

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMIA

**Degradabilidad ruminal de henos de pradera de la
zona sur de Chile**

Tesis presentada como parte de
los requisitos para optar al grado
de Licenciado en Agronomía.

Cristian Javier Leichtle Sagner

VALDIVIA – CHILE

2005

PROFESOR PATROCINANTE

FIRMA

Rene Enrique Gimpel
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

PROFESORES INFORMANTES

Oscar Balocchi Leonelli
Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

Luis Latrille Lanas
Ing. Agr., Ph. D.

INSTITUTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Conservación de forrajes en la zona sur	3
2.1.1	Heno de pradera	5
2.1.2	Calidad nutritiva del heno de pradera de la zona sur	8
2.1.3	Factores que afectan la calidad nutritiva del heno de pradera de la zona sur	9
2.2	Efecto del estado fenológico sobre la calidad del forraje	12
2.2.1	Efecto del estado fenológico sobre el contenido de proteína	12
2.2.2	Efecto del estado fenológico sobre la digestibilidad y el contenido de energía metabolizable	14
2.2.3	Efecto del estado fenológico sobre el contenido de cenizas y minerales	15
2.3	Método “ <i>in situ</i> ” de degradabilidad ruminal	16
2.3.1	Resultados de degradabilidad en relación con el estado de madurez	18
2.3.2	Validez del método	19
2.3.3	Dinámica degradativa y degradación potencial	20
2.3.4	Tasa de pasaje y degradación efectiva	20

Capítulo		Página
3	MATERIALES Y METODOS	22
3.1	Ubicación del estudio	22
3.2	Caracterización del alimento estudiado	22
3.3	Tipo de animal y alimentación	22
3.4	Descripción del método “ <i>in situ</i> ”	23
3.4.1	Preparación de las muestras a incubar	23
3.4.2	Incubación de las bolsas en el rumen	24
3.4.3	Tiempos de incubación y repeticiones	25
3.4.4	Tratamiento de las bolsas terminada la incubación	26
3.5	Análisis químicos y determinaciones	28
3.6	Análisis estadístico	29
4	PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
4.1	Composición química de los henos	32
4.2	Respuestas degradativas observadas	36
4.2.1	Degradabilidad ruminal de la materia seca (MS)	36
4.2.2	Degradabilidad ruminal de la proteína bruta (PB)	38
4.2.3	Degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro (FDN)	41
4.3	Respuestas a la aplicación del modelo	43
4.3.1	Dinámica degradativa de la MS	43
4.3.2	Dinámica degradativa de la PB	49
4.3.3	Dinámica degradativa de la FDN	55
4.4	Degradabilidad efectiva	60
4.4.1	Degradabilidad efectiva de la MS	60
4.4.2	Degradabilidad efectiva de la PB	63
4.4.3	Degradabilidad efectiva de la FDN	66

Capítulo		Página
4.5	Análisis global de la degradabilidad de los henos	69
4.5.1	Relación entre valor D y la degradabilidad de la MS	69
4.5.2	Relación entre valor D y la degradabilidad de la PB	70
4.5.3	Relación entre la FDN y la degradabilidad de la MS	71
4.5.4	Relación entre la FDN y la degradabilidad de la PB	73
5	CONCLUSIONES	75
6	RESUMEN	77
	SUMMARY	79
7	BIBLIOGRAFIA	81
	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Distribución relativa (%) del número de agricultores lecheros que conserva v/s que no conserva recursos forrajeros en la Décima Región y nivel productivo	5
2	Distribución relativa (%) de la superficie destinada a henificación de praderas y cultivos forrajeros en la Décima Región sur	7
3	Distribución relativa (%) de la superficie destinada a henificación de praderas y cultivos forrajeros en la Décima Región norte	8
4	Contenido de proteína (%) a través del año (base materia seca) de una pradera permanente de la X Región.	13
5	Contenido de minerales (%) en una pradera permanente a través del año (base materia seca)	16
6	Rendimiento y valor nutritivo del forraje cosechado para henificación	18
7	Análisis de varianza	29
8	Análisis estadístico	30
9	Composición química base tal cual y 100% MS de los diferentes henos de pradera	33
10	Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la MS	36

Cuadro		Página
11	Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la PB	39
12	Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la FDN	41
13	Magnitud de las fracciones A, B, C (%) y tasas de degradación de la MS para los diferentes henos	43
14	Ecuaciones de degradabilidad ruminal de la MS en henos de pradera	45
15	Degradabilidad (%) de la MS de henos a diferentes períodos de incubación	48
16	Magnitud (%) de las fracciones A, B, C (%) y tasas de degradación de la PB para los diferentes henos	49
17	Ecuaciones de degradabilidad ruminal de la PB en henos de pradera	51
18	Degradabilidad (%) de la PB de henos a diferentes períodos de incubación.	53
19	Magnitud de las fracciones A, B, C y tasas de degradación de la FDN para los diferentes henos	55
20	Ecuaciones que expresan la dinámica degradativa de la FDN en henos de pradera	57
21	Degradabilidad (%) de la FDN de henos a diferentes períodos de incubación	59
22	Degradabilidad efectiva de la MS	60
23	Parámetros de degradación de la MS de los henos	62
24	Degradabilidad efectiva de la PB	63
25	Parámetros de degradación de la PB de los henos	65
26	Degradabilidad efectiva de la FDN	66
27	Parámetros de degradación de la FDN de los henos	68

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Bovino fistulado en el rumen	23
2	Bolsas remojando en agua tibia, antes de la incubación	24
3	Incubación de bolsas en el rumen	25
4	Retiro de bolsas del rumen	26
5	Lavado de bolsas posterior a la incubación	27
6	Bolsas secas retiradas del horno	28
7	Relación entre PB y Fibra en los henos	34
8	Relación entre valor D y FDA, PB y FDN.	35
9	Relación entre PB y Ca en los henos	35
10	Curvas de degradabilidad ruminal de la MS (promedios observados) para los diferentes henos	37
11	Curvas de degradabilidad ruminal de la PB (promedios observados) para los diferentes henos	40
12	Curvas de degradabilidad ruminal de la FDN (promedios observados) para los diferentes henos	42
13	Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la MS	44
14	Degradabilidad de la MS a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo	46
15	Degradación de MS de henos a distintos períodos de incubación	48

Figura		Página
16	Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la PB	50
17	Degradabilidad de la PB de los henos a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo	52
18	Degradación de la PB de henos a distintos períodos de incubación	54
19	Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la FDN	56
20	Degradabilidad de la FDN de los henos a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo	58
21	Degradación de la FDN de henos a distintos períodos de incubación	59
22	Curvas de degradación efectiva de la MS para diferentes henos de pradera	61
23	Curvas de degradación efectiva de la PB para diferentes henos de pradera	64
24	Curvas de degradación efectiva de la FDN para diferentes henos de pradera	67
25	Relación entre valor D y la degradabilidad de la MS	70
26	Relación entre valor D y la degradabilidad de la PB	71
27	Relación entre la FDN y la degradabilidad de la MS	72
28	Relación entre la FDN y la degradabilidad de la PB	73

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Cálculo de MS degradada en los diferentes henos	89
2	Cálculo de PB degradada en los henos	94
3	Cálculo de FDN degradada en los henos	97
4	Análisis de varianza a los parámetros evaluados	100
5	Degradabilidad a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo	102
6	Porcentajes de disminución de la degradabilidad potencial (A + B) por efecto de la tasa de pasaje	104
7	Degradabilidad efectiva (%) en diferentes henos de pradera para cada tiempo de incubación, considerando tres tasas de pasaje	106
8	Matriz de correlación entre diferentes parámetros medidos en los henos	109

1 INTRODUCCION

En Chile, la mayor concentración de masa ganadera se encuentra en la zona sur, donde los sistemas productivos se basan fundamentalmente en el uso de praderas, ya sea en forma de pastoreo directo o usando forrajes conservados.

La conservación de forrajes en forma de heno es una práctica de manejo muy común para las praderas del sur del país, y su utilización durante el invierno es una práctica generalizada. La calidad de los forrajes conservados en forma de heno es muy variable, siendo la mayoría de ellos de una calidad regular a mala, dependiendo principalmente de las especies predominantes, el estado fenológico y las condiciones climáticas al realizar la cosecha. Estas circunstancias producen dificultades para realizar un uso adecuado de éste recurso en la zona.

La henificación es la práctica más difundida entre los pequeños productores de la zona sur. En la medida que aumenta el tamaño de las lecherías el uso exclusivo de heno es prácticamente nulo, siendo utilizada una combinación de heno con ensilaje.

Debido a la variabilidad nutricional entre el heno de distintas praderas y por ser un recurso menos estudiado que los ensilajes en la zona sur, se desea conocer con mayor exactitud el valor nutricional y su aprovechamiento a nivel ruminal de los henos, determinando la proporción de nutrientes degradables y no degradables.

Para determinar la degradabilidad ruminal hay diferentes técnicas, entre las más utilizadas se encuentra la técnica “*in situ*” mediante el uso de bolsas de nylon, dacrón o poliéster. Esta técnica, permite investigar la dinámica con que los alimentos son fermentados en el rumen, permitiendo apreciar en qué medida y ritmo son utilizados los componentes del alimento mediante el proceso fermentativo.

Existe escasa información de degradabilidad ruminal sobre henos de pradera en Chile, la cual no está presente en las tablas nacionales de composición nutricional.

- El objetivo general de este estudio es evaluar la degradabilidad ruminal, en función del tiempo, de henos de praderas de la zona sur, de diferentes calidades.

Los objetivos específicos se orientan a:

- Evaluar la degradabilidad potencial y efectiva de la materia seca, proteína y fibra.
- Predecir la degradabilidad del heno a partir de la composición química.

La hipótesis que se plantea consiste en que, a medida que el heno posee un menor contenido de proteína y una mayor cantidad de fibra, la degradabilidad y la velocidad de degradación en el rumen disminuyen.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Conservación de forrajes en la zona sur.

Los forrajes conservados corresponden a recursos forrajeros cuyo momento de cosecha está diferido del momento de utilización. Estos forrajes conservados son suministrados durante los períodos de déficit de forrajes verdes, principalmente en épocas invernales y estivales (BALOCCHI, 1999).

Entre los métodos de conservación de forrajes, RIVEROS (1993), señala que en el sur de Chile los más utilizados son la henificación y el ensilado.

ELIZALDE *et al.* (1996), mencionan que en la actualidad no existe ninguna forma de conservación de forraje que permita garantizar una calidad del producto final similar o superior que la de la pradera utilizada como materia prima.

Los forrajes conservados como heno y ensilaje en la zona sur del país provienen mayoritariamente de las praderas permanentes, las cuales representan una distribución desuniforme de su producción de forraje determinada por factores ambientales y la fisiología de las plantas. En primavera, se produce alrededor del 50% de la producción anual, y los animales en éste período son incapaces de talar lo que aportan las praderas, con el resultado de la sobre maduración y consiguiente pérdida de valor nutritivo de las praderas. El aumento en la presión de pastoreo que se ejerce al rezagar una parte de las praderas para conservación impide la sobre maduración y disminución del valor nutritivo del pasto, permitiendo mantener las praderas en estado de crecimiento por mayor tiempo (CUEVAS, 1987).

Lo contrario a lo sucedido en primavera, ocurre durante el invierno, donde las tasas de crecimiento son insuficientes, constituyendo alrededor del 5% del total anual, lo que crea la necesidad de utilizar forraje conservado para mantener un adecuado nivel de productividad, en cualquier empresa ganadera que basa su producción en el uso de la pradera (BALOCCHI y ANRIQUE, 1988; DUMONT 1988).

SIEBALD (1987), menciona que el mayor recurso forrajero de la Décima Región, lo constituyen las praderas permanentes, por ésta razón, un alto porcentaje de la materia prima usada en la conservación de forraje tiene su origen en este recurso. Estas praderas están formadas mayoritariamente por especies gramíneas, las que contribuyen en más de un 90% al rendimiento de las praderas (CUEVAS, 1987).

En ésta área del país, donde la pluviometría es alta (1.500 a 2.400 mm), se ha considerado que el ensilaje debe ser la forma preferente de conservación, por su mayor independencia de las condiciones climáticas. Esto ha significado que gran parte de la investigación ha sido realizada sobre ensilajes y muy poca en henificación. No obstante, el heno continúa siendo la técnica de forraje más utilizada por los pequeños agricultores en la zona sur (BALOCCHI y ANRIQUE, 1988).

BALOCCHI (1999), señala que existe un porcentaje importante de productores pequeños que no conserva forraje. En el caso de la Décima Región cerca de un tercio de los productores pequeños no conserva forraje, cifra que disminuye al aumentar el tamaño de las lecherías y en el caso de los grandes productores esta cifra se reduce a cero. Dentro de los forrajes conservados el heno es significativamente más usado en los pequeños agricultores. En la medida que aumenta el tamaño de las lecherías, aumenta la combinación de ensilaje y heno. Esta información se puede apreciar en el Cuadro 1.

CUADRO 1 Distribución relativa (%) del número de agricultores lecheros que conservan v/s que no conservan recursos forrajeros en la Décima Región y nivel productivo.

	Distribución relativa por nivel productivo			
	Menor de 100.000 L.	100.000 a 1.000.000 L.	Mayor de 1.000.000 L.	Total (promedio ponderado)
Décima Región Sur				
- No conserva	31	6	0	14
- Conserva	69	94	100	86
a. Sólo ensilaje	15	30	30	25
b. Sólo heno	29	0	0	9
c. Ensilaje + heno	25	64	70	52
Décima Región Norte				
- No conserva	26	8	4	12
- Conserva	74	92	96	88
a. Sólo ensilaje	15	20	22	19
b. Sólo heno	38	9	0	16
c. Ensilaje + heno	21	63	74	53

FUENTE: Adaptado de BALOCCHI (1999).

2.1.1 Heno de pradera. Cuando las condiciones climáticas son favorables la conservación de forraje debiera ser realizada en forma de heno (BALOCCHI y CUEVAS, 1985).

Según (BALOCCHI, 1987), las ventajas que presenta el heno, son las siguientes:

- El heno es fácil de elaborar, es más simple que el ensilaje y los riesgos de pérdidas totales son muy escasos.

- No son imprescindibles equipos de alto costo. Para la henificación de superficies pequeñas no es necesaria la mecanización.
- Mayor facilidad en la alimentación invernal.
- El heno puede ser fácilmente transportado y vendido.

Según McDONALD et al. (1999), el método tradicional de conservación de los forrajes verdes ha sido la henificación, cuyo éxito es totalmente dependiente de la elección de un período de buen tiempo.

DUTHIL (1976), señala que el proceso de henificación consiste en reducir rápidamente el contenido de agua de la parte aérea de los pastos que ha sido cortada, hasta un nivel superior al 85% de materia seca. La dificultad estriba en reducir rápidamente el contenido de agua, con el fin de destruir las células vegetales antes de que la respiración y las fermentaciones consuman las reservas nutritivas. Según BALOCCHI (1987), el objetivo de la henificación es reducir el contenido de agua del forraje a un 20% o menos, de tal forma que la actividad de las enzimas, bacterias y hongos sea inhibida.

El proceso de henificación convierte un forraje verde y perecedero en un producto que puede ser almacenado en forma segura y transportado fácilmente sin riesgo de deteriorarse; al mismo tiempo las pérdidas de materia seca y nutrientes se limitan a un mínimo (SUTTIE, 2003).

Entre las principales fuentes de energía aplicadas para el proceso de deshidratación WERNLI (1987), señala la energía del ambiente (radiación solar y temperatura), calor propio del forraje (por respiración y actividad microbiana) y el viento para remoción del vapor.

Según este autor, la tasa de deshidratación depende de la especie forrajera, estado vegetativo, contenido de humedad, relación tallo - hoja y la

estructura del forraje tendido. De esta manera, la velocidad de secado se hace más lenta en la medida en que madure el forraje debido a que la tasa de deshidratación es mayor en hojas que en tallos.

En los Cuadros 2 y 3 se muestra la distribución relativa de los recursos forrajeros de los productores lecheros utilizados para la confección de heno en la Décima Región.

CUADRO 2 Distribución relativa (%) de la superficie destinada a henificación de praderas y cultivos forrajeros en la Décima Región Sur.

Recursos	Superficie relativa de praderas y cultivos henificada por nivel productivo y total de la zona.			Total (1)
	Menor de 100.000 L.	100.000 a 1.000.000 L.	Mayor de 1.000.000 L.	
Pradera artificial 1 año	1,5	3,8	1,5	3,3
Pradera artificial 2-3 años	9,2	5,1	13,5	6,6
Pradera artificial 4-5 años	7,3	4,8	54,4	12,5
Pradera mejorada	45,2	82,2	26,2	72,1
Pradera natural	36,8	3,3	0	4,1
Total pradera	100	99,2	95,6	98,6
Total cultivos	0	0,8	4,4	1,4
Total superficie (%)	100	100	100	100
% sup. henificada	9,4	19,1	11,1	16,6

FUENTE: BALOCCHI (1999).

(1) Promedio ponderado.

En esta zona la pradera mejorada es el recurso más utilizado por los pequeños agricultores y la pradera artificial de 4 - 5 años por los grandes productores.

CUADRO 3 Distribución relativa (%) de la superficie destinada a henificación de praderas y cultivos forrajeros en la Décima Región Norte.

Recursos	Superficie relativa de praderas y cultivos henificada por nivel productivo y total de la zona.			
	Menor de 100.000 L.	100.000 a 1.000.000 L.	Mayor de 1.000.000 L.	Total (1)
Pradera artificial 1 año	3,3	7,7	4,5	6,3
Pradera artificial 2-3 años	47,5	31,5	2,0	21,3
Pradera artificial 4-5 años	8,2	16,4	8,5	13,2
Pradera mejorada	19,7	30,2	57,1	39,7
Pradera natural	14,8	5,9	0	4,1
Total pradera	93,4	91,8	72,1	84,6
Total cultivos	6,6	8,2	27,9	15,4
Total superficie (%)	100	100	100	100
% sup. henificada	7,3	11,7	7,2	9,3

FUENTE: BALOCCHI (1999).

(1) Promedio ponderado.

En esta zona la pradera artificial de 2-3 años es el recurso más utilizado por los pequeños agricultores y la pradera permanente mejorada por los grandes productores.

2.1.2 Calidad nutritiva del heno de pradera de la zona sur. GOIC y SIEBALD (1988), señalan que el heno de esta zona se caracteriza por un bajo nivel de nutrientes, debido a que la época de cosecha se efectúa con plantas en avanzado estado de madurez. La restricción de la época de cosecha está dada por las condiciones climáticas (precipitaciones y alta humedad) que sólo permiten, iniciar la cosecha durante la segunda quincena de diciembre. La composición botánica del material a henificar está constituida fundamentalmente por gramíneas, caracterizándose por un bajo valor proteico u alto porcentaje de fibra.

ANRIQUE (1987), señala que la composición nutricional de los henos, proveniente de praderas permanentes con bajo contenido de leguminosas es deficitaria en proteína y en EM.

La conservación de las hojas y elementos nutritivos del pasto, debe ser la principal preocupación de todo aquel que pretenda producir heno de buena calidad (IBÁÑEZ, 1987).

Dentro de las plantas de mayor importancia para la conservación de henos, ELIZALDE *et al.* (1996), menciona a las gramíneas y leguminosas forrajeras, principalmente por su alto valor nutritivo con relación a otras familias y especies herbáceas.

SIEBALD (1987) señala como punto de equilibrio entre la calidad y cantidad, un valor de digestibilidad de 65%, determinado para una pradera natural fertilizada en la zona de Osorno, teniendo en cuenta que una cosecha tardía aportará mayor volumen de material, pero con menor cantidad y calidad de nutrientes (IBÁÑEZ, 1987).

RIVEROS (1993), señala que el consumo voluntario de heno, en general, es menor que el del mismo forraje en estado verde. Además señala que el ensilaje presenta mayores reducciones del consumo que el heno. Valdiveloo y Holmes (1979), citados por GOIC *et al.* (1991), indican que el aumento de la calidad del heno incrementa las tasas de consumo y ganancias de peso.

2.1.3 Factores que afectan la calidad nutritiva del heno de pradera de la zona sur. SIEBALD (1987), señala que los principales factores que influyen sobre el valor nutritivo de los henos son factores ambientales (humedad relativa, temperatura y ventosidad), factores ligados a la pradera (estado vegetativo y especies) y la tecnología aplicada.

IBÁÑEZ (1987), señala como un factor importante lograr una oportunidad adecuada en la ejecución de las labores. En relación con las condiciones climáticas desfavorables, la lluvia y una prolongada exposición del pasto a los rayos solares afectan su color, producen pérdidas de hojas y nutrientes. Condiciones de alta humedad relativa y bajas temperaturas del aire, provocan atrasos en el secado y aumentan las posibilidades de obtener un heno de baja calidad.

La deshidratación se realiza mayoritariamente en el campo, donde las pérdidas representan en promedio alrededor de un 25% de la MS (BALOCCHI, 1987). Las pérdidas se producen por la respiración celular que continúa después que la planta ha sido cortada, acción de microorganismos, lavado de nutrientes por lluvia y pérdida de hojas. La magnitud de las pérdidas aumenta en la medida que el proceso de secado se prolonga (Jones y Prickett 1981, citados por BALOCCHI, 1987).

Con respecto a la obtención de henos de buena calidad Bottomley (1973), citado por GOIC *et al.* (1991), señala que está directamente relacionado con el estado de madurez de las plantas a cosechar, afirmando que la digestibilidad empieza a declinar desde los 10 días antes de floración a razón de 0,5% al día, indicando además que por cada 1% que baja la digestibilidad, el consumo se reduce en un 2%. El mismo autor señala que una forma de contrarrestar éste efecto es realizar los rezagos más tardíamente.

GONZALEZ (1999), menciona que en la zona sur, el heno se confecciona por lo general a fines de diciembre o en enero y es conveniente que el rezago no exceda los 60 días, con el fin de obtener el más alto contenido de proteína, energía y digestibilidad. Este período coincide con la aparición en el potrero de la primera espiga en las gramíneas y la primera flor en las leguminosas.

BALOCCHI y CUEVAS (1985), señalan que el factor que más incide en la calidad del heno es la época de corte. Como norma general se señala que el momento más adecuado para el corte es, en el caso de las leguminosas, al inicio de la floración, y en el caso de las gramíneas, una vez que han emergido las espigas. Para mezclas de gramíneas y leguminosas es difícil encontrar el momento adecuado en ambos, pero como índice CUEVAS (1983), señala que lo mejor es tomar el estado de madurez de las gramíneas y no lo contrario, pues, las gramíneas pierden su valor nutritivo más rápidamente que las leguminosas.

A medida que el rezago se inicia más temprano, o que la cosecha se realiza más tarde, aumentan los rendimientos de forraje, pero disminuye la calidad del mismo (TORRES, 1986). BALOCCHI y CUEVAS (1985), mencionan estudios realizados en la estación experimental Remehue en Osorno, donde han demostrado que atrasando la fecha de rezago se logra obtener henos de mayor valor nutritivo.

GONZALEZ (1999), señala que un heno de buena calidad se logra con una exposición al sol de aproximadamente dos a tres días en la zona sur, donde bajo buenas condiciones climáticas, el viento del sur predominante en la época de henificación, contribuyen a la deshidratación del material. No conviene excederse, pues el producto se torna de color verde blanquecino, debido al exceso de radiación solar, perdiendo su valor nutritivo.

La tasa de deshidratación de una planta es fuertemente dependiente de la relación hoja - tallo y de la cantidad de estomas que posee la especie. Una gramínea en estado vegetativo, que posee aproximadamente un 80 % de hojas, se deshidrata en menos de un tercio del tiempo que una gramínea con 40% de hojas en estado reproductivo (BALOCCHI, 1987)

ANRIQUE et al. (1995), señalan que la baja calidad nutritiva de los henos de pradera se explica además por un bajo contenido de leguminosas, que es característico de las praderas de la zona.

2.2 Efecto del estado fenológico sobre la calidad del forraje.

El crecimiento y la composición nutritiva de los recursos forrajeros son variables a través del año (ANRIQUE, 1986). Las variaciones de los nutrientes se deben fundamentalmente al estado de desarrollo de las especies. WERNLI (1986), menciona que al avanzar el estado de madurez de las plantas, aumenta la fracción fibrosa, cambiando a la vez su estructura físico química mediante un mayor grado de lignificación. Waghorn y Barry (1992), citados por FLORES (1998), concuerdan con lo señalado por Wernli, e indican que la lignificación es la principal causa de la pérdida del valor nutritivo de las praderas, provocando una baja digestibilidad y una mayor resistencia a la degradación en el rumen.

Ademosun (1970), citado por GARRIDO (1981), señala que estas variaciones en la composición química, cuando la planta madura, están asociadas a una disminución en la relación hoja - tallo. Laredo y Minson (1975), citados por GARRIDO (1981), mencionan que esta variación se debe a que la fracción tallo contiene mayores niveles de pared celular, lignocelulosa y lignina, pero menos contenido proteico que la hoja. La hoja tiene más cenizas, la cual contiene mayores tenores de calcio y bajos de fósforo.

2.2.1 Efecto del estado fenológico sobre el contenido de proteína. El contenido de proteína declina en forma directamente proporcional al avance del estado fenológico de la planta (CUBILLOS et al., 1970). En ensayos realizados en Temuco y Osorno trabajando con *Lolium perenne* L., encontraron que la proteína disminuyó en 0,5% diario y la fibra aumentó en 0,18% diario a partir de octubre, a medida que la planta maduraba.

JUERGENSEN (1991), señala que existe una tendencia similar tanto en el contenido de proteína cruda como en su digestibilidad en relación con el estado fenológico del forraje. En ambos casos declina proporcionalmente al avance del estado fenológico. Al respecto Van Soest (1985), citado por MENA (1995), menciona que la mayoría de los estudios de fecha de corte indican que a medida que la planta madura, declina el contenido de proteína y se incrementa la fibra, la lignina y otros componentes de la pared celular.

ALOMAR Y ANRIQUE (1986), en un estudio de las praderas permanentes de los principales sectores agroecológicos de la Décima Región, obtuvieron que los mayores contenidos de proteína como concentración de la materia seca, aparecen en el período de mediados a fines de invierno y comienzos de primavera agosto – septiembre. Ello revela el comienzo del crecimiento activo por parte de las plantas. Las concentraciones mínimas, se presentaron en los meses estivales, como resultado de la madurez de las plantas que están avanzadas en su etapa reproductiva.

CUEVAS et al. (1982), utilizando una pradera permanente de la zona de Valdivia, encontraron que el contenido de proteína se incrementó desde marzo hasta agosto, presentando este último mes los mayores contenidos, los que posteriormente declinaron en forma paulatina hasta enero y febrero, meses donde se obtuvieron los valores más bajos. Las tendencias de estos cambios se pueden observar en el Cuadro 4.

CUADRO 4 Contenido de proteína (%) a través del año (base materia seca) de una pradera permanente de la X Región.

Sep	Oct	Nov	Ene	Feb	Mar	May	Jun	Jul	Ago
19,0	18,7	13,4	9,4	8,8	11,7	13,7	20,3	18,7	20,5

FUENTE: Adaptado de CUEVAS et al., (1982).

JORQUERA (1979), determinó a través de un ensayo realizado en el predio experimental Vista Alegre, en Valdivia, que la variación del contenido del material muerto es menos marcado, presentando un valor máximo en agosto de 13% y un mínimo de 8,2% en enero y febrero.

2.2.2 Efecto del estado fenológico sobre la digestibilidad y el contenido de energía metabolizable. DUTHIL (1976), señala que hay estudios donde se ha demostrado la estrecha relación entre el valor energético y el coeficiente de digestibilidad, los que disminuyen a medida que avanza el estado de madurez de las plantas.

Investigaciones realizadas con ballica perenne muestran que hay una disminución en la digestibilidad a medida que avanza su estado de madurez (CUBILLOS *et al.*, 1970). Cuando la digestibilidad disminuye, aumenta el contenido de pared celular y disminuye el contenido de proteína (RIVEROS, 1986).

Cuevas (1980), citado por MENA (1995), concuerda en que existe una disminución drástica de la digestibilidad, la que ocurre a tasas que varían entre 0,3 a 0,5% por día, después de la emergencia de espiga en gramíneas.

Sánchez (1984), citado por FLOREZ (1998), señala que el contenido de energía de la planta está determinada fundamentalmente por el contenido y las características de los carbohidratos solubles y estructurales. Los carbohidratos estructurales dan estabilidad y firmeza mecánica a la planta y los carbohidratos solubles, compuestos por azúcares, son fuentes de energía para la planta. Con el proceso de maduración se producen cambios dinámicos donde los carbohidratos solubles se transforman en estructurales (BONDI, 1988).

ALOMAR y ANRIQUE (1986), indican que los máximos valores de concentración de EM en la pradera se presentan en primavera, con un pequeño atraso respecto a los valores máximos de proteína. Ello se debe probablemente a que la mayor concentración de energía obedece a una acumulación de carbohidratos solubles, como resultado de la mayor actividad bioquímica del activo crecimiento anterior, el que se asocia a niveles elevados de proteína.

Los autores antes citados señalan que los niveles mínimos tienden a aparecer hacia fines del verano, lo que se debe a la madurez de las plantas y a la acumulación de material muerto.

2.2.3 Efecto del estado fenológico sobre el contenido de cenizas y minerales. Las cenizas corresponden al componente mineral (inorgánico) del alimento, pero puede tener productos de origen orgánico como S y P de las proteínas. Por eso el contenido de cenizas no es totalmente representativo del material orgánico (Mc DONALD et al., 1999).

El contenido de minerales depende de la especie, fase de madurez, condiciones climáticas y de la disponibilidad del suelo (Bondi 1988, citado por FLORES 1998). Watson y Smith (1965), citados por MENA (1995), afirman que se observa una disminución en el material mineral total a medida que madura la planta.

CUEVAS et al. (1982), en Valdivia, encontraron que el contenido de minerales de las especies predominantes de las praderas permanentes presentan marcadas variaciones a través del año.

CUBILLOS et al. (1970), en ensayos con *Lolium perenne* L. en la zona de Osorno encontraron que el contenido de fósforo, magnesio, potasio y zinc

decrecían a medida que avanzaba la madurez en la planta, por su parte el calcio se mantuvo relativamente constante.

Thomas *et al.* (1952); Davies, Griffith y Ellington (1966) y Broussain y Urzúa (1974), citados por CUEVAS *et al.* (1982), indican que el máximo contenido de fósforo en las plantas ocurre en estado vegetativo, decreciendo rápidamente a medida que la planta madura, tanto en gramíneas como en leguminosas. CUEVAS *et al.* (1983), obtuvieron el mismo resultado, encontrando los contenidos más bajos en los meses de verano y los más altos en agosto. En el Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos por este autor en un ensayo realizado en el predio experimental Vista Alegre, ubicado en la comuna de Valdivia, desde septiembre de 1978 hasta septiembre de 1979.

CUADRO 5 Contenido de minerales (%) en una pradera permanente a través del año (base materia seca).

Fecha	P	Ca	K	Mg
27 septiembre	0,24	0,21	1,40	0,40
27 octubre	0,23	0,27	0,55	0,32
27 noviembre	0,20	0,23	0,42	0,31
12 enero	0,27	0,22	0,38	0,22
13 febrero	0,09	0,20	0,30	0,16
27 marzo	0,07	0,33	0,31	0,31
7 mayo	0,08	0,28	0,57	0,39
19 junio	0,17	0,22	0,90	0,28
30 julio	0,18	0,23	0,88	0,27
28 agosto	0,32	0,20	1,21	0,34

FUENTE: Adaptado de CUEVAS *et al.*, (1983).

2.3 Método “*in situ*” de degradabilidad ruminal.

Se trata de un método eficaz para valorar la digestión en el rumen y consiste en introducir bolsas de dacrón (material indigestible) con una cantidad específica de alimento en el rumen de animales fistulados a distintos períodos de incubación (BONDI, 1988; CHURCH, 1977; ORSKOV, 1985). El análisis de

la información se hace ajustando los datos de desaparición de la fracción estudiada a una ecuación exponencial, lo cual permite calcular constantes para las tasas de degradación y cuantificar la degradación ruminal de las diferentes fracciones del alimento (ORSKOV y MCDONALD, 1979). Nocek (1988), citado por REYES (1995), menciona que la técnica “*in situ*” permite estimar además de la tasa de degradación y la magnitud de la digestión potencial, la digestibilidad aparente y la predicción del consumo de alimentos.

Aylwin (1987), citado por MENA (1995), afirma que la técnica “*in situ*” tiene la ventaja de que la digestión puede ser estudiada en el mismo rumen del animal, es simple y no requiere de equipos sofisticados.

La técnica “*in situ*” se ha usado frecuentemente para investigar la dinámica con que los alimentos son fermentados en el rumen, permitiendo apreciar en qué medida y a qué ritmo son utilizados los componentes del alimento mediante el proceso fermentativo (ALOMAR y PULIDO, 2001).

Nocek (1988), citado por VIVEROS (1996), señala que la suspensión de materiales alimenticios en el rumen, por medio de esta técnica, permite un íntimo contacto del alimento probado con el medio ambiente ruminal dentro de un régimen de alimentación dado (temperatura, pH, sustrato buffer, enzimas); aunque en este medio el alimento no está sujeto a la experiencia ruminal total, como masticación, rumia y pasaje.

El éxito de la técnica “*in situ*” señala SORHABURU (1996), está determinado por diversos factores tales como el material de la bolsa, la porosidad, su tamaño, el tamaño de las partículas de la muestra, cantidad de muestra, posición de la muestra en el rumen, tiempo de incubación, número de bolsas incubadas, número de repeticiones por muestra, dieta del animal y factores de procesamiento del producto, entre otros.

2.3.1 Resultados de degradabilidad en relación con el estado de madurez.

TORRES (1986), en un estudio de fechas de rezago y cosecha para henificación en la estación experimental Remehue, determinó que al aumentar el período de rezago disminuye la digestibilidad del heno, debido a la pérdida de calidad del forraje. Los resultados se muestran a continuación en el Cuadro 6.

CUADRO 6 Rendimiento y valor nutritivo del forraje cosechado para henificación.

Cosecha:	Diciembre		
Inicio rezago:	Septiembre	Octubre	Noviembre
Tiempo rezago (días)	105	75	44
Rendimiento (ton MS/ha)	6,3	4,3	2,0
Proteína total (%)	11,4	14,7	15,0
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	61,0	63,0	69,1
Proteína total (k/ha)	717	628	294
Materia seca digestible (k/ha)	3.835	2.691	1.355

FUENTE: Adaptado de TORRES (1986).

CUEVAS (1994), midiendo la degradabilidad ruminal en henos de alfalfa de diferente calidad por el método "*in situ*", clasificados de acuerdo al contenido de proteína (18, 15,4 y 13,7%), encontró diferencias significativas para la degradación de la materia seca entre el heno de 18% y los dos restantes, correspondiendo a degradaciones de 61,4; 55,7 y 56,1% respectivamente a las 48 horas, período donde alcanzaron sus valores máximos. Para la degradación de la proteína se produjeron las mismas diferencias entre los henos, con valores de 66,6; 59,0 y 58,1% respectivamente. Para la fibra detergente ácido encontró diferencias en la degradabilidad sólo para los henos de 18 y 15,4% de proteína. Los valores obtenidos para la fibra detergente ácido fueron de 51,5; 43,0 y 47,8% respectivamente a las 48 horas.

MENA (1995) y REYES (1995), en estudios de degradabilidad ruminal de la materia seca en Chépica (*Agrostis capillaris* L.) y Ballica inglesa (*Lolium perenne* cv. Nui) respectivamente, encontraron que al aumentar el estado fenológico del forraje, disminuye el contenido degradado de materia seca y proteína.

2.3.2 Validez del método. De acuerdo con numerosos estudios se ha podido concluir que el método de degradabilidad “*in situ*” constituye un buen estimador de la digestibilidad aparente de los alimentos (REYES, 1995).

FIGROID et al. (1972), señalan que los resultados de las evaluaciones realizadas a través de la técnica “*in situ*”, concuerdan favorablemente con los ensayos de digestión conducidos por el método de colección total, comparando grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L.), cebada (*Hordeum sativum* L.) y método de procesamiento de granos.

Neathery (1972), citado por REYES (1995), comparó diversos componentes químicos de un forraje en 4 épocas de cosecha y durante 2 años consecutivos, medidos a través del método de digestibilidad convencional y del método de la bolsa de nylon. Encontró que los valores de digestibilidad de la materia seca evaluados a 48 y 72 horas fueron siempre mayores en el método convencional; la diferencia aumentaba con las épocas de cosecha más tardías, donde se obtuvo forraje de menor calidad. BRODERICK et al. (1988), concuerdan con el autor antes mencionado, señalando que los valores obtenidos por el método “*in situ*” son menores a los obtenidos “*in vivo*”.

Valadares et al. (1990), citados por TAPIA (1994), concluyen en su trabajo que los estudios de degradabilidad en algunos alimentos deben ser realizados “*in vivo*” para comprobar la eficiencia de la técnica “*in situ*”, dando a

entender que esta última refleja con menor exactitud lo que sucede en la realidad.

2.3.3 Dinámica degradativa y degradación potencial. ORSKOV y Mc DONALD (1979), proponen un método que puede ser utilizado para medir la degradación mediante la técnica “*in situ*” de cualquier fracción constitutiva de un alimento, que es degradado por acción microbial en el rumen. El porcentaje degradado “p”, es medido incubando la muestra en bolsas de fibra artificial (indigestible) en el rumen y es relacionado con los tiempos de incubación “t”, por la siguiente ecuación:

$$p = A + B (1 - e^{-c t}) (\%). \quad (2.1)$$

Cada constante tiene su significado. En primer lugar, “p” es la degradación que ha tenido lugar durante el tiempo t; “A” es esencialmente similar a la fracción soluble en agua o inmediatamente degradada; “B” es la fracción del alimento que será lentamente degradado en el tiempo t; c es la tasa de degradación de “B”, mientras que “A + B” corresponde a la degradabilidad potencial del alimento.

2.3.4 Tasa de pasaje y degradación efectiva. La degradación efectiva o real corresponde a la degradación potencial ajustada por efecto de la tasa de pasaje (k). La tasa constante k mide el pasaje del alimento desde el rumen hasta el abomaso (ORSKOV y Mc DONALD, 1979).

Entre los factores que afectan la tasa de pasaje se cuentan, principalmente, el nivel de alimentación y la estructura de la dieta. Agricultural Research Council (1984), citado por TAPIA (1994), recomienda, para el cálculo de la degradabilidad efectiva, tasas de pasaje de 2, 5 y 8 %/h, valores que corresponden aproximadamente a un bajo nivel de nutrición (mantención),

animal moderadamente productivo (ganancia de peso) y a un animal altamente productivo (producción de leche sobre 15 K/día) respectivamente.

El porcentaje de degradabilidad efectiva “p” del alimento, donde está considerada la tasa de pasaje es obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$p = A + (B c / c + k) (\%) \quad (\text{ORSKOV y Mc DONALD, 1979). (2.2)}$$

Cuando se considera el tiempo “t” queda determinada por:

$$p = A + (B c / c + k)(1 - e^{-(c+k)t}) \quad (\text{ORSKOV y Mc DONALD, 1979). (2.3)}$$

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del estudio.

El estudio se llevó a cabo en el predio experimental “Vista Alegre”, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, ubicado a 7 kilómetros al norte de la ciudad de Valdivia, X Región, y en el laboratorio de Nutrición del Instituto de Producción Animal.

3.2 Caracterización del alimento estudiado.

De un total de 15 muestras, se evaluaron 5 categorías de henos determinados de acuerdo a su contenido de proteína, el que fluctuó entre 6 y 13 % base materia seca, obtenidos de diferentes predios de la Décima Región.

3.3 Tipo de animal y alimentación.

Para el estudio de degradabilidad se utilizó un bovino adulto, hembra, fistulado al rumen. El animal se alimentó en base a pradera, pastoreando junto al rebaño lechero del predio, recibiendo además 1 Kg de concentrado del mismo tipo que las vacas lecheras.



FIGURA 1 Bovino fistulado en el rumen.

3.4 Descripción del método “*in situ*”.

Se utilizaron bolsas de nylon de un tamaño de 16 x 10 cm. y una porosidad controlada de 40 a 60 μm de diámetro.

Las bolsas fueron incorporadas al rumen dentro de dos mallas de 35 x 30 cm, a razón de 20 bolsas por malla, la cual estuvo fijada con una cuerda de perlón a la cánula, de longitud suficiente para permitir el movimiento en el rumen.

3.4.1 Preparación de las muestras a incubar. Una vez seleccionadas las muestras, éstas fueron molidas con una criba de 3 mm para homogenizar el tamaño de partículas. Se incorporaron 5 gramos de muestra por bolsita, las que fueron previamente identificadas y pesadas, para lograr una relación cercana a $16 \text{ mg} / \text{cm}^2$.

3.4.2 Incubación de las bolsas en el rumen. Las muestras, con anterioridad a su introducción en las mallas para ser incubadas en el rumen, fueron remojadas en agua tibia para favorecer el contacto con el medio ruminal. Este procedimiento se repitió para cada bolsa a su correspondiente horario y cumpliendo rigurosamente con los tiempos de incubación.



FIGURA 2 Bolsas remojando en agua tibia, antes de la incubación.



FIGURA 3 Incubación de bolsas en el rumen.

3.4.3 Tiempos de incubación y repeticiones. Los tiempos de incubación en el rumen correspondieron a 2, 6, 12, 24 y 48 horas, y las bolsas se introdujeron en los distintos horarios, para ser retiradas todas al mismo tiempo. Para cada tiempo de incubación se realizaron 6 repeticiones por horario y tipo de heno.



FIGURA 4 Retiro de bolsas del rumen.

3.4.4 Tratamiento de las bolsas terminada la incubación. Cumplidos los horarios de incubación, las mallas con las bolsas en su interior se lavaron con agua fría en agitación, para eliminar las impurezas de la superficie de las bolsas. Para este lavado se utilizaron varios enjuagues hasta que las bolsas quedaron completamente limpias y sin residuos.



FIRURA 5 Lavado de bolsas posterior a la incubación.

Después de lavadas las bolsas, éstas fueron secadas en un horno a 60°C por 48 horas y posteriormente se introdujeron a un desecador por 45 minutos para luego ser pesadas.



FIGURA 6 Bolsas secas retiradas del horno.

3.5 Análisis químicos y determinaciones.

Se determinó el contenido de materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro en los residuos.

Para el análisis de proteína y fibra los residuos fueron molidos con una criba de 1mm. Dada la escasez de estos residuos, se efectuaron muestras compuestas por horario, dejando solo 2 repeticiones por horario. La proteína se determinó por el método Kjeldahl y la fibra detergente neutro por el de Van Soest.

3.6 Análisis estadístico.

La degradabilidad observada se evaluó a través de un análisis de varianza en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de los tratamientos, empleando el siguiente modelo:

$$Y_{ijh} = \mu + P_i + T_j + (PT)_{ij} + e_{ij} \quad (3.4)$$

Donde:

- Y_{ijh} : Degradabilidad.
- μ : Media poblacional.
- P_i : Categoría de heno.
- T_j : Período de tiempo.
- $(PT)_{ij}$: Interacción entre P y T.
- e_{ijh} : Error experimental.

De éste modo, el análisis de varianza (ANOVA) quedó estructurado de la siguiente manera:

CUADRO 7 Análisis de varianza.

Fuente de Variación (FV)	GL	SC	CM	F
Categoría de heno (P_i)	4			
Período de Tiempo (T_j)	4			
Interacción ($(PT)_{ij}$)	16			
Error (e_{ij})	125			
TOTAL	149			

El diseño experimental se realizó completamente al azar con arreglo factorial de los tratamientos.

CUADRO 8. Análisis estadístico.

TRATAMIENTO ⁽¹⁾	Categoría de heno	Período de tiempo	Repetición
1-25	1-5	1-5	1-6
	1-5	1-5	1-6
	1-5	1-5	1-6
	1-5	1-5	1-6
	1-5	1-5	1-6
	1-5	1-5	1-6

(1) Combinaciones de 5 categorías de heno y 5 tiempos de incubación (n = 25).

Además se aplicó la prueba de comparación múltiple Tuckey a los promedios de todos los tratamientos, para detectar diferencias mínimas significativas entre ellos con un nivel de significancia $p \leq 0.05$.

La dinámica degradativa se evaluó mediante el método estadístico descrito por ORSKOV y Mc DONALD (1979), el cual se describe en la siguiente ecuación:

$$p = A + B(1 - e^{-ct}) \quad (3.5)$$

Donde:

- p: % de degradación ruminal a tiempo "t".
- A: fracción inmediatamente soluble.
- B: fracción insoluble pero potencialmente degradable.
- c: tasa de degradación de la fracción b.
- A + B: degradación máxima (potencial).

Para calcular las ecuaciones correspondientes al modelo se utilizó el programa GRAPHPAD PRISM versión 4.0. Con este programa se calculó los

términos constantes de la ecuación, a partir de los valores de desaparición de materia seca, proteína bruta y fibra detergente neutro a los diferentes tiempos de incubación, obteniéndose el coeficiente de determinación R^2 para cada ecuación con un 95% de confianza.

La degradación efectiva se determinó para tasas de pasaje de 2, 5 y 8%/h, correspondientes a mantención y niveles productivos moderado y alto, respectivamente. Para tal efecto se utilizó la siguiente ecuación:

$$p = A + \left(\frac{Bc}{c+k} \right) (\%) \quad (3.6)$$

Donde:

K: tasa de pasaje.

Los otros términos son los definidos en la ecuación 3.5.

La degradación efectiva a tiempo t. Se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$p = A + \left(\frac{Bc}{c+k} \right) (1 - e^{-(c+k)t}) (\%) \quad (3.7)$$

Donde t corresponde a los tiempos de incubación.

4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan y discuten los resultados de la degradación ruminal observada de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro y la dinámica degradativa que resulta de la aplicación del modelo estadístico a los datos y la degradación efectiva. La información más detallada que dió origen a los resultados, conjuntamente con los análisis de varianza, se presenta en los anexos.

4.1 Composición química de los henos.

En el Cuadro 9 se muestran los resultados de la composición química de los henos (materia seca (MS), cenizas totales (CT), proteína bruta (PB), energía metabolizable (EM), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), calcio (Ca), fósforo (P) y el valor D (materia orgánica digestible / MS x 100) de las diferentes categorías de henos.

CUADRO 9 Composición química base tal cual y 100% MS de los diferentes henos de pradera.

MUESTRA	MS %	CT %	PB %	D %	EM Mcal/K	FDN %	FDA %	Ca %	P %
Heno 1	81,36	5,49	10,38	46,05	1,72	45,92	33,77	1,01	0,13
	100	6,74	12,76	56,60	2,12	56,44	41,51	1,25	0,16
Heno 2	81,86	6,55	8,46	51,56	1,90	46,20	29,61	0,96	0,21
	100	8,00	10,33	62,98	2,33	57,20	36,17	1,17	0,26
Heno 3	82,09	5,28	6,49	42,44	1,61	51,54	33,76	0,50	0,09
	100	6,43	7,91	51,70	1,96	62,79	41,13	0,60	0,11
Heno 4	82,64	4,17	5,99	45,83	1,72	53,43	31,65	0,46	0,15
	100	5,04	7,25	55,46	2,08	64,66	38,30	0,55	0,19
Heno 5	81,11	4,12	5,50	45,11	1,68	53,73	32,48	0,28	0,14
	100	5,08	6,78	55,62	2,07	66,24	40,05	0,35	0,17

En el Cuadro 9 se puede observar que los henos, ordenados por contenido decreciente de proteína, poseen un contenido creciente de FDN, lo cual no ocurre con el contenido de FDA que no sigue una tendencia clara y fluctúa en un rango más estrecho (Figura 7). A la vez, la digestibilidad (valor D), está más relacionado con el contenido de FDA que de FDN o de proteína (Figura 8). Lo anterior se puede atribuir a un efecto marcado del contenido de leguminosas en la composición y la digestibilidad, que se corrobora por la estrecha relación positiva encontrada entre los contenidos de PB y Ca en los henos estudiados (Figura 9).

Las leguminosas poseen un menor contenido de fibra, pero más lignificada y un mayor contenido de calcio que las gramíneas a similar estado de desarrollo. En consecuencia, el contenido de PB en los henos, estaría más relacionado al contenido de leguminosas que al estado fenológico al corte.

El contenido de cenizas y de fósforo solamente se mencionan para caracterizar los henos.

La composición química de los henos es similar a lo obtenido por ANRIQUE *et al.* (1995), en las tablas de composición de alimentos para el ganado en la zona sur. El nivel de Ca de los henos 1 y 2 fue más elevado que lo obtenido por el autor antes citado, lo que confirmaría la presencia de leguminosas en su composición.

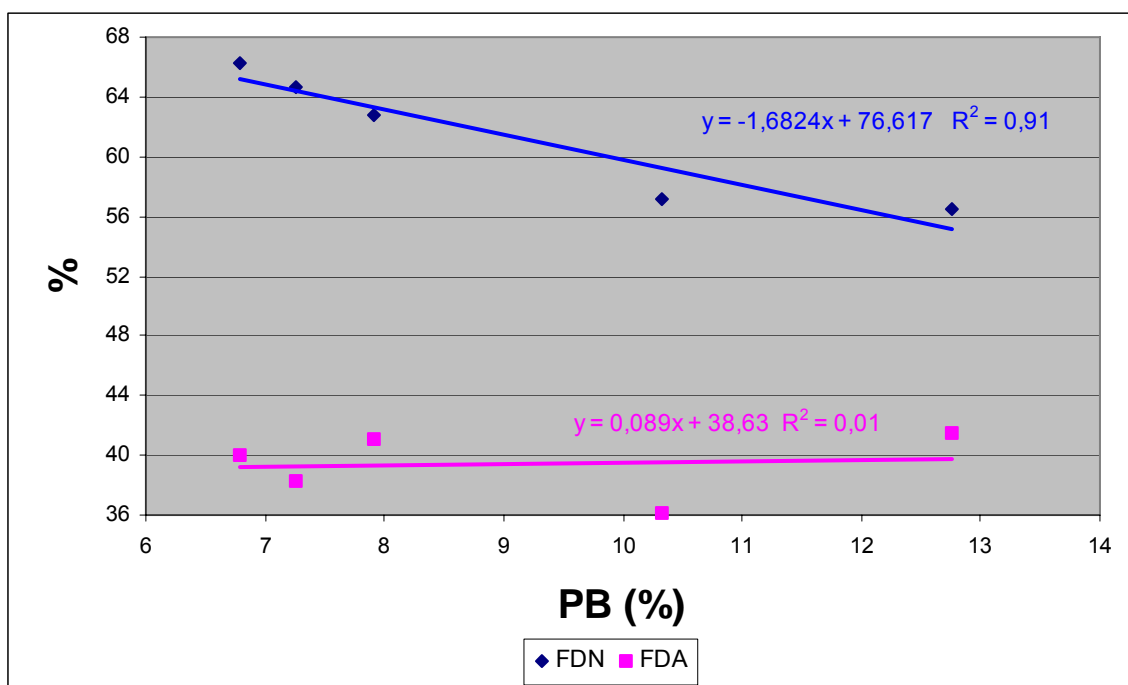


FIGURA 7 Relación entre PB y Fibra en los henos.

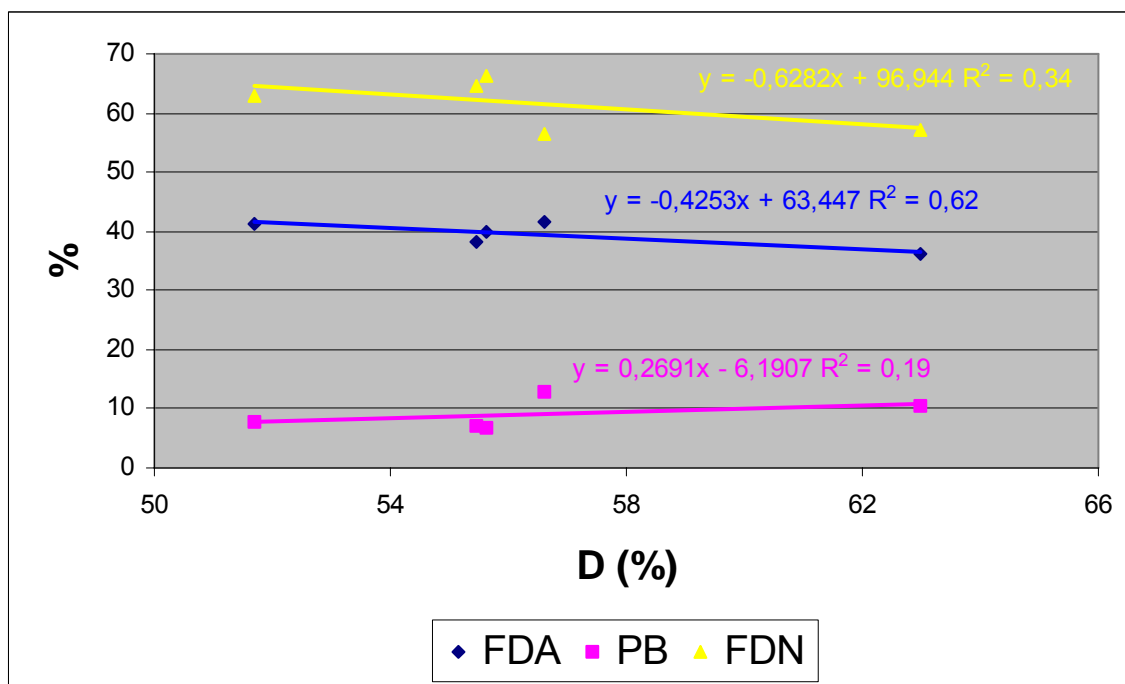


FIGURA 8 Relación entre valor D y FDA, PB y FDN.

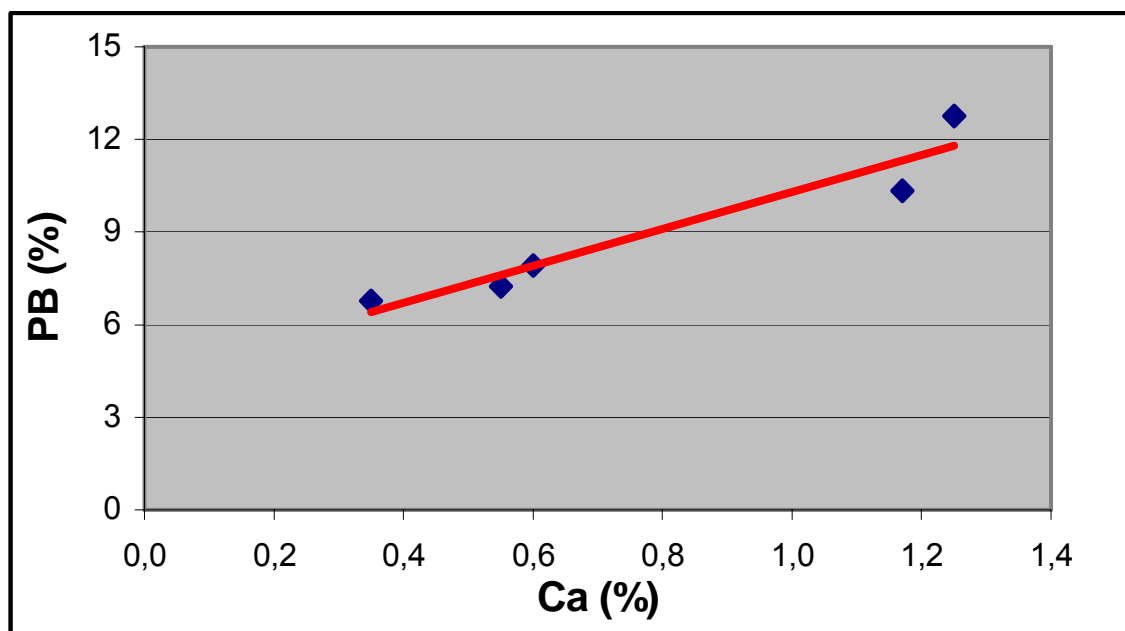


FIGURA 9 Relación entre PB y Ca en los henos.

4.2 Respuestas degradativas observadas.

En este capítulo se presentan las degradaciones ruminales de materia seca, proteína bruta y fibra detergente neutro obtenidas para los diferentes henos.

4.2.1 Degradabilidad ruminal de la materia seca (MS). Después de haber sometido a la acción ruminal las muestras de cada uno de los henos, se obtuvo el porcentaje de desaparición de la materia seca para cada categoría de heno y en diferentes tiempos de incubación (Cuadro 10).

CUADRO 10 Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la MS.

	Promedios de MS degradada (%) por tratamiento.					Prom.
	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h	
Heno 1	23,63	29,05	43,39	55,67	67,79	43,91 y
Heno 2	29,04	34,27	46,71	59,29	71,42	48,14 x
Heno 3	23,57	27,10	35,59	45,68	58,30	38,05 z
Heno 4	24,07	27,58	34,85	44,77	57,48	37,75 z
Heno 5	25,83	31,67	40,99	56,64	64,77	43,98 y
Prom. por tiempo	25,23 a	29,93 b	40,31 c	52,41 d	63,95 e	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tuckey.

Se aprecia que hubo un efecto significativo ($p < 0,05$) en los promedios de MS degradada de todos los tiempos de incubación. El heno 2 tuvo la mayor degradación promedio de la MS en cada uno de los tiempos de incubación; los henos 3 y 4 tuvieron similar degradación y a su vez fueron los menos degradables. La degradación promedio de los henos 1 y 5 fue similar.

En la Figura 10 se presentan las curvas degradativas de MS elaboradas a partir de los valores promedios presentados en el Cuadro 10.

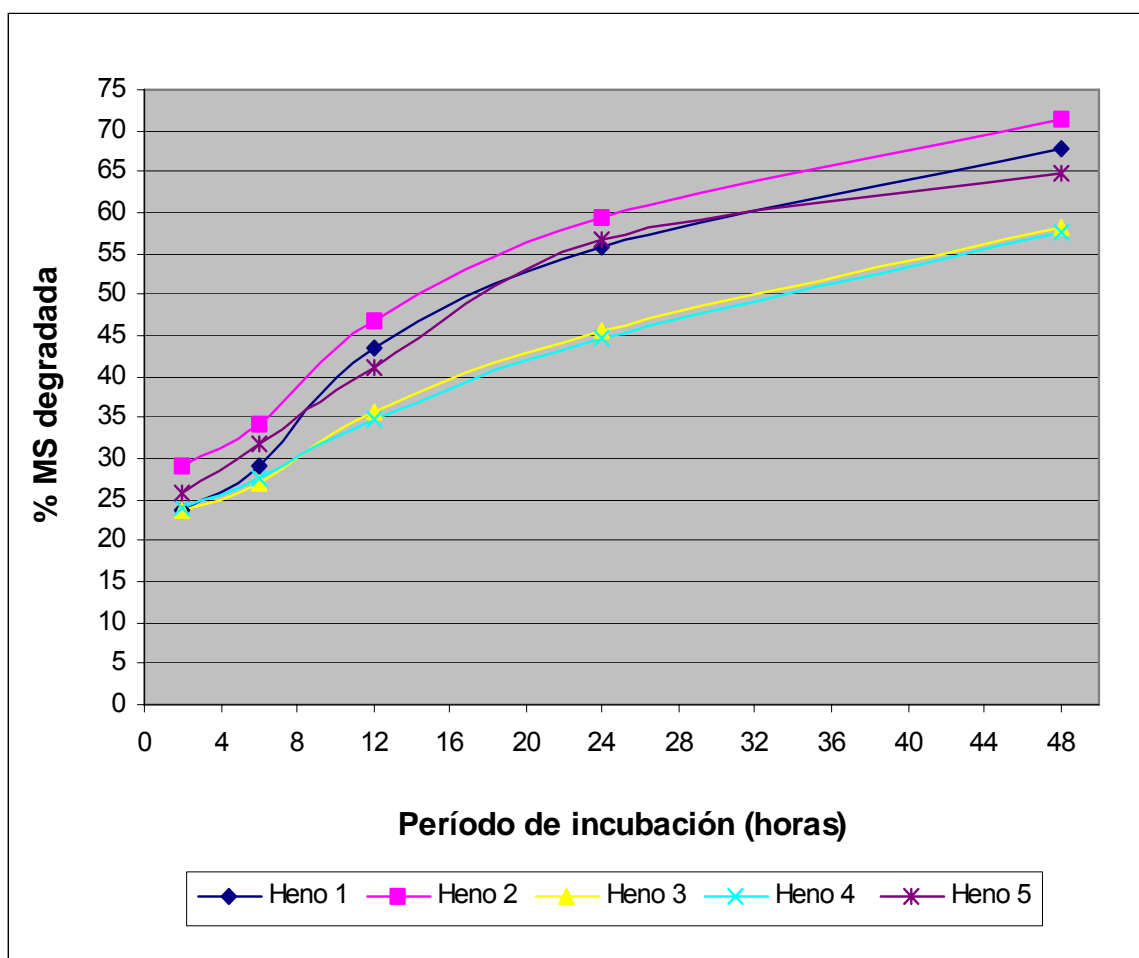


FIGURA 10 Curvas de degradabilidad ruminal de la MS (promedios observados) para los diferentes henos.

La Figura 10 muestra que las diferentes categorías de henos siguieron una tendencia similar en función del tiempo, siendo la degradabilidad del heno 2 mayor que la del resto de henos. Los henos 3 y 4 presentaron igual degradación en todos los tiempos de incubación.

CUEVAS (1994), encontró variabilidad en el aprovechamiento de la MS para henos de alfalfa de diferente calidad en función del tiempo, encontrando diferencias significativas para la desaparición de la MS para todos los henos entre los tiempos 4 y 36 horas. Cerda *et al.* (1986), citados por CUEVAS (1994),

encontraron que para un heno de alfalfa y trébol, el principal incremento en la desaparición de MS se produjo entre las 0 y 24 horas, pero para el heno de ballica y paja de trigo, la pendiente de degradación fue mayor entre las 24 y 72 horas, diferencia que se debe principalmente al contenido de pared celular que fue bastante mayor en estos dos últimos alimentos.

Los valores de degradación de la MS a las 48 horas encontrados por CUEVAS (1994), en henos de alfalfa alcanzaron un rango entre 55,7 y 64,8%. Estos valores abarcaron un rango algo más estrecho que el encontrado en henos de pradera del presente estudio, los cuales variaron entre 57,5 y 71,5% al mismo horario.

González et al. (1990), citados por ARREDONDO et al. (1997), en un trabajo realizado con ovejas, obtuvieron valores de degradabilidad de la materia seca a las 48 horas de incubación en heno de alfalfa de aproximadamente un 74%. Estos valores son menores a los encontrados por ARREDONDO et al. (1997) en hojas de tagasaste en igual tiempo de incubación (78 – 84%).

4.2.2 Degradabilidad ruminal de la proteína bruta (PB). Los valores de degradabilidad observados, por categoría de heno y tiempo de incubación se presentan en el Cuadro 11.

CUADRO 11 Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la PB.

	Promedios de PB degradada (%) por tratamiento.					Prom.
	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h	
Heno 1	28,34	38,32	56,37	70,69	83,00	55,34 yz
Heno 2	49,85	55,42	68,35	77,92	83,52	67,07 x
Heno 3	44,35	46,52	55,17	62,51	68,78	55,47 y
Heno 4	42,72	46,18	52,34	59,53	65,74	53,30 yz
Heno 5	39,07	44,22	52,04	60,89	68,16	52,88 z
Prom. por tiempo	40,87 a	46,13 b	56,91 c	66,31 d	73,84 e	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tuckey.

Hubo un efecto significativo ($p < 0,05$) en los promedios de PB degradada para todos los tiempos de incubación. El heno 2 tuvo la mayor degradación promedio de la PB y difirió de todos los henos. La degradación promedio de los henos 1, 3 y 4 fue similar. Los henos 1, 4 y 5 tuvieron similar degradación y, a su vez, el heno 5 tuvo la menor degradación promedio de la PB.

Las diferencias de degradación promedio de la proteína entre los henos fueron menos marcadas, pero el heno 2, igual que en el caso de la MS, experimentó la degradación promedio de PB más alta. La degradación promedio de la PB fue mayor que la encontrada para la MS.

A continuación, en la Figura 11 se presentan las curvas de degradación de PB elaboradas a partir de los promedios de los valores observados en el Cuadro 11.

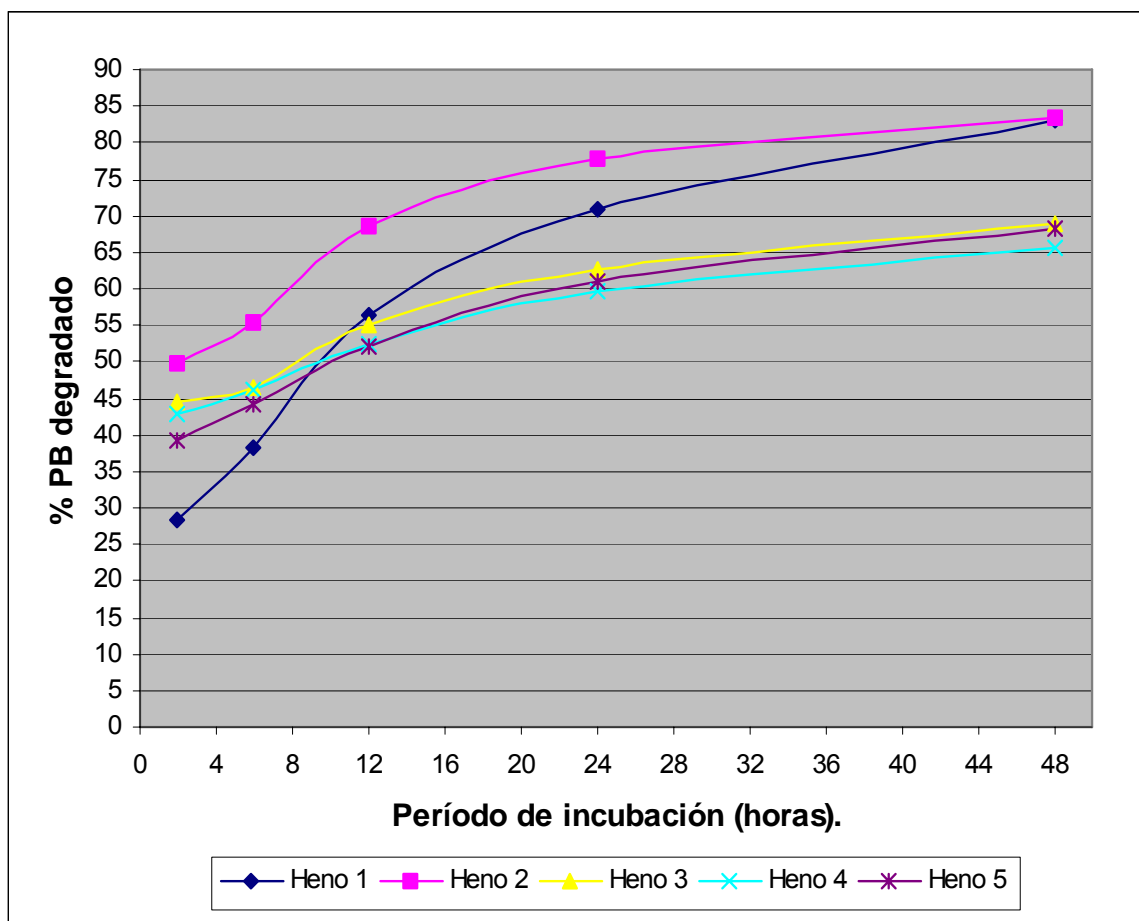


FIGURA 11 Curvas de degradación ruminal de la PB (promedios observados) para los diferentes henos.

La velocidad degradativa de la PB del heno 1 fue mayor en los primeros tiempos, obteniendo la mayor degradación a las 48 horas, junto al heno 2. Los henos restantes presentaron curvas semejantes con valores degradativos similares en todos los tiempos de incubación.

Si se compara las degradaciones, tanto de MS como de PB de los henos al final de la incubación, se observa que el heno 2 presentó la máxima degradación de la MS, mientras que la mayor degradación de la PB se observó en los henos 1 y 2.

Comparando los valores de degradabilidad de la PB observados a las 48 horas de incubación con los obtenidos por CUEVAS (1994), con heno de alfalfa, los valores de degradabilidad para henos de pradera determinada en el ensayo son mayores, variando en un rango de 65,7 a 83,5% a diferencia de los de alfalfa que varían en un rango más estrecho entre 58 y 66,6%.

Robert (1993), citado por ARREDONDO *et al.* (1997), determinó con la técnica “*in situ*” valores de degradabilidad de la proteína a las 48 horas de 82 y 70% en heno de alfalfa y ensilaje de maíz.

4.2.3 Degradabilidad ruminal de la fibra detergente neutro (FDN). Los valores de degradabilidad observados, por categoría de heno y período de incubación se presentan en el Cuadro 12 y Figura 12.

CUADRO 12 Efecto del tipo de heno y del tiempo de incubación en la degradabilidad promedio de la FDN.

	Promedios de FDN degradada (%) por tratamiento.					Prom.
	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h	
Heno 1	6,99	7,25	24,78	37,61	53,08	25,94 y
Heno 2	2,94	7,20	22,50	40,33	58,60	26,31 y
Heno 3	3,72	6,99	14,68	27,05	44,81	19,45 z
Heno 4	3,11	5,95	14,00	27,06	44,94	19,01 z
Heno 5	11,04	16,15	26,76	46,99	56,94	31,57 x
Prom. por tiempo	5,56 a	8,71 b	20,54 c	35,81 d	51,67 e	

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tuckey.

Existe un efecto significativo ($p < 0,05$) en los promedios de FDN degradada para todos los tiempos de incubación. El heno 5 tuvo la mayor degradación promedio de la MS y difirió de todos los henos. La degradación promedio de los henos 1 y 2 fue similar. Los henos 3 y 4 tuvieron similar degradación y a su vez fueron los menos degradables.

Los promedios de degradación de la FDN son menores a los encontrados en la MS y la PB.

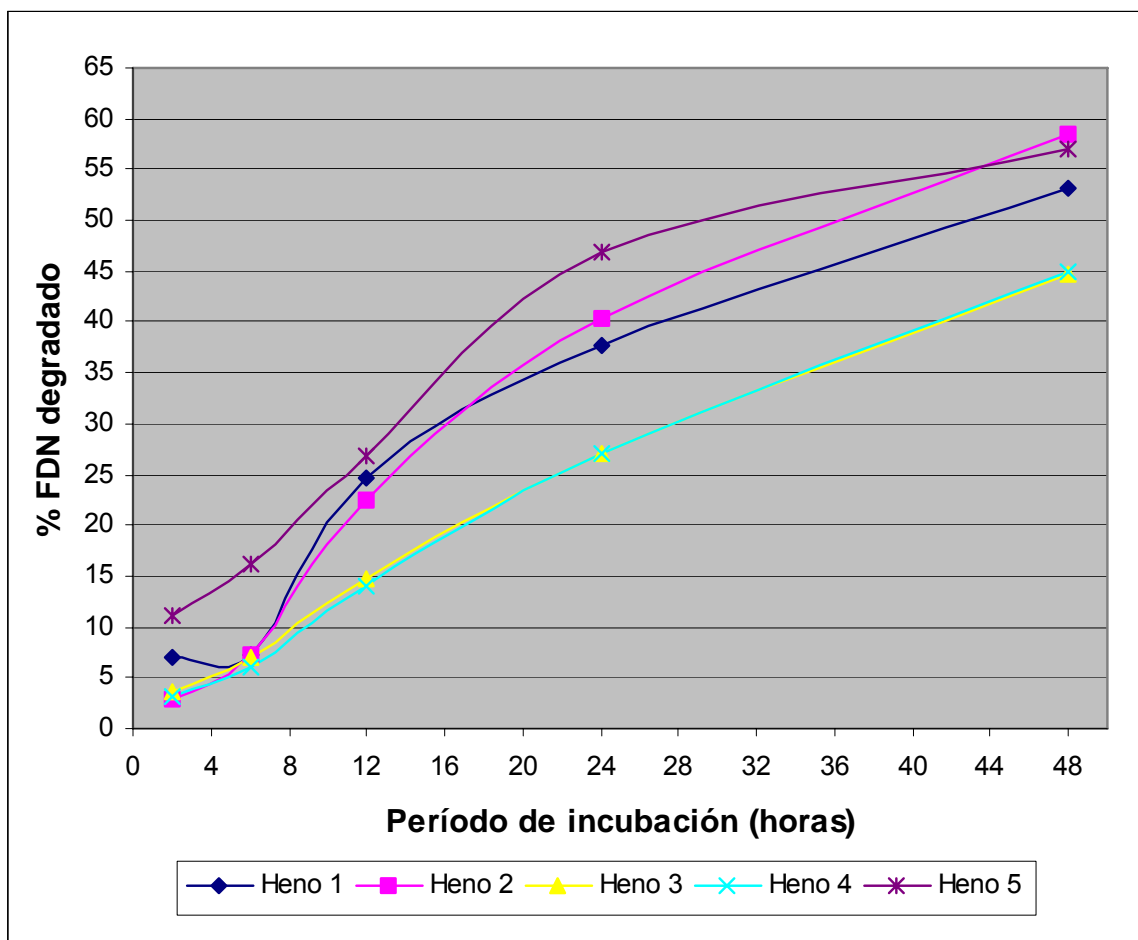


FIGURA 12 Curvas de degradabilidad ruminal de la FDN (promedios observados) para los diferentes henos.

Se puede apreciar en la Figura 12 que el heno 5 experimentó una degradación más elevada en los primeros horarios de incubación, asimilándose con el heno 2 en los horarios más tardíos. Para los henos 3 y 4, los cuales presentaron las menores tasas, cabe destacar la similitud de las curvas y la velocidad degradativa constante.

Al comparar las degradaciones de MS, PC y FDN, al término de las incubaciones, el heno 2 resultó ser el que tenía el valor más elevado, aunque no experimentó el mayor valor promedio para FDN, que se apreció en el heno 5.

4.3 Respuestas a la aplicación del modelo.

Los resultados que se presentan corresponden a los obtenidos por medio de la aplicación del modelo estadístico de ORSKOV y MC DONALD (1979) a los valores promedios de degradación observada para cada horario de incubación.

4.3.1 Dinámica degradativa de la MS. La magnitud de las fracciones soluble (A), insoluble degradable (B), no degradable (C), degradabilidad máxima (A + B) y las correspondientes tasas de degradación se presentan en el Cuadro 13.

CUADRO 13 Magnitud de las fracciones A, B, C (%) y tasas de degradación de la MS para los diferentes henos.

Muestra	A	B	C	A + B	c (hr ⁻¹)
Heno 1	17,39	56,09	26,52	73,48	0,04799
Heno 2	23,49	54,79	21,72	78,28	0,04372
Heno 3	20,11	50,90	28,99	71,01	0,02897
Heno 4	21,07	52,05	26,88	73,12	0,02512
Heno 5	20,08	50,24	29,68	70,32	0,04859

La importancia relativa de cada fracción de la MS, para los henos se puede visualizar en la Figura 13.

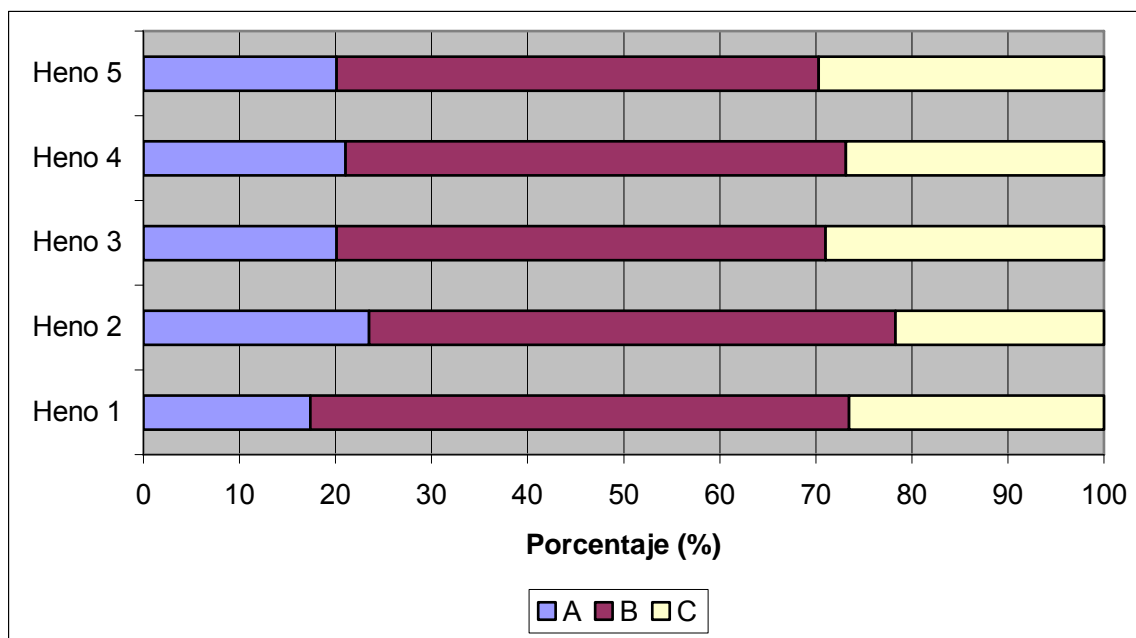


FIGURA 13 Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la MS.

La fracción insoluble degradable (B) resultó predominante en todos los henos, siendo muy similar en todos ellos.

La fracción soluble (A) fue de menor magnitud en todos los henos, exceptuando al heno 2, donde la fracción (A) fue mayor que la fracción no degradable (C).

Las ecuaciones que expresan la dinámica degradativa de MS para los diferentes henos, se presentan en el Cuadro 14.

CUADRO 14 Ecuaciones de degradabilidad ruminal de la MS en henos de pradera.

	ECUACIONES	R ²
Heno 1	$17,39 + 56,09 (1 - e^{-0,04799 t})$	0,97
Heno 2	$23,49 + 54,79 (1 - e^{-0,04372 t})$	0,98
Heno 3	$20,11 + 50,90 (1 - e^{-0,02897 t})$	0,98
Heno 4	$21,07 + 52,05 (1 - e^{-0,02512 t})$	0,98
Heno 5	$20,08 + 50,24 (1 - e^{-0,04859 t})$	0,99

Se observa en el Cuadro anterior que los coeficientes de determinación (R²) son bastante elevados para los henos, lo que señalan el alto valor predictivo de las ecuaciones correspondientes.

A partir de las ecuaciones descritas en el Cuadro 14 se obtuvieron los valores de degradación de la MS a distintos tiempos t (Figura 14).

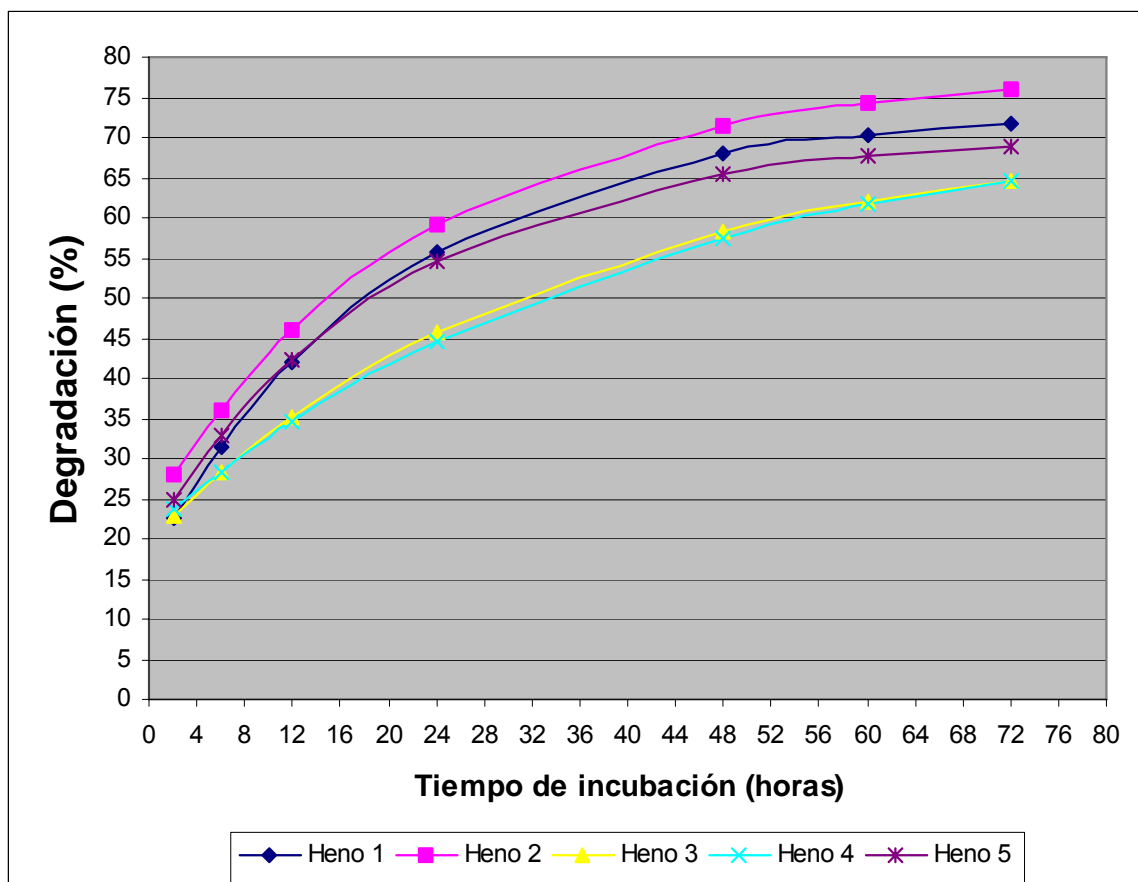


FIGURA 14 Degradabilidad de la MS a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo.

En la Figura 14 se puede apreciar que todos los henos presentaron una tendencia similar con relación a la dinámica degradativa de la MS en función del tiempo, siendo la degradabilidad del heno 2 mayor que la del resto de los henos. La degradación de la MS a partir de las 60 horas comenzó a estabilizarse.

En un estudio de degradabilidad de alfalfa, realizado por CUEVAS (1994), encontró que el tiempo de estabilización se alcanza entre las 36 y 48 horas. Cerda *et al.* (1986), citados por CUEVAS (1994), en un estudio realizado con un heno de alfalfa (22,3% PC) y un heno de trébol (14,1% PC), encontraron su máximo valor de digestibilidad “*in situ*” de la MS a las 48 horas. Al respecto

el autor antes señalado indica que los forrajes de alta calidad requieren de 24 a 48 horas y los de menor calidad de 48 a 72 horas para alcanzar la parte asintótica de la curva.

ARREDONDO *et al.* (1997) con hojas de tagasaste encontró el máximo nivel de degradabilidad a las 72 horas de incubación alcanzando niveles asintóticos para valores entre 85,1 y 87,2%.

Al comparar la dinámica degradativa de los henos a las 24 y 72 horas, los resultados presentaron gran similitud a los encontrados por REYES (1995), entre los estado fenológicos de espiga y flor en ballica inglesa.

La degradación potencial (A + B) de la MS, para los henos de pradera fue mayor a la encontrada por CUEVAS (1994) en heno de alfalfa, los que varían entre un rango de 55,7 y 69,7%. De esta manera el máximo valor de degradabilidad potencial encontrado por CUEVAS fue cercano, pero aún inferior, al menor valor encontrado en henos de pradera. Por otro lado, al comparar los valores obtenidos con estos henos, a los obtenidos por REYES (1995), en cinco estados fenológicos de ballica inglesa, éstos fueron similares para los valores obtenidos en el estado de anthesis. Estos resultados coinciden con los obtenidos por MENA (1995), en cinco estados fenológicos de chéptica, donde fueron similares en el estado de floración.

En el Cuadro 15 y Figura 15 se expresa la distribución de la fracción potencialmente degradable (A + B) a diferentes tramos de horarios de incubación ruminal.

CUADRO 15 Degradabilidad (%) de la MS de henos a diferentes períodos de incubación.

	Degradabilidad (%) por períodos de incubación (horas).		
	0 - 6	6 - 24	24 - 48
Heno 1	31,42	24,33	12,13
Heno 2	36,13	22,96	12,47
Heno 3	28,23	17,38	12,73
Heno 4	28,35	16,29	12,89
Heno 5	32,79	21,88	10,77

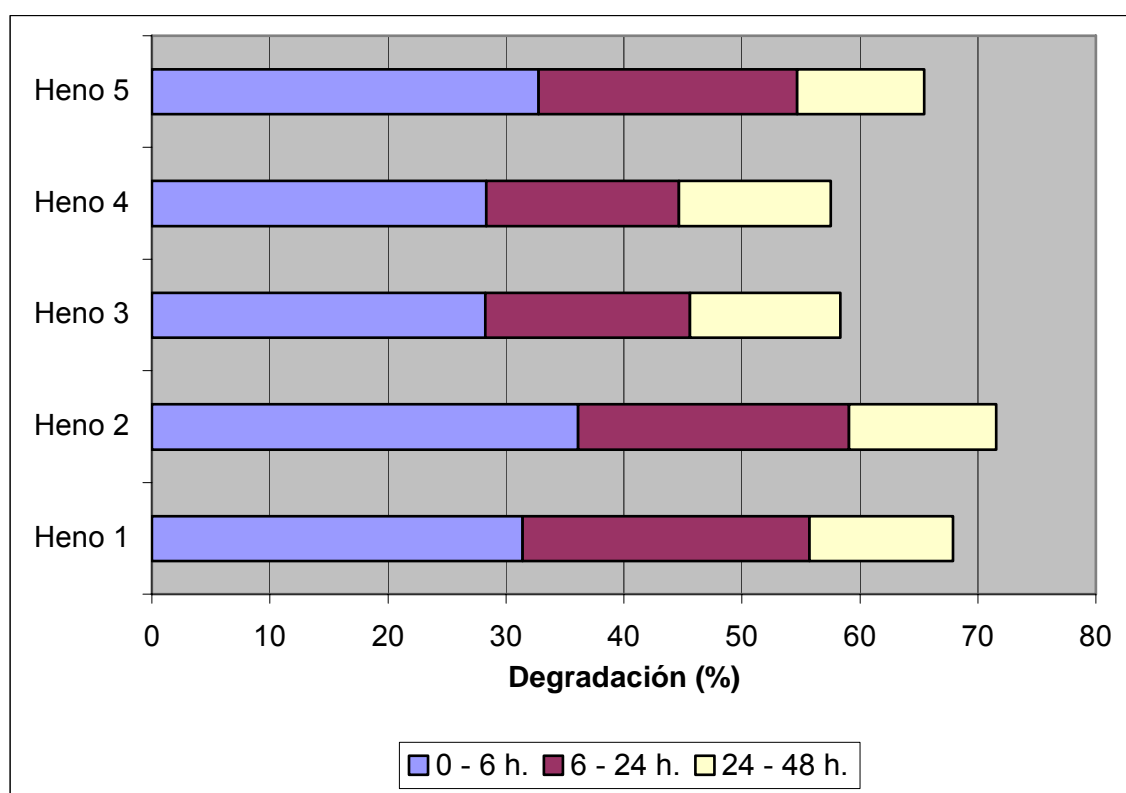


FIGURA 15 Degradación de MS de henos a distintos períodos de incubación.

Se observa en la Figura 15 que en el rango de 0 – 6 horas ocurrió la mayor degradación para todos los henos y en el rango de 24 – 48 horas ocurrió la menor degradación de la MS.

El heno 2 con mayor fracción soluble de la MS tuvo también la mayor degradación a las 6 horas y los henos con menor fracción soluble tuvieron la menor degradación al mismo horario.

4.3.2 Dinámica degradativa de la PB. La magnitud de las fracciones soluble (A), insoluble degradable (B), no degradable (C), degradabilidad máxima (A + B) y las correspondientes tasas de degradación se presentan en el Cuadro 16.

CUADRO 16 Magnitud de las fracciones A, B, C (%) y tasas de degradación de la PB para los diferentes henos.

Muestra	A	B	C	A + B	c (hr ⁻¹)
Heno 1	19,79	66,59	13,62	86,38	0,06169
Heno 2	43,15	42,05	14,80	85,20	0,07143
Heno 3	40,42	31,62	27,96	72,04	0,04856
Heno 4	39,78	29,31	30,91	69,09	0,04581
Heno 5	35,25	36,06	28,69	71,31	0,05126

La importancia relativa de cada fracción de la PB, para los henos se puede visualizar en la Figura 16.

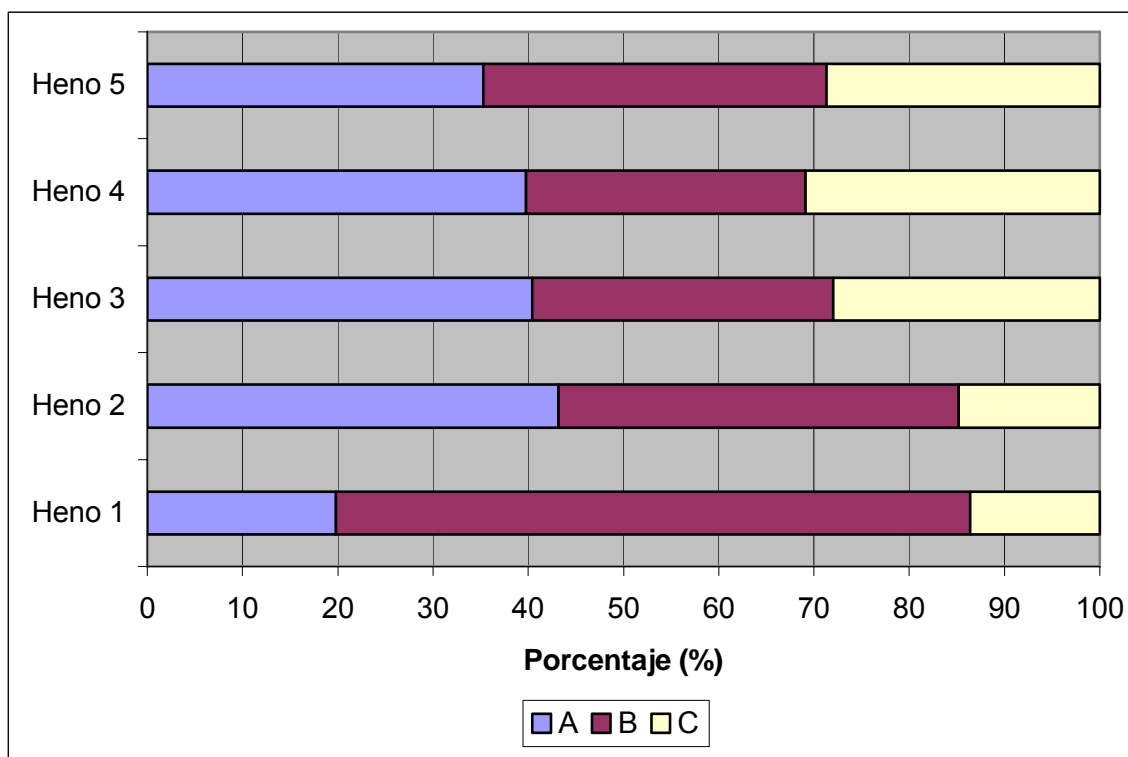


FIGURA 16 Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la PB.

La fracción soluble (A) fue predominante para los henos 2, 3 y 4 y fue mayor que la observada para MS. El heno 1 tuvo una fracción A correspondiente a la mitad de los otros henos.

La fracción insoluble degradable (B) fue menor en todos los henos que la observada para MS, y fue predominante en los henos 1 y 5. El heno 1 tuvo la mayor cantidad con un valor cercano al doble de los otros henos.

La fracción no degradable (C) fue la menor en todos los henos. Los henos 1 y 2 tuvieron un valor correspondiente a la mitad de los otros henos.

Las ecuaciones que expresan la dinámica degradativa de la PB para los diferentes tipos de henos, se presentan en el Cuadro 17.

CUADRO 17 Ecuaciones de degradabilidad ruminal de la PB en henos de pradera.

	ECUACIONES	R ²
Heno 1	$19,79 + 66,59 (1 - e^{-0,06169 t})$	0,98
Heno 2	$43,15 + 42,05 (1 - e^{-0,07143 t})$	0,98
Heno 3	$40,42 + 31,62 (1 - e^{-0,04856 t})$	0,98
Heno 4	$39,78 + 29,31 (1 - e^{-0,04581 t})$	0,99
Heno 5	$35,25 + 36,06 (1 - e^{-0,05126 t})$	0,99

Se observa en el cuadro anterior que los coeficientes de determinación (R²) son bastantes elevados para los henos, al igual que para MS, lo que señalan el alto valor predictivo de las ecuaciones respectivas.

A partir de las ecuaciones descritas en el Cuadro 17 se obtuvieron los valores de degradación de la PB a distintos tiempos t (Figura 17).

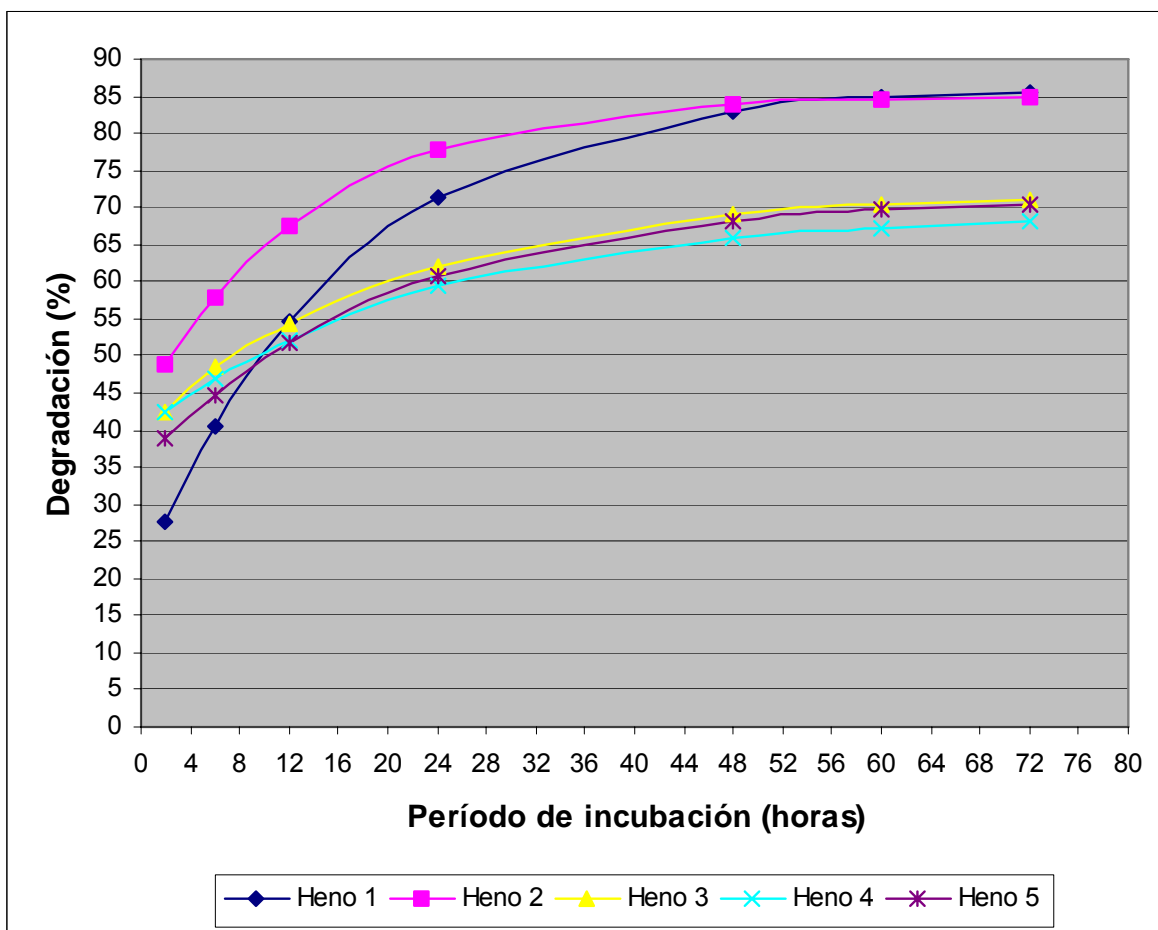


FIGURA 17 Degradabilidad de la PB de los henos a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo.

En la Figura 17 se observa que la dinámica degradativa de la PB comenzó a estabilizarse aproximadamente a las 48 horas, la cual fue similar para los henos 3, 4 y 5, siendo ésta más baja que la del resto de los henos. Con relación al heno 1, éste tuvo la degradación más baja en los primeros horarios debido al menor contenido de fracción soluble y a partir de las 10 horas comenzó a aumentar su degradación igualando al heno 2 en los horarios finales.

CUEVAS (1994), encontró que el tiempo de estabilización en la degradación de la PC ocurre entre las 36 a 48 horas para henos de alfalfa, la cual fue muy similar a la encontrada para henos de pradera.

La degradación potencial (A + B) de la PB, para los henos de pradera fue similar a lo encontrado por CUEVAS (1994) en heno de alfalfa, lo que varía entre un rango de 65 y 86%.

En un estudio de degradabilidad potencial de proteína en ballica italiana, Amrane y Michalet-Doreau (1993), citados por MENA (1995), obtuvieron un promedio alto (72,2%) en el periodo comprendido entre estado vegetativo y espiga, el que decreció rápidamente hasta 64,6 % en plena madurez.

En el Cuadro 18 y Figura 18 se expresa la distribución de la fracción potencialmente degradable (A + B) de la PB a diferentes tramos de horarios de incubación ruminal.

CUADRO 18 Degradabilidad (%) de la PB de henos a diferentes períodos de incubación.

	Degradabilidad (%) por períodos de incubación (horas).		
	0 - 6	6 - 24	24 - 48
Heno 1	40,39	30,84	11,70
Heno 2	57,81	19,82	6,21
Heno 3	48,41	13,77	6,79
Heno 4	46,82	12,51	6,51
Heno 5	44,80	15,97	7,46

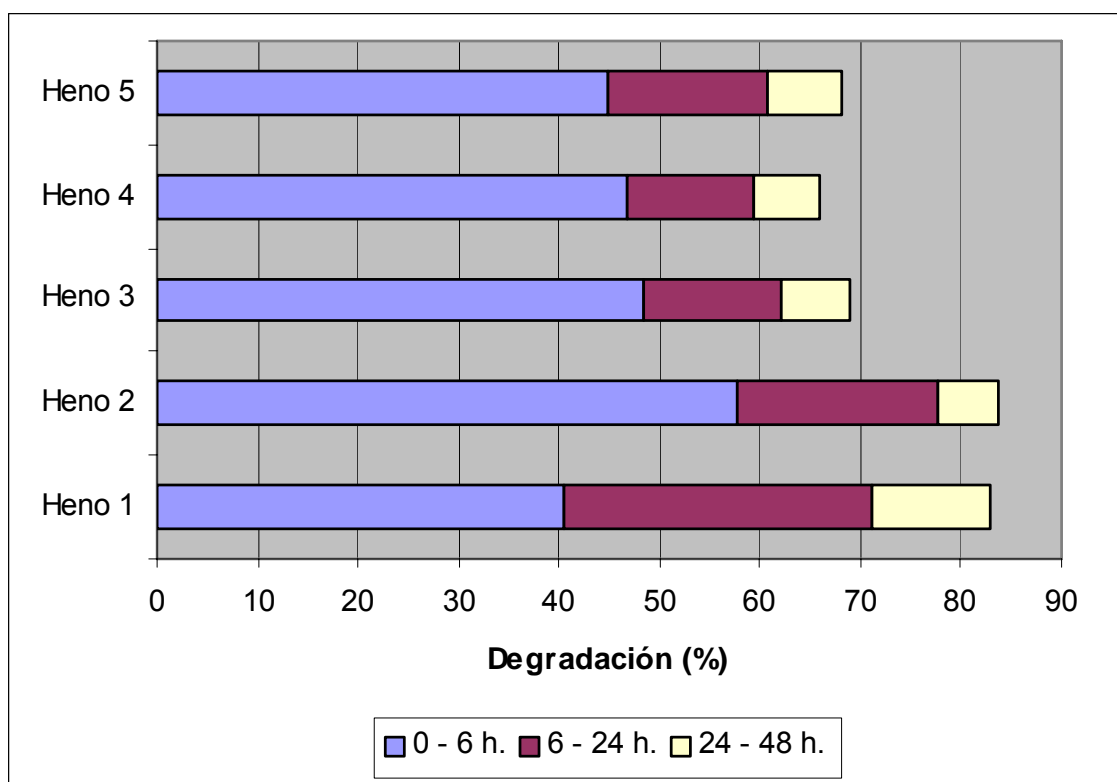


FIGURA 18 Degradación de la PB de henos a distintos períodos de incubación.

Se observa en el gráfico de la Figura 18 que la mayor degradación de la PB ocurrió entre las 0 y 6 horas y el heno 2 fue el que tuvo la mayor degradación en este período. En el período de 6 a 24 horas el heno 1 tuvo la mayor degradación y en el último período es donde ocurrió la menor degradación para todos los henos.

El heno 1, que poseía la menor fracción A, tuvo también la menor degradación a las 6 horas y el heno 2, que poseía la mayor fracción A, tuvo la mayor degradación a las 6 horas.

4.3.3 Dinámica degradativa de la FDN. La magnitud de las fracciones soluble (A), insoluble degradable (B), no degradable (C), degradabilidad máxima (A + B) y las correspondientes tasas de degradación se presentan en el Cuadro 19.

CUADRO 19 Magnitud de las fracciones A, B, C y tasas de degradación de la FDN para los diferentes henos.

Muestra	A	B	C	A + B	c (hr ⁻¹)
Heno 1	- 0,11	65,71	34,40	65,60	0,0350
Heno 2	- 4,02	79,10	24,92	75,09	0,0331
Heno 3	0,47	86,49	13,04	86,96	0,0150
Heno 4	- 0,50	87,69	12,81	87,19	0,0153
Heno 5	3,99	61,76	34,25	65,75	0,0431

La importancia relativa de cada fracción de la FDN, para los henos se puede visualizar en la Figura 19.

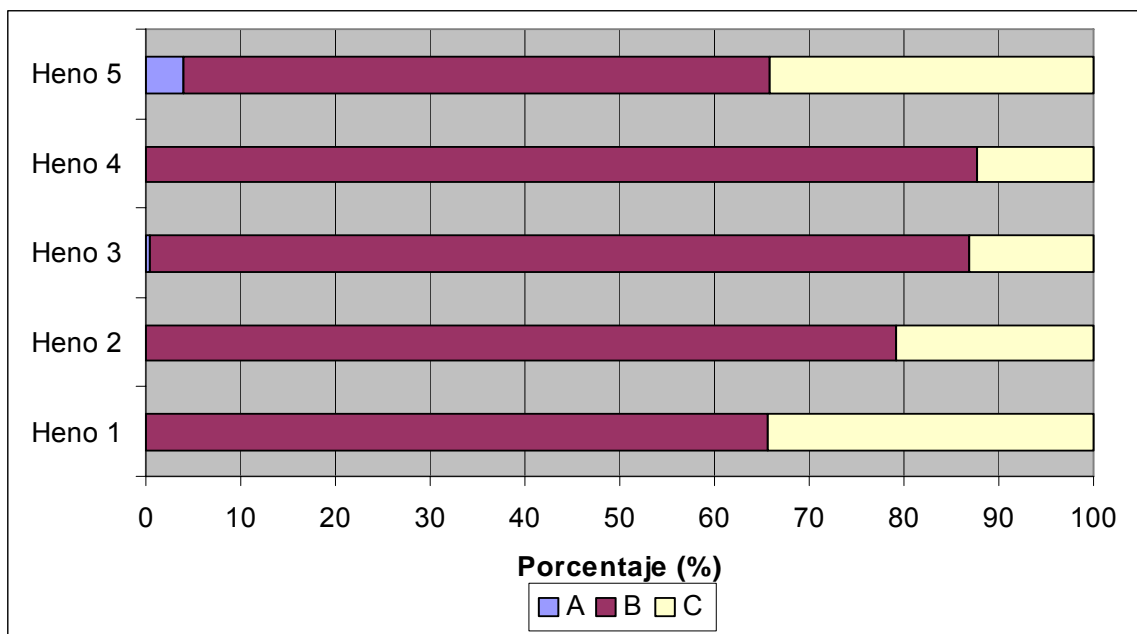


FIGURA 19 Proporción de las fracciones: soluble (A), insoluble degradable (B) y no degradable (C) de la FDN.

La pared celular de los henos es altamente lignificada, siendo la fracción soluble (A), como se aprecia en la Figura 19, muy baja e incluso inexistente en algunos henos. La fracción predominante para todos los henos fue la insoluble degradable (B), que fue de un 61,76% en el heno 5, hasta un 87,69% en el heno 4. En cuanto a la fracción no degradable (C), los henos 1 y 5 fueron los que alcanzaron un mayor valor.

Las ecuaciones que expresan la dinámica degradativa de la FDN para los diferentes tipos de henos, se presentan en el Cuadro 20.

CUADRO 20 Ecuaciones que expresan la dinámica degradativa de la FDN en henos de pradera.

	ECUACIONES	R ²
Heno 1	$-0,1135 + 65,71 (1 - e^{-0,03502 t})$	0,96
Heno 2	$-4,0150 + 79,10 (1 - e^{-0,0331 t})$	0,99
Heno 3	$0,4691 + 86,49 (1 - e^{-0,0152 t})$	0,99
Heno 4	$-0,5003 + 87,69 (1 - e^{-0,01529 t})$	0,99
Heno 5	$3,990 + 61,76 (1 - e^{-0,04311 t})$	0,98

Se observa en el cuadro anterior que los coeficientes de determinación son bastantes elevados para los henos, al igual que para MS y PB, lo que señalan el alto valor predictivo de las ecuaciones respectivas.

A partir de las ecuaciones descritas en el Cuadro 20 se obtuvieron los valores de degradación de la FDN a distintos tiempos t (Figura 20).

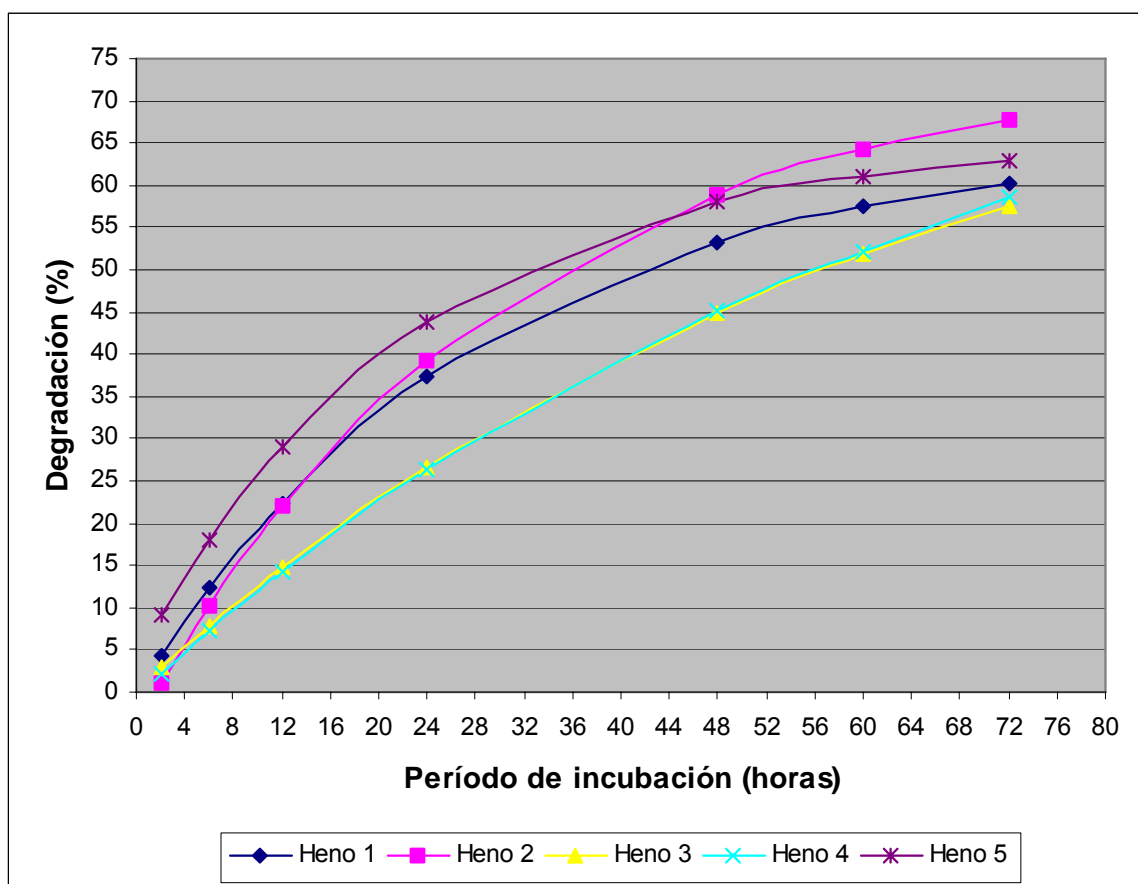


FIGURA 20 Degradabilidad de la FDN de los henos a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo.

En la Figura 20 se puede apreciar que el heno 5 tuvo una degradación más elevada en los primeros horarios de incubación y el heno 2 en los horarios más tardíos. Para los henos 3 y 4, los cuales presentan las menores tasas, cabe destacar la similitud de las curvas degradativas. La dinámica degradativa de los henos 1 y 5 comienza a estabilizarse a las 72 horas, donde tienen una degradación cercana a la potencial (ver Anexo 5). El resto de los henos siguen aumentando la degradación hasta llegar a su degradación máxima cercana a 87% en los henos 3 y 4.

En el Cuadro 21 y Figura 21 se expresa la distribución de la fracción potencialmente degradable (A + B) de la FDN a diferentes tramos de horarios de incubación ruminal.

CUADRO 21 Degradabilidad (%) de la FDN de henos a diferentes períodos de incubación.

	Degradabilidad (%) por períodos de incubación (horas).		
	0 - 6	6 - 24	24 - 48
Heno 1	12,34	24,90	16,12
Heno 2	10,23	29,11	19,60
Heno 3	7,92	18,73	18,25
Heno 4	7,19	19,24	18,67
Heno 5	18,07	25,73	14,15

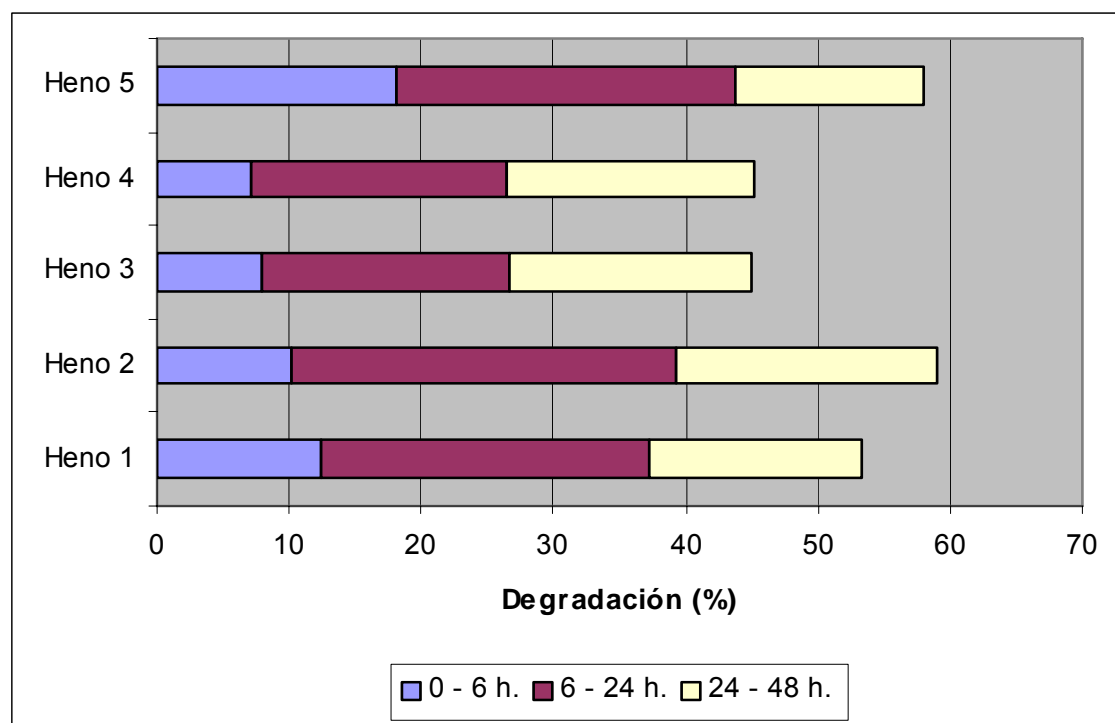


FIGURA 21 Degradación de la FDN de henos a distintos períodos de incubación.

En el caso de la FDN la mayor degradación, a diferencia de la MS y PB, ocurrió en el período comprendido entre 6 y 24 horas. La menor degradación para todos los henos ocurrió en el período comprendido entre las 0 y 6 horas.

El heno 5, que poseía la mayor fracción soluble de la FDN, tuvo la mayor degradación a las 6 horas.

4.4 Degradabilidad efectiva.

Dado que la degradabilidad potencial (A + B) representa una sobreestimación de lo que sucede en la realidad, debido a que no considera las diferentes tasas de pasaje que tienen los alimentos en el rumen, se calculó la degradabilidad efectiva de la MS, PB y FDN, la que se estimó para tasas de pasaje de 2, 5 y 8 %/h.

Al estimar la degradabilidad efectiva a diversas tasas de pasaje, se obtienen tendencias más realistas. Orskov *et al.* (1979), citados por REYES (1995), señalan que al medir la fracción degradativa sin considerar el pasaje de cualquier alimento desde el rumen se está sobreestimando la extensión degradativa para cualquier tiempo dado y bajo condiciones normales.

4.4.1 Degradabilidad efectiva de la MS. La degradabilidad efectiva de la MS, para las distintas tasas de pasaje se presenta para los diferentes henos en el Cuadro 22.

CUADRO 22 Degradabilidad efectiva de la MS.

Tasa de pasaje (%/h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
2	56,98	61,08	50,22	50,05	55,67
5	44,86	49,05	38,78	38,48	44,84
8	38,42	42,85	33,64	33,51	39,06

La información del cuadro anterior es complementada con el Anexo 7, que muestra la degradabilidad efectiva a tiempo t para MS, es decir, lo que realmente se degradó en cada tiempo de incubación ruminal.

La diferencia en la degradabilidad de los recursos se hizo mayor al aumentar la tasa de pasaje (ver Anexo 6).

Con los datos presentados en el Cuadro 22 se establece la Figura 22, que representa la degradabilidad efectiva de los henos a distintas tasas de pasaje.

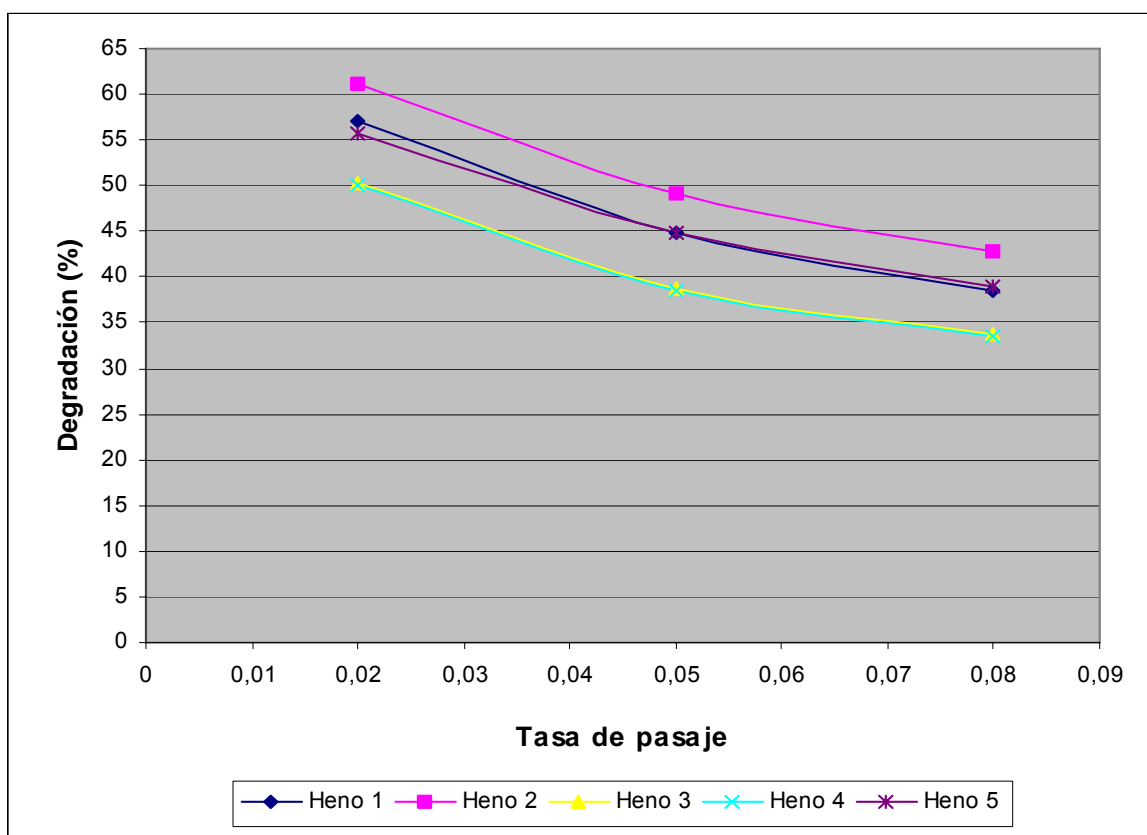


FIGURA 22 Curvas de degradación efectiva de la MS para diferentes henos de pradera.

Se observa que la degradación efectiva de los henos sigue una tendencia similar entre ellos a las distintas tasas de pasaje, siendo la degradabilidad del heno 2 mayor que la del resto de los henos.

La degradabilidad efectiva de la MS de los henos 3 y 4 fue la más afectada al variar las tasas de pasaje debido a que la tasa de degradación (c) de la fracción insoluble degradable (B) de la MS fue menor a la de los otros henos. El heno 5 tuvo la mayor tasa de degradación (c) y fue el menos afectado por las tasas de pasaje.

CUEVAS (1994), en un ensayo con henos de alfalfa, obtuvo valores similares de degradabilidad efectiva a los obtenidos con henos de praderas, los que varían en un rango entre 46,5 y 56,9% para tasa de pasaje de 2%; 39 y 47% para tasa de pasaje de 5% y 35 y 41,5% para tasa de pasaje de 8%.

Para la mejor visualización y comparación de los resultados, se presenta el Cuadro 23 que agrupa los parámetros obtenidos de la degradación de la MS de los henos.

CUADRO 23 Parámetros de degradación de la MS de los henos.

			Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
Fracción soluble	A	%	17,39	23,49	20,11	21,07	20,08
Fracción insoluble degrad.	B	%	56,09	54,79	50,90	52,05	50,24
Fracción no degradable	C	%	26,52	21,72	28,99	26,88	29,68
Degradabilidad potencial	A + B	%	73,48	78,28	71,01	73,12	70,32
Constante de degradación	c	h ⁻¹	0,048	0,044	0,029	0,025	0,049
Degradación efectiva	K=0,02	%	56,98	61,08	50,22	50,05	55,67
	K=0,05	%	44,86	49,05	38,78	38,48	44,84
	K=0,08	%	38,42	42,85	33,64	33,51	39,06

Comparativamente el heno 1 tuvo la menor fracción soluble, mayor fracción lentamente degradable o insoluble degradable y similar fracción no degradable. La degradabilidad potencial fue mayor en el heno 2. Los henos 3 y 4 presentaron la menor constante de degradación (c) de la fracción B. La degradabilidad efectiva, que refleja la reducción de la degradabilidad potencial por efecto de la tasa de pasaje, mostró un efecto más marcado en los henos 3 y 4.

4.4.2 Degradabilidad efectiva de la PB. La degradabilidad efectiva de la PB, para las distintas tasas de pasaje se presentan para los diferentes henos en el Cuadro 24.

CUADRO 24 Degradabilidad efectiva de la PB.

Tasa de pasaje (%/h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
2	70,08	76,00	62,82	60,18	61,19
5	56,57	67,89	56,00	53,79	53,50
8	48,78	62,99	52,36	50,45	49,33

La información anterior es complementada con el Anexo 7, que muestra la degradabilidad efectiva a tiempo t para PB, es decir, lo que se degradó en cada tiempo de incubación ruminal.

La diferencia en la degradabilidad se hizo mayor al aumentar la tasa de pasaje. La degradabilidad de la PB fue afectada por la tasa de pasaje, así como por el aumento de ésta (ver Anexo 6).

Con los datos presentados en el Cuadro 24 se establece la Figura 23, que representa la degradabilidad efectiva de los henos a distintas tasas de pasaje.

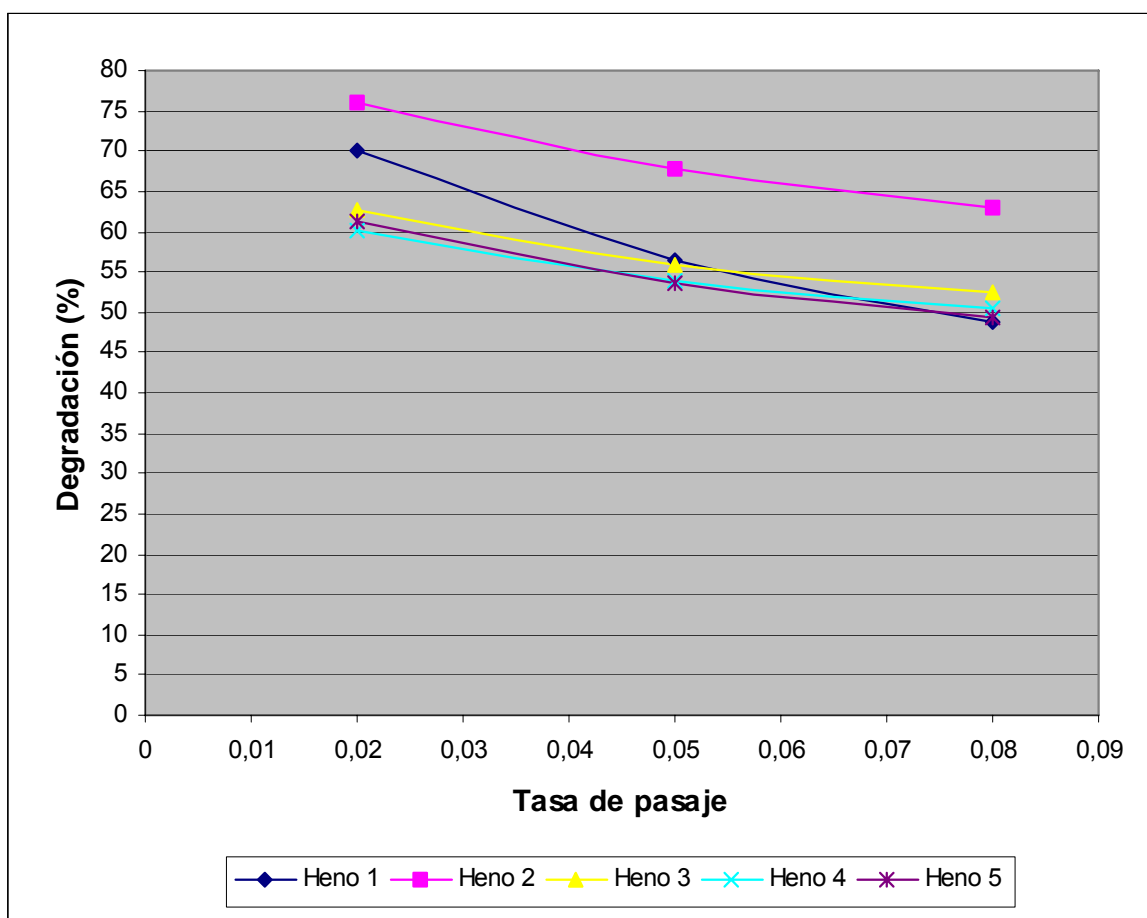


FIGURA 23 Curvas de degradación efectiva de la PB para diferentes henos de pradera.

Del gráfico anterior se puede observar que la degradabilidad efectiva del heno 2 fue mayor que la del resto de los henos para todas las tasas de pasaje. Con relación a los henos restantes, éstos presentaron una degradabilidad muy similar.

El heno 1 fue el más afectado por las tasas de pasaje, debido a que la fracción insoluble degradable (B) fue considerablemente mayor a la de los otros henos. La degradación de la PB fue afectada por las diferentes tasas de pasaje en una menor medida que la de MS.

CUEVAS (1994), obtuvo valor de degradación efectiva de PB para henos de alfalfa menores a los obtenidos en henos de pradera para todas las tasas de pasaje. Los valores obtenidos en alfalfa variaron entre 52 y 60% para tasa de pasaje de 2%; entre 40 y 50% para una tasa de pasaje de 5% y entre 34 y 45,5% para una tasa de pasaje de 8%.

Para la mejor visualización y comparación de los resultados, se presenta el Cuadro 25 que agrupa los parámetros obtenidos de la degradación de la PB de los henos.

CUADRO 25 Parámetros de degradación de la PB de los henos.

			Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
Fracción soluble	A	%	19,79	43,15	40,42	39,78	35,25
Fracción insoluble degrad.	B	%	66,59	42,05	31,62	29,31	36,06
Fracción no degradable	C	%	13,62	14,80	27,96	30,91	28,69
Degradabilidad potencial	A + B	%	86,38	85,20	72,04	69,09	71,31
Constante de degradación	c	h ⁻¹	0,062	0,071	0,049	0,046	0,051
Degradación efectiva	K=0,02	%	70,08	76,00	62,82	60,18	61,19
	K=0,05	%	56,57	67,89	56,00	53,79	53,50
	K=0,08	%	48,78	62,99	52,36	50,45	49,33

Comparativamente el heno 1 tuvo la menor fracción soluble, mayor fracción lentamente degradable o insoluble degradable y menor fracción no degradable. La mayor fracción no degradable la presentó el heno 4 y la degradabilidad potencial fue mayor en el heno 2. Los henos 3 y 4 presentaron la menor constante de degradación (c) de la fracción B. La degradabilidad efectiva, que refleja la reducción de la degradabilidad potencial por efecto de la tasa de pasaje, muestra un efecto más marcado en el heno 1.

4.4.3 Degradabilidad efectiva de la FDN. La degradabilidad efectiva de la FDN, para las distintas tasas de pasaje se presentan en el Cuadro 26.

CUADRO 26 Degradabilidad efectiva de la FDN.

Tasa de pasaje (%/h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
2	41,71	45,31	37,56	37,49	46,18
5	26,95	27,51	20,45	20,04	32,58
8	19,89	19,15	14,14	13,57	25,62

La información anterior es complementada con el Anexo 7, que muestra la degradabilidad efectiva a tiempo t para FDN, es decir, lo que realmente se degradó en cada tiempo de incubación ruminal.

La diferencia en la degradabilidad se hizo mayor al aumentar la tasa de pasaje. La degradabilidad de la FDN fue afectada por la tasa de pasaje, así como por el aumento de ésta (ver Anexo 6). Cabe señalar que la FDN fue el componente más afectado por la tasa de pasaje.

Con los datos presentados en el Cuadro 26 se establece la Figura 24, que representa la degradabilidad efectiva de los henos a distintas tasas de pasaje.

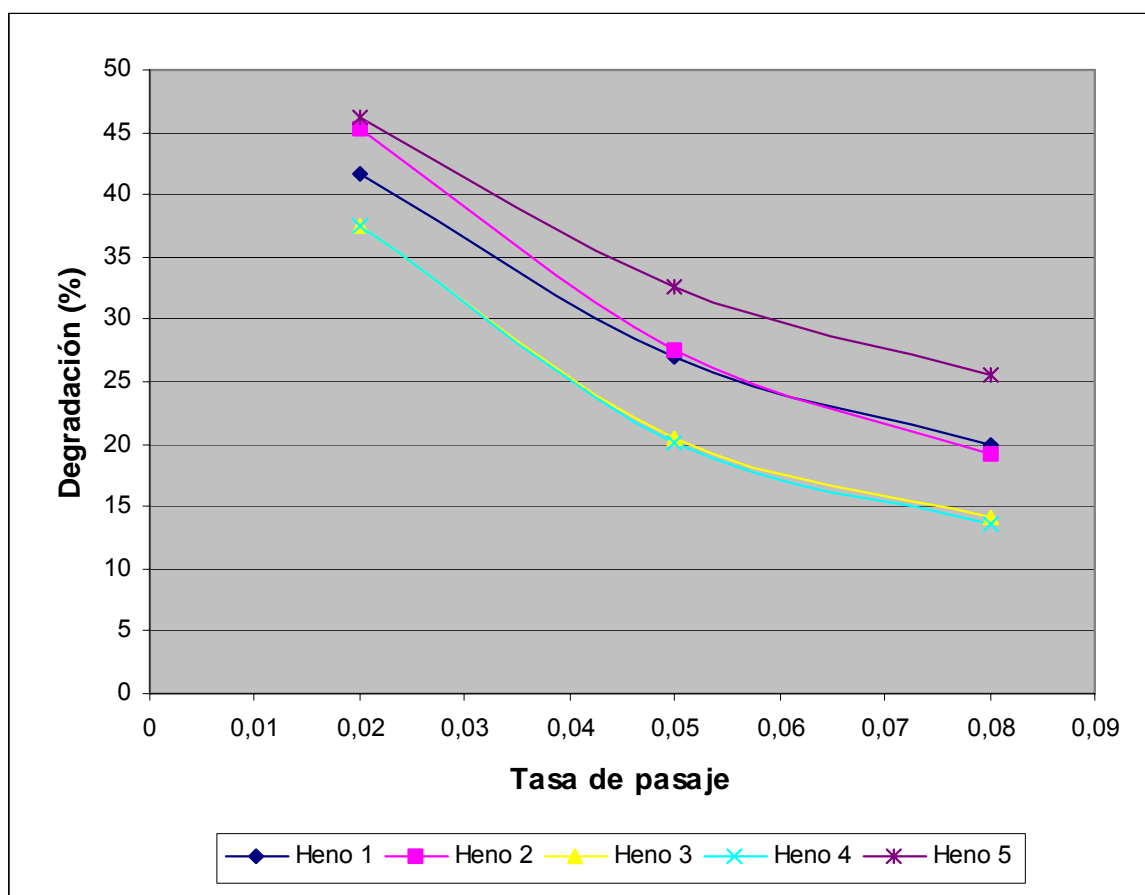


FIGURA 24 Curvas de degradación efectiva de la FND para diferentes henos de pradera.

En el gráfico anterior se observa que la tendencia de la degradabilidad efectiva de los henos es muy similar, siendo mayor la del heno 5.

La degradación de la FDN fue la más afectada por las tasas de pasaje, debido a los altos contenidos de la fracción insoluble degradable (B) y a las bajas tasas de degradación de la fracción B. De acuerdo a lo antes mencionado los henos 3 y 4 fueron los más afectados por las tasas de pasaje y el heno 5 el menos afectado.

Las fracciones más degradables, especialmente en los primeros estados fenológicos, debido a su composición química, son menos afectados por la tasa de pasaje; por lo tanto, las fracciones de desaparición más lenta, que son más importantes en estados de madurez más avanzados, serán más afectados especialmente al aumentar la tasa de pasaje (VALDERRAMA, 1993).

Para la mejor visualización y comparación de los resultados, se presenta el Cuadro 27 que agrupa los parámetros obtenidos de la degradación de la FDN de los henos.

CUADRO 27 Parámetros de degradación de la FDN de los henos.

			Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
Fracción soluble	A	%	-0,11	-4,02	0,47	-0,50	3,99
Fracción insoluble degrad.	B	%	65,71	79,10	86,49	87,69	61,76
Fracción no degradable	C	%	34,40	24,92	13,04	12,81	34,25
Degradabilidad potencial	A + B	%	65,60	75,09	86,96	87,19	65,75
Constante de degradación	c	h ⁻¹	0,035	0,033	0,015	0,015	0,043
Degradación efectiva	K=0,02	%	41,71	45,31	37,56	37,49	46,18
	K=0,05	%	26,95	27,51	20,45	20,04	32,58
	K=0,08	%	19,89	19,15	14,14	13,57	25,62

Comparativamente todos los henos, como era de esperar, tuvieron fracciones solubles cercana a cero. La mayor fracción lentamente degradable, la menor constante de degradación de la fracción B y la mayor degradabilidad potencial se presentó en los henos 3 y 4. La menor fracción no degradable se presentó en los henos 1 y 5. La degradabilidad efectiva, que refleja la reducción de la degradabilidad potencial por efecto de la tasa de pasaje, muestra un efecto más marcado en los henos 3 y 4. El heno 5 fue el menos afectado por las diferentes tasas de pasaje.

4.5 Análisis global de la degradabilidad de los henos.

Con el fin de tener una visión global de las respuestas y tener algunas bases para inferir las respuestas degradativas encontradas, se presentan relaciones entre el valor D con degradabilidad de la MS y PB, y de la FDN con las mismas fracciones.

4.5.1 Relación entre valor D y la degradabilidad de la MS. Para analizar las relaciones encontradas entre el valor D y la degradabilidad potencial y efectiva de la MS a distintas tasas de pasaje, se presenta la Figura 25 con las ecuaciones y coeficientes de determinación correspondiente a cada una.

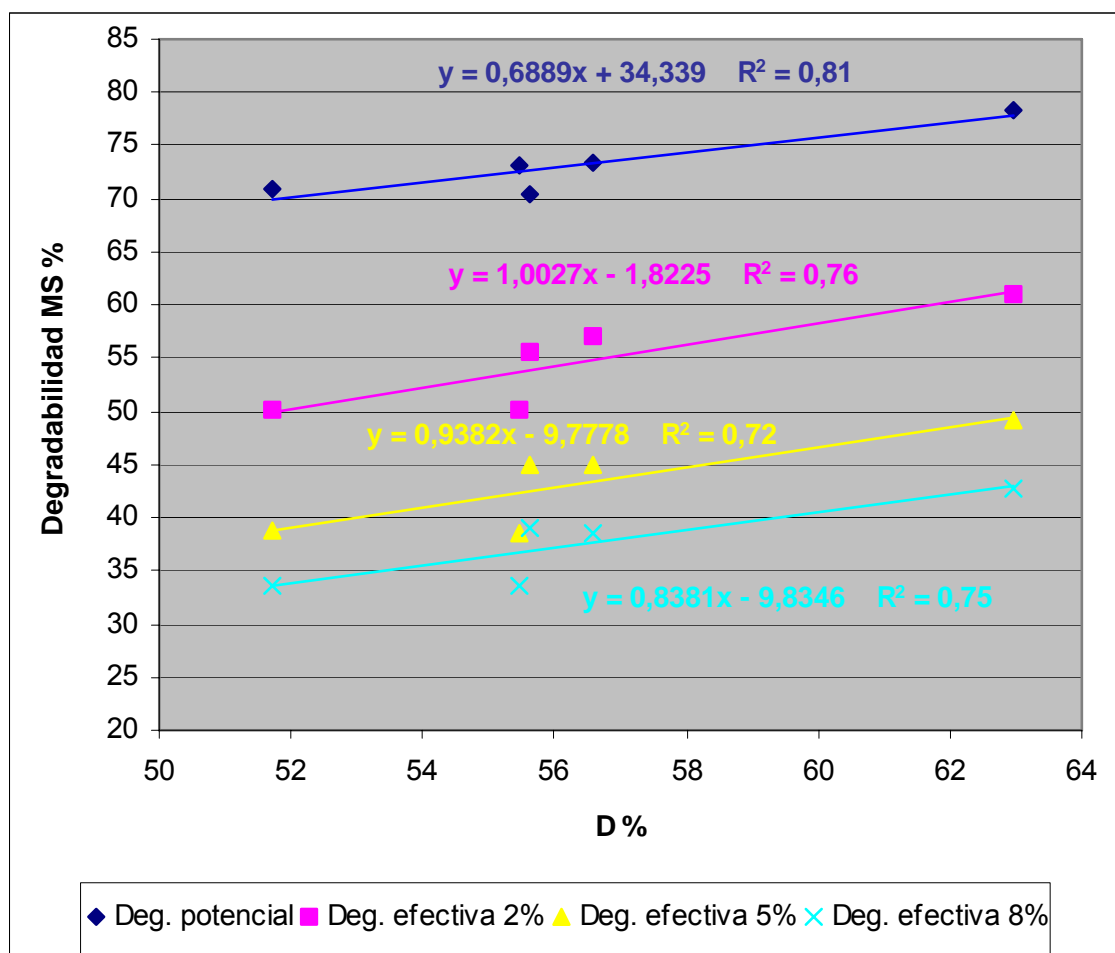


FIGURA 25 Relación entre valor D y la degradabilidad de la MS.

Se puede apreciar que tanto la degradabilidad potencial como efectiva de la MS aumentan en forma lineal con el aumento del valor D. Al aumentar la tasa de pasaje disminuye la degradación manteniéndose el paralelismo entre las rectas de tendencias, reafirmando la importancia de utilizar la degradación efectiva y no la potencial para el cálculo de dietas.

4.5.2 Relación entre valor D y la degradabilidad de la PB. Para analizar las relaciones encontradas entre el valor D y la degradabilidad potencial y efectiva de la PB a distintas tasas de pasaje, se presenta la Figura 26 con las ecuaciones y coeficientes de determinación correspondiente a cada una.

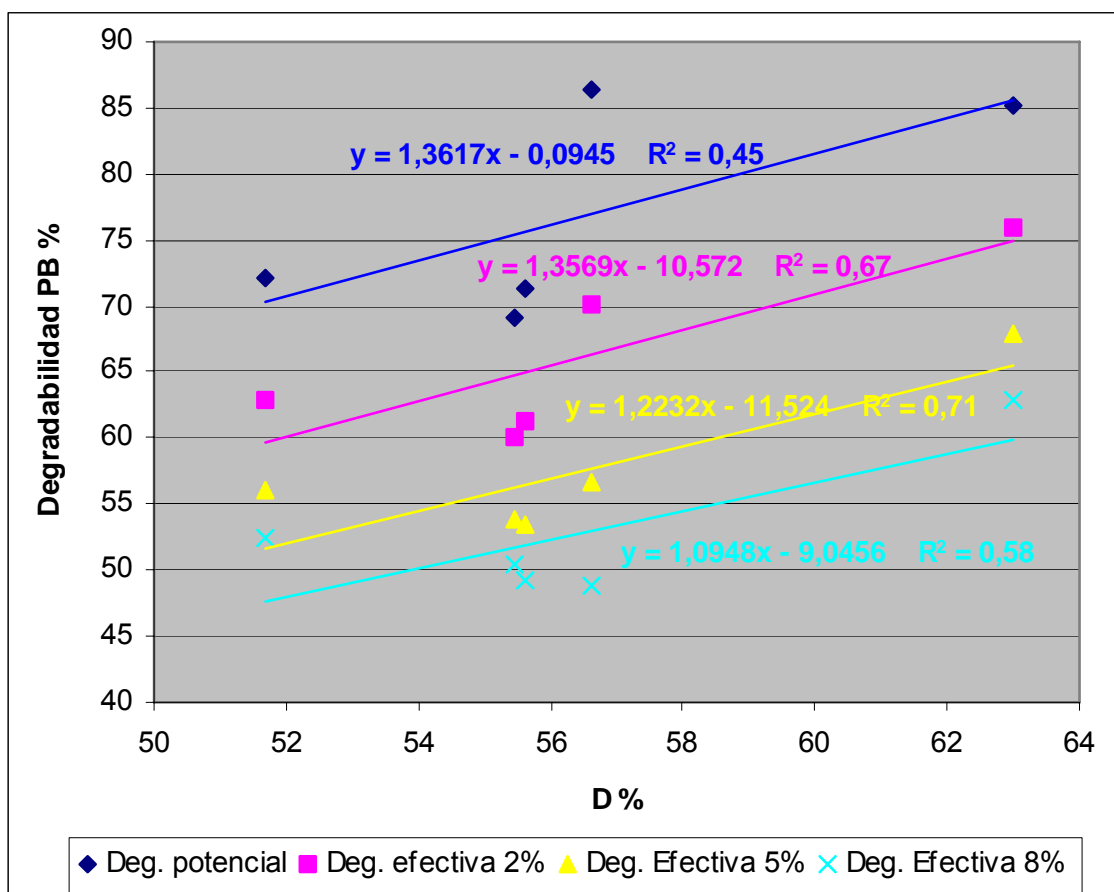


FIGURA 26 Relación entre valor D y la degradabilidad de la PB.

En el gráfico anterior se observa que tanto la degradabilidad potencial como efectiva de la PB aumentan en forma lineal al incrementar el valor D, manteniéndose el paralelismo entre las rectas de tendencia. El aumento en la degradabilidad de la PB al incrementar el valor D es mayor que en el caso de la MS y la tasa de pasaje afectó menos la degradabilidad de la PB que de la MS como se aprecia en los coeficientes de regresión de las ecuaciones.

4.5.3 Relación entre FDN y la degradabilidad de la MS. Para analizar las relaciones encontradas entre la FDN y la degradabilidad potencial y efectiva de la MS a distintas tasas de pasaje, se presenta la Figura 27 con las ecuaciones y coeficientes de determinación correspondiente a cada una.

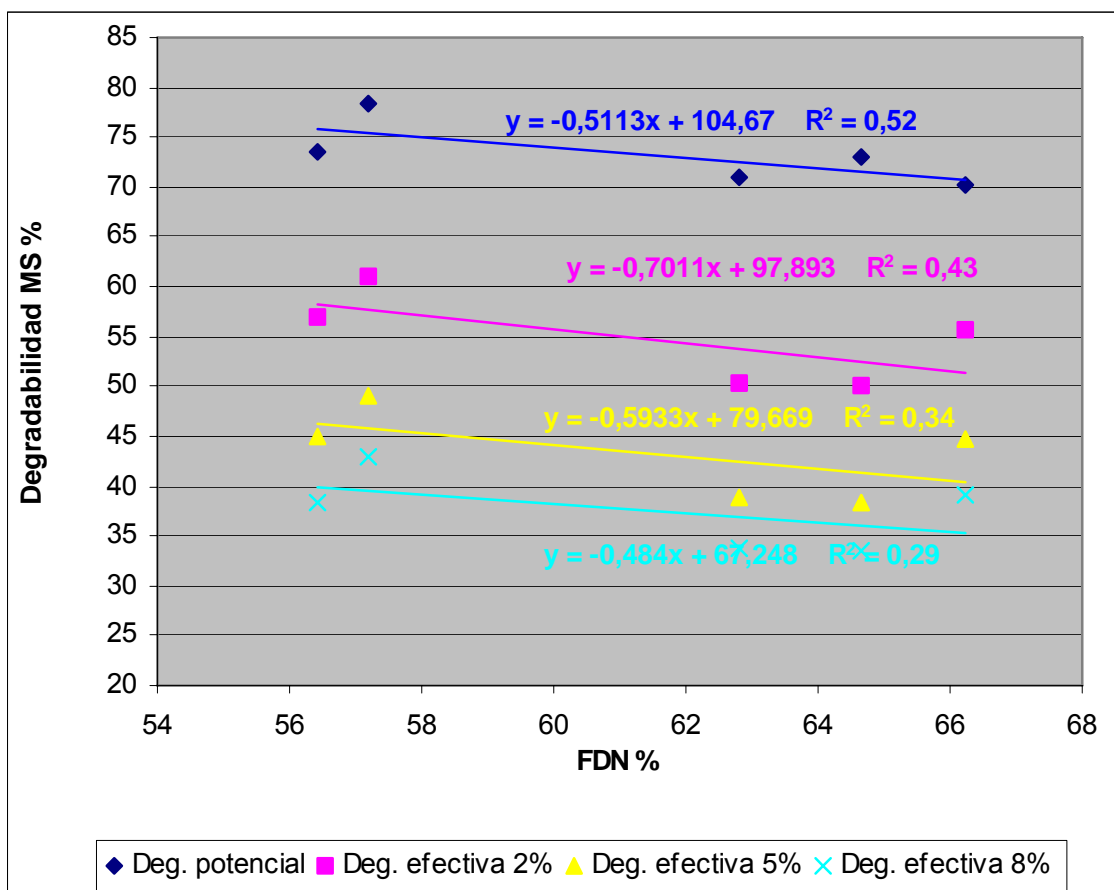


FIGURA 27 Relación entre la FDN y la degradabilidad de la MS.

Contrariamente a lo ocurrido en la relación entre el valor D y la degradabilidad, en la Figura 27 se puede apreciar que tanto la degradabilidad potencial como efectiva de la MS disminuyen en forma lineal con el aumento de la FDN, pero a una tasa relativamente baja, manteniéndose el paralelismo entre las curvas.

El contenido de FDN, dentro de los rangos estudiados no resultó ser un buen referente para explicar las variaciones en la degradabilidad de la MS, encontrándose para éstas relaciones, los menores valores de R^2

4.5.4 **Relación entre la FDN y la degradabilidad de la PB.** Para analizar las relaciones encontradas entre la FDN y la degradabilidad potencial y efectiva de la PB a distintas tasas de pasaje, se presenta la Figura 28 con las ecuaciones y coeficientes de determinación correspondiente a cada una.

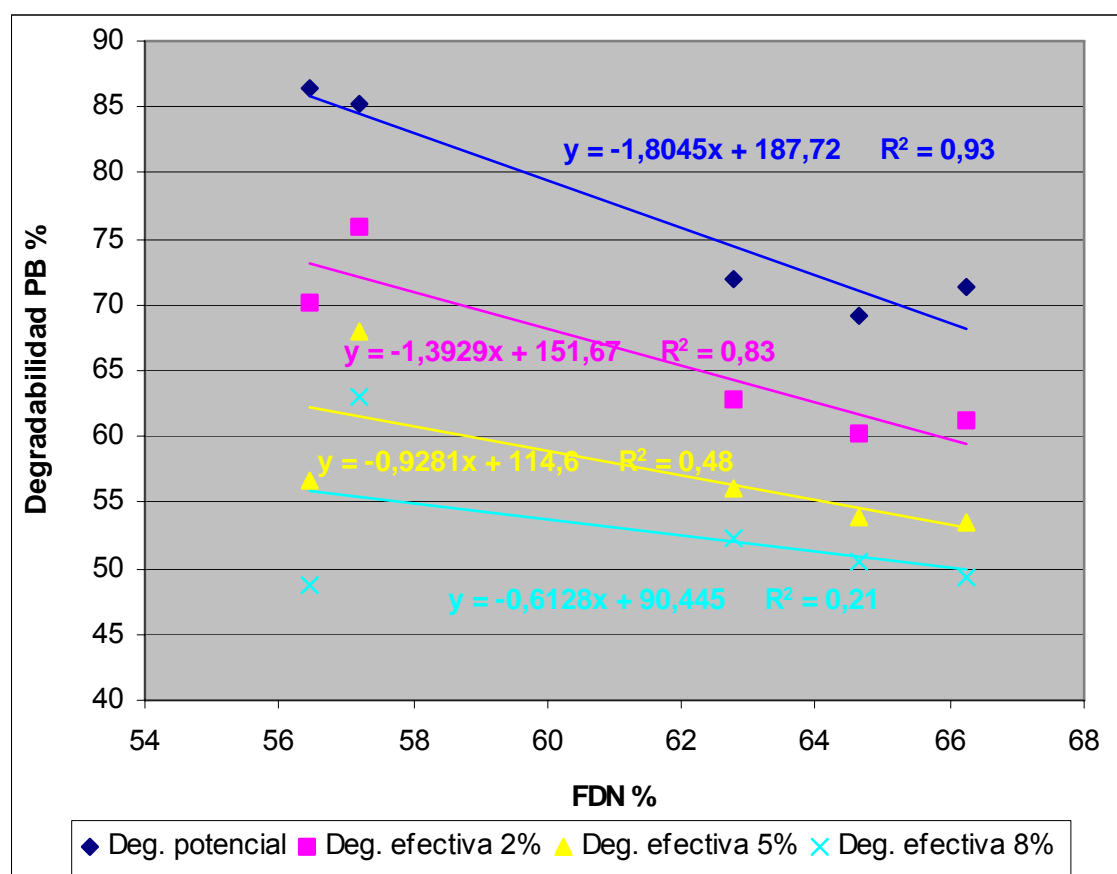


FIGURA 28 Relación entre la FDN y la degradabilidad de la PB.

Se puede apreciar que tanto la degradabilidad potencial como efectiva de la PB disminuyen en forma lineal con el aumento de la FDN. La disminución en la degradabilidad de la PB es mayor que en el caso de la MS, lo que se refleja con el aumento en las pendientes de las rectas.

Las pendientes de las rectas disminuyen al aumentar las tasas de pasaje, mostrando que el efecto del contenido de FDN en la degradación se hace menor al aumentar la tasa de pasaje.

La correlación entre los demás parámetros evaluados en los henos se presenta en el Anexo 8.

5 CONCLUSIONES

El contenido de PB de los henos no demostró ser el mejor indicador de la degradabilidad, debido a que su concentración se encuentra más asociado al contenido de leguminosas que a diferencias del estado fenológico al corte. Lo anterior es corroborado por una estrecha relación encontrada entre el contenido de PB y Ca en los henos.

Los resultados de degradabilidad de los henos obtenidos con la técnica “*in situ*” mostraron que los promedios de MS, PB y FDN degradada difirieron de modo significativo entre todos los tiempos de incubación.

La dinámica degradativa promedio y la degradación potencial fue mayor en la PB, luego en la MS y finalmente la FDN; el orden coincidió con los respectivos contenidos de la fracción potencialmente degradable (A + B), de esta forma la PB tuvo los mayores y la FDN los menores. La estabilización de la degradación tuvo el mismo orden.

La tasa de pasaje afectó a todas las fracciones analíticas de los henos, pero la más afectada fue la FDN, que comparativamente experimentó la tasa de degradación más lenta.

La degradabilidad potencial y efectiva de la MS y PB aumentaron en forma lineal al incrementar la digestibilidad (valor D) de los henos, por lo que este parámetro es un buen indicador para predecir la degradabilidad potencial y efectiva de los henos. La tasa de pasaje tuvo un efecto más marcado en la

degradabilidad de la MS que de la PB, lo que sería atribuible a una mayor fracción insoluble y a la menor tasa de degradación de la MS.

Al incrementar el contenido de fibra de los henos la degradabilidad potencial y efectiva disminuyeron en forma lineal. La tasa de pasaje ejerció un mayor efecto en la degradabilidad de la MS, lo que sería explicable por un mayor contenido de fracción insoluble y por la menor tasa de degradación de ésta, tornándose más susceptible a un menor tiempo de retención en el rumen.

La digestibilidad (valor D) comparado con el contenido de fibra demostró un mayor valor predictivo de la degradabilidad efectiva de la MS y PB de los henos.

6 RESUMEN

Se evaluó la degradabilidad ruminal de henos de pradera de la zona sur de Chile de diferentes calidades, clasificados de acuerdo a su nivel de proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN). Los parámetros evaluados fueron la degradabilidad potencial y efectiva de la materia seca (MS), proteína y fibra detergente neutro.

La degradabilidad ruminal se determinó por fermentación *in situ*, empleando bolsas de dacrón, a tiempos de fermentación de 2, 6, 12, 24 y 48 horas, con seis repeticiones por horario y por heno. Para el estudio se utilizó un bovino adulto, hembra con fístula ruminal.

Se detectó un efecto del contenido de leguminosas en la composición de los henos, que fue más marcado que el efecto del estado de madurez, lo que se corroboró por la estrecha relación encontrada entre los contenidos de PB y Ca, y por la escasa diferencia de la FDN en relación a los contenidos de PB; lo cual señala la importancia de seleccionar los henos por estado fenológico al corte.

La mayor degradación potencial (A + B) de la MS fue de 78% y la presentó el heno con el segundo nivel más alto de PB; para PB la mayor degradación fue de 86% en el heno con el mayor contenido de PB y para la FDN, de 87% en los henos con tercer y cuarto nivel más bajo de PB.

La tasa de degradación fue mayor en la PB, luego en la MS y finalmente la FDN. El heno con el segundo nivel más alto de PB tuvo la mayor degradación de MS y FDN a las 72 horas con valores de 75,9 y 67,8%, respectivamente. En

la PB, la mayor degradación al mismo horario se observó en los henos con los dos niveles más altos de PB con valores respectivos de 85,6 y 84,7%.

La mayor degradación de MS y PB en el período de 0 – 6 horas ocurrió en el heno con el segundo nivel más alto de PB con valores de 36,1 y 57% respectivamente. Para la FDN se produjo en el heno con menor contenido de PB y mayor de FDN con una degradación de 18,1% para el mismo período.

La tasa de pasaje afectó la degradabilidad de todas las fracciones analíticas de los henos, pero la más afectada fue la FDN, luego la MS y la menos afectada fue la PB. Los rangos de disminución de la degradación de la MS, PB y FDN para una tasa de pasaje de 8%/h fueron de 44 – 54%, 26 – 43,5% y 61 – 84,5%, respectivamente.

La degradabilidad potencial y efectiva de la MS y PB aumentaron en forma lineal al incrementar la digestibilidad y disminuyeron de la misma forma con el incremento del contenido de fibra, siendo la digestibilidad (valor D) un predictor aceptable de la degradabilidad efectiva de la MS y PB de los henos.

SUMMARY

The ruminal degradability of the grass hays of the southern regions of Chile were evaluated, classified according to its crude protein level (CP) and neutral fiber detergent (NDF). The parameters used to evaluate were the potential and effective degradability of the dry matter (DM), protein and neutral fiber detergent.

The degradability was determined by "*in situ*" fermentation using dracon bags, with a time fermentation of 2, 6, 12, 24 y 48 hours, with six repetitions per hour and hay. For the research an adult female bovine with ruminal fistulae was used.

There was an effect detected of leguminous content in the hays composition, which was more evident than the effect of the mature state, this was proven by the tight relation founded between the contents of CP and Ca, and by a scanty difference between the content relation of NDF and CP. This determines the importance of hays selection by fenological cut.

The highest degrading potential (A + B) of the DM was a 78% and it was presented by the hay with the second highest level in CP. For CP, the highest degradation was of 86% of the hay with the most content of CP and for the NDF, the 87% of the hays with the third and fourth lowest level of CP.

The degradation rate was higher in the CP than in the DM and finally in the NDF. The hay with the second highest level of CP had the most degradation of DM and NDF at 72 hours with a 75,9 y 67,8%. In the CP the highest

degradation, at the after period, was observed in the hays with two higher levels of CP with values of 85,6 and 84,7% respectively.

The highest degradation of DM and CP in the period of 0 – 6 hours occurred in the hay with the second highest level of BP with a 36,1 and 57% respectively. For the NDF occurred in the hay with less content of CP and most content NDF, with a degradation of 18,1% for the same period.

The passage rate affected the degradability of all the analyzed fractions of the hays, but the most affected was the NDF, then the DM and finally the CP. The diminution range of the degradation of the DM, CP and NDF for an estimate passage rate of 8%/h were 44 – 54%, 26 – 43,5% and 61 – 84,5% respectively.

The potential and effective degradability of the DM and CP increased straightly, when the digestibility also increased; its decreasing levels dropped by the same form, with the increment of the fiber content, being the digestibility (D value) an accepted form to predict the effective degradability of the DM and CP of the hays.

7 BIBLIOGRAFIA

- ALOMAR, D. y ANRIQUE, R. 1986. Valor nutritivo de praderas. In Latrille, L. (ed). Producción de forrajes. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. pp: 228 – 247.
- ALOMAR, D. y PULIDO, R. 2001. efecto del hojuelado al vapor sobre la degradabilidad ruminal del grano de maíz. Agro Sur. (Chile). 29 (2) : 165 – 169.
- ANRIQUE, R. 1986. Desarrollo de planes forrajeros. In Latrille, L. (ed). Producción de forrajes. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-11. pp: 235-240.
- ANRIQUE, R. 1987. Valor nutritivo de ensilajes y henos en la zona sur. In Latrille, L. (ed). Conservación de forrajes. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 235-240.
- ANRIQUE, R.; VALDERRAMA, X. y FUCHSLOCHER, R. 1995. Composición de alimentos para el ganado de la zona sur. Fundación Fondo de Investigación Agropecuaria, Ministerio de Agricultura. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. 2ª ed. Valdivia, Chile. 57p.

- ARREDONDO, S.; JAHN, E. y OVALLE, C. 1997. Degradabilidad ruminal de distintos componentes de la planta de tagasaste (*Chamaecytisus proliferus* subsp. *palmensis*) mediante el uso de la técnica de novillos fistulados en el rumen. *Agricultura técnica*. (Chile). 57 (2): 127 – 135.
- BALOCCHI, O. y CUEVAS, E. 1985. En la zona sur: como mejorar la calidad de su heno. *Chile Agrícola*. (Chile). 10 (109): 341 – 343.
- BALOCCHI, O. 1987. El proceso de deshidratación. In Latrille, L. (ed). *Conservación de forrajes*. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 136-162.
- BALOCCHI, O. y ANRIQUE, R. 1988. Análisis comparativo de ensilajes y henos a nivel de agricultor en la zona sur de Chile. In Puignau, J. (ed). *Conservación de forrajes*. Montevideo, Uruguay. pp: 142 - 146.
- BALOCCHI, O. 1999. Recursos forrajeros utilizados en la producción de leche. In Latrille, L. (ed). *Competitividad de la producción lechera nacional*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Valdivia, Chile. Vol I. pp: 29-56.
- BONDI, A. 1988. *Nutrición animal*. Zaragoza, España. Acribia. 546p.
- BRODERICK, G.; WALLACE, R.; ORSKOV, E. y HANSEN, L. 1988. Comparison of estimates of ruminal protein degradation by *in vitro* and *in situ* methods. *Journal of Animal Science* 66: 1739 – 1745.
- CHURCH, G. 1977. *Bases científicas para la nutrición y alimentación de los animales domésticos*. Zaragoza, España. Acribia. 462p.

- CUBILLOS, G.; BARNES, R.; NOLLER, C.; CERVIÑO, D. y ORTIZ, F. 1970. Efecto de la edad de la planta en la composición química y digestibilidad *in vitro*, de la materia seca de ballica perenne, *Lolium perenne* L. Agricultura Técnica. (Chile). 30 (1) : 1 – 6.
- CUEVAS, C. 1994. Digestibilidad *in situ* en función del tiempo, de henos de alfalfa de diferente calidad, por el método de las bolsas de dacrón. Tesis Ing. Agr. Chillán, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 42p.
- CUEVAS, E.; BALOCCHI, O.; ANRIQUE, R. y JORQUERA, M. 1982. Valor nutritivo de las principales especies de una pradera permanente en la Décima región. I. Proteína y pared celular. Agro Sur. (Chile). 10 (2) : 79 - 83.
- CUEVAS, E. 1983. Como obtener un buen heno en la zona sur. Chile Agrícola. (Chile). 8 (86): 306 – 307.
- CUEVAS, E.; BALOCCHI, O.; ANRIQUE, R.; y JORQUERA, M. 1983. valor nutritivo de las principales especies de una pradera permanente en la Décima región. II. Contenido de minerales. Agro Sur, Chile 11 (1) : 13 – 22.
- CUEVAS, E. 1987. Las praderas como recurso para conservación de forraje en la zona sur. In Latrille, L. (ed). Conservación de forrajes. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 1-18.

- DUMONT, J. 1988. Conservación de forrajes en la Décima región de Chile. *In* Puignau, J. (ed). Conservación de forrajes. Montevideo, Uruguay. pp: 23 – 35.
- DUTHIL, J. 1976. Producción de forrajes. 3ª ed. Madrid, España. Mundi-prensa. 413p.
- ELIZALDE, F.; HARGREAVES, A. y WERNLI, C. 1996. Conservación de forrajes. *In* Ruiz, I. (ed). Praderas para Chile. 2ª ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. pp: 395 – 428.
- FLORES, M. 1998. Efectos del período de rezago en la composición química y la degradabilidad ruminal en cinco gramíneas forrajeras y su predicción por Espectroscopia en el Infrarrojo cercano. Tesis Mag. en Ciencias. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 203p.
- FIGROID, W.; HALE, H. y THEURER, B. 1972. An evaluation of the nylon bag technique for estimating rumen utilization of grains. *Journal of Animal Science* 46 (3): 513 – 522.
- GARRIDO, O. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 59p.
- GOIC, L. y SIEBALD, E. 1988. Alternativas de mejoramiento de henos de gramíneas, mediante aplicación de amoníaco anhidro. *In* Puignau, J. (ed). Conservación de forrajes. Montevideo, Uruguay. pp: 131 – 133.

- GOIC, L.; SIEBALD, E. y MATZNER, M. 1991. Alternativas de conservación de forraje evaluadas con novillos hereford. *Agricultura Técnica*. 51(1) : 15 – 21.
- GONZALEZ, M. 1999. Diez puntos buenos para obtener heno de buena calidad. *Tierra Adentro* (nov-dic). (Chile). 29: 48-49.
- IBAÑEZ, M. 1987. Mecanización de la cosecha de forrajes. *In* Latrille, L. (ed). *Conservación de forrajes*. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 200-234.
- JORQUERA, O. 1979. Variación anual de calidad de las principales especies de una pradera permanente de la provincia de Valdivia. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 56p.
- JUERGENSEN, H. 1991. Composición química y aptitud fermentativa de cuatro recursos forrajeros en cuatro estados fenológicos. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 87p.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J. y MORGAN, C. 1999. *Nutrición Animal*. 5ª ed. Traducido por Rafael Sanz. Zaragoza, España. Acribia. 576p.
- MENA, L. 1995. Composición química y degradabilidad ruminal de la materia seca en Chépica (*Agrostis capilaris* L.) bajo cinco condiciones de madurez y tres tasas de pasaje. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 104p.

- ORSKOV, E. Y McDONALD. 1979. The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92: 499 – 503.
- ORSKOV, E. 1985. Evaluation of crop residues and agro – industrial by products using the nylon bag method. FAO – ILCA, Publication. Roma 132 p.
- REYES, C. 1995. Composición química y Degradabilidad ruminal de Ballica Inglesa (*Lolium perenne cv. Nui*) a diferentes estados fenológicos. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 92p.
- RIVEROS, E. 1986. Digestibilidad de los forrajes como expresión de su valor nutritivo. *Avances en Producción Animal*. (Chile). 11(1-2): 3 – 25.
- RIVEROS, E. 1993. Reservas de forraje para predios lecheros. *El Campesino*. (Chile). 124 (11) : 46 – 57.
- SIEBALD, E. 1987. Técnica de henificación en zonas húmedas. In Latrille, L. (ed). Conservación de forrajes. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de Producción Animal. Serie B-12. pp: 163-178.
- SORHABURU, P. 1996. Degradabilidad ruminal de harina de pescado con secado directo e indirecto mediante el método “*in situ*”. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 60p.

- SUTTIE, J. 2003. Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastoriles. Roma, Italia. 322p.
- TAPIA, J. 1994. Degradabilidad ruminal de la proteína bruta y materia seca en harinas de carne y hueso. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 66p.
- TORRES, A. 1986. Fechas de rezago y cosecha para henificación en la precordillera andina de la Décima Región. Investigación y Progreso Agropecuario Remehue. (Chile). Nº 5 : 22 – 25.
- VALDERRAMA, X. 1993. Dinámica de degradación ruminal de alimentos para rumiantes. Tesis Magíster en Ciencias. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 135p.
- VIVEROS, M. 1996. Composición química y Degradabilidad Ruminal de la pomaza de manzana (Malus pumila Mill). Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 94p.
- WERNLI, C. 1987. Avances en la conservación de forrajes. In Egaña, J. (ed). Alimentación invernal del ganado bovino. Santiago, Chile. pp: 59 – 95.

ANEXOS

ANEXO 1 Cálculo de MS degradada en los diferentes henos.

a. Heno 1.

Horario incubación	Repetición	Peso (g) bolsa	Peso (g) muestra	Peso (g) preincub	Peso (g) postincub	Residuo (g)	%MS degradada
2	1	2,5158	4,0683	6,5841	5,6829	3,1671	22,15
	2	2,5064	4,0682	6,5746	5,6385	3,1321	23,01
	3	2,5229	4,0682	6,5911	5,5922	3,0693	24,55
	4	2,5589	4,0684	6,6273	5,6399	3,0810	24,27
	5	2,5666	4,0684	6,6350	5,5914	3,0248	25,65
	6	2,5606	4,0679	6,6285	5,7278	3,1672	22,14
6	1	2,5420	4,0684	6,6104	5,3551	2,8131	30,85
	2	2,5443	4,0682	6,6125	5,3267	2,7824	31,61
	3	2,5663	4,0682	6,6345	5,4504	2,8841	29,11
	4	2,5581	4,0682	6,6263	5,5377	2,9796	26,76
	5	2,5069	4,0683	6,5752	5,4418	2,9349	27,86
	6	2,5372	4,0680	6,6052	5,4625	2,9253	28,09
12	1	2,5703	4,0681	6,6384	4,6864	2,1161	47,98
	2	2,5695	4,0682	6,6377	4,5910	2,0215	50,31
	3	2,5669	4,0682	6,6351	5,0376	2,4707	39,27
	4	2,5724	4,0682	6,6406	5,0742	2,5018	38,50
	5	2,5644	4,0681	6,6325	4,8435	2,2791	43,98
	6	2,5332	4,0683	6,6015	4,9618	2,4286	40,30
24	1	2,5122	4,0682	6,5804	4,2063	1,6941	58,36
	2	2,5473	4,0679	6,6152	4,1613	1,6140	60,32
	3	2,5367	4,0680	6,6047	4,3724	1,8357	54,87
	4	2,5101	4,0680	6,5781	4,4027	1,8926	53,48
	5	2,5342	4,0682	6,6024	4,3490	1,8148	55,39
	6	2,5704	4,0682	6,6386	4,5388	1,9684	51,61
48	1	2,5243	4,0680	6,5923	3,7968	1,2725	68,72
	2	2,5520	4,0684	6,6204	3,8966	1,3446	66,95
	3	2,5423	4,0680	6,6103	3,8243	1,2820	68,49
	4	2,5062	4,0682	6,5744	3,8241	1,3179	67,60
	5	2,5633	4,0680	6,6313	3,8677	1,3044	67,94
	6	2,5735	4,0680	6,6415	3,9157	1,3422	67,01

(continúa)

Continuación Anexo 1.

b. Heno 2.

Horario incubación	Repetición	Peso (g) bolsa	Peso (g) muestra	Peso (g) preincub	Peso (g) postincub	Residuo (g)	%MS degradada
2	1	2,5685	4,0933	6,6618	5,4623	2,8938	29,30
	2	2,5611	4,0931	6,6542	5,4504	2,8893	29,41
	3	2,5325	4,0930	6,6255	5,4022	2,8697	29,89
	4	2,5359	4,0931	6,6290	5,3943	2,8584	30,17
	5	2,5301	4,0933	6,6234	5,5042	2,9741	27,34
	6	2,5246	4,0934	6,6180	5,4678	2,9432	28,10
6	1	2,5256	4,0930	6,6186	5,1878	2,6622	34,96
	2	2,5191	4,0929	6,6120	5,1273	2,6082	36,28
	3	2,5046	4,0930	6,5976	5,1599	2,6553	35,13
	4	2,5131	4,0932	6,6063	5,2700	2,7569	32,65
	5	2,5470	4,0936	6,6406	5,2431	2,6961	34,14
	6	2,5923	4,0934	6,6857	5,3564	2,7641	32,47
12	1	2,5425	4,0931	6,6356	4,5859	2,0434	50,08
	2	2,5347	4,0930	6,6277	4,5359	2,0012	51,11
	3	2,5628	4,0932	6,6560	4,9412	2,3784	41,89
	4	2,5456	4,0934	6,6390	4,8568	2,3112	43,54
	5	2,5499	4,0932	6,6431	4,7506	2,2007	46,24
	6	2,4934	4,0931	6,5865	4,6475	2,1541	47,37
24	1	2,5549	4,0931	6,6480	4,1370	1,5821	61,35
	2	2,5981	4,0934	6,6915	4,1375	1,5394	62,39
	3	2,5763	4,0931	6,6694	4,2618	1,6855	58,82
	4	2,5381	4,0929	6,6310	4,3089	1,7708	56,74
	5	2,5654	4,0928	6,6582	4,2313	1,6659	59,30
	6	2,5590	4,0932	6,6522	4,3144	1,7554	57,11
48	1	2,4898	4,0932	6,5830	3,5477	1,0579	74,15
	2	2,5488	4,0928	6,6416	3,7183	1,1695	71,43
	3	2,5379	4,0929	6,6308	3,7082	1,1703	71,41
	4	2,5690	4,0928	6,6618	3,8217	1,2527	69,39
	5	2,5804	4,0932	6,6736	3,7523	1,1719	71,37
	6	2,5921	4,0933	6,6854	3,7894	1,1973	70,75

(continúa)

Continuación Anexo 1.

c. Heno 3.

Horario incubación	Repetición	Peso (g) bolsa	Peso (g) muestra	Peso (g) preincub	Peso (g) postincub	Residuo (g)	%MS degradada
2	1	2,5050	4,1047	6,6097	5,6387	3,1337	23,66
	2	2,4893	4,1045	6,5938	5,6219	3,1326	23,68
	3	2,5994	4,1047	6,7041	5,7121	3,1127	24,17
	4	2,5829	4,1047	6,6876	5,6770	3,0941	24,62
	5	2,5278	4,1045	6,6323	5,7015	3,1737	22,68
	6	2,5519	4,1044	6,6563	5,7275	3,1756	22,63
6	1	2,5674	4,1049	6,6723	5,5529	2,9855	27,27
	2	2,5655	4,1048	6,6703	5,4753	2,9098	29,11
	3	2,5520	4,1047	6,6567	5,5203	2,9683	27,68
	4	2,5627	4,1045	6,6672	5,5973	3,0346	26,07
	5	2,5686	4,1048	6,6734	5,5778	3,0092	26,69
	6	2,5173	4,1047	6,6220	5,5634	3,0461	25,79
12	1	2,5362	4,1046	6,6408	5,1555	2,6193	36,19
	2	2,5586	4,1045	6,6631	5,0805	2,5219	38,56
	3	2,5073	4,1045	6,6118	5,2221	2,7148	33,86
	4	2,4879	4,1049	6,5928	5,1223	2,6344	35,82
	5	2,5450	4,1051	6,6501	5,1876	2,6426	35,63
	6	2,5230	4,1049	6,6279	5,2534	2,7304	33,48
24	1	2,5739	4,1046	6,6785	4,6979	2,1240	48,25
	2	2,5260	4,1047	6,6307	4,5768	2,0508	50,04
	3	2,5176	4,1047	6,6223	4,8257	2,3081	43,77
	4	2,4982	4,1044	6,6026	4,7732	2,2750	44,57
	5	2,5491	4,1046	6,6537	4,8414	2,2923	44,15
	6	2,5619	4,1047	6,6666	4,8896	2,3277	43,29
48	1	2,5468	4,1049	6,6517	4,1487	1,6019	60,98
	2	2,5352	4,1048	6,6400	4,2378	1,7026	58,52
	3	2,5432	4,1045	6,6477	4,2294	1,6862	58,92
	4	2,5662	4,1047	6,6709	4,3411	1,7749	56,76
	5	2,5330	4,1047	6,6377	4,2181	1,6851	58,95
	6	2,5513	4,1045	6,6558	4,3720	1,8207	55,64

(continúa)

Continuación Anexo 1.

d. heno 4.

Horario incubación	Repetición	Peso (g) bolsa	Peso (g) muestra	Peso (g) preincub	Peso (g) postincub	Residuo (g)	%MS degradada
2	1	2,5018	4,1321	6,6339	5,6193	3,1175	24,55
	2	2,5259	4,1322	6,6581	5,6736	3,1477	23,83
	3	2,5357	4,1323	6,6680	5,6264	3,0907	25,21
	4	2,5640	4,1320	6,6960	5,6642	3,1002	24,97
	5	2,5036	4,1325	6,6361	5,6786	3,175	23,17
	6	2,5548	4,1326	6,6874	5,7510	3,1962	22,66
6	1	2,5396	4,1321	6,6717	5,4961	2,9565	28,45
	2	2,5491	4,1324	6,6815	5,4911	2,9420	28,81
	3	2,5722	4,1321	6,7043	5,5138	2,9416	28,81
	4	2,5867	4,1321	6,7188	5,6079	3,0212	26,88
	5	2,5341	4,1320	6,6661	5,5864	3,0523	26,13
	6	2,5188	4,1324	6,6512	5,5600	3,0412	26,41
12	1	2,5072	4,1324	6,6396	5,1642	2,6570	35,70
	2	2,5656	4,1322	6,6978	5,1589	2,5933	37,24
	3	2,6315	4,1320	6,7635	5,3789	2,7474	33,51
	4	2,5600	4,1320	6,6920	5,3070	2,7470	33,52
	5	2,6145	4,1323	6,7468	5,3206	2,7061	34,51
	6	2,5017	4,1322	6,6339	5,2024	2,7007	34,64
24	1	2,5380	4,1322	6,6702	4,7066	2,1686	47,52
	2	2,5310	4,1321	6,6631	4,6833	2,1523	47,91
	3	2,5540	4,1320	6,6860	4,8792	2,3252	43,73
	4	2,5476	4,1322	6,6798	4,9302	2,3826	42,34
	5	2,5457	4,1320	6,6777	4,8609	2,3152	43,97
	6	2,5823	4,1321	6,7144	4,9326	2,3503	43,12
48	1	2,6169	4,1322	6,7491	4,2309	1,6140	60,94
	2	2,5020	4,1322	6,6342	4,2507	1,7487	57,68
	3	2,5332	4,1322	6,6654	4,2834	1,7502	57,64
	4	2,5236	4,1321	6,6557	4,3109	1,7873	56,75
	5	2,5167	4,1322	6,6489	4,2625	1,7458	57,75
	6	2,5313	4,1320	6,6633	4,4274	1,8961	54,11

(continúa)

Continuación Anexo 1.

e. Heno 5.

Horario incubación	Repetición	Peso (g) bolsa	Peso (g) muestra	Peso (g) preincub	Peso (g) postincub	Residuo (g)	%MS degradada
2	1	2,5565	4,0554	6,6119	5,5974	3,0409	25,02
	2	2,5472	4,0557	6,6029	5,5515	3,0043	25,92
	3	2,4976	4,0556	6,5532	5,5411	3,0435	24,96
	4	2,5050	4,0554	6,5604	5,4989	2,9939	26,18
	5	2,5420	4,0560	6,5980	5,5672	3,0252	25,41
	6	2,5561	4,0553	6,6114	5,4965	2,9404	27,49
6	1	2,5556	4,0556	6,6112	5,2986	2,7430	32,36
	2	2,5380	4,0553	6,5933	5,3123	2,7743	31,59
	3	2,5636	4,0559	6,6195	5,3176	2,7540	32,10
	4	2,4784	4,0553	6,5337	5,2758	2,7974	31,02
	5	2,6274	4,0555	6,6829	5,4010	2,7736	31,61
	6	2,5529	4,0557	6,6086	5,3374	2,7845	31,34
12	1	2,5101	4,0556	6,5657	4,8561	2,3460	42,15
	2	2,4909	4,0553	6,5462	4,9790	2,4881	38,65
	3	2,5450	4,0556	6,6006	4,8657	2,3207	42,78
	4	2,5411	4,0555	6,5966	5,0347	2,4936	38,51
	5	2,5555	4,0553	6,6108	4,8366	2,2811	43,75
	6	2,5639	4,0554	6,6193	4,9938	2,4299	40,08
24	1	2,5203	4,0553	6,5756	4,2874	1,7671	56,42
	2	2,5157	4,0555	6,5712	4,2721	1,7564	56,69
	3	2,5305	4,0555	6,5860	4,2882	1,7577	56,66
	4	2,5040	4,0553	6,5593	4,2501	1,7461	56,94
	5	2,5645	4,0555	6,6200	4,3095	1,7450	56,97
	6	2,5306	4,0553	6,5859	4,3094	1,7788	56,14
48	1	2,5359	4,0557	6,5916	3,9854	1,4495	64,26
	2	2,4970	4,0555	6,5525	3,9279	1,4309	64,72
	3	2,5271	4,0553	6,5824	3,9716	1,4445	64,38
	4	2,5578	4,0553	6,6131	3,9835	1,4257	64,84
	5	2,5317	4,0555	6,5872	3,9603	1,4286	64,77
	6	2,5620	4,0557	6,6177	3,9565	1,3945	65,62

ANEXO 2 Cálculo de PB degradada en los henos.

a. Heno 1.

Horario incubación	MS (g) inicial	PB (%) Inicial	PB (g) inicial	MS (g) final	PB (%) final	PB (g) final	Residuo (g)	% PB degrad.
2	4,0683	12,76	0,5191	3,0910	12,07	0,3731	0,1460	28,13
2	4,0682	12,76	0,5191	3,1228	11,88	0,3710	0,1481	28,53
6	4,0683	12,76	0,5191	2,9466	11,69	0,3445	0,1747	33,65
6	4,0682	12,76	0,5191	2,8265	10,47	0,2959	0,2232	42,99
12	4,0681	12,76	0,5191	2,2028	9,70	0,2137	0,3054	58,84
12	4,0682	12,76	0,5191	2,4032	9,96	0,2394	0,2797	53,89
24	4,0681	12,76	0,5191	1,7146	8,17	0,1401	0,3790	73,01
24	4,0681	12,76	0,5191	1,8919	8,68	0,1642	0,3549	68,36
48	4,0681	12,76	0,5191	1,2997	6,73	0,0875	0,4316	83,15
48	4,0681	12,76	0,5191	1,3215	6,74	0,0891	0,4300	82,84

b. Heno 2.

Horario incubación	MS (g) inicial	PB(%) Inicial	PB (g) inicial	MS (g) final	PB (%) final	PB (g) final	Residuo (g)	% PB degrad.
2	4,0931	10,33	0,4228	2,8843	7,30	0,2106	0,2123	50,20
2	4,0933	10,33	0,4228	2,9252	7,30	0,2135	0,2093	49,50
6	4,0930	10,33	0,4228	2,7390	7,04	0,1928	0,2300	54,39
6	4,0934	10,33	0,4228	2,6419	6,97	0,1841	0,2387	56,45
12	4,0931	10,33	0,4228	2,1410	5,99	0,1282	0,2946	69,67
12	4,0932	10,33	0,4228	2,2220	6,16	0,1369	0,2860	67,63
24	4,0932	10,33	0,4228	1,6023	5,57	0,0892	0,3336	78,89
24	4,0929	10,33	0,4228	1,7307	5,63	0,0974	0,3254	76,95
48	4,0930	10,33	0,4228	1,2073	6,16	0,0744	0,3484	82,41
48	4,0931	10,33	0,4228	1,1326	5,74	0,0650	0,3578	84,62

(continúa)

Continuación Anexo 2.**c. Heno 3.**

Horario incubación	MS (g) inicial	PB (%) Inicial	PB (g) inicial	MS (g) final	PB (%) final	PB (g) final	Residuo (g)	% PB degrad.
2	4,1046	7,91	0,3247	3,1263	5,72	0,1788	0,1459	44,92
2	4,1045	7,91	0,3247	3,1478	5,80	0,1826	0,1421	43,77
6	4,1048	7,91	0,3247	2,9545	5,91	0,1746	0,1501	46,22
6	4,1047	7,91	0,3247	3,0300	5,70	0,1727	0,1520	46,81
12	4,1045	7,91	0,3247	2,6691	5,53	0,1476	0,1771	54,54
12	4,1050	7,91	0,3247	2,6187	5,48	0,1435	0,1812	55,80
24	4,1047	7,91	0,3247	2,1610	5,46	0,1180	0,2067	63,66
24	4,1046	7,91	0,3247	2,2983	5,46	0,1255	0,1992	61,35
48	4,1047	7,91	0,3247	1,7602	5,81	0,1023	0,2224	68,50
48	4,1047	7,91	0,3247	1,6636	6,04	0,1005	0,2242	69,05

d. Heno 4.

Horario incubación	MS (g) inicial	PB (%) Inicial	PB (g) inicial	MS (g) final	PB (%) final	PB (g) final	Residuo (g)	% PB degrad.
2	4,1322	7,25	0,2996	3,1571	5,37	0,1695	0,1300	43,41
2	4,1324	7,25	0,2996	3,1186	5,57	0,1737	0,1259	42,02
6	4,1322	7,25	0,2996	3,0382	5,27	0,1601	0,1395	46,55
6	4,1322	7,25	0,2996	2,9467	5,51	0,1624	0,1372	45,80
12	4,1322	7,25	0,2996	2,7179	5,19	0,1411	0,1585	52,91
12	4,1322	7,25	0,2996	2,6659	5,42	0,1445	0,1551	51,77
24	4,1321	7,25	0,2996	2,2154	5,41	0,1199	0,1797	59,99
24	4,1321	7,25	0,2996	2,3494	5,22	0,1226	0,1769	59,06
48	4,1322	7,25	0,2996	1,7043	5,99	0,1021	0,1975	65,92
48	4,1321	7,25	0,2996	1,8097	5,7	0,1032	0,1964	65,57

(continúa)

Continuación Anexo 2.

e. Heno 5.

Horario incubación	MS (g) inicial	PB (%) Inicial	PB (g) inicial	MS (g) final	PB (%) final	PB (g) final	Residuo (g)	% PB degrad.
2	4,0556	6,78	0,2750	2,9865	5,63	0,1681	0,1068	38,85
2	4,0556	6,78	0,2750	3,0296	5,51	0,1669	0,1080	39,29
6	4,0556	6,78	0,2750	2,7571	5,59	0,1541	0,1208	43,95
6	4,0555	6,78	0,2750	2,7852	5,48	0,1526	0,1223	44,49
12	4,0555	6,78	0,2750	2,4015	5,56	0,1335	0,1414	51,44
12	4,0554	6,78	0,2750	2,3849	5,46	0,1302	0,1447	52,64
24	4,0554	6,78	0,2750	1,7566	6,04	0,1061	0,1689	61,41
24	4,0554	6,78	0,2750	1,7604	6,19	0,1090	0,1660	60,37
48	4,0555	6,78	0,2750	1,4163	5,86	0,0830	0,1920	69,82
48	4,0555	6,78	0,2750	1,4416	6,39	0,0921	0,1828	66,50

ANEXO 3 Cálculo de FDN degradada en los henos.

a. Heno 1.

Horario incubación	MS (g) inicial	FDN (%) Inicial	FDN (g) inicial	MS (g) final	FDN (%) final	FDN (g) final	Residuo (g)	FDN (%) degrad.
2	4,0683	56,44	2,2961	3,0910	69,44	2,1464	0,1497	6,52
2	4,0682	56,44	2,2961	3,1228	68,05	2,1251	0,1710	7,45
6	4,0683	56,44	2,2961	2,9466	72,66	2,1410	0,1551	6,76
6	4,0682	56,44	2,2961	2,8265	74,93	2,1179	0,1781	7,76
12	4,0681	56,44	2,2961	2,2028	75,42	1,6613	0,6347	27,64
12	4,0682	56,44	2,2961	2,4032	74,60	1,7928	0,5033	21,92
24	4,0681	56,44	2,2960	1,7146	79,64	1,3655	0,9305	40,53
24	4,0681	56,44	2,2961	1,8919	79,26	1,4995	0,7965	34,69
48	4,0681	56,44	2,2961	1,2997	81,71	1,0620	1,2341	53,75
48	4,0681	56,44	2,2960	1,3215	82,68	1,0926	1,2034	52,41

b. Heno 2.

Horario incubación	MS (g) inicial	FDN (%) Inicial	FDN (g) inicial	MS (g) final	FDN (%) final	FDN (g) final	Residuo (g)	FDN (%) degrad.
2	4,0931	57,20	2,3413	2,8843	78,47	2,2633	0,0780	3,33
2	4,0933	57,20	2,3414	2,9252	78,00	2,2817	0,0597	2,55
6	4,0930	57,20	2,3412	2,7390	80,67	2,2096	0,1316	5,62
6	4,0934	57,20	2,3414	2,6419	80,85	2,1360	0,2055	8,77
12	4,0931	57,20	2,3412	2,1410	83,69	1,7918	0,5494	23,47
12	4,0932	57,20	2,3413	2,2220	82,69	1,8374	0,5040	21,52
24	4,0932	57,20	2,3413	1,6023	84,49	1,3538	0,9875	42,18
24	4,0929	57,20	2,3412	1,7307	83,24	1,4406	0,9005	38,47
48	4,0930	57,20	2,3412	1,2073	82,13	0,9916	1,3496	57,65
48	4,0931	57,20	2,3413	1,1326	83,62	0,9471	1,3942	59,55

(continúa)

Continuación Anexo 3.**c. Heno 3.**

Horario incubación	MS (g) inicial	FDN (%) Inicial	FDN (g) inicial	MS (g) final	FDN (%) final	FDN (g) final	Residuo (g)	FDN (%) degrad.
2	4,1046	62,79	2,5773	3,1263	79,29	2,4789	0,0984	3,82
2	4,1045	62,79	2,5772	3,1478	78,91	2,4839	0,0933	3,62
6	4,1048	62,79	2,5774	2,9545	80,41	2,3757	0,2017	7,82
6	4,1047	62,79	2,5773	3,0300	79,82	2,4185	0,1588	6,16
12	4,1045	62,79	2,5772	2,6691	82,98	2,2148	0,3624	14,06
12	4,1050	62,79	2,5775	2,6187	83,35	2,1827	0,3948	15,32
24	4,1047	62,79	2,5773	2,1610	84,69	1,8301	0,7472	28,99
24	4,1046	62,79	2,5772	2,2983	83,98	1,9301	0,6471	25,11
48	4,1047	62,79	2,5774	1,7602	82,85	1,4584	1,1190	43,42
48	4,1047	62,79	2,5773	1,6636	83,37	1,3869	1,1904	46,19

d. Heno 4.

Horario incubación	MS (g) inicial	FDN (%) Inicial	FDN (g) inicial	MS (g) final	FDN (%) final	FDN (g) final	Residuo (g)	FDN (%) degrad.
2	4,1322	64,66	2,6719	3,1571	81,78	2,5819	0,0900	3,37
2	4,1324	64,66	2,6720	3,1186	83,25	2,5963	0,0757	2,83
6	4,1322	64,66	2,6719	3,0382	83,92	2,5497	0,1222	4,57
6	4,1322	64,66	2,6719	2,9467	84,04	2,4764	0,1955	7,32
12	4,1322	64,66	2,6719	2,7179	85,30	2,3184	0,3535	13,23
12	4,1322	64,66	2,6719	2,6659	85,43	2,2775	0,3944	14,76
24	4,1321	64,66	2,6718	2,2154	85,43	1,8926	0,7792	29,16
24	4,1321	64,66	2,6718	2,3494	85,34	2,0049	0,6669	24,96
48	4,1322	64,66	2,6719	1,7043	83,90	1,4299	1,2420	46,48
48	4,1321	64,66	2,6718	1,8097	83,57	1,5124	1,1594	43,39

(continúa)

Continuación Anexo 3.

e. Heno 5.

Horario incubación	MS (g) inicial	FDN (%) Inicial	FDN (g) inicial	MS (g) final	FDN (%) final	FDN (g) final	Residuo (g)	FDN (%) degrad.
2	4,0556	66,24	2,6864	2,9865	79,49	2,3740	0,3124	11,63
2	4,0556	66,24	2,6864	3,0296	79,42	2,4061	0,2803	10,44
6	4,0556	66,24	2,6864	2,7571	81,30	2,2415	0,4449	16,56
6	4,0555	66,24	2,6863	2,7852	81,28	2,2638	0,4226	15,73
12	4,0555	66,24	2,6864	2,4015	82,19	1,9738	0,7125	26,52
12	4,0554	66,24	2,6863	2,3849	82,22	1,9609	0,7254	27,00
24	4,0554	66,24	2,6863	1,7566	81,32	1,4285	1,2578	46,82
24	4,0554	66,24	2,6863	1,7604	80,65	1,4198	1,2665	47,15
48	4,0555	66,24	2,6864	1,4163	81,10	1,1486	1,5378	57,24
48	4,0555	66,24	2,6863	1,4416	80,82	1,1651	1,5212	56,63

ANEXO 4 Análisis de varianza a los parámetros evaluados.

a. Promedios de MS degradada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabla (0,05)
Tipo de heno	4	2349,05	587,26	143,94	2,44
Período de incubación	4	30575,20	7643,80	1873,53	2,44
Interacción	16	561,46	35,09	8,60	2,15
Error	125	509,99	4,08		
Total	149	33995,70	228,16		

b. Promedios de PB degradada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabla (0,05)
Tipo de heno	4	1370,63	342,66	95,78	2,76
Período de incubación	4	7484,88	1871,22	523,05	2,76
Interacción	16	905,43	56,59	15,82	2,06
Error	25	89,44	3,58		
Total	49	9850,37	201,03		

(continúa)

Continuación Anexo 4.**d. Promedios de FDN degradado.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tabla (0,05)
Tipo de heno	4	1110,25	277,56	81,97	2,76
Período de incubación	4	14900,25	3725,06	1100,05	2,76
Interacción	16	346,31	21,64	6,39	2,06
Error	25	84,66	3,39		
Total	49	16441,46	335,54		

ANEXO 5 Degradabilidad a diferentes tiempos de acuerdo con el modelo.

a. Para MS de los diferentes henos de pradera.

Período de incubación (h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
0	17,39	23,49	20,11	21,07	20,08
2	22,52	28,08	22,98	23,62	24,73
6	31,42	36,13	28,23	28,35	32,79
12	41,95	45,86	35,06	34,62	42,28
24	55,75	59,09	45,61	44,64	54,67
48	67,88	71,56	58,34	57,53	65,44
60	70,33	74,30	62,06	61,59	67,60
72	71,71	75,93	64,69	64,59	68,80

b. Para PB de los diferentes henos de pradera.

Período de incubación (h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
0	19,79	43,15	40,42	39,78	35,25
2	27,52	48,75	43,35	42,35	38,76
6	40,39	57,81	48,41	46,82	44,80
12	54,62	67,36	54,38	52,17	51,82
24	71,23	77,63	62,18	59,33	60,77
48	82,93	83,84	68,97	65,84	68,23
60	84,74	84,62	70,32	67,21	69,65
72	85,60	84,65	71,08	68,01	70,41

(continúa)

Continuación Anexo 5.**c. Para FDN de los diferentes henos de pradera.**

Período de incubación (h)	Heno 1	Heno 2	Heno 3	Heno 4	Heno 5
2	4,33	1,05	3,03	2,14	9,09
6	12,34	10,23	7,92	7,19	18,07
12	22,43	21,91	14,73	14,20	28,93
24	37,24	39,34	26,65	26,43	43,80
48	53,36	58,94	44,90	45,10	57,95
60	57,56	64,23	51,84	52,15	61,10
72	60,32	67,79	57,63	58,48	62,98

ANEXO 6 Porcentajes de disminución de la degradabilidad potencial (A + B) por efecto de la tasa de pasaje.

a. Disminución de la degradabilidad potencial (%) de la MS.

	Tasa de pasaje (%/h)		
	2	5	8
Heno 1	22,46	38,95	47,71
Heno 2	21,97	37,34	45,26
Heno 3	29,28	45,39	52,63
Heno 4	31,55	47,37	54,17
Heno 5	20,83	36,23	44,45

b. Disminución de la degradabilidad potencial (%) de la PB.

	Tasa de pasaje (%/h)		
	2	5	8
Heno 1	18,87	34,51	43,53
Heno 2	12,02	20,32	26,09
Heno 3	12,80	22,27	27,32
Heno 4	12,90	22,15	26,98
Heno 5	14,19	24,98	30,82

(continúa)

Continuación Anexo 6.**c. Disminución de la degradabilidad potencial (%) de la FDN.**

	Tasa de pasaje (%/h)		
	2	5	8
Heno 1	36,42	58,92	69,68
Heno 2	39,66	63,36	74,50
Heno 3	56,81	76,48	83,74
Heno 4	57,00	77,02	84,44
Heno 5	29,76	50,45	61,03

ANEXO 7 Degradabilidad efectiva (%) en diferentes henos de pradera para cada tiempo de incubación, considerando tres tasas de pasaje.

a. Degradabilidad efectiva de la MS.

Muestra	Tiempo de incubación (h)	Degradación efectiva		
		2 %/h	5%/h	8%/h
Heno 1	2	22,42	22,28	22,14
	6	30,65	29,60	28,66
	12	39,47	36,38	33,89
	24	49,24	42,24	37,45
	48	55,47	44,61	38,38
Heno 2	2	27,99	27,85	27,73
	6	35,43	34,48	33,64
	12	43,58	40,75	38,46
	24	53,06	46,35	41,86
	48	59,32	48,76	42,8
Heno 3	2	23,32	22,84	22,76
	6	28,86	27,16	26,60
	12	35,38	31,54	29,98
	24	43,87	35,98	32,65
	48	51,20	38,36	33,57
Heno 4	2	23,57	23,50	23,38
	6	27,94	27,39	26,59
	12	33,19	31,41	29,19
	24	40,24	35,61	31,00
	48	46,73	38,00	31,49
Heno 5	2	24,64	24,51	24,39
	6	32,09	31,14	30,29
	12	40,04	37,26	35,01
	24	48,81	42,52	38,20
	48	54,35	44,62	39,02

(continúa)

Continuación Anexo 7.

b. Degradabilidad efectiva de la PB.

Muestra	Tiempo de incubación (h)	Degradación efectiva		
		2 %/h	5%/h	8%/h
Heno 1	2	27,37	27,15	26,94
	6	39,27	37,75	36,39
	12	51,21	46,94	43,49
	24	63,00	54,05	47,82
	48	69,08	56,40	48,75
Heno 2	2	48,62	48,47	48,32
	6	56,91	55,85	54,90
	12	64,73	61,88	59,56
	24	71,69	66,09	62,14
	48	74,66	67,25	62,60
Heno 3	2	43,29	43,21	43,13
	6	47,97	47,37	46,84
	12	52,98	51,22	49,81
	24	58,50	54,54	51,82
	48	61,98	58,86	52,34
Heno 4	2	42,30	42,22	42,15
	6	46,44	45,91	45,44
	12	50,92	49,36	48,09
	24	55,98	52,39	49,93
	48	59,32	53,65	50,43
Heno 5	2	38,70	38,60	38,47
	6	44,27	43,56	42,85
	12	50,16	48,09	46,30
	24	56,50	51,90	48,60
	48	60,34	53,36	49,16

(continúa)

Continuación Anexo 7.

c. Degradabilidad efectiva de la FDN.

Muestra	Tiempo de incubación (h)	Degradabilidad efectiva		
		2 %/h	5%/h	8%/h
Heno 1	2	4,24	4,12	4,00
	6	11,65	10,70	9,86
	12	20,10	17,20	14,86
	24	30,54	23,43	18,63
	48	38,73	26,50	19,81
Heno 2	2	0,95	0,81	0,67
	6	9,44	8,36	7,39
	12	19,22	15,87	13,18
	24	31,51	23,20	17,60
	48	41,44	26,91	19,03
Heno 3	2	2,98	2,91	2,84
	6	7,50	6,92	6,41
	12	13,20	11,29	9,77
	24	21,56	16,25	12,74
	48	30,66	19,57	14,00
Heno 4	2	2,16	2,01	1,94
	6	6,94	6,16	5,63
	12	12,96	10,65	9,09
	24	21,77	15,75	12,14
	48	31,32	19,14	13,43
Heno 5	2	8,99	8,85	8,71
	6	17,29	16,23	15,28
	12	26,40	23,23	20,68
	24	36,90	29,52	24,49
	48	44,14	32,26	25,56

ANEXO 8 Matriz de correlación entre diferentes parámetros medidos en los henos.

	PB	FDN	FDA	D	DMS	DPB	DFDN
PB	1	0,95	0,1	0,44	0,51	0,42	0,14
FDN	0,95	1	0,13	0,58	0,58	0,66	0,06
FDA	0,1	0,13	1	0,79	0,43	0,72	0,02
D	0,44	0,58	0,79	1	0,85	0,83	0,41
DMS	0,51	0,58	0,43	0,85	1	0,7	0,76
DPB	0,42	0,66	0,72	0,83	0,7	1	0,12
DFDN	0,14	0,06	0,02	0,41	0,76	0,12	1

PB: Proteína bruta.

FDN: Fibra detergente neutro.

FDA: Fibra detergente ácido.

D: Valor "D".

DMS: Degradabilidad promedio observada de la materia seca.

DPB: Degradabilidad promedio observada de la proteína bruta.

DFDN: Degradabilidad promedio observada de la fibra detergente neutro.