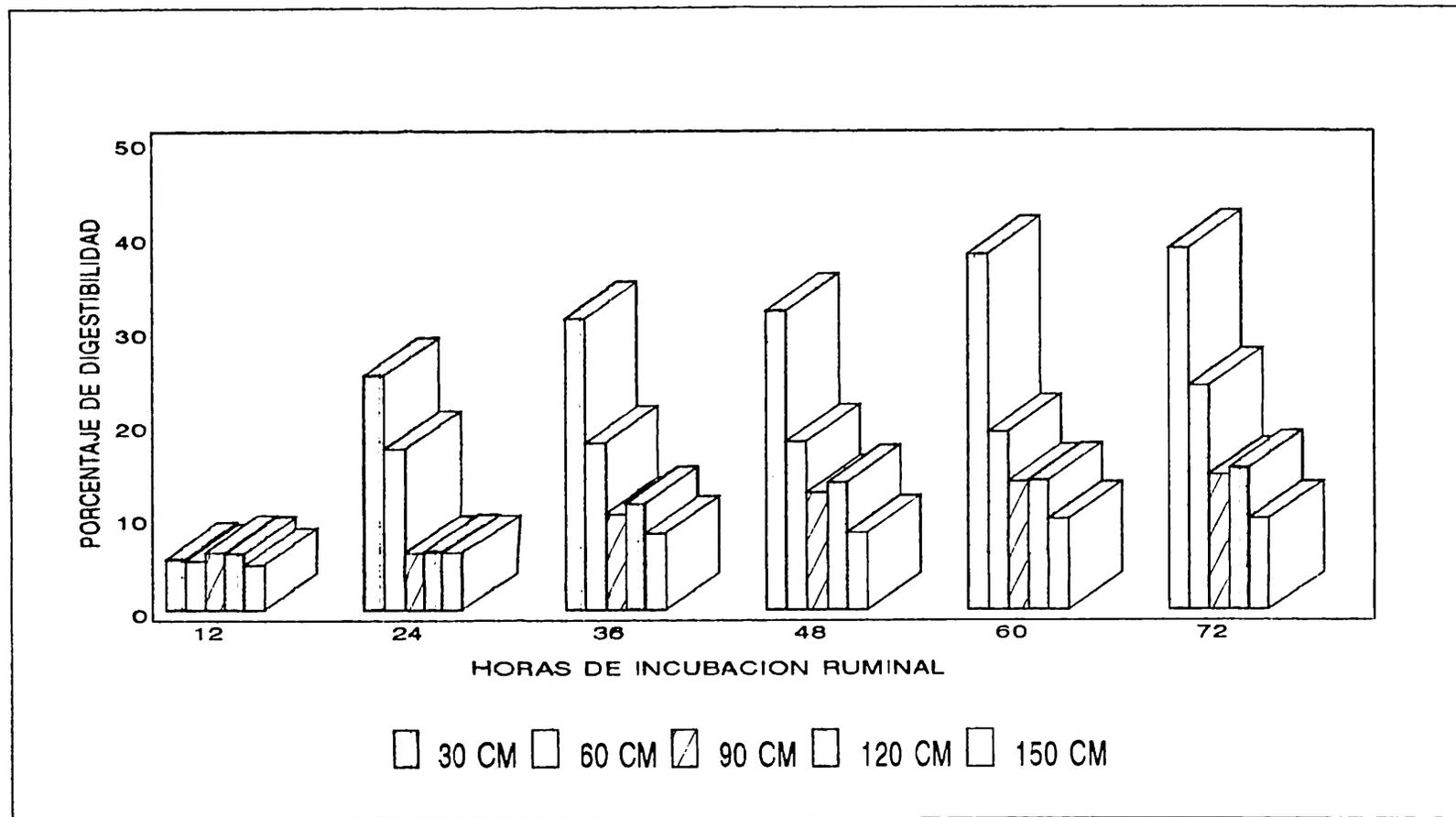


Figura A.12 Digestibilidad de la fibra detergente ácido obtenida a cinco alturas de la planta de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

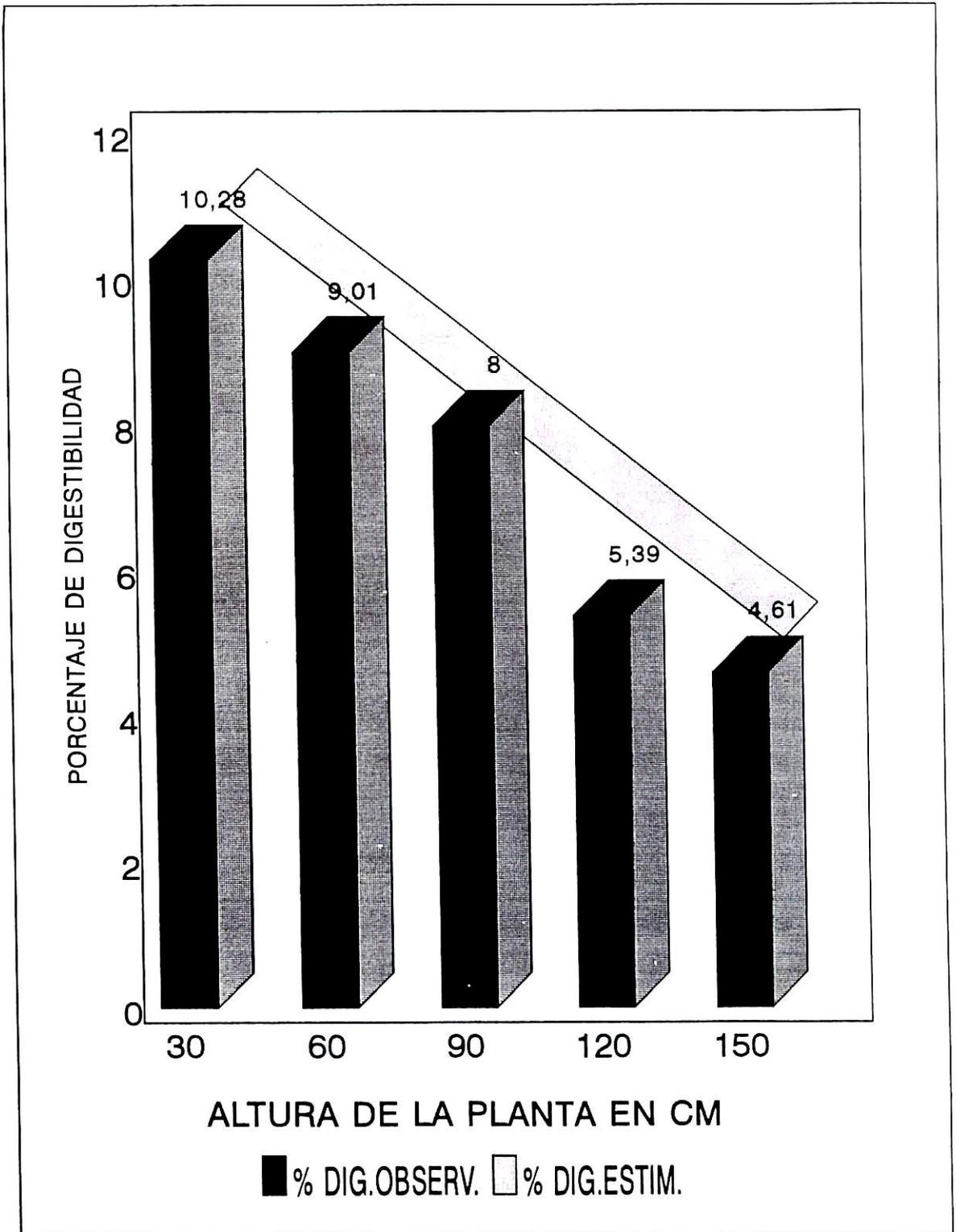


Figura A.13 Efecto de la altura de la kochia sobre la *digestibilidad* de la hemicelulosa.

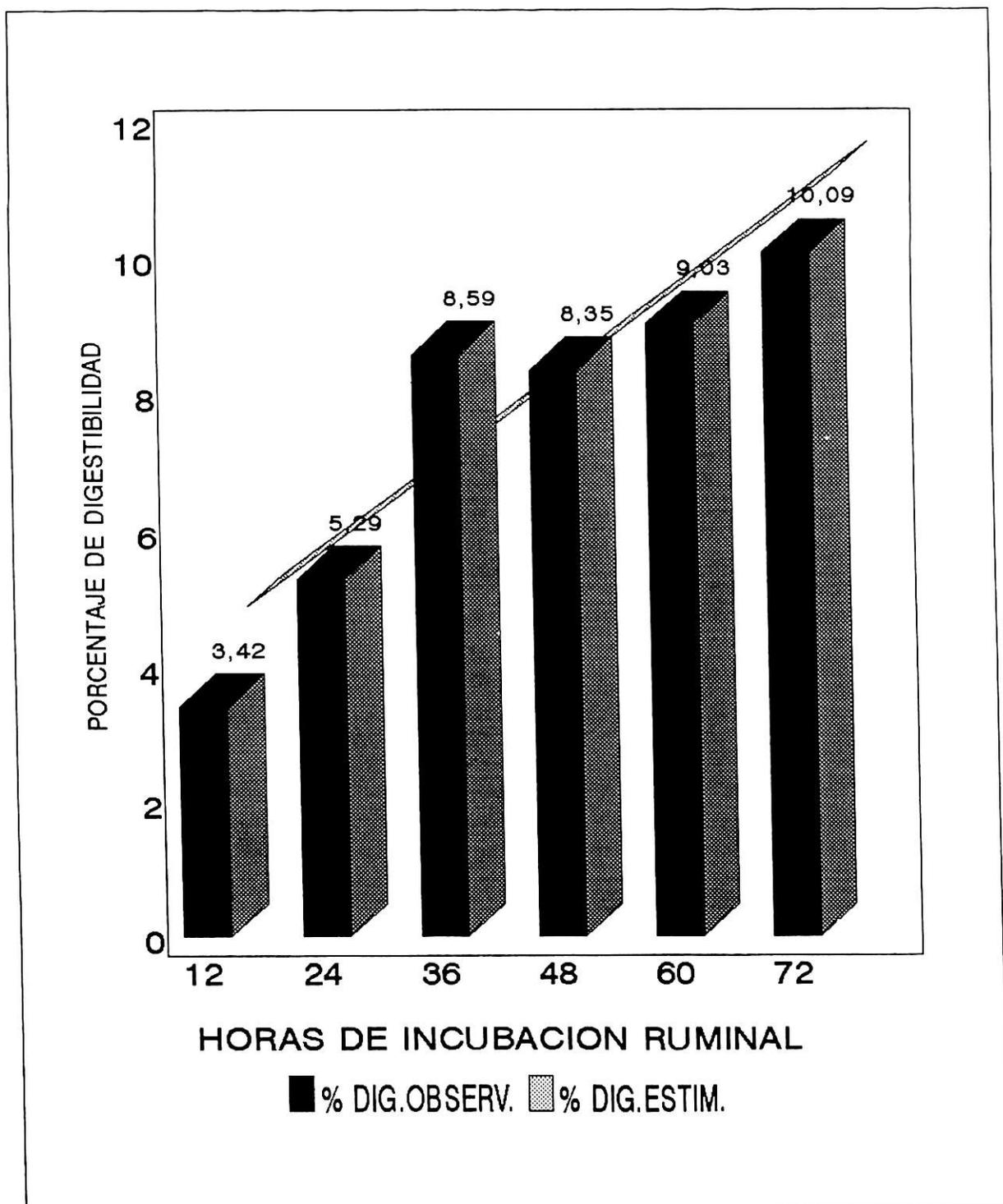


Figura A.14 Efecto del tiempo de incubación ruminal sobre la digestibilidad de la hemicelulosa.

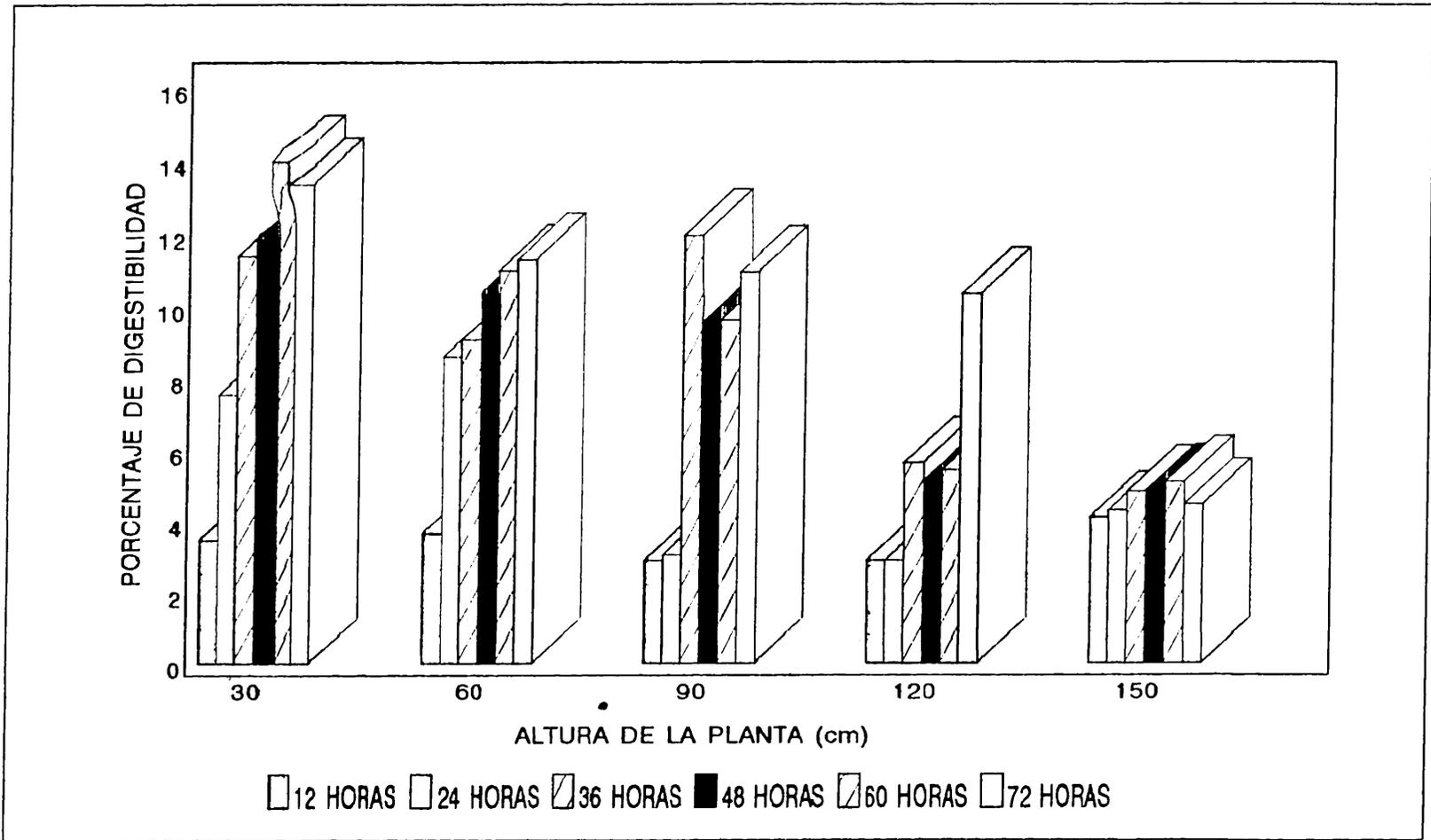


Figura A.15 Digestibilidad de la hemicelulosa obtenida de acuerdo al tiempo de incubación ruminal y a la altura de la planta.

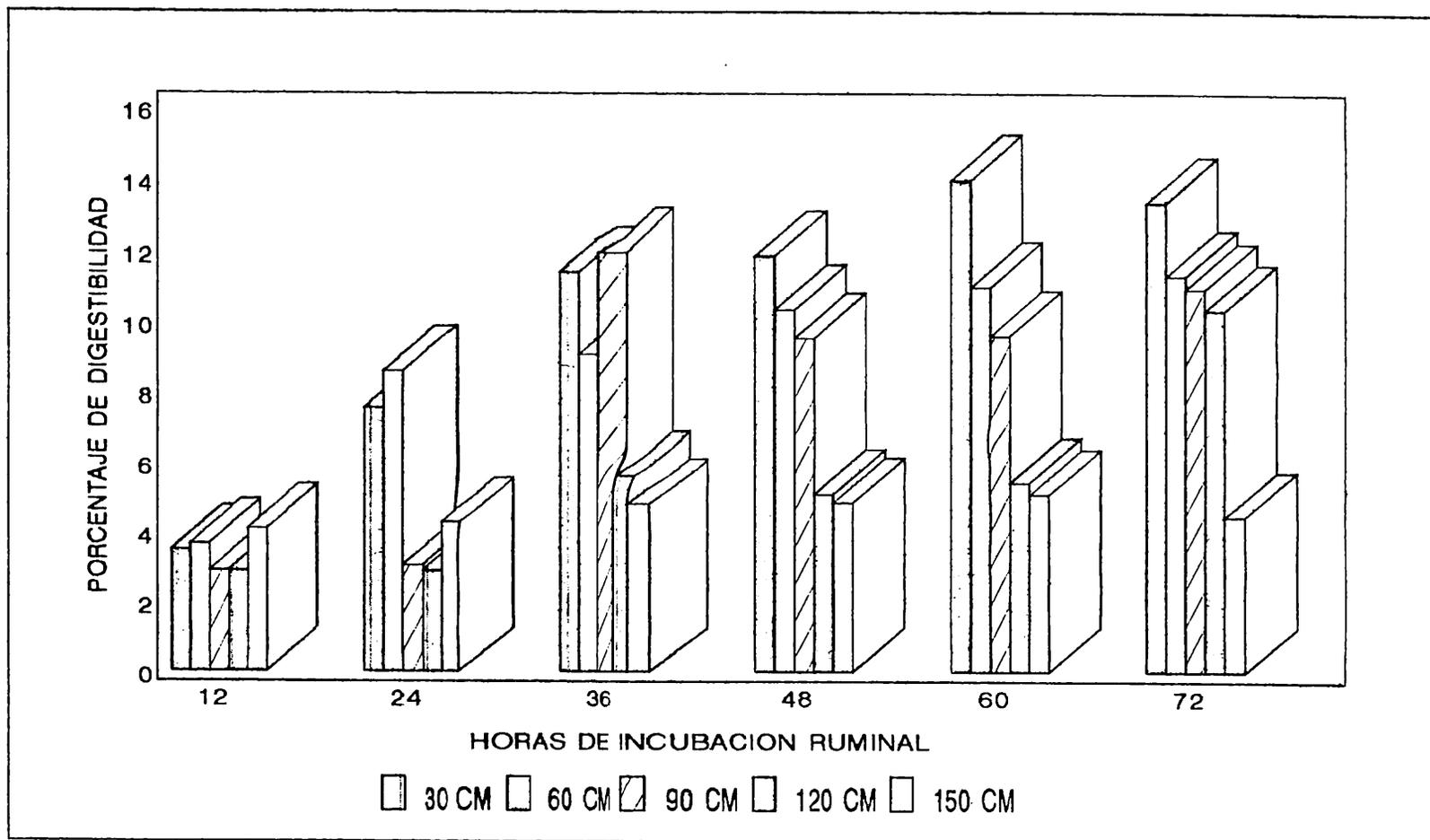


Figura A.16 Digestibilidad de la hemicelulosa obtenida a cinco alturas de la planta de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.

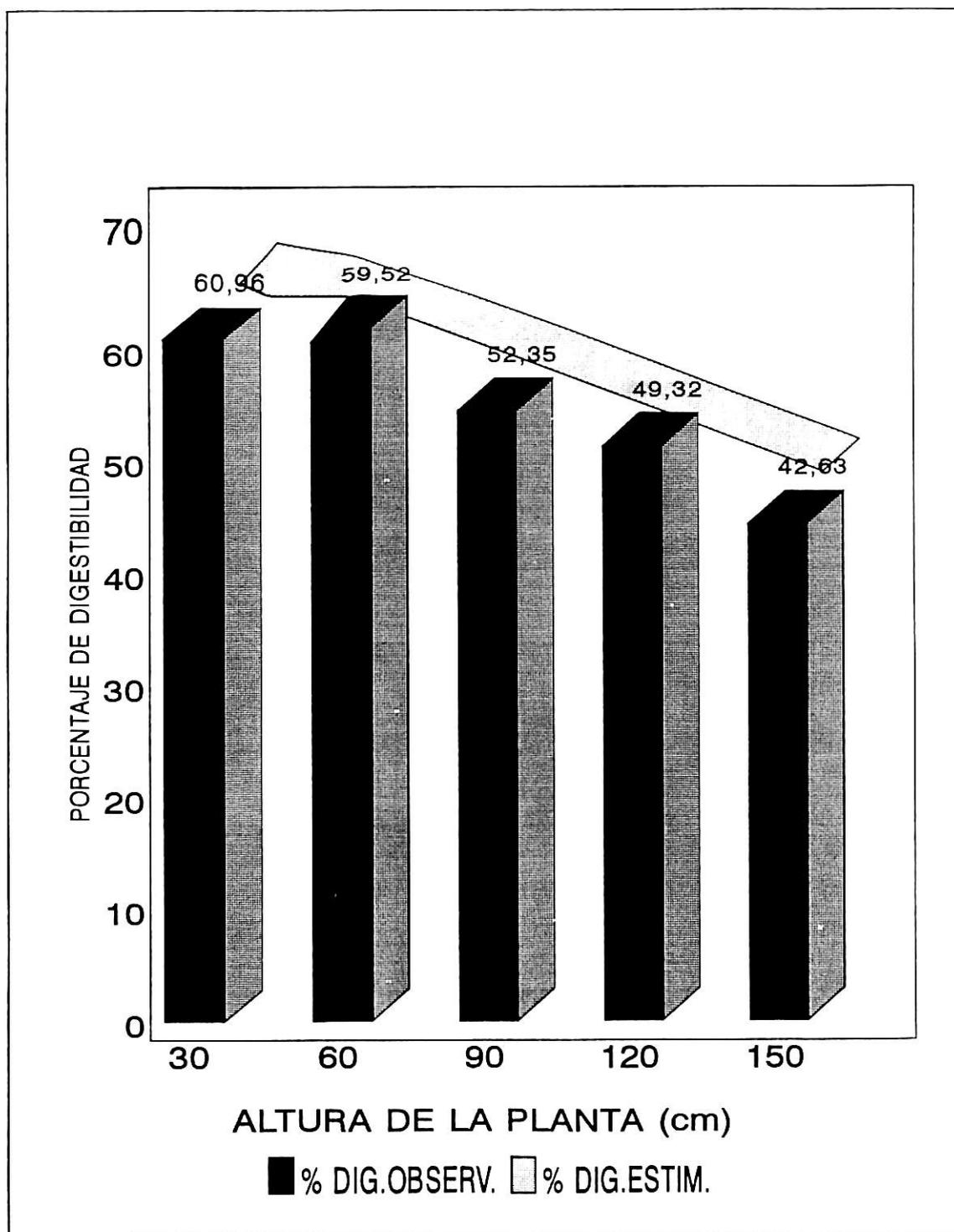


Figura A.17 Efecto de la altura de la kochia sobre la digestibilidad del contenido celular

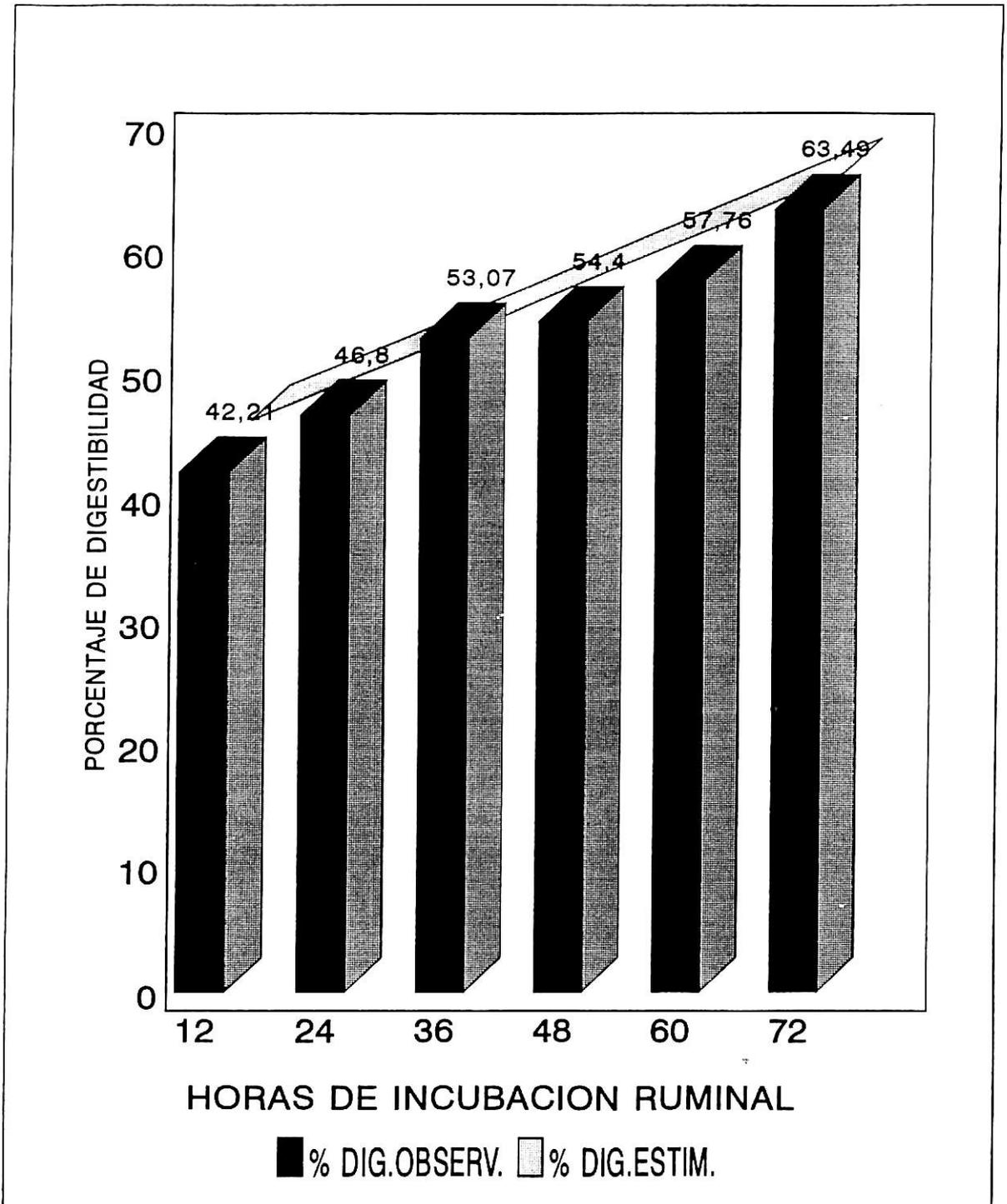


Figura A.18 Efecto del tiempo de incubación ruminal sobre la digestibilidad del contenido celular.

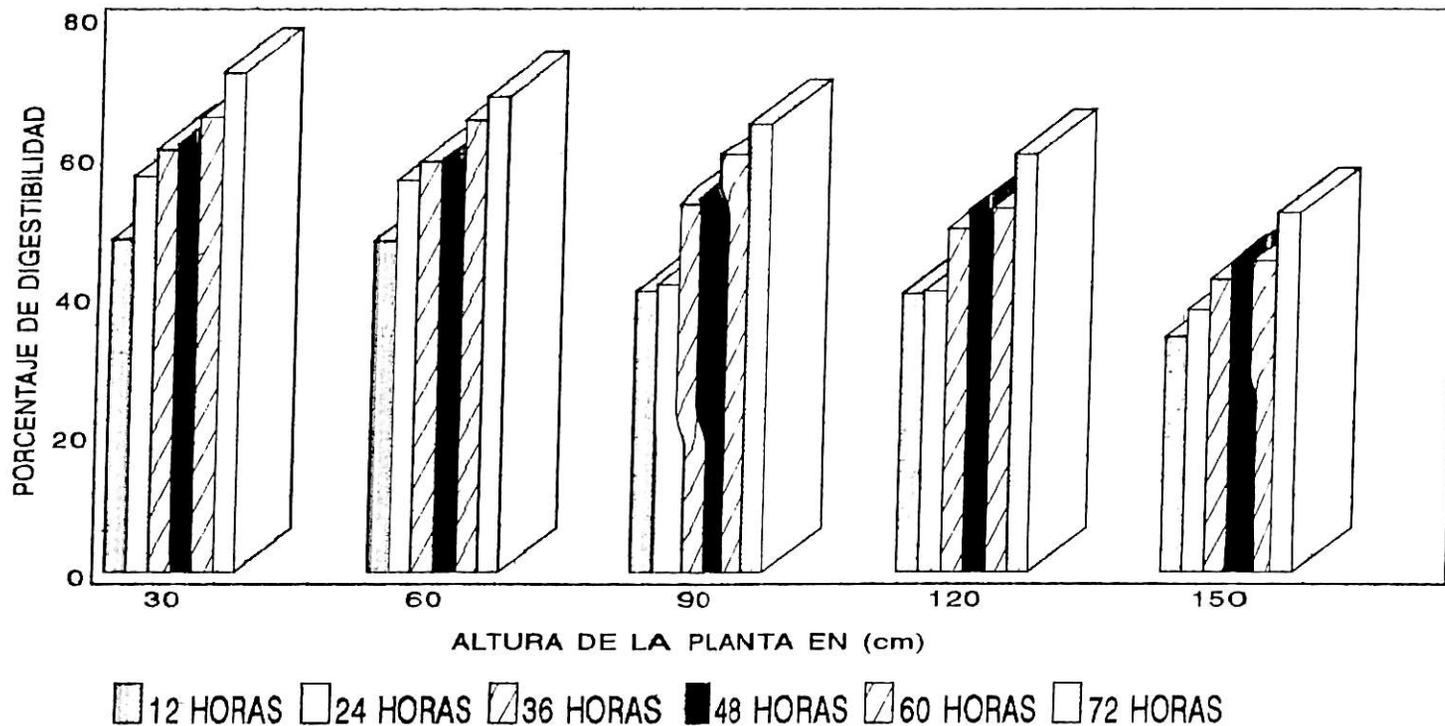


Figura A.19 Digestibilidad del contenido celular obtenida de acuerdo al tiempo de incubación ruminal para cada altura de la planta.

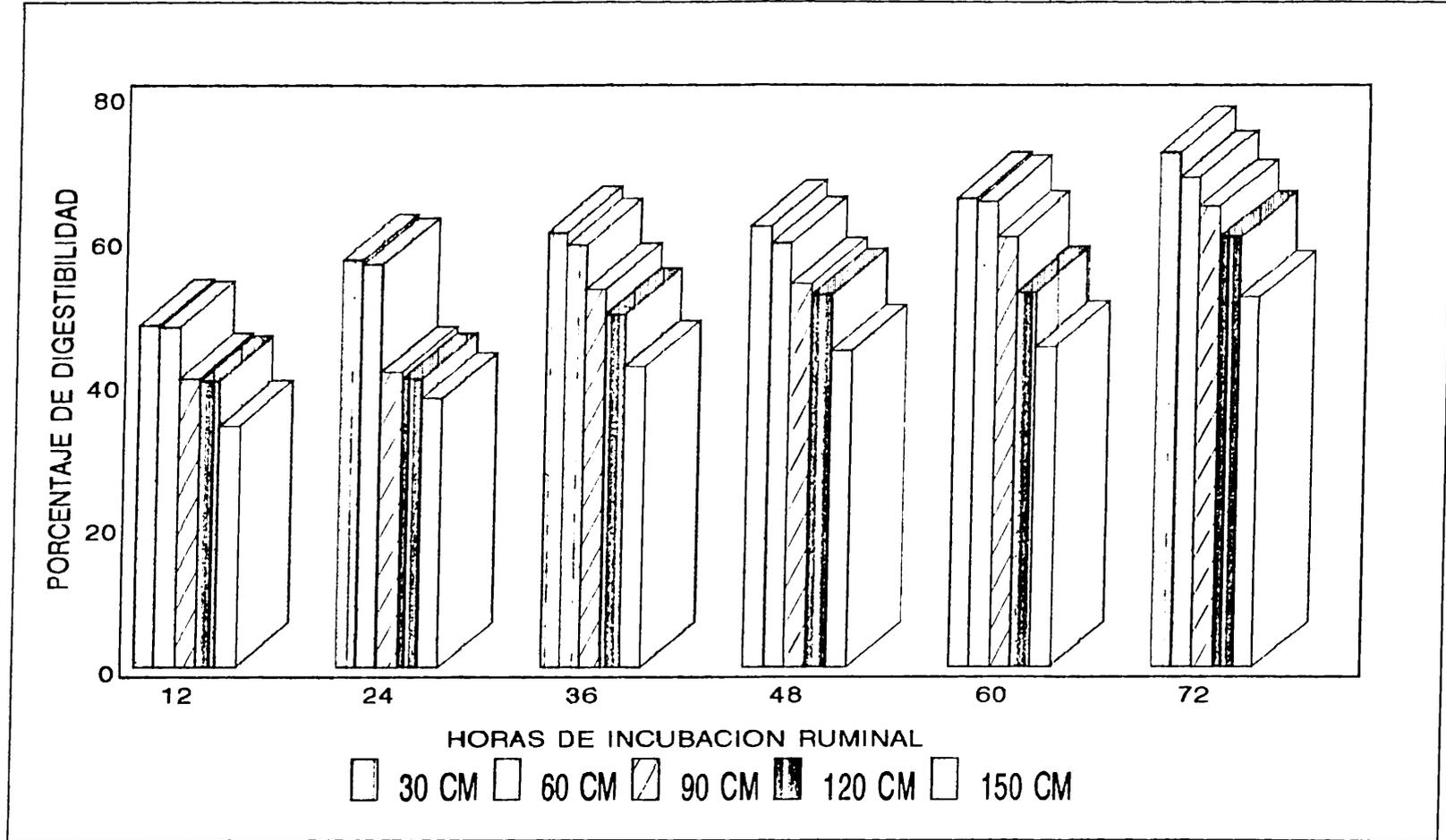


Figura A.20 Digestibilidad del contenido celular obtenida a cinco alturas de la planta de acuerdo al tiempo de incubación ruminal.