

USO DEL NITROGENO Y CROMOGENOS COMO INDICES FECALES EN COMBINACION  
CON EL OXIDO DE CROMO, PARA DETERMINAR EL VALOR NUTRITIVO  
DE PRADERAS EN CONDICIONES DE PASTOREO

Por

Ewald Wittke G.

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.  
Centro de Investigación y Enseñanza para la Zona Templada  
La Estanzuela, Colonia  
URUGUAY

Abril de 1965

USO DEL NITROGENO Y CROMOGENOS COMO INDICES FECALES EN COMBINACION  
CON EL OXIDO DE CROMO, PARA DETERMINAR EL VALOR NUTRITIVO  
DE PRADERAS EN CONDICIONES DE PASTOREO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados  
como requisito parcial para optar al grado

de

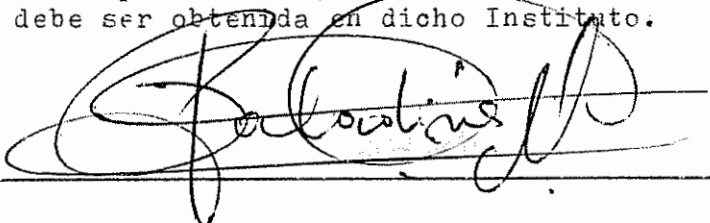
Magister Scientiae

en el

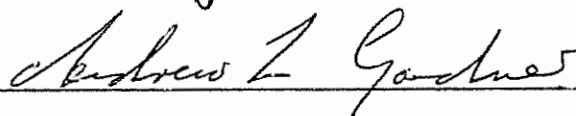
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Permiso para su publicación, reproducción total o parcial,  
debe ser obtenida en dicho Instituto.

APROBADA:



Consejero



Comité



Comité

Abril de 1965

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento:

Al Dr. Osvaldo L. Paladines, quien me proporcionó la orientación y ayuda necesarias para realizar esta tesis.

Al Dr. Andrew L. Gardner y al Ing. Agr. Carlos González por sus útiles sugerencias.

A todos mis compañeros, quienes colaboraron desinteresadamente en el desarrollo de los trabajos experimentales.

## BIOGRAFIA

Ewald Wittke Günther nació en Lebú, Chile, el 24 de diciembre de 1937. Realizó sus estudios primarios en el "Liceo de Hombres de Lebú" y en el "Liceo Experimental Manuel de Salas", en Santiago, y los secundarios en el último de los nombrados, graduándose de Bachiller en 1956.

Ese mismo año ingresó a la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile de donde egresó en el año 1961. El título de Ingeniero Agrónomo lo obtuvo en 1962.

En junio de 1961 ingresó a la Estación Experimental Agronómica, donde trabaja en el Programa de Producción Ovina. Paralelamente se desempeña como ayudante en las cátedras de Producción Ovina y Caprina y de Alimentación Animal en la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile.

En setiembre de 1963 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. para realizar estudios de postgraduado en la disciplina de Nutrición Animal, egresando en 1965.

## TABLA DE CONTENIDO

	<u>Página</u>
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LA LITERATURA.....	3
Valor nutritivo.....	3
Digestibilidad aparente.....	4
Factores que influncian la digestibilidad.....	5
Consumo máximo.....	10
Factores que influncian el consumo máximo.....	11
Indice del valor nutritivo.....	13
Medición de la digestibilidad.....	14
Método directo o convencional.....	14
Métodos indirectos.....	17
El nitrógeno como indicador fecal.....	19
Los cromógenos como indicador fecal.....	21
Estimación del "factor de consumo" con los índices fecales.....	22
Limitaciones de los índices fecales.....	24
Medición del consumo.....	26
Métodos de corte.....	26
Métodos indirectos.....	29
Medición de la producción fecal.....	30
Uso del óxido de cromo para predecir la producción de heces fecales.....	30
Forma de proporcionar el óxido de cromo.....	31
Duración del período de dosificación.....	33
Ciclo de excreción diurna del óxido de cromo.....	34
Sistemas de muestreo de las heces fecales.....	35
Uso combinado de dos indicadores para predecir la diges- tibilidad y el consumo.....	36

	<u>Página</u>
MATERIALES Y METODOS.....	38
Animales empleados.....	38
Pruebas de digestibilidad y consumo.....	39
Jaulas metabólicas.....	40
Bolsas y arneses.....	40
Preparación de las raciones.....	40
Cálculo de la ración de mantenimiento.....	41
Preparación de las muestras.....	41
Muestras de heces fecales.....	41
Muestras de forraje ofrecido.....	42
Muestras de forraje rechazado.....	42
Determinación de materia seca.....	42
Molido de las muestras.....	42
Descripción de los experimentos.....	43
Pradera empleada en los experimentos 1 a 5 (rye- grass).....	43
Pradera empleada en el experimento 6 (ryegrass- trébol subterráneo).....	43
Pradera empleada en el experimento 7 (trébol blanco- dactylis).....	44
Pradera empleada en el experimento 8 (trébol blanco- gramíneas).....	45
Experimento 1: Ryegrass de primer corte.....	45
Experimento 2: Ryegrass de segundo corte.....	46
Experimento 3: Ryegrass en floración.....	46
Experimento 4: Ryegrass maduro.....	47
Experimento 5: Ryegrass sobremaduro.....	47
Experimento 6: Ryegrass-trébol subterráneo.....	47
Experimento 7: Trébol blanco-dactylis.....	48
Experimento 8: Trébol blanco-gramíneas.....	48
Pruebas de consumo en condiciones de pastoreo.....	48
Pradera de ryegrass.....	48
Pradera de trébol blanco-gramíneas.....	49
Estudios sobre la excreción del óxido de cromo y nitrógeno	50
Forma de proporcionar el óxido de cromo.....	50
Porcentaje de recuperación del óxido de cromo.....	50
Curvas de excreción diurna del óxido de cromo y nitrógeno.....	51

	<u>Página</u>
Análisis químico de las muestras.....	51
Nitrógeno.....	51
Cromógenos.....	52
Óxido de cromo.....	52
Ceniza.....	52
Materia seca.....	52
RESULTADOS Y DISCUSION.....	53
Consumo y digestibilidad de los ocho forrajes estudiados.....	53
Relación entre digestibilidad y composición química de las heces fecales.....	60
Resultados con ryegrass.....	60
Resultados con ryegrass y trébol blanco.....	67
Generalización de las regresiones.....	72
Empleo del óxido de cromo para estimar la producción de heces fecales.....	78
Porcentaje de recuperación del óxido de cromo.....	78
Curvas de excreción diurna del óxido de cromo y del nitrógeno.....	81
Estimación del consumo de materia orgánica por los anima- les.....	86
Aplicación de los métodos indirectos para predecir el con- sumo en condiciones de pastoreo.....	91
Estimación del consumo en una pradera de ryegrass de primer corte.....	91
Estimación del consumo en una pradera de trébol blanco y gramíneas.....	95
CONCLUSIONES.....	99
RESUMEN.....	101
SUMMARY.....	105
LITERATURA CITADA.....	109
APENDICE.....	119



## LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro N<sup>o</sup></u>		<u>Página</u>
1	Relaciones entre diferentes expresiones de la digestibilidad y N.D.T., publicadas por Reid (89)	5
2	Correlaciones entre el consumo de materia seca y varias expresiones de peso vivo, según Crampton, Donefer y Lloyd (24).....	11
3	Contenido de materia seca, proteína y ceniza de los forrajes estudiados.....	53
4	Consumo y digestibilidad de ocho forrajes, medidos en jaulas metabólicas.....	54
5	Índice del valor nutritivo de ocho forrajes, medido en jaulas metabólicas.....	58
6	Contenido de nitrógeno y cromógenos en las heces fecales de los animales alimentados con los ocho forrajes estudiados.....	61
7	Relaciones entre digestibilidad de la materia orgánica o materia seca del ryegrass y el contenido de nitrógeno o cromógenos en las heces fecales...	64
8	Relaciones entre digestibilidad de la materia orgánica o materia seca del ryegrass y trébol blanco y el contenido de nitrógeno y/o cromógenos en las heces fecales.....	68
9	Comparación entre la producción real y la estimada con óxido de cromo, de heces fecales (g. de materia orgánica) en los siete días del período de colección.....	79
10	Comparación entre el consumo real y el estimado por varias ecuaciones para predecir la digestibilidad y usando colección total u óxido de cromo para conocer la producción de heces fecales.....	87
11	Número de animales necesarios para estimar el consumo de materia orgánica, con colección total de heces fecales.....	90

Cuadro N<sup>o</sup>Página

12	Digestibilidad y consumo del ryegrass de primer corte en pastoreo. Estimación realizada con las ecuaciones para ryegrass y trébol blanco, con colección total o estimación de la producción de heces fecales con óxido de cromo.....	93
13	Digestibilidad y consumo del ryegrass de primer corte en pastoreo. Estimaciones realizadas con las ecuaciones para ryegrass, con colección total o estimación de la producción de heces fecales con óxido de cromo.....	94
14	Digestibilidad y consumo en pastoreo de una mezcla de trébol blanco y gramíneas. Estimaciones realizadas con las ecuaciones de predicción de la digestibilidad de la materia orgánica en ryegrass y trébol blanco y con colección total de heces fecales o su estimación con óxido de cromo	97
15	Valores de las pruebas de digestibilidad realizadas por Borrajo (13), Paladines (comunicación personal) y Parodi (73), que se incluyen en las ecuaciones generalizadas de predicción de la digestibilidad de la materia seca..	120
16	Resultados individuales obtenidos en los experimentos de digestibilidad y consumo.....	121
17	Resumen del análisis de variancia para digestibilidad de la materia orgánica en los ocho experimentos (realizado con la transformación angular de los datos individuales).....	122
18	Resumen del análisis de variancia para digestibilidad de la proteína en los ocho experimentos (realizado con la transformación angular de los datos individuales).....	123
19	Resumen del análisis de la variancia para consumo máximo en gramos por unidad de tamaño metabólico de los ocho forrajes.....	123
20	Resumen del análisis de variancia para los valores del índice del valor nutritivo de los ocho forrajes.....	123

<u>Cuadro N<sup>o</sup></u>		<u>Página</u>
21	Producción y composición química de las heces <u>in</u> dividuales en las pruebas de digestibilidad y consumo en jaulas metabólicas.....	124
22	Producción y composición química de las heces <u>in</u> dividuales en las pruebas de consumo en pastoreo	126
23	Composición química del forraje rechazado y pro- medios de peso vivo y tamaño metabólico de los animales en los experimentos de digestibilidad y consumo.....	127
24	Composición química de las muestras de forraje obtenidas en las pruebas de consumo en pastoreo.	129
25	Promedios de peso vivo y tamaño metabólico de los animales usados en las pruebas de consumo en pastoreo.....	129

## LISTA DE FIGURAS

<u>Figura N<sup>o</sup></u>		<u>Página</u>
1	Relación entre digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.....	65
2	Relación entre la digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y la concentración de cromógenos en la materia orgánica fecal.....	66
3	Relación entre digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y trébol blanco y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.....	69
4	Relación entre digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y trébol blanco y la concentración de cromógenos en la materia orgánica fecal..	70
5	Relaciones entre digestibilidad de la materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal, calculadas por Raymond et al (85), Coop y Hill (19), y en esta tesis.....	76
6	Recuperación del óxido de cromo entre el tercer y undécimo día de dosificación.....	79
7	Curvas de excreción diurna del óxido de cromo....	83
8	Curvas promedio de excreción diurna del nitrógeno	85

## INTRODUCCION

Para aumentar la calidad y cantidad de la producción pecuaria se requiere que los animales reciban durante su vida productiva alimentos en la cantidad y de la calidad adecuadas, para llenar sus requerimientos alimenticios, en la función productiva que realizan.

La calidad del alimento se puede medir por medio de su digestibilidad, pero, en diversos casos, alimentos altamente digeribles tienen limitado su valor nutritivo por la presencia de factores que limitan su consumo por los animales.

Para alimentar a los animales de acuerdo a sus requerimientos es necesario conocer la digestibilidad y el consumo máximo del o de los alimentos que se le proporcionan. Ambas mediciones son fáciles de realizar cuando los animales reciben alimentación controlada, pero se tornan difíciles en condiciones de pastoreo.

Los resultados obtenidos con animales estabulados no son válidos para usarse en condiciones de pastoreo, por la selección que realiza el animal del forraje que consume. Como la producción animal en América del Sur se basa en el uso directo de las praderas, es de necesidad urgente disponer de métodos que nos permitan medir la digestibilidad y el consumo de forraje en condiciones de pastoreo.

Se han propuesto varios métodos indirectos para medir la digestibilidad y/o el consumo en condiciones de pastoreo. En este trabajo se estudia la posibilidad de emplear el método denominado de los índices fecales, en combinación con el óxido de cromo.

Los objetivos de este trabajo fueron:

1. Establecer las ecuaciones de regresión que describan las relaciones entre nitrógeno y/o cromógenos en las heces fecales y la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica del forraje, cuando está constituido por gramíneas y leguminosas en diferentes estados vegetativos.
2. Calcular el error asociado a los índices fecales, en la estimación de la digestibilidad de los forrajes.
3. Calcular el error asociado al uso del óxido de cromo en la estimación de la producción de heces.
4. Calcular el error asociado al uso de los índices fecales y el óxido de cromo en la estimación del consumo de forraje.

## REVISION DE LA LITERATURA

Valor Nutritivo

Bajo esta denominación se agrupa un conjunto de expresiones que tienden a valorar los alimentos de uso animal. Su objetivo es proporcionar elementos de juicio para realizar la elección del alimento, o combinación de alimentos, que mejor se adapte en su medio ambiente a la función productiva de cada animal.

Una de las primeras formas de expresar el valor nutritivo fue el análisis químico. Su uso está limitado por que los nutrientes encontrados en el análisis no son completamente aprovechados por el animal (25).

La respuesta animal medida en los cambios de peso vivo y en la producción de leche y grasa es otra forma de expresar el valor nutritivo de un alimento. Esta respuesta animal refleja el efecto combinado de la cantidad consumida y de la concentración de elementos nutritivos, o energía, realmente disponible por unidad de peso en el alimento consumido (87).

Cuando se valoran forrajes los índices más adecuados son el consumo máximo y la digestibilidad, o sea los principales factores que condicionan la respuesta animal.

### Digestibilidad aparente

Por definición, la digestibilidad aparente de la materia seca, o de alguno de los nutrientes del alimento, es la fracción consumida que no aparece en las heces fecales. Cuando la fracción no recuperada es expresada en porcentaje del consumo se denomina "coeficiente de digestibilidad", omitiéndose generalmente el término aparente.

La digestibilidad de los forrajes se expresa en alguna de las siguientes formas:

Digestibilidad de la materia seca (M.S.D.)

Digestibilidad de la materia orgánica (M.O.D.)

Digestibilidad de la energía (E.D.)

Al utilizar la digestibilidad de la materia orgánica, es necesario determinar el contenido de ceniza en la materia seca del forraje ofrecido, forraje rechazado y heces fecales producidas y restarlo de las cantidades originales para establecer el coeficiente de digestibilidad.

La digestibilidad de la energía se calcula midiendo la energía contenida en el forraje consumido y en las heces o multiplicando los nutrientes digeribles por su valor energético (proteína por 5,65, hidratos de carbono por 4,1 y grasa por 9,4).

Las diferentes expresiones de digestibilidad enumeradas se correlacionan entre sí y con la expresión de nutrientes digeribles totales (N.D.T.), y es posible predecir una de ellas a partir de otra. Las ecuaciones de predicción y los coeficientes de correlación que se presentan en el Cuadro Nº 1, han sido publicadas por Reid (89).



CUADRO Nº 1. Relaciones entre diferentes expresiones de la digestibilidad y N.D.T., publicadas por Reid (89).

Criterios relacionados		Coeficiente de correlación	Ecuación de predicción	Coeficiente de variación
y	x			
E.D. (Kcal/Kg)	M.S.D. (%)	0,98	$y = 49,0x - 360$	% 2,7
E.D. (Kcal/Kg)	N.D.T. (%)	0,99	$y = 51,9x - 488$	1,7
N.D.T. (%)	M.S.D. (%)	0,99	$y = 0,94x + 2,6$	2,0

Entre la M.O.D. (y) y la M.S.D. (x) existe un coeficiente de correlación de 0,995 y se puede predecir una a partir de la otra por la ecuación  $y = 0,99x + 3,55$  (42). En los forrajes el valor de M.O.D. es similar al de N.D.T. (70).

#### Factores que influyen en la digestibilidad

El estado de madurez en que se encuentra el forraje es uno de los principales factores que determinan la digestibilidad de la materia seca del forraje por los rumiantes.

Relacionando la digestibilidad de 94 forrajes de primer corte estudiados durante diez años en Cornell (U.S.A.), con la fecha de corte, Reid et al (92) establecieron la siguiente ecuación de predicción:

$$y = 85,0 - 0,48x ; s_{yx} = 1,65\%$$

Donde, y es el porcentaje de materia seca digerible y x la fecha de corte en días pasado el 30 de abril.

Estudiando la relación anterior en dos variedades de Lolium perenne (S<sub>23</sub> y S<sub>24</sub>) y en una de Dactylis glomerata (S<sub>37</sub>), Minson, Raymond y Harris (69, 70) encontraron que la digestibilidad del forraje permanece en un nivel alto y relativamente constante hasta el momento en que comenzaban a emerger las espigas. A partir de ese momento se produce una caída en la digestibilidad de casi 0,5 unidades por día, valor similar al de 0,48 encontrado por Reid et al (92).

Un resultado similar en la disminución de la digestibilidad de la materia orgánica después de la emergencia de las espigas ha sido encontrada en Inglaterra por Shepperson (95) con una mezcla de gramíneas y trébol.

En el trébol blanco (Trifolium repens) se ha encontrado una caída de sólo 0,15 unidades en el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica entre el 21 de mayo y el 20 de junio (42).

En igual estado vegetativo, los cortes siguientes al primero tienen una menor digestibilidad y una menor variación diaria que el primero (42, 69, 70, 92).

El estudio realizado por Reid y colaboradores (92) indica que las especies forrajeras tienen muy poco o ningún efecto sobre los valores de energía digerible del forraje. Posteriormente Reid (89) aclara que el pasto ovillo (Dactylis glomerata) tiene una digestibilidad de 5 a 6 unidades por debajo y la variedad Essex de Phleum pratense de 3 a 4 unidades por arriba de la recta descrita por la ecuación  $y = 85,0 + 0,48 x$ .

Minson, Raymond y Harris (69) encontraron los siguientes valores de digestibilidad de la materia orgánica en un primer corte realizado el 1º de junio en Inglaterra:

<u>Lolium perenne</u> , variedad S23	76%
<u>Lolium perenne</u> , variedad S24	65%
<u>Dactylis glomerata</u> , variedad S37	59%

En los rebrotes se hicieron menores las diferencias entre las variedades de Lolium, pero el pasto cvillo siempre mostró un coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica más bajo.

Estos datos y los publicados por Harkess (42), que muestran variaciones de casi 9 unidades en la digestibilidad de la materia orgánica en diferentes especies cortadas en un mismo día, indican que existen diferencias grandes en la digestibilidad de las diferentes especies y variedades forrajeras.

Al realizarse estudios de digestibilidad, cortando el forraje todos los días, dentro de la determinación promedia del período de colección se incluye la variación diaria.

Para obviar el cambio en la digestibilidad durante los experimentos, en Hurley (Inglaterra) se almacena el forraje entre 0 y -50°F. desde el día de corte hasta el momento en que se proporciona a los animales (46, 79, 80). Durante el almacenamiento en frío no se producen cambios significativos en la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y nitrógeno (80).

La posibilidad de conservar el forraje a usarse en las pruebas de digestibilidad como heno ha sido estudiada por Shepperson (95); comparando los valores de digestibilidad de la materia orgánica en una mezcla de gramíneas y trébol henificada, por tres diferentes métodos, con el forraje conservado frío. De este trabajo se concluye que al henificar se disminuye en una pequeña cantidad la digestibilidad de la materia orgánica.

El método de conservación no mejora ni deteriora los valores de energía del forraje, siempre que se tenga el cuidado de evitar pérdidas de nutrientes (92). Cuando existen pérdidas de nutrientes el cambio que se produce en la composición química trae consigo una alteración en la digestibilidad (25).

Cuando la ración consiste únicamente de forraje entero picado la digestibilidad no varía al variarse el nivel de consumo (2). Contrariamente a esta conclusión se han publicado datos que indican una disminución en la digestibilidad al aumentar el consumo de forraje (9, 10, 42, 82).

Estas diferencias encontradas en la digestibilidad al variar el consumo, son generalmente menores que la variación asociada con los animales. Andersen et al (2) encontraron un coeficiente de variación medio, entre animales, para la digestibilidad de la materia seca del 2,2%, al considerar 110 pruebas realizadas en Cornell que incluían ovinos y bovinos.

La variación individual entre animales es ligeramente mayor en los ovinos que en los bovinos (1). Al comparar los coeficientes de digestibilidad entre ovinos y bovinos, Alexander et al (1) encontraron que con vacunos se obtienen coeficientes de digestibilidad superiores en 1% a los obtenidos con ovinos. Harkess (42), no encuentra diferencias significativas en la digestibilidad del forraje medida con ovinos o con bovinos.

Reid (89) presenta datos en avena (Avena sativa) y pasto sudan (Sorghum sudanense) que muestran una pequeña superioridad en el valor del coeficiente de digestibilidad de la materia seca medido con vacunos y una mayor variación entre los ovinos.

Raymond, Harris y Kemp (81) encontraron en ovinos un incremento promedio de casi una unidad de digestibilidad por año desde corderos a animales de dos años de edad. Ivins (47), comentando este resultado, lo explica diciendo que mientras más joven es el animal es más susceptible a los parásitos internos.

En condiciones de pastoreo la digestibilidad del forraje consumido está positivamente correlacionada con el grado de pastoreo selectivo (7). Al comparar el pastoreo diario con la alimentación estabulada de vacas lecheras, Greenhalgh y Runcie (36) dicen que el efecto del pastoreo selectivo sobre la digestibilidad fue pequeño.

Al comparar el pastoreo diario con el rotativo de vacas lecheras sobre una pradera de pasto ovillo-ryegrass perenne-trébol blanco, Holmes y Osman (43) no encuentran diferencias significativas en la digestibilidad del forraje consumido en ambos tratamientos.

## Consumo máximo

Se puede considerar como norma general que mientras mayor es el consumo diario de una determinada ración, mayor es la producción diaria del animal que la consume (8).

El consumo total por día depende de la naturaleza de la pradera y del peso de los animales, en vacunos en pastoreo existe una correlación altamente significativa ( $r = 0,83$ ) entre el peso del cuerpo y el consumo de materia seca (64).

Baker (5) estudió un grupo de datos publicados especialmente en Inglaterra y calculó la siguiente ecuación de predicción entre lb. de materia seca consumida (y) y peso vivo, en lb., de vacunos en pastoreo o estabulados (x):

$$y = 0,0234x^{\dot{0},7} + 0,7$$

De esta ecuación se desprende que por cada 100 lb. de aumento en el peso vivo hay un aumento de 2,3 lb. en el consumo diario de materia seca, este dato es bastante más bajo que el calculado por Martin, Brannon y Reid (64) de 5,6 lb.

De lo expuesto se debe concluir que al expresar el consumo máximo de los animales debe considerarse el peso vivo de los mismos, la expresión más corriente del consumo es en porcentaje del peso vivo.

Al analizar estadísticamente las cantidades de alimento, de composición constante, que consumen los individuos, se encuentra que el consumo está más relacionado al peso vivo elevado a una potencia cercana a 0,7 que al peso vivo (8).

De acuerdo con lo anterior es corriente expresar el consumo en gramos por unidad de tamaño metabólico ( $W_{Kg}^{.734}$ ). El exponente .734 del peso vivo es el que relaciona el metabolismo basal de los animales adultos de diferentes especies (17).

Reid (89) compara tres expresiones del consumo:  $E/W_{lb.}$ ,  $E/W_{lb.}^{.73}$ , y  $E/W_{lb.}^{.84}$ , encontrando que esta última expresión es la que da valores más similares cuando se comparan ovinos con bovinos.

Crampton, Donefer y Lloyd (24) han correlacionado el consumo de materia seca en gramos con diferentes expresiones del peso vivo. Los resultados se presentan en el Cuadro Nº 2.

CUADRO Nº 2. Correlaciones entre el consumo de materia seca y varias expresiones del peso vivo, según Crampton, Donefer y Lloyd (24)

Correlación entre	Coefficiente de correlación	Coefficiente de variación
		%
g. M.S. consumida y peso vivo	0,75	20
g. M.S. consumida y 100 kg peso vivo	0,21	14
g. M.S. consumida y $W_{Kg}^{.75}$	0,076	13

#### Factores que influyen el consumo máximo

Al expresar el consumo máximo por unidad de tamaño metabólico o en porcentaje del peso vivo, existe una variación entre animales de características similares. Esta variación está valorada por coeficientes de variación que fluctúan entre  $\pm 14$  a  $\pm 13\%$  para ovinos establecidos (11, 12) y entre  $\pm 7,5$  y  $\pm 12\%$  para bovinos establecidos y en pastoreo (12, 36).

Sobre las causas de esta variación entre animales, Campling (18) expresa que ellas son poco conocidas y citando a Mather (1959), England (1962) y Rimm (1963) señala la posibilidad de que parte de la variación tenga origen genético.

Un probable mecanismo que regula el consumo de alimentos, es la relación positiva entre gasto y consumo de energía (8). En acuerdo con este mecanismo de regulación, Langlands, Corbett y McDonald (58) han encontrado que las vacas tienen un consumo de forraje superior al de los novillos y que estos no difieren en su consumo al de los capones, cuando es expresado por unidad de tamaño metabólico.

Entre la concentración de energía del alimento y el consumo máximo existe una relación positiva que actuaría en la regulación del consumo (8). Se ha encontrado en ovinos (11) y en bovinos (12) que el consumo máximo de forraje está directamente relacionado con la digestibilidad aparente de la energía.

De la revisión de literatura realizada por Balch y Campling (6) se desprende que al agregar cualquier elemento que altere la digestibilidad se altera el consumo máximo del alimento.

En dietas constituidas preferentemente por forrajes la distensión física del rumen-retículo es un importante factor en la regulación del consumo máximo. Krüger y Müller (citados por Balch y Campling (6)), han sugerido que al ofrecer diferentes forrajes ad-libitum a vacas, éstas consumen cada vez hasta un llenado similar del rumen.



Cualquier factor que acelere la desaparición del alimento del rumen-retículo se traduciría en un mayor consumo. La desaparición puede ser provocada por absorción desde el rumen o por disminución en el tamaño de las partículas y su salida por el orificio retículo-omasal al omasum.

El consumo máximo estaría limitado por la velocidad con que se rompe el forraje en el rumen y esta velocidad es una característica de cada especie (99). Para probar esta teoría, Troelsen y Bigsby (99) han construido un masticador artificial con el cual medir esta característica in vitro. Correlacionando el consumo con un índice del tamaño de las partículas obtenido con el masticador artificial encontraron una correlación de 0,94.

#### Índice del valor nutritivo

Teniendo en consideración que la respuesta animal es un reflejo de la cantidad de alimento consumida y de la digestibilidad de este alimento, Crampton, Donefer y Lloyd (23, 24) han propuesto la utilización de un índice que reúna estos dos factores y permita comparar forrajes entre sí.

El índice del valor nutritivo (I.V.N.) está dado por la siguiente fórmula:

$$\text{I.V.N.} = (\text{Consumo relativo}) \times (\text{Digestibilidad de la energía})$$

El consumo relativo se obtiene usando el heno de trébol rojo (Trifolium pratense) como forraje estandar, al consumo promedio por unidad de tamaño metabólico de este heno (80 g. por día) se le asigna el valor 100 y el consumo relativo es:

$$\text{Consumo relativo} = \frac{100 (\text{g. de M.S. consumidos/día})}{80 (W_{\text{Kg.}}^{.75})}$$

El índice del valor nutritivo propuesto está determinado en un 70% por el consumo y en un 30% por la digestibilidad, cuando se aplica a los henos utilizados en el este de Canadá (24).

Crampton y sus colaboradores (23, 24) calcularon correlaciones que fluctúan entre 0,88 a 0,94 entre los valores del I.V.N. y los cambios en el peso vivo de ovinos; cuando los cambios en el peso vivo se correlacionaban únicamente con el consumo del forraje, la correlación bajaba a 0,50.

### Medición de la Digestibilidad

#### Método directo o convencional

La medición de la digestibilidad requiere llevar un registro exacto de la cantidad de nutrientes consumidos y excretados (65). Para poder realizar una prueba de digestibilidad es necesario mantener a los animales estabulados, en jaulas metabólicas o corrales individuales, donde reciban el alimento y sea posible recuperar el rechazo.

El forraje rechazado puede considerarse como no consumido y restarse del ofrecido en el cálculo de la digestibilidad o bien puede ser considerado no digerible y sumarse a la producción de heces (25).

Cuando se realizan pruebas de digestibilidad ofreciendo forraje ad-libitum, para evitar un posible efecto sobre la digestibilidad de la mayor o menor selección que realicen los animales, se debe tratar que todos los animales dejen un porcentaje de rechazo similar.

Al realizar la colección de heces en los experimentos de digestibilidad se asume generalmente que el alimento consumido en los días  $D_0$  a  $D_x$  corresponde a las heces producidas en los días  $D_2$  a  $D_x + 2$  (79).

Esto se puede considerar cierto únicamente cuando el período de colección es lo suficientemente largo para evitar la variación en el paso del alimento por el aparato digestivo de los rumiantes (25, 79). Además debe asumirse que si se puede mantener constante el consumo de una dieta por un período suficientemente largo, la producción diaria de heces también permanece constante (25).

La uniformidad en el consumo es difícil de lograr cuando se utilizan niveles altos de alimentación (79).

El largo de los períodos de colección utilizados más comúnmente va desde los doce días (79) a los cuatro días (49). Raymond, Harris y Harker (79) encontraron que un período de colección de diez a doce días daba coeficientes de digestibilidad que no variaban al aumentar el largo del período. Al comparar períodos de cuatro, ocho y doce días encontraron que la digestibilidad medida en un período de ocho días era generalmente más semejante a la obtenida con doce días que la medida con períodos de colección de cuatro días.

Períodos cortos de colección se pueden usar siempre que el consumo de materia seca sea uniforme y se utilicen períodos preliminares largos (34). Por lo general un período preliminar de seis a siete días parece ser suficiente (79, 97). Cuando la cantidad y calidad del forraje que se estudia es muy diferente del que recibían los animales antes de la prueba, es conveniente prolongar el período preliminar (79).

La colección de heces se puede realizar en las jaulas metabólicas mediante el uso de recolectores que permitan obtenerlas separadamente de la orina (65). En otros tipos de jaulas y en los animales sueltos la colección se realiza con arneses y bolsas especialmente diseñadas para ello (3, 31, 65, 79).

El método para medir la digestibilidad descrito es llamado Directo o Convencional, se le critica el ser un procedimiento laborioso que requiere un gasto elevado de tiempo y dinero y fundamentalmente que no refleja lo que ocurre cuando el forraje es pastoreado por los animales.

El forraje seleccionado por el animal en pastoreo contiene menos fibra cruda y más proteína cruda, grasa y ceniza que el forraje total disponible (7, 41). El efecto de la selección del forraje por el animal en pastoreo hace que el método convencional subestime su digestibilidad (78).

Blaser et al (7) informan que la digestibilidad de la materia seca, medida con novillos, fue consistentemente más alta al pastorear la parte superior que la parte inferior de praderas de pasto cvillo y festuca fertilizadas con nitrógeno.

## Métodos indirectos

Reid (86) al resumir los factores que dificultaban la medición del valor nutritivo en condiciones de pastoreo, señalaba, en 1952, como uno de los principales a la falta de métodos adecuados para medir la calidad del forraje seleccionado por los animales.

En los últimos años se han propuesto y utilizado varios métodos para valorar el forraje consumido en condiciones de pastoreo. Uno es la relación entre la composición del forraje consumido y de las heces fecales resultantes (ratio techniques), este método requiere la presencia de un indicador que se determina en el alimento y en las heces fecales resultantes (78, 88).

Los valores obtenidos se aplican a la siguiente relación (49, 86, 88, 90):

$$\text{M.S.D.} = 100 - 100 \left( \frac{\% \text{ indicador en alimento}}{\% \text{ indicador en las heces}} \times \frac{\% \text{ M.S. en heces}}{\% \text{ M.S. en alimento}} \right)$$

Con esta técnica, es necesario emplear como indicadores substancias que estando presentes en el forraje sean totalmente indigeribles (78); o de una digestibilidad conocida y constante (86). Como indicadores se han usado la lignina (33, 48, 49) y los cromógenos (48, 90, 91).

El problema principal de este método es la necesidad de obtener una muestra representativa del forraje consumido por los animales (78). A consecuencia del pastoreo selectivo es imposible obtener una muestra ya sea por corte o arrancada a mano que represente el forraje consumido por los animales (86).

Las técnicas de muestreo basadas en el uso de animales fistulados permiten obtener muestras representativas del forraje consumido por los animales (89).

Usando animales fistulados para obtener las muestras de forraje consumido y analizando en ellas la digestibilidad por medio de las técnicas in vitro, es posible obtener una valoración de la calidad del forraje consumido en condiciones de pastoreo (98).

Otra forma de medir indirectamente la digestibilidad del forraje es usando las correlaciones existentes entre la digestibilidad del forraje consumido y la composición de las heces fecales resultantes (85). Este método es conocido con el nombre de índices fecales.

Para aplicar el método de los índices fecales es preciso determinar en ensayos convencionales de digestibilidad las ecuaciones de regresión que relacionan la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica del forraje con el porcentaje del indicador presente en las heces, el cálculo de la digestibilidad se realiza midiendo el contenido del indicador en las heces y reemplazando su valor en la ecuación correspondiente.

Los <sup>o</sup>indicadores fecales más comúnmente usados son el nitrógeno (19, 34, 35, 86, 58, 85) y los cromógenos (34, 85, 91). También se ha propuesto y utilizado la fibra cruda determinada por varios métodos (43, 66, 85) y el grupo methoxyl de la lignina (93).

### El nitrógeno como indicador fecal

La primera relación entre digestibilidad y contenido de nitrógeno en las heces fue establecida por Lancaster (55) en Nueva Zelandia y era de la forma:

$$\text{M.O.D.} = \frac{100 n - C}{n}$$

Donde, n es el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica de las heces y C corresponde al nitrógeno excretado por cada 100 g. de materia orgánica consumida, valor que Lancaster (55) consideró una constante ( $0,83 \pm 0,102$  g.).

En trabajos posteriores Lancaster (citado por Raymond et al (85)) propuso dos valores de C: 0,67 para los forrajes que contenían menos del 15% de proteína cruda y 0,80 para los forrajes con más de 15% de proteína cruda.

Al asumir que el nitrógeno excretado por cada 100 g. de materia orgánica consumida es una constante, se asume que la proteína es totalmente digerible y que el nitrógeno excretado es exclusivamente de origen metabólico.

El nitrógeno excretado por cada 100 g. de materia orgánica consumida no es constante y varía de acuerdo al contenido de proteína cruda en el forraje (45). Se ha encontrado además que la relación entre proteína del forraje y excreción de nitrógeno difiere entre el primer corte y los siguientes (45).

La proteína digerible se puede determinar a partir del contenido de proteína cruda del forraje de acuerdo a la siguiente ecuación (44):

$$y = 0,929x - 3,48 ; S_{yx} = 0,46\%$$

Donde, y es el porcentaje de proteína digerible en la materia seca del forraje y x el porcentaje de proteína cruda en la materia seca del forraje. De esta relación se concluye que la verdadera digestibilidad de la proteína fluctúa alrededor del 93%.

Asumiendo que existe una relación lineal entre la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica y el contenido de nitrógeno en la materia orgánica de las heces (x), Raymond et al (85) calcularon, en un grupo de cuarenta forrajes que variaban en digestibilidad desde el 55 al 81%, las siguientes ecuaciones:

$$M.S.D. = 43,25 + 7,619x ; S_{yx} = 6,01$$

$$M.O.D. = 44,85 + 7,947x ; S_{yx} = 5,66$$

Langlands, Corbett y McDonald (58) han encontrado que cuando tienen una variación pequeña en el rango de digestibilidades estudiadas, la relación con el nitrógeno fecal se ajusta a una recta, pero cuando se tiene un rango amplio el mejor ajuste está dado por el polinomio de segundo grado. En ambas situaciones estos autores han encontrado asociado a la regresión un error estándar de aproximadamente  $\pm 1,5\%$ .



Utilizando datos de 58 pruebas de digestibilidad realizadas en Nueva Zelandia, Coop y Hill (19) calcularon entre la digestibilidad de la materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica (x), la siguiente ecuación:

$$M.O.D. = 30,84 + 17,10x - 1,30x^2$$

El error de predicción fue menor en esta ecuación general que en tres ecuaciones parciales de la misma forma calculadas agrupando los datos de acuerdo al lugar en que se desarrollaron las pruebas.

Varios autores (34, 36, 39, 43) han calculado regresiones locales que se ajustan a una línea recta y que tienen asociados errores estandares de  $\pm 1,5$  a  $\pm 2,0\%$ .

Greenhalgh, Corbett y McDonald (35) presentan un grupo de ecuaciones locales en las cuales la relación entre digestibilidad de la materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica de las heces se ajusta a la ecuación de un polinomio de segundo grado, con errores estandares que fluctúan entre  $\pm 0,70$  a  $\pm 1,07\%$ .

#### Los cromógenos como indicador fecal

En el desarrollo de sus estudios sobre el uso de los cromógenos como indicador indigerible, Reid y colaboradores (91) observaron que la concentración de cromógenos en las heces (x) estaba correlacionada con la digestibilidad de la materia seca. La siguiente ecuación describe esa relación:

$$M.S.D. = 32,72 + 0,0168x + 8,47 \log x \quad ; \quad S_{yx} = 0,44\%$$

Esta ecuación ha sido usada con éxito por varios autores (15, 49). Pero ella puede ser usada únicamente cuando la unidad de cromógenos tenga la misma potencia que la empleada por Reid et al (91). Cuando la unidad de cromógenos varía se debe calcular una nueva ecuación (88).

Al asumir que la relación existente entre la concentración de cromógenos en la materia orgánica de las heces y la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica es recta, Raymond et al (85) calculan ecuaciones con errores estandares de  $\pm 6,9\%$ .

Greenhalgh y Corbett (34) calcularon ecuaciones restringidas a un pequeño número de observaciones y encontraron que la relación se ajustaba a una recta con errores estandares de  $\pm 1,5\%$  iguales a los del nitrógeno.

#### Estimación del "factor de consumo" con los índices fecales

Otra forma de establecer los índices fecales es calculando la regresión entre la relación forraje consumido a heces producidas (factor de consumo), con el porcentaje de nitrógeno (4, 32, 39, 50, 54, 56, 66) o con la cantidad de pigmentos (50) en las heces fecales.

En estas ecuaciones el factor de consumo es el recíproco de la porción no digerible y por lo tanto sirven para determinar la digestibilidad y el consumo de forraje (88).

Pocas han sido las comparaciones realizadas con el uso del nitrógeno y de los cromógenos como índices fecales. Kennedy, Carter y Lancaster (50) compararon ambos índices para predecir el factor de consumo. En su comparación incluyeron la ecuación de una recta, el polinomio de segundo grado y una ecuación logarítmica. Estos autores encontraron que con el nitrógeno fecal se puede predecir el factor de consumo con 8% de error, contra 11% que se comete al usar los pigmentos fecales determinados en 415 mu. Cuando se utiliza la ecuación múltiple entre pigmentos fecales, nitrógeno fecal y factor de consumo el error disminuye significativamente a 7%.

Raymond et al (85) asumiendo que las relaciones con la digestibilidad son lineales, encuentra que las estimaciones realizadas con nitrógeno fecal son más precisas que las realizadas con los cromógenos pero aún más precisa es la regresión múltiple entre digestibilidad y porcentaje de nitrógeno y concentración de cromógenos en las heces fecales.

Por otra parte Greenhalgh y Corbett (34) son capaces de estimar la digestibilidad de la materia orgánica con igual exactitud utilizando el nitrógeno o los cromógenos.

No existen en la literatura suficientes elementos de juicio para preferir uno u otro índice, sin embargo varios autores prefieren usar el nitrógeno fecal por su mayor facilidad de análisis (34, 35).

### Limitaciones de los índices fecales

El uso de una ecuación general para predecir la digestibilidad ha sido criticado por Raymond, Minscn y Harris (84) quienes encontraron que: (a) hay una variación estacional en la relación, (b) la digestibilidad cae al aumentar el nivel de forraje consumido, por lo tanto en niveles altos de alimentación puede sobreestimarse la digestibilidad si las relaciones han sido determinadas en bajos niveles de alimentación y (c) la digestibilidad se incrementa con la edad de los ovinos.

La variación estacional ha sido también demostrada por otros investigadores (35, 68) y además se ha encontrado que las relaciones entre digestibilidad y composición de las heces es diferente entre el primer corte y los siguientes (20, 34).

El efecto del nivel de alimentación sobre la digestibilidad se ha discutido anteriormente y ninguna conclusión se puede obtener al revisar la literatura sobre el tema. La variación asociada a la edad de los ovinos se puede adjudicar a un deficiente control parasitario en los animales (47).

Las ecuaciones calculadas con datos obtenidos en ovinos son válidas para los vacunos, sean novillos o vacas (58).

La fertilización nitrogenada de la pradera puede incrementar el contenido de nitrógeno en el forraje sin incrementar su digestibilidad (34). Cuando se incrementa el contenido de nitrógeno en el forraje

se incrementa también el contenido de cromógenos (correlación entre ambos de 0,96) (34). Basándose en que la cantidad de nitrógeno fecal es regulada por la excreción de nitrógeno metabólico, Greenhalgh y Corbett (34) expresan que los cambios en el contenido de los indicadores en el forraje, alteran en mayor proporción el esquema de excreción de los cromógenos que el del nitrógeno.

En un trabajo posterior, Greenhalgh, Corbett y McDonald (35) encuentran que tanto en primavera como en verano la relación entre nitrógeno fecal y digestibilidad de la materia orgánica es diferente en praderas que reciben diferentes niveles de fertilización nitrogenada.

Las especies forrajeras que intervienen en el cálculo de las relaciones son también responsables de la falta de precisión en las ecuaciones generales. Milford (66) no encuentra en cuatro especies forrajeras subtropicales una relación significativa entre la digestibilidad del forraje y la concentración de nitrógeno fecal.

Las regresiones en que se basa el método de los índices fecales son más precisas si se restringen en su derivación y uso a forrajes que difieren sólo en un pequeño grado en composición y digestibilidad (84).

Lo anterior es corroborado por las ecuaciones obtenidas por Greenhalgh, Corbett y McDonald (35), Greenhalgh y Runcie (36), y Holmes y Osman (43) entre la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de nitrógeno en la materia orgánica de las heces, cuyos errores estandares no son superiores a  $\pm 2\%$ .

Debe recordarse, aunque no se han publicado resultados similares, que la ecuación calculada por Reid et al (91) abarca forrajes que fluctúan en digestibilidad de la materia seca entre el 51,6 al 74,0% y cuyo contenido de proteína cruda va desde el 6,79 al 22,05% y sólo tiene un error estandar de  $\pm$  0,44%.

Además de las condiciones inherentes al forraje, la variabilidad entre animales y los errores de medida son también fuentes de error en las ecuaciones de los índices fecales (35).

#### Medición del Consumo

La forma más sencilla para medir el consumo máximo es proporcionar alimento a los animales estabulados en cantidades conocidas y medir el rechazo. La cantidad de rechazo diario debe ser lo suficientemente alta para permitir al animal realizar el máximo consumo. En ovinos se recomienda que el rechazo sea de 10 a 15% de la ración (11) y en bovinos un Kg de materia seca (12).

Este método subestima el consumo debido especialmente a la imposibilidad que tienen los animales de seleccionar su alimento (85).

#### Métodos de corte

En condiciones de pastoreo se utilizan bajo diferentes nombres métodos de corte para medir el consumo de forraje. Generalmente, todos ellos consisten en cortar un número de muestras en la superficie pastoreada para estimar la cantidad de forraje disponible, el corte se puede realizar inmediatamente antes, durante y/o al final del período de pastoreo (61).

Linehan (61) enumera los siguientes métodos basados en la diferencia entre el forraje disponible para el ganado y el forraje que no es consumido:

- (a) Producción del forraje al final del período de pastoreo en áreas protegidas menos el forraje no consumido en ese mismo momento.
- (b) Producción del forraje al comienzo del período de pastoreo menos el forraje no consumido al fin del período.
- (c) El consumo es medido de acuerdo a la fórmula propuesta por Linehan, Lowe y Stewart (62)

$$\text{Consumo} = (c - f) \cdot \left( \frac{(\log d - \log f)}{(\log c - \log f)} \right)$$

Donde, c es la cantidad de forraje al comienzo del pastoreo, d es la cantidad de forraje al final del período de pastoreo en áreas protegidas por jaulas y f es la cantidad de forraje no consumida.

Al comparar el consumo, expresado en equivalente almidón, de los tres métodos enumerados con el obtenido a partir de los aumentos de peso en novillos que utilizaban las praderas estudiadas durante cuatro años, Linehan, Lowe y Stewart (62) encontraron que el método propuesto por ellos (c) daba estimaciones similares a las obtenidas a partir de la producción animal, con los otros dos métodos se obtenía una sobreestimación (a) o una subestimación (b) de aproximadamente 30%.

Entre los defectos de los métodos de corte basados en diferencias está el que las áreas protegidas tienen un microclima diferente

al de las áreas pastoreadas, lo cual se traduce en una mayor producción de materia seca dentro de las jaulas (22). Este defecto se puede eliminar, en parte, con el uso de jaulas eléctricas (75).

Otras de las fuentes de error de estos métodos de corte, es la variación existente en la producción de la pradera. Linehan, Lowe y Stewart (62) señalan que la producción dentro de las jaulas tiene un coeficiente de variación del 26% y en las áreas pastoreadas el coeficiente de variación aumenta al 58%.

Para aumentar la precisión en la medida del forraje dentro de las áreas protegidas es necesario aumentar el número de jaulas y este se consigue más eficientemente colocándolas en forma individual y no en grupos (52).

Cuando se estima la cantidad de forraje disponible al comienzo del período de pastoreo y se dejan áreas para estimar el crecimiento producido al final del pastoreo, es preferible elegir una unidad al azar y la otra similar a la primera, posteriormente con la ayuda de una moneda se decide cual se corta antes del pastoreo y cual se protege con la jaula (52).

Dentro de los métodos enumerados el más apto para períodos largos de pastoreo es el de Linehan, Lowe y Stewart (62) pues es el único que contempla la estimación del crecimiento del forraje en la estimación del consumo por los animales. Para pastoreos rotativos o diarios cualquiera de los métodos enumerados es apto.



## Métodos indirectos

Los valores de digestibilidad obtenidos por los índices fecales se aplican en la medición del consumo, en la siguiente relación:

$$\text{Consumo M.S. (g./día)} = 100 \times \left( \frac{\text{M.S. excretada (g./día)}}{\% \text{ M.S. no digerida}} \right)$$

Los errores asociados a la medición de la digestibilidad al usar los índices fecales aumentan cuando se mide el consumo, por el hecho de usar el valor de indigestibilidad en su estimación (34). Si se tiene un coeficiente de digestibilidad de  $75 \pm 3\%$ , el error es del 4% de la media, y la indigestibilidad es  $25 \pm 3\%$ , con un error del 12%.

Cuando se relaciona el "factor de consumo" con la composición de las heces el consumo está dado por la relación (14):

$$\text{Consumo} = (\text{Peso de las heces}) \times (\text{factor de consumo})$$

El error asociado con la determinación del consumo en este caso es igual al error estandar de la regresión usada.

El consumo se puede calcular a partir de ecuaciones de regresión entre los gramos de nitrógeno excretado al día y los gramos de materia seca o materia orgánica consumidos por día. Ecuaciones de esta forma han sido calculadas en varios lugares (32, 38, 66). Esta relación se ajusta a la ecuación de una recta, pero no es una relación que pueda generalizarse. Milford (66) estudiando cuatro especies forrajeras subtropicales encuentra que una de ellas (Panicum maximum,

var. *trichogluma*) se aparta de las otras tres (*Paspalum commersonii*, *Urochloa pullulans* y *Chloris gayana*) al establecer la relación. Fels, Moir y Rossiter (32) comparando praderas dominantes de gramíneas y trébol subterráneo en primavera, encuentran que la pradera dominante en trébol en diciembre constituye una muestra diferente al resto de las observaciones.

#### Medición de la producción fecal

Todos los métodos indirectos usados para medir el consumo requieren de la medición o estimación de la cantidad de heces producidas.

En condiciones de pastoreo las heces producidas se pueden medir usando animales equipados con arneses y bolsas de colección (3, 31, 65, 79), o bien pueden estimarse con el uso de un indicador externo. Entre los indicadores usados con este objeto están el óxido de hierro (94), sulfato de bario (49), sílica (94), colorantes (49, 86), óxido de cromo (14, 26, 46, 53, 57, 76, 83) e isótopos radioactivos (49).

La estimación de la producción de heces se realiza por la siguiente relación:

$$\text{Producción de M.S. de heces} = 100 \times \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{Cantidad proporcionada del indicador} \\ \text{(g/día)} \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{Porcentaje del indicador en la M.S.} \\ \text{de las heces} \end{array} \right\}}$$

#### Uso del Oxido de Cromo para Predecir la Producción de Heces Fecales

Dentro de las sustancias propuestas como indicadores para medir la producción de heces fecales, el óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) es el más usado y el que muestra más potencialidad de uso (14, 46, 63, 83, 94).

Las ventajas de usar óxido de cromo radican en su bajo costo, en que es una sustancia inerte, no tóxica y efectivamente no digerible (46). Cuando se usa como indicador de la producción de heces se asume que el óxido de cromo se distribuye uniformemente en todo el contenido digestivo y que se proporciona en cantidades exactamente medidas a los animales (29).

Los problemas que se presentan al usar el óxido de cromo son los que se enumeran a continuación:

1. Medir exactamente la cantidad proporcionada.
2. Obtener una recuperación total (100%).
3. Utilizar un sistema de muestreo tal, que una alícuota sea representativa de todas las heces excretadas durante el período de colección.
4. Medir con exactitud la concentración del indicador en las heces.

#### Forma de proporcionar el óxido de cromo

La forma de proporcionar el indicador está en íntima relación con la exactitud de la cantidad proporcionada. En el caso de animales que reciben concentrado además de forraje, el óxido de cromo se puede dar mezclado con el concentrado (46).

Cuando los animales consumen únicamente forraje, el óxido de cromo se ha proporcionado como toma en una suspensión de bentonita (83), en cápsulas de gelatina (26, 53, 57, 59, 67, 83), en cápsulas de papel filtro (63), en comprimidos adicionado con sulfato de calcio (74) o en papel al cual se le impregna el óxido de cromo (21, 36)

El óxido de cromo en cápsulas es necesario darle a los animales con un lanza bolos y tiene el problema que en ciertos casos son regurgitados (46), esto sucede también al utilizar los comprimidos con sulfato de calcio en ovinos (21, 74).

Dentro de las cápsulas de gelatina el óxido de cromo puede colocarse en una suspensión de gelatina (57, 67), con colodión (67), puro (67), mezclado con harina y agua, secándolo y luego moliendo la mezcla (67), o en una suspensión de aceite de maíz (46). Estas últimas cápsulas se fabrican en forma comercial en Inglaterra en dos tamaños (1 g. y 10 g.) y son las más usadas.

Lambourne y Reardon (53) señalan que encontraron un contenido promedio de óxido de cromo en las cápsulas comerciales de 1 g. de 0,96 g.

Comparando la dosificación del óxido de cromo, en un período de colección de doce días y con cinco ovinos por grupo, como toma en una suspensión de bentonita y en forma de cápsulas comerciales, Raymond y Minson (83) encuentran  $96,86 \pm 0,74$  y  $99,96 \pm 0,92\%$  de recuperación respectivamente. La menor recuperación obtenida con la toma es explicada por posibles pérdidas durante la dosificación.

Miller et al (21) encuentran que al usar óxido de cromo dentro de cápsulas de gelatina mezclado con colodión obtienen una recuperación del 70% en tres días de colección, contra un 89% en promedio cuando se coloca solo, mezclado con gelatina o con harina dentro de las cápsulas. La baja recuperación del óxido de cromo al mezclarlo con colodión es explicada por el uso de un período preliminar insuficiente para la técnica.

Corbett et al (21) encuentran recuperaciones similares al usar el óxido de cromo en suspensión de aceite o adicionado a papel dentro de cápsulas de gelatina.

#### Duración del período de dosificación

El uso adecuado del óxido de cromo exige una recuperación total del indicador suministrado. Según Brisson (14) el porcentaje de recuperación depende de: un período preliminar lo suficientemente largo para permitir que todo el sistema digestivo se sature con el óxido; y un período de colección lo suficientemente largo para evitar la variación diaria que existe en la excreción del óxido de cromo.

El período preliminar de dosificación fluctúa entre los cinco días (57, 63) y los diez días (36, 49). Parecería que no existe ninguna ventaja en prolongar el período preliminar más de diez días (36). Otros autores (14, 29, 30) expresan que cuatro a cinco días son suficientes en las condiciones más comunes de pastoreo.

Existe una considerable variación entre un día y otro y entre animales en la concentración del óxido de cromo en las heces (53, 57, 63). Lambourne y Reardon (53) encuentran que no hay influencia del nivel de alimentación sobre la variación día a día.

Cuando se trabaja con vacas en pastoreo la excreción diaria de óxido de cromo varía desde el 80 al 120% aproximadamente (14), con un coeficiente de variación ligeramente superior al 10% (14,57). De estos datos Brisson (14) concluye que un período de colección de cinco

días con cuatro animales es adecuado para obtener una media de la excreción fecal con una diferencia de  $\pm 5\%$  de la real, siempre que el óxido de cromo se determine en una muestra representativa del período.

#### Ciclo de excreción diurna del óxido de cromo

Posiblemente el problema más serio que presenta el uso del óxido de cromo es su variación en la concentración fecal a lo largo de un período de 24 horas. Esta variación se produce de acuerdo a un ciclo que no es reproducible bajo diferentes condiciones experimentales (14).

El esquema de excreción diurna varía significativamente entre días, con la frecuencia de alimentación y con el tipo de forraje (67). Brisson et al (citados por Reid (88)) han encontrado que la administración del óxido de cromo seis veces al día tiende a reducir la variación diurna. Lo propuesto por Brisson y colaboradores es impracticable en condiciones de pastoreo, y generalmente se proporcionan 2 g. a los ovinos y 20 g. a los bovinos en una o dos dosificaciones diarias (46). En todo caso con dos dosificaciones al día se disminuye en cierto grado la variación (26).

Lambourne y Reardon (53) expresan que en los esquemas de excreción por ellos obtenidos no hay influencia del nivel ni de la frecuencia de alimentación, pero sí difieren irregularmente entre días y entre ovinos. Brisson (14) sugiere un efecto del nivel de alimentación sobre el esquema de variación diurna.

La forma en que se proporciona el óxido de cromo tiene influencia en el esquema de excreción a lo largo del día. Corbett et al (21) presentan datos en los cuales se demuestra que la variación diurna es menor al dar el óxido de cromo impregnado en papel dentro de la cápsula, si se le compara con la variación obtenida al darlo en suspensión de aceite dentro de la cápsula. Al darlo en comprimidos junto con sulfato de calcio se logra también menor variación, pues estos comprimidos son de lenta disolución y siempre se está liberando óxido de cromo en el rumen (74).

#### Sistemas de muestreo de las heces fecales

Utilizando vacas estabuladas y dosificando con óxido de cromo una vez al día, Putnam, Leesli y Warner (76) observaron que la concentración de óxido de cromo en las heces a lo largo del día, tiende a distribuirse en una curva sinusoidal alrededor de la concentración media diaria. De ser cierto lo anterior cualquier esquema de muestreos rectales cada doce horas sería adecuado para medir la concentración media del indicador.

Brisson (14) ha encontrado que en vacas lecheras la excreción de óxido de cromo es algo mayor en el período 7 y 1/2 A.M. a 4 y 1/2 P.M., que durante el período 4 y 1/2 P.M. a 7 y 1/2 A.M., el propone un sistema de muestras rectales basado en intervalos de diez y catorce horas. Desde el punto de vista práctico este intervalo alternado es preferible al de doce horas (76).

El esquema de muestreo rectal más usado y que ha permitido realizar buenas estimaciones de la producción fecal es el propuesto por Hardison y Reid (40) que contempla muestreos a las 6 A.M. y 4 P.M., correspondiendo a intervalos alternados de diez y catorce horas.

Realizando una comparación de los dos sistemas generales de muestreos rectales propuestos, Miller et al (67) encuentran que el error cometido al tomar muestras cada doce horas es menor que el cometido al usar muestreos alternados de diez y catorce horas, excepto en el caso de muestras tomadas a las 6 A.M. y 4 P.M. en que el error es similar a cualquier combinación de muestreos cada doce horas.

Dadas las limitaciones que tiene la toma de muestras rectales para determinar la concentración de óxido de cromo en las heces, Raymond y Minson (83) han propuesto el muestreo de las heces directamente desde la pradera, con lo cual se puede medir la producción fecal de un grupo de animales.

Langlands et al (60) expresan que al usar vacas la estimación de la producción de heces realizada tomando muestras desde la pradera tiene menor error que al tomar muestras rectales. Al usar vacunos es posible individualizar las heces, proporcionando además del óxido de cromo, plástico coloreado, de los cuales existen diez colores disponibles (60).

#### Uso Combinado de Dos Indicadores para Predecir la Digestibilidad y el Consumo.

Para medir simultáneamente la digestibilidad y el consumo de un forraje en condiciones de pastoreo se puede usar el nitrógeno o los cromógenos fecales como índices para medir la digestibilidad y el óxido de cromo para medir la producción de heces fecales.



Esta forma indirecta de medir el valor nutritivo de los forrajes ha sido utilizada con éxito por diversos autores en estudios de pastoreo(19, 36, 43).

Utilizando el nitrógeno fecal para medir la digestibilidad, Holmes y Osman (43) encontraron que al pastorear con vacas lecheras una pradera permanente no hay diferencias en digestibilidad al usar pastoreo rotativo o pastoreo diario; el consumo, en cambio, fue mayor en el pastoreo rotativo.

Greenhalgh y Runcie (36) utilizando el nitrógeno fecal como índice de la digestibilidad, encontraron que la disminución en el consumo y digestibilidad al madurar el forraje fue menor en las vacas lecheras que tenían posibilidad de seleccionar su alimento (pastoreo diario), que en aquellas que se mantenían estabuladas consumiendo el mismo forraje.

Coop y Hill (19) calcularon los requerimientos de mantenimiento de ovinos en pastoreo, usando el nitrógeno como indicador de la digestibilidad y el óxido de cromo como indicador de la producción fecal.

Las posibilidades de aplicación de los índices fecales en combinación con el óxido de cromo son muy amplias en la investigación relacionada con el uso de las praderas. Su limitante son los errores asociados a las estimaciones, los cuales se pueden reducir usando relaciones restringidas e condiciones ambientales similares y grupos pequeños de forrajes y aumentando la precisión en la medición o estimación de la producción de heces fecales.

## MATERIALES Y METODOS

Las experiencias en que se basa esta tesis fueron desarrolladas en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", La Estanzuela, Departamento de Colonia, Uruguay.

Animales Empleados

Se dispuso de un grupo de 24 capones de la raza Corriedale, nacidos en la primavera de 1962. Al comenzar las experiencias (junio de 1964) los capones tenían aproximadamente 18 meses de edad y 24 meses al finalizarlas (diciembre de 1964). El peso de los animales durante las pruebas fluctuó entre 36 y 57 Kg.

El manejo de los animales experimentales fue similar al del resto del rebaño del Centro de Investigaciones Agrícolas y comprendió el control de parásitos internos con "fenotiazina" en los meses de abril y julio; vacunación contra la fiebre aftosa en junio; y, esquila en la primera semana de octubre.

Antes de comenzar las experiencias y encerrar los animales en las jaulas metabólicas o llevarlos al potrero experimental, se les limpiaba de lana la cara y se le extraían las suciedades adheridas al vientre y tren posterior.

La identificación de los capones se realizó mediante el tatuaje de las dos orejas y números en las jaulas metabólicas o bolsas de colección.

En cada experiencia los animales fueron pesados en tres oportunidades: comienzo del período preliminar, comienzo del período de colección y fin del período de colección. El promedio de las dos últimas pesadas fue usado para expresar el consumo de materia seca y de materia orgánica en porcentaje del peso vivo y por unidad de tamaño metabólico.

#### Pruebas de Digestibilidad y Consumo

El período preliminar fluctuó entre doce y ocho días y el período de colección fue de siete días, excepto en el experimento con trébol blanco-daactylis en que se redujo a seis días, para evitar la disminución en el consumo provocada por una fuerte lluvia en el último día de alimentación.

En los animales que recibían alimentación ad-libitum se medía el consumo máximo, con tal objeto durante el desarrollo de los experimentos la cantidad de alimento proporcionado era lo suficiente para que el rechazo fluctuara alrededor del 10% del forraje ofrecido.

La ración diaria era proporcionada en dos ocasiones durante el día. Aproximadamente un 60% en la tarde (4 a 5 P.M.) y un 40% en la mañana (7 a 8 A.M.).

El agua se les proporcionaba a los animales en baldes de plástico dos veces al día. La colección de heces se realizó una vez al día, comenzando a juntar las heces a las 48 horas de iniciar la alimentación controlada.

### Jaulas metabólicas

Se usó un grupo de ocho jaulas de madera acondicionadas con comederos individuales móviles que permiten regular el largo de la jaula de acuerdo al tamaño del animal. La recolección de heces se realiza mediante bandejas de hojalata colocadas en la parte posterior de la jaula.

La orina se hace escurrir hacia el suelo a través de un sector del piso que está construido con varillas de hierro. El largo total de la jaula es de 1,5 m. y su ancho de 45 cm.

### Bolsas y arneses

La colección de heces fecales en condiciones de pastoreo se realizó utilizando arneses y bolsas de colección construidas según el modelo descrito por Arnold (3).

### Preparación de las raciones

En todas las experiencias realizadas se utilizó como alimento forraje verde, que era segado con una guadaña manual. El corte se realizó una vez al día, entre las 15 y 16 horas.

El forraje se proporcionó entero, salvo en las experiencias con ryegrass maduro y sobremaduro, en las cuales el forraje fue picado con una hoz fija a un pilar.

### Cálculo de la ración de mantenimiento

La cantidad de alimento proporcionada a los animales en el nivel de mantenimiento fue calculada en base al metabolismo basal de los animales, utilizando la relación encontrada por Brody (17):

$$\text{Energía neta para mantenimiento} = 70,5 \times W_{\text{Kg}}^{.734} \text{ Kcal.}$$

No se consideró necesario agregar ninguna cantidad extra por movimiento pues este era muy limitado en los animales. El tamaño metabólico fue calculado en base al peso vivo de los animales al comienzo del período preliminar.

Las Kcal. de energía neta (E.N.) fueron transformadas a energía metabolizable (E.M.), tomando en consideración que los rumiantes utilizan la energía metabolizable para mantenimiento con una eficiencia del 70% (65). Por lo tanto:

$$100 \text{ g. de E.M.} = 70 \text{ g. de E.N.}$$

La energía metabolizable fue transformada a nutrientes digeribles totales (N.D.T.), sabiendo que el valor calórico del N.D.T. es aproximadamente 2000 Kcal. de E.M. por lb. (25).

### Preparación de las muestras

Muestras de heces fecales, la producción diaria de heces se pesó con una aproximación de un gramo, luego de homogeneizarla se extraía una muestra alicuota del 20% que se guardaba en un congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Finalizado el período de colección se homogeneizaba el conjunto de heces del período y se dividía en dos porciones; en una de ellas se determinaba el porcentaje de materia seca y se molía para los análisis de ceniza y óxido de cromo, y la otra se guardaba húmeda para realizar las determinaciones de nitrógeno y de cromógenos.

Muestras de forraje ofrecido, el forraje cortado diariamente era mezclado y al momento de pesar las raciones para cada animal se tomaba una muestra de igual peso verde todos los días para realizar las determinaciones de materia seca. El conjunto de las siete muestras diarias se molía, homogeneizaba y se retenía una porción para realizar las determinaciones de proteína y ceniza.

Muestras de forraje rechazado, cada día se recogía el forraje rechazado, se pesaba, secaba y molía en su totalidad, una vez molido se guardaba una muestra para realizar las determinaciones de proteína y ceniza.

Determinación de materia seca, la determinación de materia seca en las muestras de forraje ofrecido, forraje rechazado y heces fecales se realizó en un secador marca Unitherm a 90°C y con un 90% de recirculación de aire. El tiempo de secado fue de siete horas para los forrajes y un tiempo variable (10 a 24 horas) para las heces, hasta que alcanzaban peso constante.

Molido de las muestras, las muestras una vez secas en el horno se molían en un molino marca Wiley, modelo N° 3, con un tamiz de 1 mm.

### Descripción de los Experimentos

Pradera empleada en los experimentos 1 a 5 (ryegrass)

El 19 de marzo de 1964 se sembró una hectárea de ryegrass, variedad Estanzuela 284. Se emplearon 25 Kg de semilla por hectárea, con un porcentaje de germinación del 99%. La semilla fue tapada con una rastra de cadenas. La preparación del suelo comprendió una arada y cuatro rastreadas con discos.

Se aplicaron 300 Kg de superfosfato (20% de  $P_2O_5$ ) por hectárea antes de la siembra; este fertilizante fue enterrado con la rastra. El 10 de abril, a los 15 días de haber ocurrido la germinación, se aplicó con máquina al voleo 300 Kg. de sulfato de amonio (21% de N) por hectárea.

Una vez finalizada la primera prueba con ryegrass se procedió a segar la pradera con el objeto de evitar el tendido. Debido a esto las otras cuatro pruebas realizadas con forraje de esta pradera correspondieron a un segundo corte.

Pradera empleada en el experimento 6 (ryegrass-trébol subterráneo)

Era una pradera formada por autoresiembrá, cuya composición botánica obtenida separando a mano las especies y pesándolas en verde y seco, era la siguiente:

Especie	Peso verde	Peso seco
	%	%
<u>Lolium multiflorum</u>	43	40
<u>Trifolium subterraneum</u>	39	28
<u>Medicago hispida</u>	9	12
Malezas y material muerto	9	20

El ryegrass se encontraba en el comienzo de la emergencia de espigas y el trébol subterráneo se encontraba en plena floración, habiéndose formado ya los primeros cestillos.

Pradera empleada en el experimento 7 (trébol blanco-dactylis)

Se utilizó una pradera permanente que se había segado en el mes de marzo. Las plantas se encontraban en un estado de desarrollo vegetativo, observándose alrededor de un 10% de floración en el trébol blanco y espigas aisladas en el dactylis. La composición botánica de la pradera era:

Especie	Peso verde	Peso seco
	%	%
<u>Trifolium repens</u>	70	62
otras leguminosas	1	3
<u>Dactylis glomerata</u>	13	18
Malezas y material muerto	16	17



Pradera empleada en el experimento 8 (trébol blanco-gramíneas)

Una pradera permanente fue pastoreada intensamente con ovinos y segada el 3 de agosto de 1964. Durante el período de colección, el trébol blanco se encontraba en plena floración y las gramíneas comenzaban a emerger sus espigas, especialmente el Bromus sp.

En el análisis botánico se incluyen bajo la denominación de gramíneas: Bromus sp., Lolium multiflorum y Dactylis glomerata. El resultado del análisis botánico fue el siguiente:

Especies	Peso verde	Peso seco
	%	%
<u>Trifolium repens</u>	65	60
gramíneas	20	28
malezas	15	12

Experimento 1. Ryegrass de primer corte

Esta prueba se realizó con el forraje en un estado de crecimiento activo y utilizando ocho animales sometidos a dos niveles de alimentación (mantenimiento y ad-libitum). El período preliminar comenzó el 21 de mayo y el período de colección finalizó el 10 de junio, siendo el 4 de junio el día promedio del período de colección.

Un animal del nivel mantenimiento enfermó durante la prueba reduciendo su consumo y dando un dato de digestibilidad de la materia seca muy diferente a los otros animales, por este motivo se eliminó de los cálculos y no se presenta en los resultados.

El cálculo de la ración de mantenimiento se basó en el dato publicado por Minson, Raymond y Harris (69) de 75% de materia seca digerible en dos variedades de Lolium perenne en las condiciones de crecimiento de nuestra pradera.

Los animales recibieron dos veces al día durante toda la prueba, un gramo de óxido de cromo.

#### Experimento 2. Ryegrass de segundo corte

Entre el 7 y el 26 de setiembre se alimentaron cuatro animales ad-libitum con ryegrass de segundo corte, cuando comenzaban a emerger las espigas. La fecha promedio del período de colección fue el 23 de setiembre.

#### Experimento 3. Ryegrass en floración

Entre el 21 de setiembre y el 5 de octubre se alimentaron seis capones con ryegrass de segundo corte en plena floración. Se utilizaron dos niveles de alimentación (mantenimiento y ad-libitum). La fecha promedio del período de colección fue el 2 de octubre.

Para calcular los requisitos de mantenimiento se utilizó el 65% de materia seca digerible, que es el dato correspondiente al estado vegetativo, en ryegrass perenne, en que se realizó la prueba (69).

#### Experimento 4. Ryegrass maduro

Esta prueba se realizó entre el 10 y el 13 de noviembre, cuando el ryegrass se encontraba con el grano formado. Dada la dureza del forraje fue necesario proporcionarlo picado. Se utilizaron cuatro animales alimentados ad-libitum y la fecha promedio del período de colección fue el 10 de noviembre.

Uno de los animales no fue considerado en los cálculos por presentar un coeficiente de digestibilidad de la materia seca superior en ocho unidades al promedio de los otros tres.

#### Experimento 5. Ryegrass sobremaduro

Se usaron cuatro animales que recibían forraje picado ad-libitum, el ryegrass se encontraba sobremaduro y ya los granos se desprendían con facilidad. La prueba se desarrolló entre el 18 y el 24 de noviembre, con los mismos animales de la prueba anterior y sirviendo ésta de período preliminar. La fecha promedio del período de colección fue el 21 de noviembre.

#### Experimento 6. Ryegrass-trébol subterráneo

Fue realizada entre el 7 y el 26 de setiembre, siendo el 23 de setiembre el día central del período de colección. Se utilizaron cuatro capones que recibían forraje ad-libitum.

### Experimento 7. Trébol blanco-Dactylis

Fue realizada entre el 22 de julio y el 7 de agosto, el día promedio del período de colección fue el 4 de agosto. Se utilizaron ocho capones que recibieron el forraje en tres niveles de alimentación (mantenimiento, 1,5 mantenimiento y ad-libitum). El período de colección considerado fue de seis días.

Para realizar los cálculos de los requerimientos de mantención se utilizó el dato de Morrison (71) para mezclas abundantes en leguminosas que es de un 65% de N.D.T.

### Experimento 8. Trébol blanco-gramíneas

Entre el 12 y el 26 de octubre se realizó esta prueba, ofreciéndose forraje ad-libitum a tres animales y nivel de mantenimiento a cuatro. El día central del período de colección fue el 23 de octubre.

Los animales recibieron durante toda la prueba dos gramos de óxido de cromo en dos dosificaciones diarias. Para realizar los cálculos del nivel de mantenimiento se usó el dato de 65% de N.D.T. dado por Morrison (71) para mezclas con abundante porcentaje de leguminosas.

### Pruebas de Consumo en Condiciones de Pastoreo

#### Pradera de ryegrass

Paralelamente con el experimento 1 de digestibilidad y consumo y en la misma pradera utilizada para realizarla se mantuvieron cuatro capones pastoreando durante la experiencia una superficie de  $900 \text{ m}^2$  (pastoreo rotativo) y cuatro capones en una superficie de aproximadamente  $23 \text{ m}^2$  que se movía dos veces al día (pastoreo diario).

La medición del consumo en el pastoreo rotativo se realizó tomando cinco muestras de  $0,25 \text{ m}^2$  del forraje inicial, colocando cinco jaulas de alambre tejido en puntos similares a aquellos en que se tomaron las muestras de forraje inicial, con el objeto de evitar el consumo por los animales y medir el crecimiento de la pradera al final del período de pastoreo, en la misma forma que el forraje inicial. Las muestras se cortaron, lo más bajo posible, con tijeras manuales.

El forraje no consumido se midió al final del período de pastoreo tomando 20 muestras de  $0,25 \text{ m}^2$ . La estimación del consumo se realizó por medio de la fórmula propuesta por Linchan, Lowe y Stewart (62). En las tres muestras así obtenidas se determinó materia seca y se guardó una submuestra molida para los análisis de proteína y ceniza.

En el pastoreo diario el consumo fue estimado día a día, tomando dos muestras de  $0,25 \text{ m}^2$  del forraje ofrecido al día y cuatro muestras de igual tamaño del forraje rechazado. Cada día se determinaba el contenido de materia seca en ambas muestras. Una vez determinado el contenido de materia seca se molieron las dos muestras y se guardó una porción de cada una para análisis de proteína y ceniza. El consumo se determinó restando la cantidad de materia seca rechazada de la ofrecida.

Los animales recibieron un gramo de óxido de cromo dos veces al día para estimar la producción de heces. También se realizó la colección total de las heces durante un período de siete días.

#### Pradera de trébol blanco-gramíneas

Paralelamente con el experimento 8 de digestibilidad y consumo y en la misma pradera utilizada para realizarlo, se mantuvieron cuatro

capones pastoreando durante la experiencia una superficie de 445 m<sup>2</sup> (pastoreo rotativo) y cuatro capones en una superficie de 23 m<sup>2</sup> que se movía una vez al día (pastoreo diario). La medición del consumo, toma de muestras y medición o estimación de la producción de heces se realizó en la misma forma que en la pradera de ryegrass.

#### Estudios sobre la Excreción del Óxido de Cromo y Nitrógeno

##### Forma de proporcionar el óxido de cromo

El óxido de cromo se proporcionaba dos veces al día, inmediatamente antes de dar alimento a los animales en jaulas metabólicas y a las mismas horas en pastoreo. Cada vez se les proporcionaba un gramo de óxido de cromo, el cual era pesado sobre un papel poroso y envuelto en él. El bolo así formado se recubría de gelatina de uso humano sin sabor y para facilitar su manipuleo se secaba con harina de trigo.

Para dar al animal era necesario abrirle la boca e introducirse-lo en ella, salvo en algunos animales que lo consumían desde la mano del que lo proporcionaba.

##### Porcentaje de recuperación del óxido de cromo

A cuatro capones mantenidos en jaulas metabólicas y alimentados ad-libitum con alfalfa verde en comienzo de floración, se les proporcionó durante once días dos gramos de óxido de cromo.

Con el objeto de conocer el porcentaje de recuperación que se obtenía con el método usado para proporcionar óxido de cromo, se realizó a partir del tercer día la colección total de heces y en una submuestra se analizó óxido de cromo.

### Curvas de excreción diurna del óxido de cromo y nitrógeno

(a) En los mismos cuatro capones anteriores se observó la variación diurna que existe en la excreción del óxido de cromo. Para ello en los días octavo y undécimo de la dosificación, se realizó la colección de heces cada dos horas durante 24 horas cada vez.

(b) Con el objeto de determinar la curva de excreción diurna del óxido de cromo y nitrógeno afectadas por el nivel de alimentación y tipo de pastoreo, los animales incluidos en el experimento 8 (trébol blanco-gramíneas) y en la prueba de consumo en pastoreo sobre la pradera trébol blanco-gramíneas, continuaron alimentándose en igual forma que durante las pruebas y recibiendo óxido de cromo.

Al día siguiente de finalizar la colección total de heces se recolectaron las heces de doce capones (3 en nivel de mantenimiento, 3 en nivel ad-libitum, 3 en pastoreo diario y 3 en pastoreo rotativo), cada tres horas. En esas muestras una vez secas y molidas se determinó óxido de cromo y nitrógeno.

### Análisis Químico de las Muestras

#### Nitrógeno

Los análisis de nitrógeno se realizaron en un equipo micro Kjeldahl (72). El análisis de las heces fecales se realizó con las heces frescas, previamente homogeneizadas en una licuadora.

La proteína cruda se determinó multiplicando el valor de nitrógeno obtenido por 6,25.

### Cromógenos

La determinación de cromógenos en las heces fecales fue realizada con el equipo y método descritos por Brisson y Hatina (16).

### Oxido de cromo

Las determinaciones de este indicador se realizaron según el método descrito por Kimura y Miller (51), usando matraces aforados de 50 ml. en lugar de los de 100 ml. recomendados y disminuyendo a la mitad la cantidad de muestra y de reactivos usados.

### Ceniza

Esta determinación se realizó calcinando las muestras en una mufla marca Gallenkamp a 600°C por cuatro horas.

### Materia seca

La determinación de materia seca en las muestras semi-secas llegadas al laboratorio o en las muestras húmedas de heces se realizó en un horno a 100°C por doce horas.



## RESULTADOS Y DISCUSION

Consumo y Digestibilidad de los Ocho Forrajes Estudiados

El contenido de materia seca, proteína y cenizas de los forrajes estudiados se encuentra en el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3. Contenido de materia seca, proteína y ceniza de los forrajes estudiados.

Forraje	Materia Seca	Proteína Cruda	Ceniza
	%	%	%
Ryegrass primer corte	15,3	14,98	13,48
Ryegrass segundo corte	26,9	7,31	10,70
Ryegrass en floración	26,8	7,15	10,07
Ryegrass maduro	41,6	4,83	9,05
Ryegrass sobremaduro	50,3	4,17	8,95
Ryegrass-trébol subterráneo	26,5	9,62	9,69
Trébol blanco-dactylis	18,1	18,49	11,40
Trébol blanco-gramíneas	14,6	22,89	12,85

Los resultados promedio de consumo, expresados como gramos de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico y como Kg. de materia orgánica por cada 100 Kg. de peso vivo, y de digestibilidad de la materia orgánica, materia seca y proteína de los ocho forrajes estudiados, se presentan en el Cuadro N° 4.

CUADRO N° 4. Consumo y digestibilidad de ocho forrajes, medidos en jaulas metabólicas

Forraje	Nivel de Alimentación	M. Kg	Consumo de Materia Orgánica		Coeficientes de digestibilidad	
			kg/100 kg p.v.	M.O.	M.S.	Proteína
Ryegrass primer corte	M	30	1,11	82,6	77,4	73,8
	A-L	40	1,50	81,3	75,6	70,2
	P			81,9 a	76,4 a	71,8 b
Ryegrass segundo corte	A-L	42	1,51	73,3 c d	67,8 b	48,7 c
Ryegrass en floración	M	34	1,25	71,9	68,2	48,4
	A-L	45	1,62	71,9	67,1	43,6
	P			71,9 d	67,7 b	46,0 c
Ryegrass maduro	A-L	48	1,82	56,2 e	52,6 c	42,0 c
Ryegrass sobremaduro	A-L	43	1,62	57,1 e	53,1 c	29,9
Ryegrass subterráneo	A-L	45	1,62	75,4 c	70,4 b	59,5
Trébol blanco-dactylis	M	31	1,17	79,8	75,7	76,0
	1,5 M	43	1,55	79,9	76,0	76,0
	A-L	49	1,80	81,6	78,1	78,1
	P			80,5 a b	76,7 a	76,8 a b
Trébol blanco-gramíneas	M	34	1,31	79,5	77,7	79,4
	A-L	56	2,04	79,2	77,6	78,9
	P			79,4 b	77,7 a	79,2 a

a Dos promedios seguidos por la misma letra, no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

M = Mantenimiento - A-L = ad-libitum - P = Promedio

Junto a los promedios de digestibilidad aparece el resultado de la prueba de Duncan (28) para medias con diferente número de repeticiones. Los coeficientes de variación, que incluyen la variación debida a animales y la variación residual, fueron de 2,18%, 2,36% y 7,85% para la digestibilidad de la materia orgánica, materia seca y proteína respectivamente.

En el análisis de la variancia de los valores de digestibilidad<sup>x</sup> se incluyeron los resultados obtenidos con todos los niveles de alimentación usados en el ryegrass de primer corte, ryegrass en floración, trébol blanco-dactylis y trébol blanco-gramíneas, ya que en ningún caso existieron diferencias estadísticamente significativas en la digestibilidad de la materia orgánica, materia seca o proteína entre los diferentes niveles de alimentación.

El hecho que el nivel en que se proporcionó forraje a los animales no afectara significativamente a los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica, materia seca o proteína, concuerda con lo encontrado por Andersen y colaboradores (2), pero se opone a lo encontrado por Blaxter (9) y varios otros autores (10, 42, 82) quienes encuentran que la digestibilidad disminuye al aumentar el consumo. Debemos considerar que con ninguno de los forrajes en que se compararon niveles de alimentación, el consumo ad-libitum fue superior en más del 65% al consumo en el nivel de mantenimiento.

<sup>x</sup> Para realizarlos, se efectuó la transformación angular de los datos de acuerdo a la tabla A.10 de Steel y Torrie (96).

Este hecho y la diferente oportunidad de selección que tenían los animales en los dos niveles de alimentación ofrecida, pueden haber impedido la manifestación de la relación negativa entre consumo y digestibilidad señalada anteriormente. El efecto de selección es probablemente responsable del aumento en la digestibilidad de la materia orgánica, materia seca y proteína, encontrado en la mezcla de trébol blanco-dactylis al aumentar el nivel de forraje ofrecido.

En el consumo de los diferentes forrajes estudiados, no existen diferencias estadísticamente significativas. Las cantidades de forraje consumidas por los capones alimentados ad-libitum son muy pequeñas si las comparamos con los 94 o 77 g. de materia seca por unidad de tamaño metabólico obtenidos por Blaxter, Wainman y Wilson (11) al alimentar capones con heno de buena o regular calidad y una digestibilidad de la energía del 74 o 59% respectivamente.

Considerando los valores del consumo máximo en las seis pruebas en que se utilizó el ryegrass, se observa que es el ryegrass de primer corte, con una digestibilidad de la materia orgánica del 81,3% el que presenta el menor consumo. Esto está en desacuerdo con lo expuesto por Blaxter, Wainman y Wilson (11), quienes encontraron en ovinos que el consumo aumenta rápidamente al aumentar la digestibilidad de la energía.

Campling (18) cita a varios autores que han publicado datos en los cuales no se observa relación entre el consumo y la digestibilidad si el forraje es muy tierno y altamente digerible. Nuestro ryegrass de primer corte se encontraría en una situación similar.

Entre el consumo máximo de la mezcla de trébol blanco-dactylis y de la mezcla de trébol blanco-gramíneas, existe una diferencia de siete gramos de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico, que aunque no significativa, conviene destacar. Esta diferencia puede atribuirse a dos causas, la primera es el alto porcentaje de material muerto (11%) en la mezcla de trébol blanco-dactylis y la segunda un posible incremento en el consumo de la mezcla trébol blanco-gramíneas debido a la esquila. En relación con esta última posibilidad, Wodzicka-Tomaszewka (100) ha encontrado que se produce un fuerte incremento en el consumo máximo en los seis semanas siguientes a la esquila si la temperatura promedio del aire es inferior a 18°C.

Al expresarse el consumo de materia orgánica en gramos por unidad de tamaño metabólico o en Kg. por cada 100 Kg. de peso vivo se encuentran coeficientes de variación, que incluyen la variación debida a animales y la variación residual, de 14,7 y 7,4% respectivamente. Estos valores están en desacuerdo con lo encontrado por Crampton, Donefer y Lloyd (24) quienes encuentran un coeficiente de variación entre animales algo mayor al expresar el consumo en Kg. por cada 100 Kg. de peso vivo que al expresarlo en gramos por unidad de tamaño metabólico.

Buscando una mejor expresión de los resultados se calculó un índice del valor nutritivo, basándose en la fórmula propuesta por Crampton, Donefer y Lloyd (23, 24), pero usando los valores de digestibilidad de la materia orgánica en lugar de los valores de digestibilidad de la energía.

Los valores promedio del índice del valor nutritivo encontrados en los ocho forrajes estudiados son los que se presentan en el Cuadro Nº 5.

CUADRO Nº 5. Índice del valor nutritivo de ocho forrajes, medido en jaulas metabólicas.

Forraje	Índice del valor nutritivo <sup>x</sup>
Ryegrass primer corte	46 a c
Ryegrass segundo corte	42 a b
Ryegrass en floración	44 a b
Ryegrass maduro	37 a b
Ryegrass sobremaduro	34 b
Ryegrass-trébol subterráneo	45 a
Trébol blanco-dactylis	55 c d
Trébol blanco-gramíneas	63 d

<sup>x</sup> Dos promedios acompañados por una misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

Es interesante destacar que el ryegrass de primer corte tiene una digestibilidad de la materia orgánica significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) que la digestibilidad de la mezcla trébol blanco-gramíneas, y que debido al diferente consumo que de estos forrajes realizaron los animales, el índice del valor nutritivo de la mezcla trébol blanco-gramíneas es significativamente superior ( $P < 0,05$ ) al del ryegrass de primer corte.

Como era de esperar el ryegrass de primer corte tiene una digestibilidad de la materia orgánica, materia seca y proteína, significativamente superior a la del ryegrass de segundo corte en todos los estados vegetativos en que fue usado. Esta superioridad desaparece al calcularse el índice del valor nutritivo, en este valor el ryegrass de primer corte es sólo significativamente mejor ( $P < 0,05$ ) que el ryegrass sobremaduro.-

La disminución diaria en la digestibilidad de la materia orgánica en el segundo corte de ryegrass fue de 0,33 unidades de porcentaje entre el 28 de setiembre (promedio del ryegrass de segundo corte y ryegrass en floración), fecha que coincide con la emergencia de espigas, y el 15 de noviembre (promedio entre ryegrass maduro y sobremaduro), momento en que el grano se encontraba maduro y comenzaba a desprenderse.

La digestibilidad de la proteína del forraje, está directamente relacionada con el contenido de proteína cruda del forraje. En la digestibilidad de la materia orgánica y materia seca no hay diferencias estadísticamente significativas entre el ryegrass en floración y la mezcla de ryegrass-trébol subterráneo, pero si hay diferencias ( $P < 0,05$ ) en la digestibilidad de la proteína a causa del mayor porcentaje de proteína cruda en la mezcla de ryegrass-trébol subterráneo (ver Cuadro Nº 3).

## Relación entre Digestibilidad y Composición Química de las Heces Fecales

En la búsqueda de métodos indirectos para medir la digestibilidad de los forrajes se ha encontrado que existe una relación positiva entre la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica del forraje y el contenido de nitrógeno o de cromógenos en las heces fecales.

Esta relación se describe y utiliza calculando la ecuación de regresión, que se ajuste mejor a las observaciones realizadas en forma directa. El error cometido al estimar la digestibilidad de un forraje por medio de alguna de estas ecuaciones de regresión está dado por el error estandar asociado a la regresión.

En la aplicación de este método varios autores (34, 43, 84) han encontrado que el error estandar de la estimación es menor si sólo se incluyen en el cálculo de la regresión forrajes de similar digestibilidad y composición química. Otros (19, 91) han derivado y utilizado regresiones en cuyo cálculo se incluyen forrajes con un amplio rango de digestibilidad y composición química.

En este trabajo hemos calculado primero ecuaciones para predecir la digestibilidad en una especie (ryegrass) las cuales se amplían luego a dos especies y por último se incluyen en los cálculos todos los datos disponibles en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger".

### Resultados con ryegrass

Entre los valores promedio de digestibilidad de la materia orgánica o materia seca en ryegrass de primer corte, ryegrass de segundo



CUADRO Nº 6. Contenido de nitrógeno y cromógenos en las heces fecales de los animales alimentados con los ocho forrajes estudiados.

Forraje	Nivel de alimentación	Nitrógeno en heces		Cromógenos en heces	
		M.O.	M.S.	M.O.	M.S.
		%		Unidades/gramo <sup>x</sup>	
Ryegrass primer corte	M	4,14	2,82	5,454	3,711
	A-L	4,36	3,01	5,351	3,690
Ryegrass segundo corte	A-L	2,67	2,03	1,400	1,057
Ryegrass floración	M	2,48	2,06	1,112	0,868
	A-L	2,64	1,96	1,283	1,013
Ryegrass maduro	A-L	1,14	0,95	0,231	0,193
Ryegrass sobre-maduro	A-L	1,25	1,04	0,139	0,115
Ryegrass-trébol subterráneo	A-L	2,99	2,33	1,500	1,167
Trébol blanco-dactylis	M	3,96	2,95	2,886	2,154
	1,5 M	3,95	2,98	3,102	2,342
	A-L	3,76	2,89	3,192	2,447
Trébol blanco-gramíneas	M	4,19	3,37	3,907	3,139
	A-L	4,22	3,44	3,977	3,074

<sup>x</sup> Unidades de densidad óptica

M = mantenimiento

A-L = ad-libitum

corte, ryegrass en floración, ryegrass maduro, ryegrass sobremaduro y mezcla de ryegrass-trébol subterráneo (Cuadro Nº 4) y el contenido de nitrógeno y/o cromógenos en la materia seca o materia orgánica fecal producida por los animales alimentados con los forrajes antes mencionados (Cuadro Nº 6), se calcularon las ecuaciones de regresión que se presentan en el Cuadro Nº 7 junto al error estandar de la estimación y al coeficiente de regresión.

Para calcular las ecuaciones de regresión se utilizaron como observaciones los promedios obtenidos en cada nivel de alimentación, pese a no existir diferencias estadísticamente significativas, entre los coeficientes de digestibilidad medidos, en los diferentes niveles de forraje ofrecido.

En todas las relaciones presentadas en el Cuadro Nº 7 que envuelven un total de seis pruebas de digestibilidad con ocho observaciones promedias, la ecuación del polinomio de segundo grado, es la que tiene asociado un menor error estandar. El ajuste de la ecuación al polinomio de segundo grado es siempre significativamente mejor que el ajuste de la ecuación a la recta.

El mejor ajuste de la ecuación al polinomio de segundo grado sobre la ecuación logarítmica es insignificante cuando la digestibilidad se relaciona con el nitrógeno fecal (ver Figura Nº 1), pero es de cierta significación al relacionarse la digestibilidad con los cromógenos.

Como se puede apreciar en la Figura N<sup>o</sup> 2 la relación entre digestibilidad de la materia orgánica y concentración de cromógenos (unidades de densidad óptica por gramo de materia orgánica) en las heces fecales; ya sea descrita por una ecuación logarítmica o por el polinomio de segundo grado, es adecuada para predecir hasta una digestibilidad del 75%. Luego, debido a la falta de observaciones en el rango de 1,5 a 5,3 unidades de concentración de cromógenos, las curvas toman una forma tal que su valor de predicción se torna inutilizable.

En las estimaciones realizadas al nivel de cromógenos de las heces obtenidas al alimentar capones con ryegrass de primer corte, la ecuación logarítmica sobreestima la digestibilidad y el polinomio de segundo grado la subestima. Este hecho es una explicación a los extraños resultados que se encuentran al aplicar estas regresiones al ryegrass de primer corte en pastoreo (ver Cuadro N<sup>o</sup> 13).

Al comparar los coeficientes de correlación entre digestibilidad y el porcentaje de nitrógeno fecal y entre digestibilidad y logaritmo del porcentaje de nitrógeno fecal, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Las relaciones entre digestibilidad y porcentaje de nitrógeno fecal tienen errores estándares menores que las relaciones entre la digestibilidad y la concentración de cromógenos en las heces fecales.

CUADRO Nº 7. Relaciones entre digestibilidad de la materia orgánica o materia seca del ryegrass y el contenido de nitrógeno o cromógenos en las heces fecales.

Ecuación	Error estándar de estimación	Coefficiente de correlación
	%	
M.S.D. = 41,58 + 12,29 NMS	1,72	0,984
M.S.D. = 65,68 + 3,09 log. NMS	1,12	0,994
M.S.D. = 33,87 + 21,42 NMS - 2,36 (NMS) <sup>2</sup>	1,22	0,994
M.S.D. = 67,55 + 16,91 log. CMS	1,78	0,983
M.S.D. = 50,73 + 22,29 CMS - 4,07 (CMS) <sup>2</sup>	1,50	0,991
M.O.D. = 49,00 + 8,20 NMO	2,52	0,972
M.O.D. = 53,30 + 45,83 log. NMO	0,84	0,997
M.O.D. = 37,74 + 17,98 NMO - 1,79 (NMO) <sup>2</sup>	0,79	0,998
M.O.D. = 70,27 + 18,07 log. CMO	1,82	0,985
M.O.D. = 53,69 + 17,69 CMO - 2,30 (CMO) <sup>2</sup>	1,26	0,995
M.O.D. = 44,56 + 13,13 NMS	1,69	0,987
M.O.D. = 56,62 + 52,97 log. NMS	1,16	0,994
M.O.D. = 36,26 + 22,95 NMS - 2,54 (NMS) <sup>2</sup>	1,13	0,995
M.O.D. = 72,24 + 18,07 log. CMS	1,86	0,985
M.O.D. = 53,29 + 23,73 CMS - 4,37 (CMS) <sup>2</sup>	1,21	0,995

NMS = porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces

NMO = porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica de las heces

CMS = concentración cromógenos en la materia seca de las heces

CMO = concentración cromógenos en la materia orgánica de las heces

MSD = materia seca digerible

MOD = materia orgánica digerible

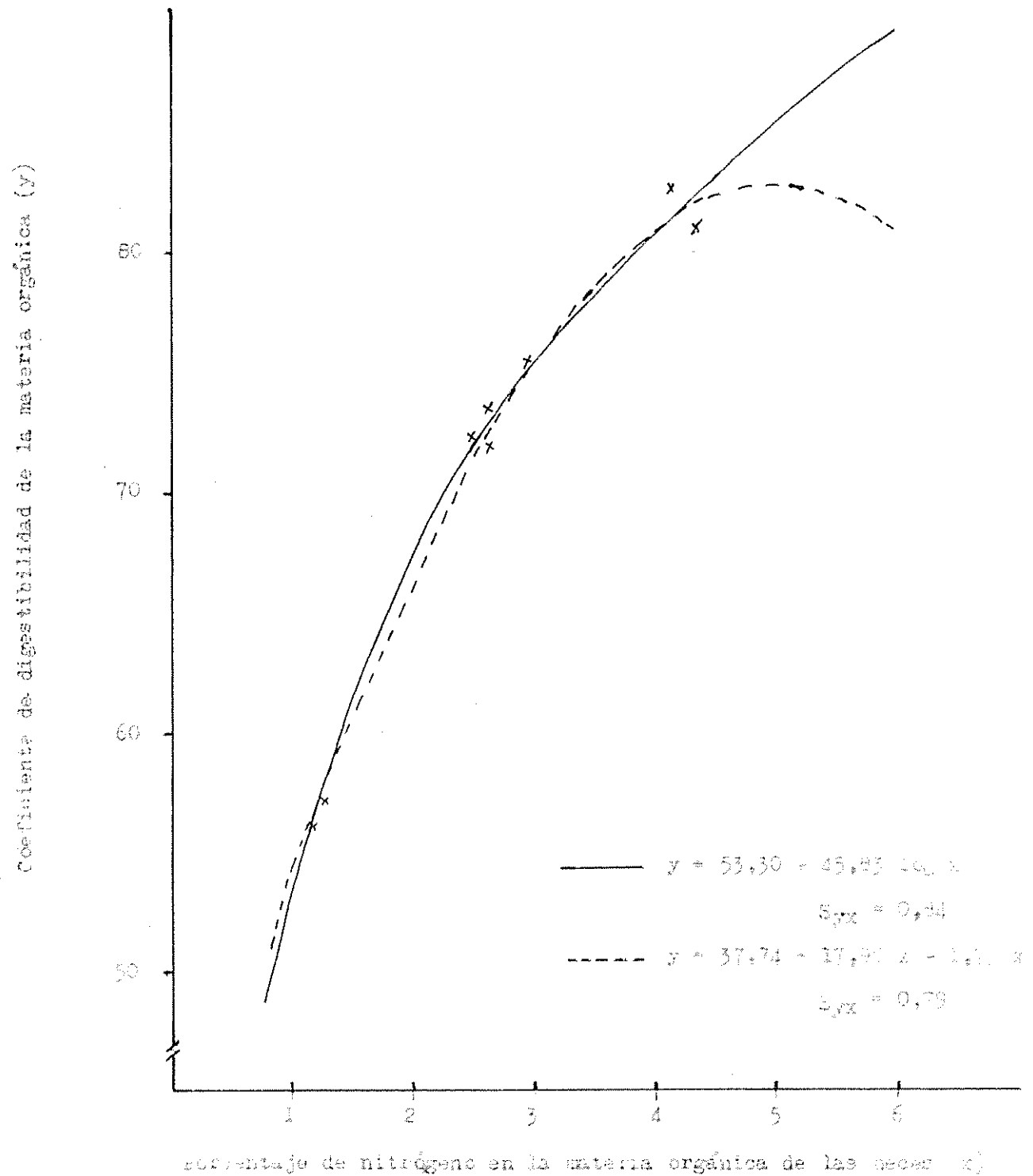


Figura No 1. Relación entre digestibilidad de la materia orgánica del ry grass y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

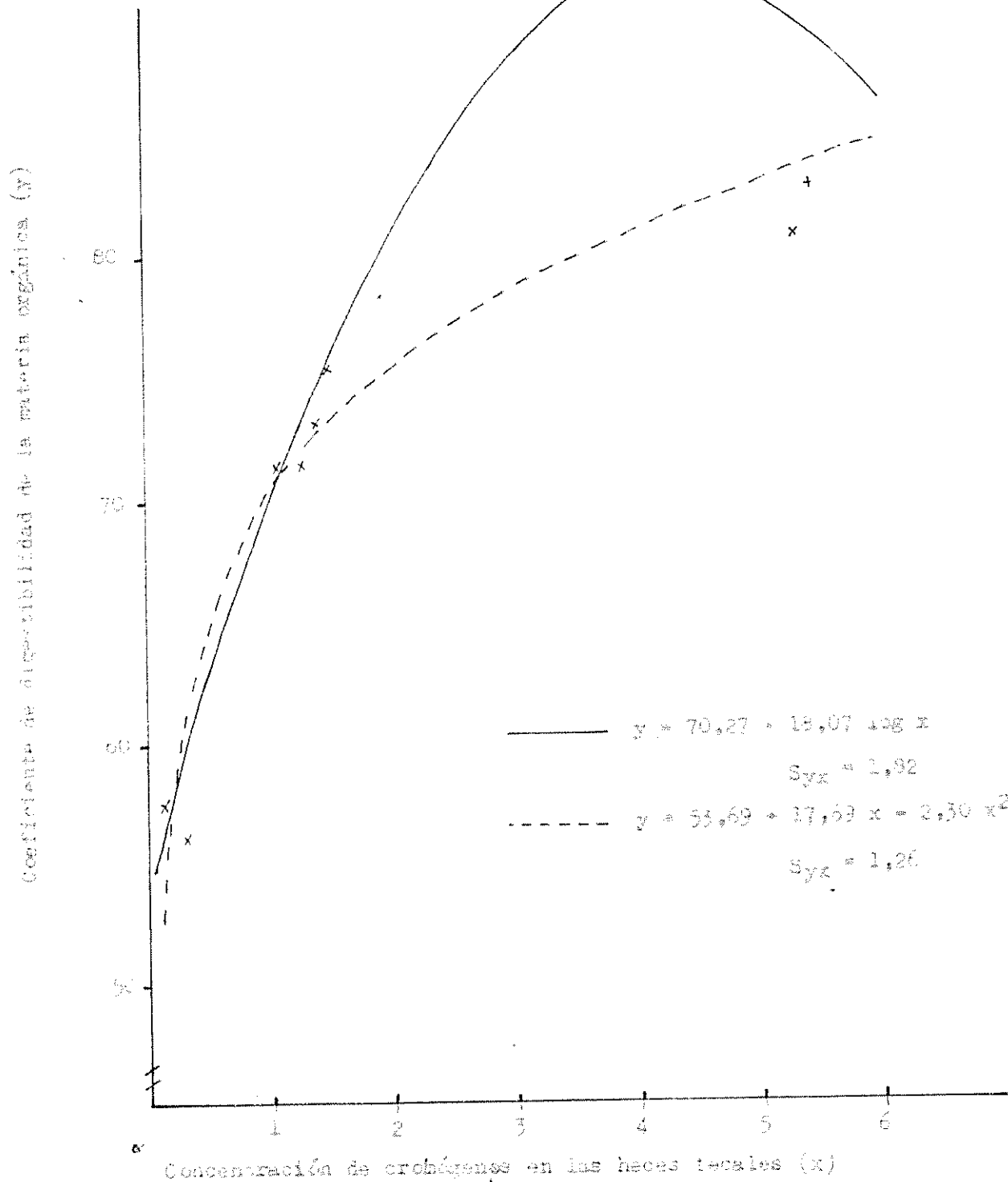


Figura 10. Relación entre la digestibilidad de la materia orgánica del rumen y la concentración de cromógenos en la materia orgánica fecal.

La estimación de los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica tiene asociados errores estándares menores que la estimación de los coeficientes de digestibilidad de la materia seca. Cuando la materia orgánica se relaciona con el nitrógeno o con los cromógenos contenidos en la materia seca de las heces, los errores de estimación son más elevados, que cuando se relaciona con los mismos constituyentes expresados como parte de la materia orgánica de las heces.

#### Resultados con ryegrass y trébol blanco

A los promedios utilizados para calcular las relaciones del Cuadro Nº 7 se agregaron los valores de digestibilidad (Cuadro Nº 4) y composición de heces fecales (Cuadro Nº 6), obtenidas con las mezclas de trébol blanco-dactylis y trébol blanco-gramíneas, calculándose las ecuaciones de regresión que se presentan en el Cuadro Nº 8.

Todas las relaciones calculadas con este grupo de trece observaciones se ajustan mejor a la ecuación de un polinomio de segundo grado que a la ecuación de una recta. Al comparar la ecuación logarítmica con la ecuación del polinomio de segundo grado, existen diferencias apreciables entre el ajuste logrado por ambas ecuaciones. La curva descrita por la ecuación logarítmica se ajusta mejor y tiene un error estándar menor que la curva descrita por la ecuación del polinomio de segundo grado cuando se relaciona la digestibilidad de la materia orgánica o materia seca con la concentración de cromógenos en las heces fecales (Figura Nº 4). La ecuación del polinomio de segundo grado presenta un mejor ajuste que la ecuación logarítmica, cuando se relaciona la digestibilidad de la materia orgánica o materia seca con el porcentaje de nitrógeno fecal (Figura Nº 3).

CUADRO Nº 8. Relaciones entre digestibilidad de la materia orgánica o materia seca del ryegrass y trébol blanco y el contenido de nitrógeno y/o cromógenos en las heces fecales.

Ecuación	Error estándar de estimación	Coefficiente de correlación
	%	
M.S.D. = 44,58 + 10,61 NMS	2,29	0,969
M.S.D. = 53,11 + 48,57 log. NMS	1,31	0,990
M.S.D. = 31,20 + 24,79 NMS - 3,24 (NMS) <sup>2</sup>	1,15	0,994
M.S.D. = 68,34 + 18,17 log. CMS	1,82	0,980
M.S.D. = 58,08 + 19,31 CMS - 3,41 (CMS) <sup>2</sup>	1,50	0,988
M.S.D. = 58,99 + 4,15 NMS + 11,48 log. CMS	1,55	0,987
M.O.D. = 70,49 + 17,28 log. CMO	1,72	0,982
M.O.D. = 57,05 + 12,31 CMO - 1,48 (CMO) <sup>2</sup>	2,63	0,962
M.O.D. = 50,35 + 7,56 NMO	2,46	0,963
M.O.D. = 53,72 + 44,16 log. NMO	1,31	0,990
M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO) <sup>2</sup>	1,16	0,993
M.O.D. = 72,39 + 17,99 log. CMS	1,75	0,981
M.O.D. = 55,75 + 18,52 CMS - 3,24 (CMS) <sup>2</sup>	2,25	0,972
M.O.D. = 49,76 + 10,14 NMS	2,46	0,942
M.O.D. = 57,61 + 47,26 NMS	2,06	0,974
M.O.D. = 30,53 + 30,53 NMS - 4,66 (NMS) <sup>2</sup>	1,44	0,989

NMS = porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces

NMO = porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica de las heces

CMS = concentración de cromógenos en la materia seca de las heces

CMO = concentración de cromógenos en la materia orgánica de las heces

MSD = materia seca digerible

MOD = materia orgánica digerible



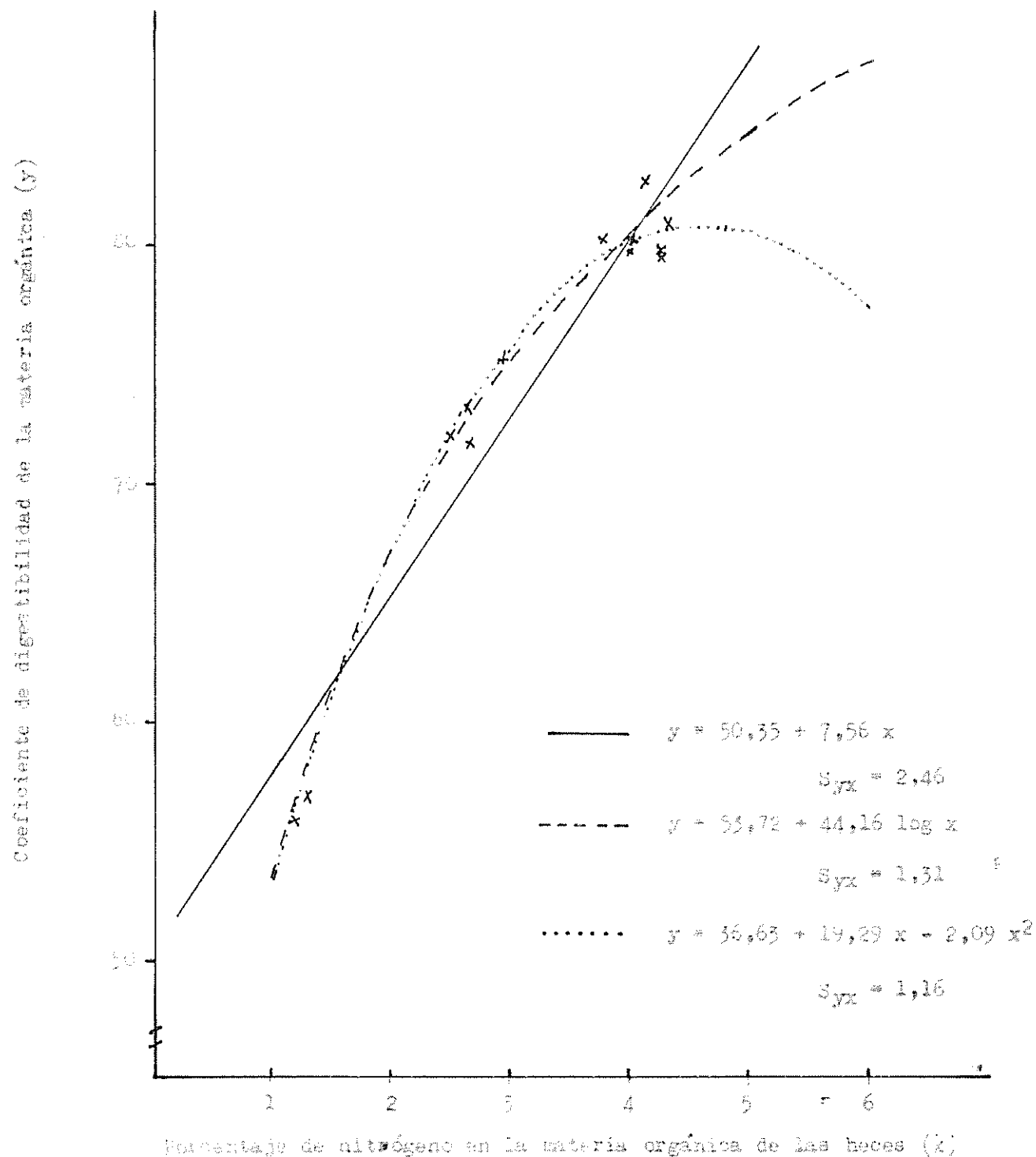


Figura N° 1. Relación entre digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y trébol blanco y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

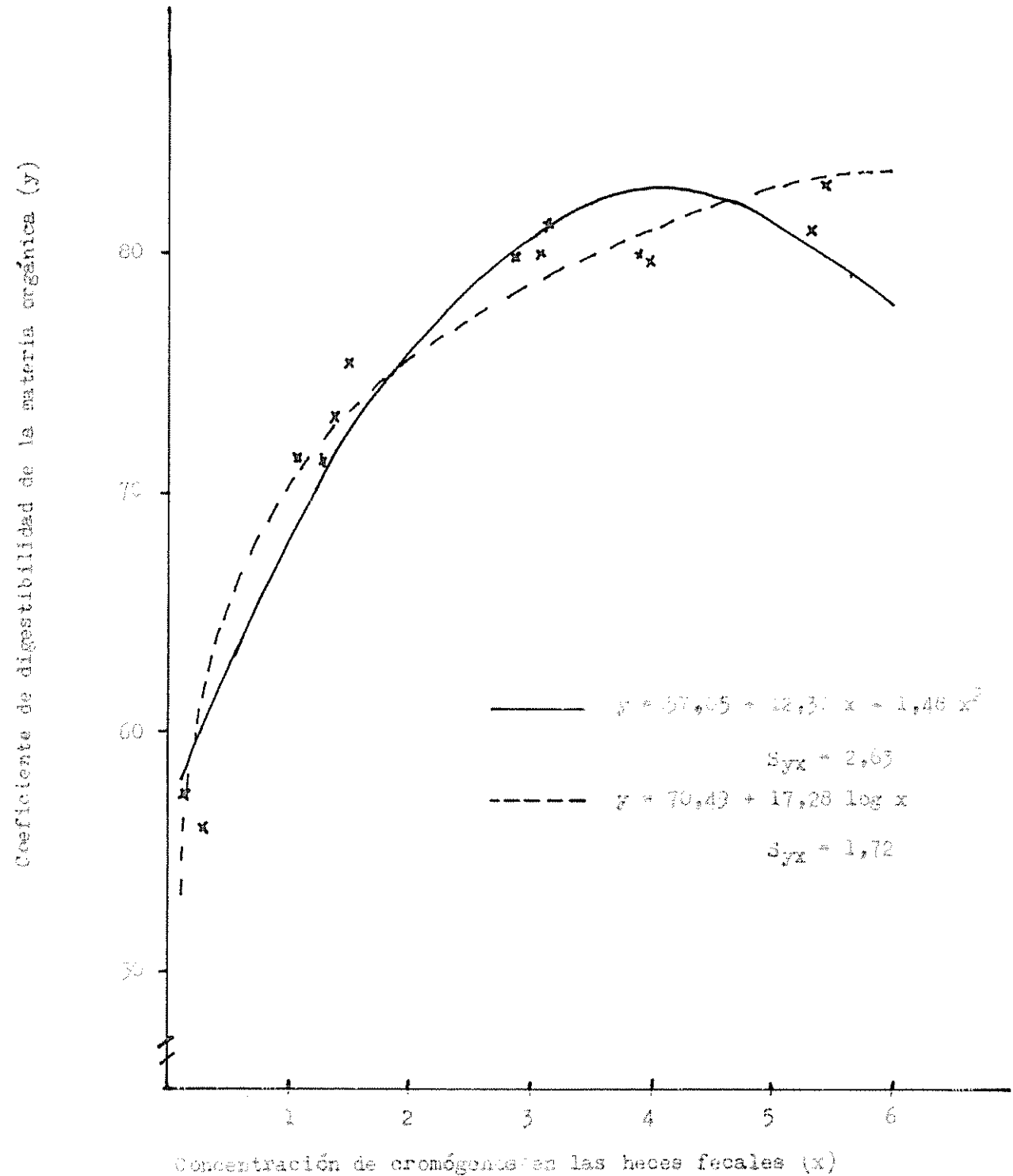


Figura N° 4. Relación entre la digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y trébol blanco y la concentración de cromógenos en la materia orgánica fecal.

Al comparar los coeficientes de correlación entre la digestibilidad y el porcentaje de nitrógeno y entre la digestibilidad y el logaritmo del porcentaje de nitrógeno, sólo hay diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre ellos cuando se relaciona la digestibilidad de la materia orgánica con el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

Al relacionar la digestibilidad de la materia seca con la concentración de cromógenos y el porcentaje de nitrógeno en las heces fecales, en una ecuación de regresión múltiple, no se logra disminuir el error estandar obtenido cuando cada variable se relaciona independientemente con la digestibilidad de la materia seca.

Los errores estandar de las estimaciones son menores cuando se usa el nitrógeno fecal, que al usar la concentración de cromógenos, y no hay diferencias al estimar el coeficiente de digestibilidad de la materia seca u orgánica.

Entre la concentración de cromógenos y el porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces existe una correlación altamente significativa ( $P < 0,001$ )  $r = 0,89$ , la cual aumenta a  $r = 0,93$  cuando se establece entre el nitrógeno y los cromógenos expresados como parte de la materia orgánica de las heces. Entre ambos coeficientes no existen diferencias estadísticamente significativas.

Cuando se estima la digestibilidad de la materia orgánica, los valores de los errores estandar de las estimaciones son menores si los

constituyentes de las heces se expresan en base al contenido de materia orgánica, que si se expresan en base al contenido de materia seca de las heces fecales.

Entre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica existe una correlación altamente significativa ( $P < 0,001$ )  $r = 0,9898$ .

#### Generalización de las regresiones

Incluyendo en el cálculo de las relaciones entre digestibilidad de la materia seca y concentración de cromógenos o porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces fecales, además de los datos del Cuadro Nº 4, los datos que se presentan en el Cuadro Nº 15 del Apéndice, y que corresponden a pruebas de digestibilidad realizadas en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boenger", se obtienen las siguientes ecuaciones entre la digestibilidad de la materia seca (M.S.D.) y el porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces (NMS), total de observaciones incluídas, 23:

$$\text{M.S.D.} = 34,08 + 13,98 \text{ NMS} \quad S_{yx} = 4,26$$

$$\text{M.S.D.} = 44,30 + 64,09 \log. \text{ NMS} \quad S_{yx} = 4,35$$

Al calcular la ecuación correspondiente al polinomio de segundo grado, se encontró que la inclusión del término  $x^2$ , no mejora significativamente la regresión lineal.

Entre la digestibilidad de la materia seca (M.S.D.) y la concentración de cromógenos (unidades de densidad óptica por gramo de materia seca) en las heces (CMS), se encontraron las siguientes relaciones total de observaciones incluidas, 19:

$$\text{M.S.D.} = 59,18 + 6,00 \text{ CMS} \quad S_{yx} = 4,01$$

$$\text{M.S.D.} = 67,75 + 18,65 \log. \text{ CMS} \quad S_{yx} = 2,27$$

$$\text{M.S.D.} = 51,79 + 18,53 \text{ CMS} - 3,24 (\text{CMS})^2 \quad S_{yx} = 2,02$$

Los valores incluidos en el Cuadro Nº 15 del Apéndice corresponden a las pruebas de digestibilidad realizadas por Borrajo (13), quien alimentó capones con heno de alfalfa (Medicago sativa) cortado en diferentes estados vegetativos y en dos formas diferentes. A las realizadas por Paladines (comunicación personal) con ovinos alimentados con heno de una mezcla de trébol blanco y festuca (Festuca arundinacea), preparado en dos formas diferentes. Y a las realizadas por Parodi (73) quien alimentó novillos con pasto sudan cortado verde en diferentes estados vegetativos y sometido a dos niveles de fertilización nitrogenada. En estas últimas pruebas la producción de heces fue estimada mediante el uso del óxido de cromo. En las pruebas con ovinos se realizó la colección total de heces.

Cuando a los datos obtenidos con los forrajes en que predomina el ryegrass se agregan los datos de los forrajes en que predomina el trébol blanco, no se aumenta mayormente el rango de digestibilidad, ni el rango de concentración de cromógenos o porcentaje de nitrógeno en

las heces fecales. Sin embargo las ecuaciones de regresión con el nitrógeno fecal, que incluyen los forrajes en que predomina el trébol blanco tienen en su mayoría un error estandar de la estimación algo mayor que el de las regresiones que sólo incluyen los forrajes en que predomina el ryegrass. Al relacionarse la digestibilidad de la materia orgánica con la concentración de cromógenos por una ecuación logarítmica se disminuyen los errores estandares de la estimación.

La inclusión de datos obtenidos con heno de alfalfa provocan un pequeño aumento en los errores estandar de las relaciones calculadas entre la digestibilidad de la materia seca y la concentración de cromógenos. Al incluir los datos de henos de alfalfa y trébol blanco-festuca y de pasto sudan se provocó un fuerte aumento en los errores estandar de la estimación en las ecuaciones entre digestibilidad de la materia seca y nitrógeno en las heces fecales.

Si calculamos los errores estandar asociados a las ecuaciones de predicción calculadas en este trabajo con los errores obtenidos por otros investigadores, vemos que en el caso de los cromógenos siempre nuestros errores son superiores al  $\pm 0,44\%$  obtenido por Reid y colaboradores (91) para una ecuación generalizada de la forma  $y = a + bx + c \log x$ . En este estudio calculamos en todos los casos ecuaciones de esta forma, pero el término  $bx$ , nunca agregó significativamente nada a la ecuación logarítmica.

En el caso de utilizar el nitrógeno fecal como indicador, nuestros errores son muy similares a los obtenidos por Greenhalgh, Corbett y McDonald (35) en ecuaciones limitadas a una única pradera y a una época del año.

Al comparar nuestros resultados con los de Raymond et al (85), quienes asumen que las relaciones entre digestibilidad y composición de las heces son lineales, encontramos que las ecuaciones calculadas por ellos tienen errores estandar mayores.

En nuestro caso la única relación que se ajustó mejor a una recta fue la establecida entre la digestibilidad de la materia seca y el porcentaje de nitrógeno en la materia seca de las heces, con las seis observaciones realizadas por Parodi (73) en pasto sudan (Cuadro Nº 15 del Apéndice).

En este caso la digestibilidad de la materia seca fluctuaba entre 41,3 a 60,9%. La relación encontrada se describe por la siguiente ecuación:

$$M.S.D. = 6,70 + 30,06 \text{ NMS} \qquad S_{yx} = 1,81$$

En la revisión de literatura realizada, todos los autores que han calculado la relación entre digestibilidad y porcentaje de nitrógeno en las heces en forma curva, han utilizado la ecuación del polinomio de segundo grado (19, 35) (Ver Figura Nº 5).

Se puede apreciar en las Figuras Nº 1 y Nº 3 que al usar el nitrógeno como indicador fecal el ajuste de las observaciones a la curva logarítmica es tan bueno como a la curva cuadrática. Aunque las ecuaciones calculadas no deben ser usadas con forrajes cuya digestibilidad esté fuera de los límites utilizados para calcularlos, la ecuación logarítmica parecería ser más adecuada que la ecuación del polinomio de segundo grado para extrapolarse, si se extrapola con las ecuaciones del polinomio de segundo grado probablemente se cometa una subestimación de la digestibilidad.

Coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica (y)

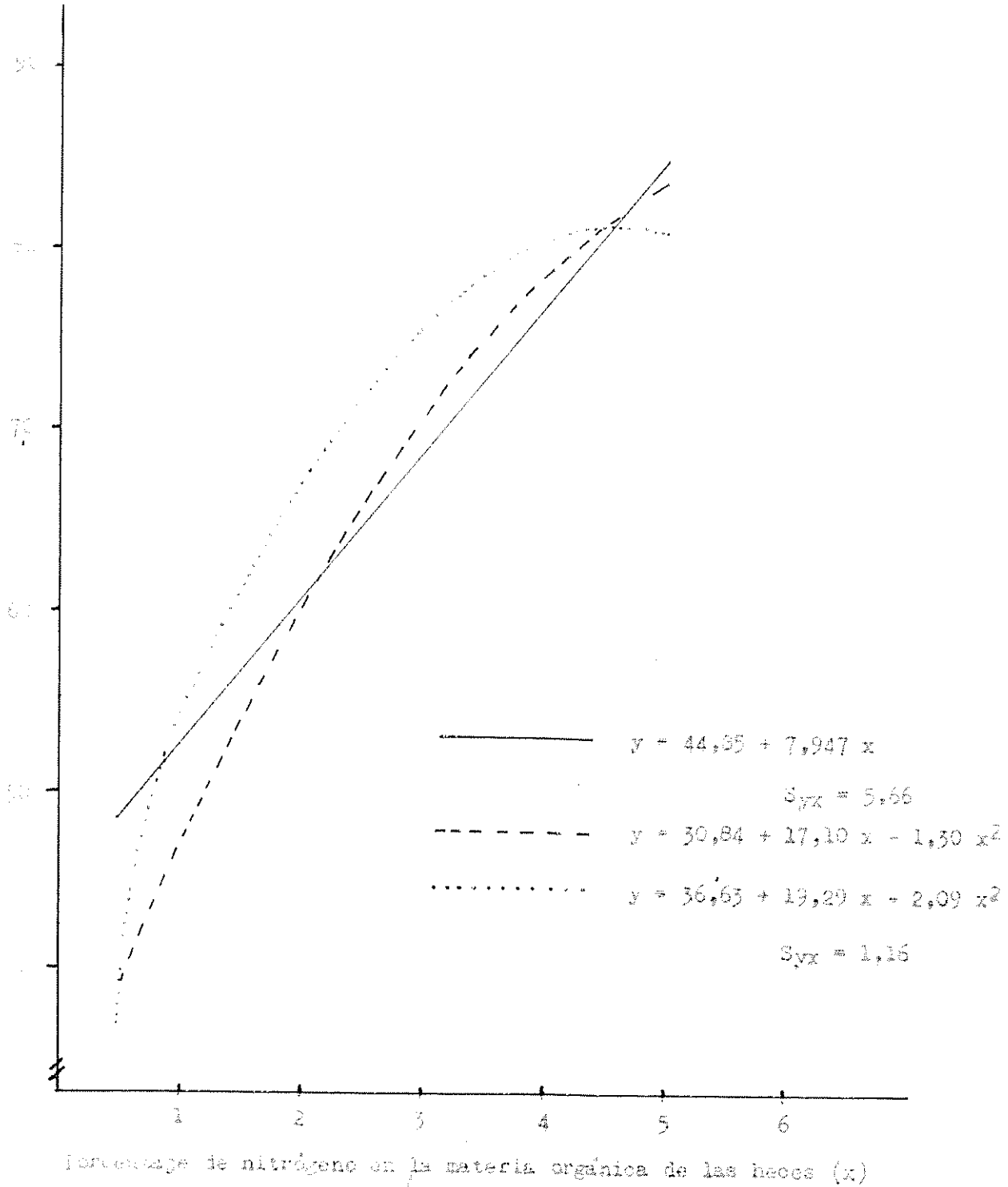


Figura N° 5. Relaciones entre la digestibilidad de la materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal, calculadas por Raymond et al. (85) ————, Coop e Hill (19) - - - - - y en esta tesis .....



Una situación similar se produce al utilizar los cromógenos como indicadores fecales. En las Figuras Nº 2 y Nº 4 se pueden comparar las curvas logarítmicas y cuadráticas en el caso del ryegrass y ryegrass-trébol blanco respectivamente.

Aunque la digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica se pueden predecir con similar exactitud, creemos preferible utilizar las ecuaciones que predicen la digestibilidad de la materia orgánica, debido a que este valor tiene una relación más estrecha con la digestibilidad de la energía que la digestibilidad de la materia seca. Por otra parte los valores de materia orgánica digerible no están influenciados como los de materia seca digerible por la contaminación con suelo que puede haber sufrido el forraje. Como desventaja se presenta la necesidad de realizar la determinación de ceniza en las muestras de heces, para aplicar las ecuaciones, ya que se logra una mejor predicción de la digestibilidad de la materia orgánica al hacerla en base a los indicadores fecales contenidos en la materia orgánica de las heces.

Después de analizar las relaciones sostenidas en este trabajo, es fácil decidir entre los dos indicadores fecales utilizados. El nitrógeno nos da los mejores ajustes en las ecuaciones que incluyen datos de ryegrass o ryegrass y trébol blanco. El rango y continuidad de la concentración de nitrógeno es menor que el de los cromógenos, lo cual se traduce en ecuaciones con mayor valor de predicción. La facilidad y homogeneidad de análisis del nitrógeno es otra ventaja sobre los cromógenos como indicadores fecales.

Empleo del Óxido de Cromo para Estimar la Producción de Heces Fecales

Porcentaje de recuperación del óxido de cromo

En la Figura Nº 6 se puede observar el promedio de recuperación en porcentaje relativo al total de óxido de cromo proporcionado por día, obtenido entre el tercer y undécimo día de dosificación a cuatro capones alimentados ad-libitum con alfalfa verde, en jaulas metabólicas.

Como se puede apreciar en la Figura Nº 6 la excreción del óxido de cromo durante los primeros seis días de dosificación es muy inestable. Esta inestabilidad en la excreción es lo que hace necesario disponer de un período preliminar de por lo menos cuatro a cinco días antes de estimar la producción fecal.

La variación en la excreción diaria después del sexto día de dosificación es menor, pero en ningún caso se puede evitar esta variación. Para evitar que la variación diaria influya en la estimación de heces fecales, es necesario usar un período de colección suficientemente largo o aumentar el número de animales utilizados en la estimación.

Con los cuatro animales alimentados ad-libitum con alfalfa en jaulas metabólicas, encontramos los siguientes porcentajes promedios de recuperación del óxido de cromo:

<u>Días incluidos</u>	<u>Nº de días</u>	<u>Recuperación</u> % -
Sexto a Undécimo	6	97,72
Séptimo a Undécimo	5	96,78
Octavo a Undécimo	4	96,66
Noveno a Undécimo	3	94,35

CUADRO Nº 9. Comparación entre la producción real y la estimada con éxito de cromo, de heces fecales (g. de materia orgánica) en los siete días del período de colección.

Forraje	Nº de animales	M.O. excretada		Diferencia y su desviación estandar
		Real	Estimada	
		g.	g.	g. de M. O.
<u>Ryegrass primer corte</u>				
Jaulas metabólicas	7	705	671	- 35 ± 87,7
Pastoreos	8	1123	1252	129 ± 145,0
Total	15	928	981	53 ± 132,5
<u>Trébol blanco-gramíneas</u>				
Jaulas metabólicas	7	945	980	35 ± 77,4
Pastoreos	8	1481	1373	-109 ± 63,4
Total	15	1231	1189	- 42 ± 100,4
<u>Ryegrass primer corte y trébol blanco-gramíneas</u>				
Jaulas metabólicas	14	825	825	0 ± 87,4
Pastoreos	16	1302	1312	10 ± 163,6
Total	30	1079	1085	6 ± 131,4

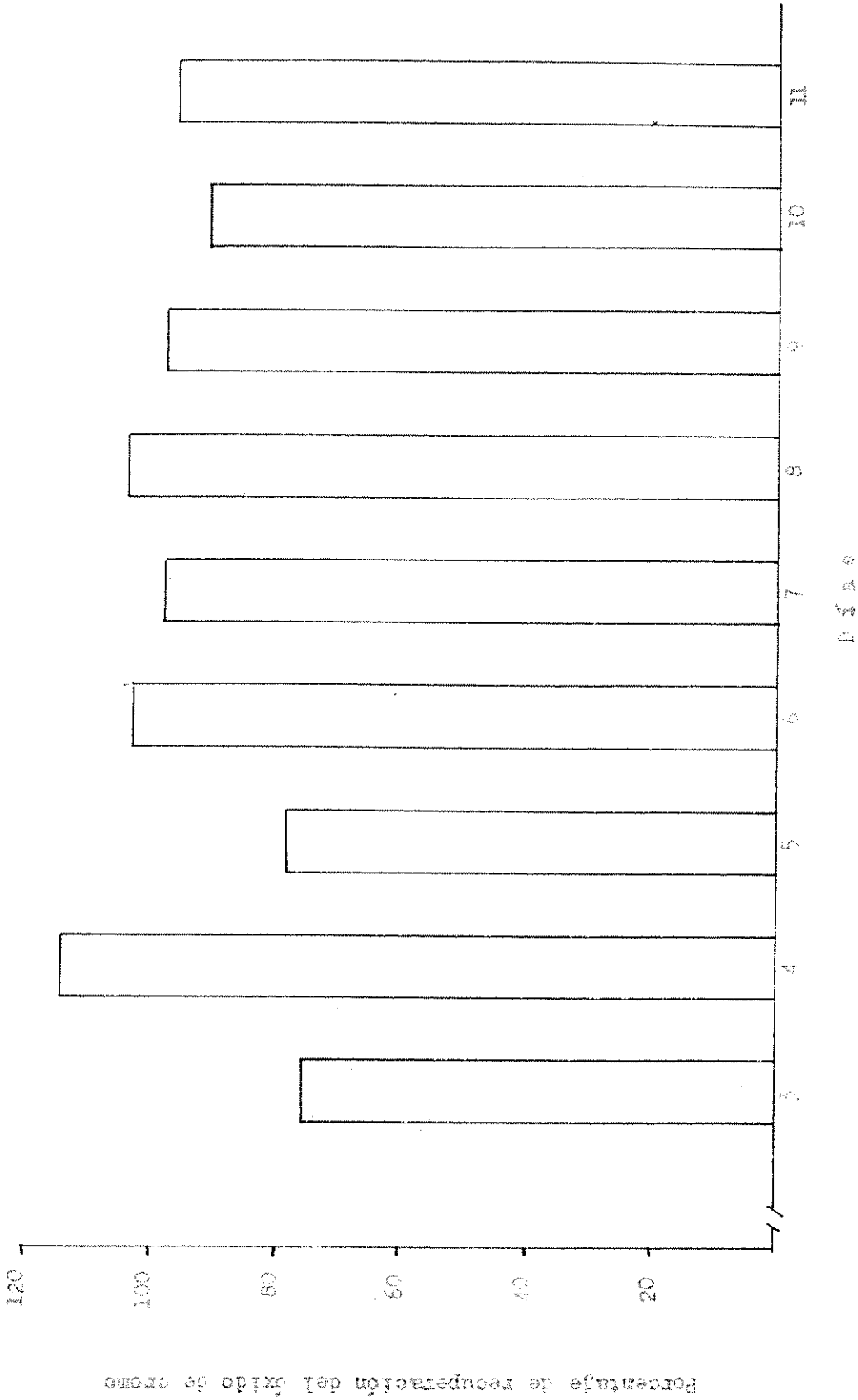


Figura No 6. Recuperación del óxido de cromo en el tercer y undécimo día de desulfuración.

Las estimaciones obtenidas al usar el óxido de cromo para medir la excreción de heces en los animales en jaulas metabólicas o en pastoreo, alimentados con ryegrass de primer corte o con la mezcla de trébol blanco y gramíneas, se presentan en el Cuadro N<sup>o</sup> 9.

Los porcentajes de recuperación obtenidos al alimentar capones con ryegrass de primer corte son de 95,18 y 111,49% en jaulas metabólicas y pastoreo respectivamente. Cuando se proporcionó la mezcla de trébol blanco y gramíneas, los porcentajes de recuperación fueron de 103,70 y 92,71% en jaulas metabólicas y pastoreo respectivamente.

De los porcentajes de recuperación señalados se desprende que los animales en jaulas metabólicas fue posible predecir la producción de heces con un error de  $\pm 5\%$ , al usar períodos de colección de siete días y grupos de siete capones en dos diferentes planos de alimentación. En las condiciones de pastoreo con igual número de días de colección y ocho animales, la predicción tiene un error cercano a  $\pm 10\%$ .

La razón de este diferente error de estimación en los animales en pastoreo y jaulas metabólicas puede estar provocada por una mejor o peor mezcla del óxido de cromo con el contenido digestivo. Los animales en jaulas metabólicas ingerían alimento inmediatamente después de cada dosificación, los animales en pastoreo, en cambio, ingerían alimento en cualquier momento. Es probable que la dosificación seguida de la ingestión de alimento provocara una mejor mezcla.

El número de animales que es necesario usar para estimar la producción de heces con un determinado error y porcentaje de probabilidad,

usando un período de colección de siete días, lo podemos calcular a partir de los datos del Cuadro Nº 9. Para ello se utiliza la siguiente relación presentada por Steel y Torrie (96):

$$n = \frac{t^2 S^2}{d^2}$$

Donde, n es el número de animales necesarios para que el promedio de una muestra estime el promedio real con un determinado error, t es el valor de la distribución t de Student para el nivel de probabilidad deseado y con los grados de libertad de S, S es la desviación estándar de la muestra inicial, y d es la mitad de la amplitud máxima que se quiere obtener.

Si queremos estimar la producción de heces con el error de  $\pm 5\%$  el número de animales necesarios en jaulas metabólicas o en pastoreo, es el siguiente:

<u>Nivel de probabilidad</u>	<u>Jaulas metabólicas</u>	<u>Pastoreos</u>
%		
99	21	29
95	11	15
90	7	10

Estos cálculos son válidos siempre que se utilicen técnicas de dosificación, muestreo y análisis de similar eficiencia que las empleadas en este trabajo.

Curvas de excreción diurna del óxido de cromo y del nitrógeno

En la Figura Nº 7 A se muestran las curvas promedio de excreción diurna del óxido de cromo obtenidas al alimentar, ad-libitum,

cuatro capones con alfalfa verde en jaulas metabólicas, y la obtenida con doce animales alimentados en jaulas metabólicas o en pastoreo con una mezcla de trébol blanco y gramíneas. Los datos son expresados en porcentaje relativo de la concentración promedio del día. En los animales alimentados con alfalfa, cada dato es un promedio de los valores obtenidos en el día octavo y undécimo de la dosificación con óxido de cromo.

Al analizar los porcentajes relativos de recuperación del óxido de cromo en los animales alimentados con trébol blanco-gramíneas, previa su transformación angular, se encontró una interacción altamente significativa ( $P < 0,001$ ) entre horas de muestreo y el medio ambiente en que se mantenían los animales. Dentro de los animales en jaulas metabólicas, no hay diferencias significativas entre las diferentes horas en que se muestrearon las heces fecales.

Los animales en pastoreo tienen igual curva de excreción diurna, estén sometidos a pastoreo diario o pastoreo rotativo. Entre el porcentaje relativo de recuperación, en las diferentes horas existen diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ). El resultado de la prueba de Duncan (27) fue el siguiente ( $P < 0,05$ ):

Horas:	<u>17</u>	<u>14</u>	<u>20</u>	<u>11</u>	<u>23</u>	<u>8</u>	<u>2</u>	<u>5</u>
--------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------	----------	----------

En la Figura N<sup>o</sup> 7 B se comparan la curva promedio de los animales en pastoreo, con la de los animales en jaulas metabólicas. Es no teria la diferencia en la excreción diurna del óxido de cromo.

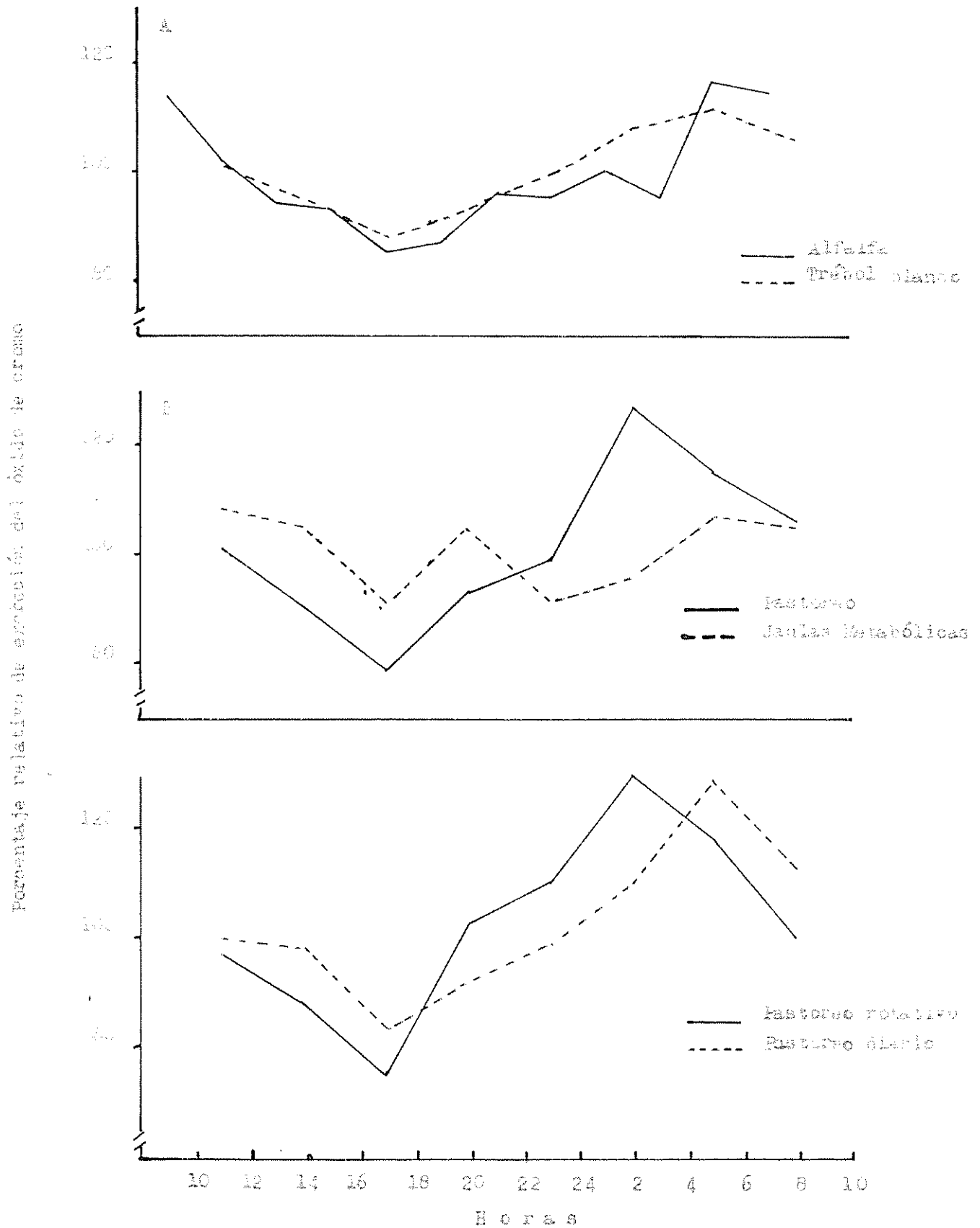


Figura Nº 7. Curvas de excreción diaria del óxido de cromo.



En la Figura Nº 7 C se presentan las curvas promedio obtenidas con tres capones en pastoreo diario y tres en pastoreo rotativo sobre una pradera de trébol blanco y gramíneas. Es posible apreciar la similitud que existe entre ellas y que hace posible se considere que el promedio represente a las curvas en los tipos de pastoreo.

Expresando el porcentaje de nitrógeno excretado en una hora determinada como porcentaje del promedio diario, se obtienen curvas que muestran muy poca variabilidad a lo largo del día. Sin embargo, existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de excreción en las diferentes horas del día, esto está en desacuerdo con la mayoría de los autores que han estudiado la excreción del nitrógeno fecal (30, 38, 67), quienes no encuentran diferencias en la excreción diurna a las diferentes horas del día.

La prueba de Duncan (27) aplicada al promedio de los doce animales utilizados, da el siguiente resultado:

Horas:	20	23	17	8	<u>5</u>	<u>14</u>	<u>2</u>	<u>11</u>
--------	----	----	----	---	----------	-----------	----------	-----------

Dos horas no subrayadas por una misma línea tienen un porcentaje relativo de excreción del nitrógeno fecal significativamente diferente ( $P < 0,05$ ).

En todo caso, ninguna hora es significativamente diferente de las 8 y 5 A.M., horas cuyo porcentaje de excreción es muy cercano al promedio del día.

En la Figura Nº 8 A, se encuentran las curvas promedio obtenidas con tres capones alimentados ad-libitum y tres en el nivel de mantenimiento, con una mezcla de trébol blanco y gramíneas en jaulas metabólicas.

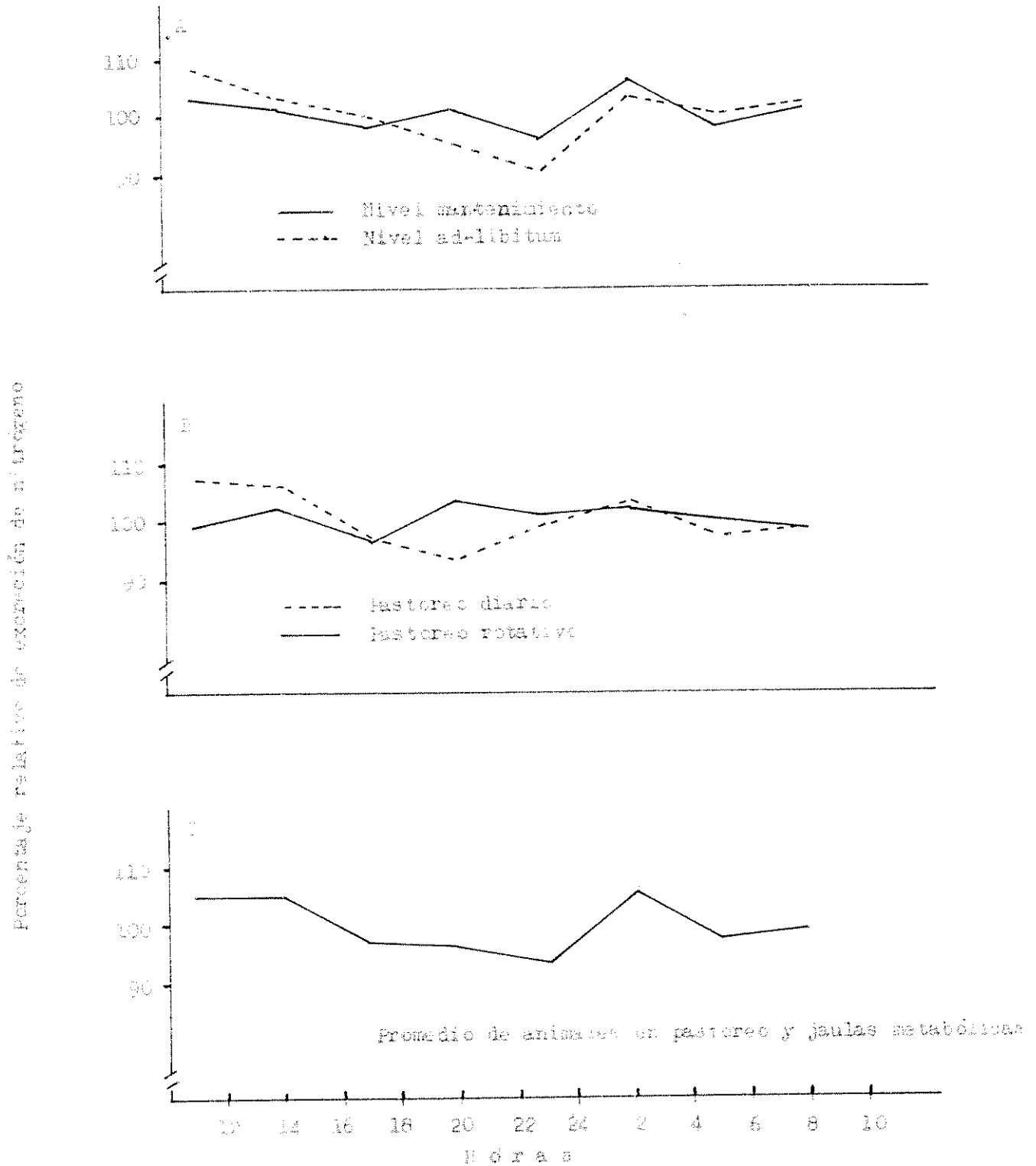


Figura N° 1. Curvas promedio de excreción diaria de nitrógeno.

En la Figura N<sup>o</sup> 8 B se muestran las curvas promedio de tres animales en pastoreo rotativo y tres en pastoreo diario sobre una pradera de trébol blanco y gramíneas. La curva promedio de los doce animales en jaulas metabólicas y pastoreo alimentados con la mezcla de trébol blanco y gramíneas, se encuentra en la Figura N<sup>o</sup> 8 C.

Las diferencias encontradas entre horas en el porcentaje de excreción del óxido de cromo y del nitrógeno en los animales en pastoreo, hacen necesario encontrar un esquema de muestreos rectales o un sistema de muestreo en el campo, que proporcione una muestra representativa, en la cual realizar la determinación química de ambos indicadores.

En la curva de excreción del óxido de cromo, parecería que el muestreo a las 6 A.M. y 4 P.M. propuesto por Hardison y Reid (40) proporcionaría una muestra bastante representativa de la excreción promedio del día. En relación con la excreción de nitrógeno fecal esas mismas horas coinciden con excreciones cercanas al promedio del día (ver Figura N<sup>o</sup> 8 C).

#### Estimación del Consumo de Materia Orgánica por los Animales

En el Cuadro N<sup>o</sup> 10 se presentan los valores promedio del consumo obtenidos con los diferentes forrajes y se comparan con los valores estimados.

En el caso de usarse colección total de heces, la diferencia entre el consumo real y el estimado está dado únicamente por el error inherente a la ecuación de predicción de la digestibilidad.

CUADRO Nº 10. Comparación entre el consumo real y estimado por varias ecuaciones para predecir la digestibilidad y usando colección total u óxido de cromo para conocer la producción de heces fecales.

Ferraje	Consumo (g. de M.O. por unidad de tamaño metabólico)				Diferencia y su desviación estándar			
	N	Real	C.T.	Cr203	C.T.	Cr203		
<u>Ryegrass</u>	<u>M.O.D. = 70,27 + 18,07 log. CMO; <math>S_{yx} = 1,82</math></u>							
Ryegrass 1er corte	7	36	40	38	3,9	4,7	1,7	2,3
Los seis ferrajes de ryegrass	28	41	40	--	-1,6	5,2	----	
	<u>M.O.D. = 37,74 + 17,98 NMO - 1,79 (NMO)<sup>2</sup>; <math>S_{yx} = 0,79</math></u>							
Ryegrass 1er corte	7	36	36	34	0,3	4,0	-1,4	1,5
Los seis ferrajes de ryegrass	28	41	41	--	0,1	4,0	----	
<u>Ryegrass-t. blanco</u>	<u>M.O.D. = 70,49 + 17,28 log. CMO; <math>S_{yx} = 1,72</math></u>							
Los seis ferrajes de ryegrass	28	41	40	--	-1,6	4,6	----	
T. blanco-gramíneas	7	43	47	48	3,4	4,5	5,1	2,7 <sup>†</sup>
T. blanco-gramíneas y T. blanco-dactylis	15	43	43	--	-0,1	4,9	----	
Los ocho ferrajes	43	42	41	--	-1,1	4,7	----	
	<u>M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO)<sup>2</sup>; <math>S_{yx} = 1,16</math></u>							
Los seis ferrajes de ryegrass	28	41	41	--	-0,3	4,0	----	
T. blanco-gramíneas	7	43	47	48	3,4	3,5	5,0	3,2 <sup>†</sup>
T. blanco-gramíneas y T. blanco-dactylis	15	43	44	--	1,0	4,1	----	
Los ocho ferrajes	43	42	42	--	0,2	4,1	----	

† - Diferencia significativa con un 95% de probabilidad

N = Nº de animales. NMO = % de nitrógeno en la M.O. fecal.

CMO = concentración cromógenas (Unidades de densidad óptica por g. M.O.)

CT = Colección Total.

Si consideramos el grupo de cuatro animales alimentados ad-libitum con ryegrass de primer corte, cuya digestibilidad promedio de la materia orgánica es 81,34% (Cuadro Nº 4) y el porcentaje de nitrógeno fecal es en promedio 4,36% (Cuadro Nº 6). La digestibilidad estimada por la ecuación logarítmica entre digestibilidad de la materia orgánica y nitrógeno en la materia orgánica de las heces fecales es 82,61%.

La excreción diaria durante el período de colección es de 117 g. por animal y la excreción estimada por el óxido de cromo es 107 g. por animal. El consumo real es de 40 g. de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico y por día.

El error de predicción de la digestibilidad de la materia orgánica para el valor de 4,36% de nitrógeno fecal es de  $\pm 0,96$  unidades de digestibilidad o  $\pm 1,16\%$ . Para estimar el consumo se necesita conocer la porción no digerible del forraje, la cual se predice con errores en unidades de digestibilidad iguales a los de la digestibilidad, pero que en porcentaje se elevan a  $\pm 5,52\%$  en la ecuación logarítmica que consideramos y para el ryegrass de primer corte.

La porción no digerible estimada fluctúa entre 16,43 y 18,35%, a partir de estos valores el consumo para el animal promedio de 15,5 unidades de tamaño metabólico y realizando colección total de heces fluctúa entre 46, y 41 g. de materia orgánica por día.

Como se aprecia la relación utilizada, sobreestima la digestibilidad y el consumo de los animales que se alimentan ad-libitum con ryegrass de primer corte. La sobreestimación del consumo es de hasta un 15%.

Cuando se usa el óxido de cromo para estimar la producción de heces, la diferencia entre el valor real y el estimado está representada por los errores que se cometen al predecir la digestibilidad y la producción de heces fecales. En este caso el error de predicción del consumo aumenta hasta que aparecen diferencias estadísticamente significativas (prueba t al nivel  $P < 0,05$ ) entre los valores reales y los estimados (ver última columna del Cuadro Nº 10).

Al combinar la estimación de la producción de heces y la predicción de la digestibilidad, en el grupo de cuatro capones alimentados ad-libitum con ryegrass de primer corte la estimación del consumo variaría entre 31 y 44 g. de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico por día. Esto significa un error de  $\pm 22,5\%$ , expresado como porcentaje de la diferencia máxima con la media real.

Para aumentar la exactitud en la predicción del consumo, es necesario aumentar el número de animales incluidos en la estimación. Utilizando los datos del Cuadro Nº 10 se ha calculado el número de animales necesarios para estimar el consumo con errores de  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$  y  $\pm 15\%$ , en los niveles de probabilidad del 90, 95 y 99%. Estos valores se presentan en el Cuadro Nº 11.

En el Cuadro Nº 11 sólo se incluyen estimaciones basadas en la colección total de heces. Cuando se usa el óxido de cromo el número de animales necesarios estará dado por la precisión con que se estime la producción de heces (ver página 81).

CUADRO Nº 11. Número de animales necesarios para estimar el consumo de materia orgánica, con colección total de heces fecales

Error en la estimación (%)	N	Nivel de probabilidad (%)		
		99	95	90
<u>Ryegrass</u>		28		
		<u>M.O.D. = 70,27 + 18,07 log. CMO; <math>S_{yx} = 1,82</math></u>		
5		24,7	13,6	9,3
10		6,2	3,4	2,3
15		2,7	1,5	1,0
		<u>M.O.D. = 37,74 + 17,98 NMO - 1,79 (NMO)<sup>2</sup>; <math>S_{yx} = 0,79</math></u>		
5		14,6	8,0	5,5
10		3,7	2,0	1,4
15		1,6	0,9	0,6
<u>Ryegrass-trébol blanco</u>		43		
		<u>M.O.D. = 70,49 + 17,28 log. CMO; <math>S_{yx} = 1,72</math></u>		
5		18,4	10,3	7,1
10		4,6	2,6	1,8
15		2,0	1,1	0,8
		<u>M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO)<sup>2</sup>; <math>S_{yx} = 1,16</math></u>		
5		13,9	7,8	5,4
10		3,5	1,9	1,4
15		1,5	0,9	0,6

N = número de observaciones en que se basa la estimación de la desviación estandar de la diferencia usada para el cálculo del número de animales.

CMO = concentración cromógenos (unidades densidad óptica por g. M.O.)  
 NMO = porcentaje nitrógeno en la M.O. fecal. M.O.D. materia orgánica digerible

En el número de animales necesarios para realizar la estimación del consumo con un error dado a un determinado nivel de probabilidad, influyen la desviación estandar de la muestra inicial y el tamaño de la muestra en que se determina la desviación estandar. Si lo calculamos con la desviación estandar de los siete animales del ryegrass de primer corte, y empleando la ecuación del nitrógeno, vemos que para un error de  $\pm 5\%$  se requieren 28, 13 y 8 animales, contra 15, 8 y 6 (probabilidades del 1, 5 y 10% respectivamente) calculados con la desviación estandar de los veintiocho animales utilizados para medir el consumo en ryegrass.

Las ecuaciones de predicción que usan los cromógenos como indicador fecal dan estimaciones del consumo con una mayor desviación estandar que las ecuaciones en que se use el nitrógeno como indicador fecal. Ello se traduce en la necesidad de emplear un menor número de animales para estimar el consumo con igual precisión, lo cual es una ventaja importante a favor del uso del nitrógeno fecal como indicador sobre los cromógenos.

#### Aplicación de los Métodos Indirectos para Predecir el Consumo en Condiciones de Pastoreo.

Estimación del consumo en una pradera de ryegrass de primer corte

El consumo medido por los métodos de corte fue de 43 g. de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico en el pastoreo diario y



de 47 g. en el pastoreo rotativo. Estos valores en promedio son aproximadamente superiores en un 125% al consumo máximo promedio obtenido con el mismo forraje en jaulas metabólicas.

Las cantidades de forraje medidas en las pradera de ryegrass de primer corte, en gramos de materia orgánica por día y por animal (promedio 16,1 y 16,9 unidades de tamaño metabólico en pastoreo rotativo y diario respectivamente) fueron:

<u>Pastoreo</u>	<u>Ofrecido comienzo pastoreo</u>	<u>En jaulas fin pastoreo</u>	<u>Rechazado</u>	<u>Consumido</u>
Rotativo	1999	2675	1785	762
Diario	2933	----	2213	720

El valor consumido es el obtenido al aplicar la fórmula propuesta por Linehan, Lowe y Stewart (62) en el pastoreo rotativo, y la diferencia entre ofrecido y rechazado en el pastoreo diario.

Utilizando las ecuaciones de predicción que nos parecen mejores para medir la digestibilidad, calculadas en base a los datos de ryegrass y trébol blanco (Cuadro Nº 6) se obtienen los resultados del Cuadro Nº 12 en digestibilidad y consumo de materia orgánica.

El análisis de variancia de los datos de digestibilidad de la materia orgánica, indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el pastoreo rotativo y el diario y que existen diferencias altamente significativas ( $P < 0,001$ ) entre las estimaciones logradas por el uso de los cromógenos y del nitrógeno.

Al analizar los datos de consumo se encontró que eran significativamente menores las estimaciones realizadas con la ecuación del

nitrógeno que las realizadas con la ecuación de los cromógenos. El consumo fue significativamente mayor en el pastoreo rotativo y significativamente sobreestimado por el uso del óxido de cromo en la estimación de las heces fecales producidas.

CUADRO Nº 12. Digestibilidad y consumo del ryegrass de primer corte en pastoreo. Estimaciones realizadas con las ecuaciones para ryegrass y trébol blanco, con colección total o estimación de la producción de heces fecales con óxido de cromo:

Pastoreo	CMO;	NMO.	M.O.D.	Consumo	
				Colección total	UsorCr203
		%	%	g. M.O./Hía/W <sup>.734</sup> Kg	
	<u>M.O.D. = 70,49 + 17,29 log. CMO; <math>s_{yx} = 1,72</math></u>				
Rotativo	6,701	----	85,05	66	76
Diario	7,017	----	84,35	61	67
	<u>M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO)<sup>2</sup>; <math>s_{yx} = 1,16</math></u>				
Rotativo	-----	4,53	80,96	52	60
Diario	-----	4,28	80,56	49	54

CMO = Concentración cromógenos (unidades de densidad óptica por g. de M.O.)

NMO = Porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

M.O.D. = Digestibilidad de la materia orgánica.

Si para estimar la digestibilidad y el consumo de materia orgánica se usan las ecuaciones restringidas únicamente a ryegrass (Cuadro Nº 5), se obtienen los resultados que se muestran en el Cuadro Nº 13. El análisis de variancia de los datos de digestibilidad señala que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los

CUADRO Nº 13. Digestibilidad y consumo del ryegrass de primer corte en pastoreo. Estimaciones realizadas con las ecuaciones para ryegrass con colección total o estimación de la producción de heces fecales con óxido de cromo.

Pastoreo	CMO.	NMO.	M.O.D.	Consumo	
				Colección total	Uso Cr203
		%	%	g. M.O./día/10 <sup>734</sup> Kg	
				<u>M.O.D. = 70,27 + 18,07 log. CMO; s<sub>yx</sub> = 1,82</u>	
Rotativo	6,701	----	85,08	67	77
Diario	7,017	----	85,54	66	72
				<u>M.O.D. = 53,69 + 17,69 CMO - 2,30 (CMO)<sup>2</sup>; s<sub>yx</sub> = 1,26</u>	
Rotativo	6,701	----	66,14	34	40
Diario	7,017	----	63,77	28	30
				<u>M.O.D. = 53,30 + 45,83 log. NMO; s<sub>yx</sub> = 0,84</u>	
Rotativo	-----	4,53	83,39	60	69
Diario	-----	4,28	82,23	54	60
				<u>M.O.D. = 37,74 + 17,98 NMO - 1,79 (NMO)<sup>2</sup>; s<sub>yx</sub> = 0,79</u>	
Rotativo	-----	4,53	82,46	56	65
Diario	-----	4,28	81,89	53	57

NMO = porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

CMO = concentración de cromógenos (unidades de densidad óptica por g. de M.O.).

M.O.D. = materia orgánica digerible.

dos sistemas de pastoreo. Entre indicadores y entre ecuaciones hay diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,001$ ) y una interacción de igual significación entre los indicadores y la ecuación usada para realizar las estimaciones.

Hubo diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,01$ ) en las estimaciones del consumo de materia orgánica. Se encontraron también diferencias significativas en las estimaciones del consumo realizadas con el nitrógeno o con los cromógenos como indicadores fecales, en las estimaciones hechas con la ecuación logarítmica y el polinomio de segundo grado y entre las obtenidas al usar el óxido de cromo en la colección total de heces. Existe además una interacción altamente significativa ( $P < 0,001$ ) entre los indicadores y la ecuación usada para las estimaciones.

Tal como se había señalado anteriormente la ecuación del polinomio de segundo grado, calculada entre digestibilidad de la materia orgánica y la concentración de cromógenos en la materia orgánica fecal, no es adecuada para predecir ni la digestibilidad ni el consumo fuera del rango de cromógenos usado para calcular la relación.

Estimación del consumo en una pradera de trébol blanco y gramíneas

En esta prueba la estimación del consumo por los métodos de corte fue de 47 y 20 g. de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico para el pastoreo diario y el pastoreo respectivamente.

Las cantidades de forrajes medicas en la pradera de trébol blanco-gramíneas, en gramos de materia orgánica por día y por animal (promedio 16,8 y 18,2 unidades de tamaño metabólico en pastoreo rotativo y diario respectivamente) fueron:

<u>Pastoreo</u>	<u>Ofrecido comienzo pastoreo</u>	<u>En jaulas fin pastoreo</u>	<u>Rechazado</u>	<u>Consumido</u>
Rotativo	2167	1699	1423	332
Diario	2358	-----	1500	858

El valor consumido es el obtenido al aplicar la fórmula propuesta por Linehan, Lowe y Stewart (62) en el pastoreo rotativo, y la diferencia entre ofrecido y rechazado en el pastoreo diario.

La causa del bajo valor de 20 g. de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico probablemente fue un error de muestreo. El forraje cosechado en las cajas protectoras al final del período de pastoreo era menor por unidad de superficie, que el forraje cosechado antes de introducir los animales en el potrero experimental.

Al utilizar las mismas ecuaciones que se emplearon para obtener los valores del Cuadro Nº 10, se obtienen los valores de digestibilidad y consumo de materia orgánica, que se presentan en el Cuadro Nº 14.

En este caso la estimación de la digestibilidad de la materia orgánica es significativamente mayor al usar la ecuación que incluye los cromógenos que al usar la que incluye el nitrógeno fecal. Al igual que en el ryegrass de primer corte, no hay diferencias estadísticamente significativas entre la digestibilidad en el pastoreo rotativo y diario.

CUADRO Nº 14. Digestibilidad y consumo en pastoreo de una mezcla de trébol blanco y gramíneas. Estimaciones realizadas con las ecuaciones de predicción de la digestibilidad de la materia orgánica en ryegrass y trébol blanco y con colección total de heces fecales o su estimación con óxido de cromo.

Pastoreo	CMO.	NMO.	M.O.D.	Consumo Colección total	Use Cr2O3
		%	%	g. M.O./día/100 <sup>734</sup> Kg	
	<u>M.O.D. = 70,49 + 17,28 log. CMO; S<sub>yx</sub> = 1,72</u>				
Rotativo	4,935	----	82,41	61	57
Diario	4,836	----	82,29	75	69
	<u>M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO)<sup>2</sup>; S<sub>yx</sub> = 1,16</u>				
Rotativo	-----	4,61	81,04	56	53
Diario	-----	4,20	80,81	70	64

NMO = porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal.

CMO = concentración de cromógenos (unidades de densidad óptica por g. de M.O.).

M.O.D. = materia orgánica digerible.

Al analizar los datos de consumo, los valores estimados para el pastoreo diario son significativamente mayores ( $P < 0,01$ ), que los estimados para el pastoreo rotativo. Aunque no hay diferencias significativas entre los indicadores usados para medir la digestibilidad y entre los métodos usados para conocer la producción de heces fecales, existe la tendencia de estimar valores inferiores del consumo de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico, al usar la ecuación del nitrógeno y el óxido de cromo, que al usar la ecuación de los cromógenos y la colección total de heces.

En el ryegrass como en la mezcla de trébol blanco-gramíneas, los animales en los dos sistemas de pastoreo usados no tuvieron la misma posibilidad de selección y sin embargo la digestibilidad estimada no fue significativamente diferente.

El menor consumo de la mezcla de trébol blanco-gramíneas en el pastoreo rotativo se debe a que la superficie disponible fue muy pequeña y el forraje disponible durante el período de colección (principalmente trébol blanco), era de inferior grado de aceptación que el disponible en el pastoreo diario (mezcla con 30% de gramíneas).

En el caso del ryegrass en ambos pastoreos existió siempre un exceso de forraje disponible, probablemente el grado de aceptación era menor en el pastoreo diario debido a que el forraje en este tratamiento fácilmente se contaminaba con barro. Durante el desarrollo de esta prueba se produjeron copiosas precipitaciones.

Las estimaciones realizadas en pastoreo, tanto con el ryegrass de primer corte como con la mezcla de trébol blanco-gramíneas, tienen asociados errores no conocidos debido a que, tanto la concentración de cromógenos, como el porcentaje de nitrógeno estaban fuera del rango usado para calcular las regresiones.

## CONCLUSIONES

De los resultados encontrados se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Es posible estimar la digestibilidad de un forraje por el método de los índices fecales, siempre que en el cálculo de la ecuación que se utilice se hayan incluido forrajes similares, en digestibilidad y composición química, al forraje problema.
2. Las mejores relaciones calculadas para predecir la digestibilidad de la materia orgánica (M.O.D.) del ryegrass, son las ecuaciones curvilíneas establecidas con el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal (NMO), a saber:

$$\text{M.O.D.} = 53,30 + 45,83 \log. \text{NMO}; S_{yx} = 0,84$$

$$\text{M.O.D.} = 37,74 + 17,98 \text{NMO} - 1,79 (\text{NMO})^2; S_{yx} = 0,79$$

3. Las mejores relaciones calculadas para predecir la digestibilidad de la materia orgánica del ryegrass y trébol blanco son las ecuaciones curvilíneas establecidas con el porcentaje de nitrógeno en la materia orgánica fecal, a saber:

$$\text{M.O.D.} = 53,72 + 44,16 \log. \text{NMO}; S_{yx} = 1,31$$

$$\text{M.O.D.} = 36,63 + 19,29 \text{NMO} - 2,09 (\text{NMO})^2; S_{yx} = 1,16$$

4. El esquema de excreción del óxido de cromo en capones alimentados con una mezcla de trébol blanco y gramíneas es diferente si los animales se mantienen en pastoreo, que si se alimentan en jaulas metabólicas.



5. El esquema de excreción diurna del nitrógeno fecal, en capones alimentados con una mezcla de trébol blanco y gramíneas, muestra diferencias estadísticamente significativas entre horas. Esto hace necesario encontrar un sistema de muestreo adecuado, para obtener una muestra representativa del porcentaje de excreción promedio del nitrógeno fecal, para aplicar las ecuaciones de predicción de la digestibilidad que se basan en este indicador.
6. Es posible estimar el consumo de forraje en condiciones de pastoreo usando las relaciones entre digestibilidad y composición química de las heces y colección total de ellas, si se usa un número adecuado de animales para la precisión deseada. Si se utiliza el óxido de cromo para estimar la producción de heces, el número de animales necesarios para alcanzar igual precisión aumenta considerablemente.

## RESUMEN

En el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger", ubicado en La Estanzuela, Uruguay, se realizó una evaluación del método de los índices fecales para medir en forma indirecta la digestibilidad y consumo de los forrajes.

Los objetivos que se tuvieron en consideración fueron:

1. Establecer las ecuaciones de regresión que describan las relaciones entre nitrógeno y/o cromógenos en las heces fecales y la digestibilidad de la materia seca o materia orgánica del forraje, cuando está constituido por gramíneas y leguminosas en diferentes estados vegetativos.
2. Calcular el error asociado a los índices fecales en la estimación de la digestibilidad de los forrajes.
3. Calcular el error asociado al uso del óxido de cromo en la estimación de la producción de heces fecales.
4. Calcular el error asociado al uso de los índices fecales y el óxido de cromo en la estimación del consumo de forraje.

Para ello se realizaron pruebas de digestibilidad y consumo en jaulas metabólicas con capones alimentados con ocho diferentes forrajes, en los que se incluyen el ryegrass (Lolium multiflorum Lam.), en cinco estados vegetativos y las mezclas de ryegrass-trébol subterráneo (Trifolium subterraneum L.), trébol blanco (Trifolium repens L.)-Dactylis (Dactylis glomerata L.) y trébol blanco-gramíneas (Lolium multiflorum, Dactylis glomerata y Bromus sp.).

La digestibilidad de la materia orgánica fluctuó entre 81,9 y 56,2%, la de la materia seca entre 77,7 y 52,6% y la de la proteína entre 79,2 y 29,9%. El consumo máximo en gramos de materia orgánica por unidad de tamaño metabólico fluctuó entre 40 y 56 g. por día.

En cuatro de los forrajes se estudió el efecto de dos diferentes niveles de consumo (mantenimiento y ad-libitum) sobre los valores de digestibilidad de la materia orgánica, materia seca y proteína. El consumo ad-libitum nunca fue mayor que en un 65% al consumo en mantenimiento y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los coeficientes de digestibilidad medidos sobre los animales alimentados en uno u otro nivel.

En las heces producidas se analizó el contenido de ceniza, nitrógeno y cromógenos, relacionándose su contenido en nitrógeno y cromógenos con la digestibilidad de la materia orgánica o de la materia seca. Estas relaciones se establecieron por separado para el conjunto de los ocho forrajes y para el ryegrass en los cinco estados vegetativos y en mezcla con el trébol subterráneo.

En ambos casos las ecuaciones calculadas con un menor error estándar de la estimación correspondieron a las relaciones curvilíneas entre materia orgánica digerible o materia seca digerible y nitrógeno fecal, estas ecuaciones para predecir materia orgánica digerible son:

Ryegrass M.O.D. = 53,30 + 45,83 log. NMO;  $S_{yx} = 0,84$

M.O.D. = 37,74 + 17,98 NMO - 1,79 (NMO)<sup>2</sup>;  $S_{yx} = 0,79$

Ryegrass-t. blanco

M.O.D. = 53,72 + 44,16 log. NMO;  $S_{yx} = 0,79$

M.O.D. = 36,63 + 19,29 NMO - 2,09 (NMO)<sup>2</sup>;  $S_{yx} = 1,16$

Las observaciones incluyeron un rango de nitrógeno en la materia orgánica de las heces que fluctuó entre 4,36 y 1,14%. La concentración de cromógenos (unidades de densidad óptica por gramo de materia orgánica fecal) fluctuó entre 5,454 y 0,139.

Si se agregan a las relaciones anteriores datos obtenidos en el Centro de Investigaciones Agrícolas, con pasto sudan (Forghum sudanense) y henos de alfalfa (Medicago sativa) y trébol blanco-festuca (Festuca arundinacea) los errores estandar de la estimación, de las ecuaciones basadas en el nitrógeno fecal, aumentan considerablemente.

Se presenta información sobre el uso del óxido de cromo como indicador de la producción de heces fecales. Los porcentajes de recuperación logrados con siete animales tienen un error aproximado a  $\pm 5\%$  al predecir la producción de heces de capones alimentados en jaulas metabólicas, y aproximadamente  $\pm 10\%$  al predecir la producción de heces de ocho capones en pastoreo.

El número de animales para estimar la producción de heces, usando el óxido de cromo, con un error de  $\pm 5\%$  y con un 95% de probabilidad es de 11 en jaulas metabólicas y de 15 en pastoreo.

Se presenta un esquema de excreción diaria del óxido de cromo entre el tercer y undécimo día de dosificación y varias curvas de excreción diaria. La curva de excreción diaria del óxido de cromo es diferente en los animales alimentados con la mezcla de trébol blanco y gramíneas en jaulas metabólicas que en los animales que la pastoreaban, no existiendo diferencias entre el pastoreo diario y rotativo.

La curva de excreción diurna del nitrógeno fecal en animales alimentados con la mezcla de trébol blanco y gramíneas en jaulas metabólicas o en pastoreo, es similar, encontrándose diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de excreción relativo en diferentes horas del día.

Comparando los valores reales de consumo de materia orgánica con los estimados por las ecuaciones de predicción de la digestibilidad al usar colección total de heces, se encontró que la diferencia entre ellos no era significativa. Se calculó el número de animales necesarios para realizar las estimaciones del consumo con  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  y  $\pm 15\%$  de error y diversos porcentajes de probabilidad.

Al usar las ecuaciones basadas en el nitrógeno fecal para estimar el consumo con el 95% de probabilidad, son necesarios 8, 2 y 1 animales para errores de  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  y  $\pm 15\%$  respectivamente. Si se utiliza el óxido de cromo para estimar la producción de heces, el número de animales necesarios para alcanzar igual precisión aumenta considerablemente.

Se describen dos pruebas en las que grupos de capones pastoreaban ryegrass de primer corte y la mezcla de trébol blanco y gramíneas. Se emplearon dos sistemas de pastoreo, diario y rotativo. En ningún caso la digestibilidad estimada por las ecuaciones con el nitrógeno y cromógenos fecales fue diferente entre ambos sistemas de pastoreo.

El consumo estimado por los métodos de corte proporcionó estimaciones irregulares que siempre fueron inferiores a las realizadas por el método de los índices fecales.

## SUMMARY

An evolution was conducted of the fecal index method as a measure of the digestibility and consumption of forage under grazing.

The objectives of this study were:

1. To establish the regression equations which describe the relations between nitrogen and/or chromogens in the feces and the digestibility of the dry matter and organic matter of forage when this is formed of grasses and legumes in different stages of growth.
2. To calculate the error associated with the fecal index.
3. To calculate the error associated with the use of chromic oxide in the estimation of feces output.
4. To calculate the error associated with the use of fecal index and chromic oxide in the estimation of forage intake.

Digestibility and intake trials were carried out with wethers in metabolic cages. Eight different forages were fed as follows: ryegrass (Lolium multiflorum Lam.) in five vegetative stages and mixtures of ryegrass-subterranean clover (Trifolium subterraneum L.), white clover (Trifolium repens)-orchard grass (Dactylis glomerata) and white clover-grasses (Lolium multiflorum, Dactylis glomerata and Bromus sp.).

The digestibility of organic matter ranged from 56,2 to 81,9%, dry matter from 52,6 to 77,7% and protein from 29,9 to 79,2%. The maximum intake of organic matter when expressed in grams per unit of metabolic size ranged between 40 and 56 gr. per day.

The effect of two levels of intake (maintenance and ad-libitum) on the digestibilities of organic matter, dry matter and protein was studied in four of the forages.

Ad-libitum intake was never higher than 65% above maintenance level. The coefficients of digestibility were not found to differ significantly between levels of intake.

Regression equations relating fecal nitrogen, and/or chromogens with organic matter and dry matter digestibilities were calculated. Separate equations were calculated from these relationships using the data from the ryegrass and ryegrass plus white clover trials.

In both cases the equations with the lower standard error of estimation, corresponded to the curvilinear relations. These equations were:

#### Ryegrass

$$\text{M.O.D.} = 53,30 + 45,83 \log. \text{NMO}; \quad s_{yx} = 0,84$$

$$\text{M.O.D.} = 37,74 + 17,98 \text{NMO} - 1,79 (\text{NMO})^2; \quad s_{yx} = 0,79$$

#### Ryegrass-white clover

$$\text{M.O.D.} = 53,72 + 44,16 \log. \text{NMO}; \quad s_{yx} = 1,31$$

$$\text{M.O.D.} = 36,63 + 19,29 \text{NMO} - 2,09 (\text{NMO})^2; \quad s_{yx} = 1,16$$

The observations included a range of nitrogen in the organic matter of the feces from 1,14 to 4,36%. The concentration of chromogens (units of optic density per gram of fecal organic matter) ranged from 0,139 to 5,454.

If other data obtained with sudangrass (Sorghum sudanense), alfalfa hay and white clover-fescue (Festuca arundinacea) are added to the previous relationships, the standard errors of the estimate increase considerably.

Information is presented on the use of chromic oxide as an indicator of fecal output. The recovery obtained with seven animals had an approximate error of  $\pm 5\%$  when predicting the fecal output of wethers fed in metabolic cages. The error increased to approximately  $\pm 10\%$  when prediction was made with eight grazing wethers.

It is estimated that 11 animals in metabolic cages or 15 grazing animals are required to predict fecal output with an error of  $\pm 5\%$  ( $P < 0.05$ ).

Pattern of excretion of chromic oxide was studied through a period of eleven days of chromic oxide administration. Diurnal variation of chromic oxide was different for animals fed in metabolic cages than grazing animals. There was no difference between daily strip and rotative grazing.

The curve of diurnal excretion of fecal nitrogen in animals fed in metabolic cages or under grazing conditions, was similar, but statistical and significant differences were found in the relative excretion at different hours of the day.

Comparing the true values of organic matter intake with those estimated by equations and total collection of feces, it was found that the difference was not significant. The number of animals necessary to estimate intake with  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  and  $\pm 15\%$  and various levels of probability, was estimated.



Using the equations based on fecal nitrogen, consumption can be estimated at the 95% level of probability with 8, 2 and 1 animals for errors of  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  and  $\pm 15\%$ , respectively. If chromic oxide is used to estimate the production of feces, the number of animals increases considerably.

Groups of wethers under daily strip and rotative grazing on a first cut ryegrass and a mixture of white clover and grasses. The digestibility estimated by the equations using the fecal nitrogen and chromogens showed no differences between daily strip and continuous grazing.

The intake as estimated by herbage cuts was irregular. These estimations were lower than those obtained by the fecal index method.

## LITERATUR CITADA

1. ALEXANDER, R.A. et al. Comparative digestibility of nutrients in roughages by cattle and sheep. *Journal of Animal Science* 21 (2):373-376. 1962.
2. ANDERSEN, P.E. et al. Influence of level of intake upon the apparent digestibility of forages and mixed diets by ruminants. *Journal of Animal Science* 18(4):1299-1307. 1959.
3. ARNOLD, G.W. Harness for the total collection of faeces from grazing ewe and wether sheep. *Animal Production* 2(2):169-173. 1960.
4. -----, y DUDZINSKI, M.L. The use of faecal nitrogen as an index estimating the consumption of herbage by grazing animals. *The Journal of Agricultural Science* 61(1):33-43. 1963.
5. BAKER, R.D. Grassland recording. III. A reappraisal of the use of livestock and starch-equivalent standards in assessing the utilized production from grassland. *Journal of the British Grassland Society* 19(1):149-155. 1964.
6. BALCH, C.C. y COMPLING, R.C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition abstracts and reviews* 32(3):669-686. 1962.
7. BLASER, R.E. et al. The effect of selective grazing on animal output. In *International Grassland Congress 8th, Reading. 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 601-605.*
8. BLAXTER, K.L. *The energy metabolism of ruminants.* Springfield, Thomas, 1962. 329 p.
9. ----- . The utilization of the energy of feed by ruminants. In *Symposium on energy metabolism of European Association for Animal Production, 2nd, Wageningen, 1961. 14 p. (Fotocopia)*
10. -----, GRAHAM, N. McC. y WAINMAN, F.W. Some observations on the digestibility of food by sheep and on related problems. *The British Journal of Nutrition* 10(2):69-91. 1956.
11. -----, WAINMAN, F.W. y WILSON, R.S. The regulation of food intake by sheep. *Animal Production* 3(1):51-61. 1961.

12. BLAXTER, K.L. y WILSON, R.S. The voluntary intake of roughages by steers. *Animal Production* 4(3):351-358. 1962.
13. BORRAJO, J.A. Rendimiento, consumo y digestibilidad del heno de alfalfa, cortado en tres estados de madurez y bajo dos métodos de preparación. Tesis Mag. Sci., La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1965. (no publicada).
14. BRISSON, G.J. Indicator methods for estimating amount of forage consumed by grazing animals. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 435-438.
15. -----, ANGUS, W.J. y SYLVESTER, P.E. Plant pigments as internal indicators of digestibility of dry matter of pasture herbage. *Canadian Journal of Agricultural Science* 34(5):528-532. 1954.
16. -----, y HATINA, G. A method for the extraction of pigments (Chromogens) from feces of cattle and sheep. *Canadian Journal of Animal Science*. 37(2):136-142. 1957.
17. BRODY, S. Bioenergetics and growth. New York, Reinhold, 1945. 1023 p.
18. CAMPLING, R.C. Factors affecting the voluntary intake of grass. *Journal of the British Grassland Society* 19(1):110-118. 1964. 1964.
19. COOP, I.E. y HILL, M.K. The energy requirements of sheep for maintenance and gain, II. Grazing sheep. *The Journal of Agricultural Science* 58(2):187-199. 1962.
20. CORBETT, J.L. Faecal index techniques for estimating herbage consumption by grazing animals. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 438-442.
21. -----, et al. Excretion of chromium sesquioxide administered as a component of paper to sheep. *The British Journal of Nutrition* 14(3):289-299. 1960.
22. COWLISHAW, S.J. The effect of sampling cages on the yields of herbage. *Journal of the British Grassland Society* 6(3):179-182. 1951.

23. CRAMPTON, E.W., DONEFER, E. y LLOYD, L.E. A nutritive value index for forages. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 462-466.
24. -----, DONEFER, E. y LLOYD, L.E. A nutritive value index for forages. Journal of Animal Science 19(2):538-544. 1960.
25. -----, y LLOYD, L.E. Fundamentals of nutrition. San Francisco, Freeman, 1959. 494 p. (Series of books in agricultural science).
26. DAVIS, C.L., BYERS, J.H. y LUBER, L.E. An evaluation of the chromic oxide method for determining digestibility. Journal of Dairy Science 41(1):152-159. 1958.
27. DUNCAN, D.B. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11(1):1-42. 1955.
28. -----, Multiple range tests for correlated and heteroscedastic means. Biometrics 13(2):164-176. 1957.
29. ELLIOT, R.C. y FOKKEMA, K. The use of chromic oxide for the estimation of faecal output in grazing ruminants. Rhodesia Agricultural Journal 57(6):439-444. 1960. (Fotocopia).
30. ----- y FOKKEMA, K. The estimation of forage consumption of grazing animals. Rhodesia Agricultural Journal 57(6):446-450. 1960. (Fotocopia).
31. ERVIN, E.S., BLAIR, J.W. y PAGE, H.M. Excreta collection apparatus for wethers. Journal of Animal Science 17(3):935-937. 1959.
32. FELS, H.E., MOIR, R.J. y ROSSITER, R.C. Herbage intake of grazing sheep in South-Western Australia. Australian Journal of Agricultural Research 10(2):237-247. 1959.
33. FORBES, R.M. y GARRIGUS, W.P. Some relationships between chemical composition, nutritive value, and intake of forages grazed by steers and wethers. Journal of Animal Science 9(3):354-362. 1950.
34. GREENHALGH, J.F.D. y CORBETT, J.L. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. I. Nitrogen and chromogen as fecal index substances. The Journal of Agricultural Science 55(3):371-376. 1960.

35. GREENHALGH, J.F.D., CORBETT, J.L. y McDONALD, I. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. II. Regressions of digestibility on faecal nitrogen concentration; their determination in continuous digestibility trials and the effect of various factors on their accuracy. The Journal of Agricultural Science 55(3):377-386. 1960.
36. ----- y RUNCIE, K.V. The herbage intake and milk production of strip and zero grazed dairy cows. The Journal of Agricultural Science 59(1):95-103. 1962.
37. GUPTA, B.N. y MAJUMDAR, B.N. Studies on indirect methods of determining feed digestibilities and herbage intakes of grazing animals. II. Pattern of excretion of chromic oxide in the faeces of grazing animals vis-a-vis stall fed animals. Reimpreso de Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (India) 22(4):91-98. 1962.
38. ----- y MAJUMDAR, B.N. Studies on indirect methods of determining feed digestibilities and herbage intakes of grazing animals. V. A study of the diurnal variation in the excretion of nitrogen in the faeces of grazing and stall fed animals. Reimpreso de Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (India) 23(4):145-148. 1963.
39. -----, MAJUMDAR, B.N. y KEHAR, N.D. Studies on indirect methods of determining feed digestibilities and herbage intakes of grazing animals. III. Nitrogen as faecal index indicator in the herbage intake determinations. Reimpreso de Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (India) 22(5):105-112. 1962.
40. HARDISON, W.A. y REID, J.T. Use of indicators in the measurement of the dry matter intake of grazing animals. J. Nutr. 51:35. 1953. (Original no consultado: citado en Pasture and Range Research Techniques, prepared by a joint Committee of the American Society of Agronomy, American Dairy Science Association, American Society of Animal Production and American Society of Range Management. Ithaca, Comstock, 1962. pp.45-46)
41. -----, et al. Degree of herbage selection by grazing cattle. Journal of Dairy Science 37(1):89-102. 1954.
42. HARKESS, R.D. Studies in herbage digestibility. Journal of the British Grassland Society 18(1):62-68. 1963.

43. HOLMES, W. y OSMAN, H. El Sayed. The feed intake of grazing cattle. I. Feed intake of dairy cows on strip and free grazing. *Animal Production* 2(2):131-139. 1960.
44. HOLTER, J.A. y REID, J.T. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *Journal of Animal Science* 18(4):1339-1349. 1959.
45. HOMB, T. y BREIFEM, K. The use of fecal nitrogen as a measure of dry matter intake and of digestibility of organic matter in forage. *Journal of Animal Science* 11(3):496-500. 1952.
46. HURLEY, GRASSLAND RESEARCH INSTITUTE. Research techniques in use at the Grassland Research Institute. Hurley, Commonwealth Bureau of Pasture and Field Crops, Bulletin 45. 1961. pp. 86-98.
47. IVINS, J.D. Digestibility data and grassland evaluation. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 459-461.
48. KINE, E.A. et al. A comparison of various digestion trial techniques with dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 36(4):325-333. 1953.
49. -----, et al. The estimation of the dry matter consumption of grazing animals by ratio techniques. *Journal of Dairy Science* 36(6):637-644. 1953.
50. KENNEDY, W.K., CARTER, S.H. y LANCASTER, R.J. Comparison of faecal pigments and faecal nitrogen as digestibility indicators in grazing cattle studies. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2(3):627-638. 1959.
51. KIMURA, F.T. y MILLER, V.L. Improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. *Reimpreso de Agricultural and Food Chemistry* 5(3):216. 1957.
52. KLINGMAN, D.L., MILES, S.R. y MOTT, G.O. The cage method for determining consumption and yield of pasture herbage. *Journal of the American Society of Agronomy* 35(9):739-746. 1943.
53. LAMBOURNE, L.J. y REARDON, T.F. The use of chromium oxide to estimate the faecal output of merinos. *Australian Journal of Agricultural Research* 14(2):239-256. 1963.

54. LAMBOURNE, L.J. y REARDON, T.F. The use of chromiun oxide and faecal nitrogen concentration to estimate the pasture intake of merino wethers. Australian Journal of Agricultural Research 14(2):257-271. 1963.
55. LANCASTER, R.J. The measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. I. A method of calculating the digestibility of pasture based on the nitrogen content of faeces derived from the pasture. Reimpreso de New Zealand Journal of Science and Technology, (Section A) 31(1):31-38. 1949.
56. ----- . The measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. V. Estimation of the feed-to-faeces ratio from the nitrogen content of the faeces of pasture fed cattle. Reimpreso de New Zealand Journal of Science and Technology, (Section A) 36(1):15-20. 1954.
57. -----, COUP, M.R. y PERCIVAL, J.C. The measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. III. Marker technique for investigating the faeces output of grazing cows. Reimpreso de New Zealand Journal of Science and Technology, (Section A) 35(2):117-126. 1953.
58. LANGLANDS, J.P., CORBETT, J.L. y Mc DONALD, I. The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage. III. Regressions of digestibility on faecal nitrogen concentration; effects of species and individuality of animal and of the method of determining digestibility upon the relationships. The Journal of Agricultural Science 61(2):221-226. 1963.
59. -----, et al. Estimation of the faeces output of grazing animals from the concentration of chromiun sesquioxide in a sample of faeces. I. Comparison of estimates from samples taken at fixed times of day with faeces outputs measured directly. The British Journal of Nutrition 17(2): 211-218. 1963.
60. -----, et al. Estimation of the faeces output of grazing animals from the concentration of chromiun sesquioxide in a sample of faeces. II. Comparison of estimates from samples taken at fixed times of day with estimates from samples collected from the sward. The British Journal of Nutrition 17(2):219-226. 1963.
61. LINEHAN, P.A. Use of cage and mower-strip methods for measuring the forage consumed by grazing animals. In International Grassland Congress 6th, Pennsylvania, 1952. Proceedings. Pennsylvania, 1952. v, 2, pp. 1328-1333.

62. LINEHAN, P.A., LOVE, J. y SIMPSON, R.H. The output of pasture and its measurement. III. Journal of the British Grassland Society 7(3):73-98. 1952.
63. MAJUMDAR, B.N., GUPTA, B.N. y KEHAR, N.D. Studies on indirect methods of determining feed digestibilities and herbage intakes of grazing animals. I. Use of chromic oxide as indicator for estimating fecal output of animals. Reimpreso de Annals of Biochemistry and Experimental Medicine (India) 22 (1):13-20. 1962.
64. MARTIN, C.M., BRANNON, W.F. y REID, J.T. Relationship of size of growing cattle to pasture intake and its use as an index of palatability. Journal of Dairy Science 38(2):181-185. 1955.
65. MAYNARD, L.A. y LOOSLI, J.K. Animal nutrition. 5th ed. New York, McGraw-Hill, 1962. 533 p. (McGraw-Hill publications in the agricultural sciences).
66. MILFORD, R. The value of faecal nitrogen and faecal crude fibre in estimating intake of four subtropical grass species. Australian Journal of Agricultural Research 8(4):359-370. 1957.
67. MILLER, W.J. et al. The effect of feeding frequency, type of roughage and method of administration on the diurnal excretion of chromic oxide, chromogens, nitrogen, dry matter and ash. Georgia, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin N.S. 14. 1957. 20 p.
68. MINSON, D.J. y KEMP, C.D. Studies in the digestibility of herbage. IX. Herbage and faecal nitrogen as indicators of herbage organic matter digestibility. Journal of the British Grassland Society 16(1):76-79. 1961.
69. -----, RAYMOND, W.F. y HARRIS, C.E. Studies in the digestibility of herbage. VIII. The digestibility of S37 cocksfoot, S23 ryegrass and S24 ryegrass. Journal of the British Grassland Society 15(2):174-180. 1960.
70. -----, RAYMOND, W.F. y HARRIS, C.E. The digestibility of grass species and varieties. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings, Reading, 1960. pp. 470-474.
71. MORRISON, F.B. Alimentos y alimentación del ganado. Traducción de la 2da. ed. inglesa por J. L. de La Loma. Mexico, UTEHA, 1951. v.2, pp. 1252-1253.



72. MULLER, L. Un aparato micro Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11(1):17-25. 1961.
73. PARODI, J.J. La digestibilidad del pasto sudan (*Sorghum sudanense*) afectada por la fertilización nitrogenada y el estado de crecimiento de la planta. Tesis Mag. Agr., La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. (no publicada).
74. FIGDEN, W.J. y BRISSON, G.J. Note on a chromium oxide pellet to provide uniform release of this indicator in the rumen of cattle. Canadian Journal of Animal Science 37(2):185. 1957.
75. PRENDERGAST, J.J. y BRADY, J.J. Improved movable cage for use in grassland research. Journal of the British Grassland Society 10(2):189-190. 1955.
76. PUTNAM, P.A., LOOSLI, J.K. y WARNER, R.G. Excretion of chromium oxide by dairy cows. Journal of Dairy Science 41(12):1723-1729. 1958.
77. RAYMOND, W.F. The problem of measuring the nutritive value of herbage. Journal of the British Grassland Society 6(3):139-146. 1951.
78. -----. Studies in the digestibility of herbage. III. The use of fecal collection and chemical analysis in pasture studies (a) ratio and tracer methods. Journal of the British Grassland Society 8(4):301-314. 1953.
79. -----, HARRIS, C.E. y HARKER, V.G. Studies on the digestibility of herbage. I. Technique of measurement of digestibility and some observations on factors affecting the accuracy of digestibility data. Journal of the British Grassland Society 8(4):301-314. 1953.
80. -----, HARRIS, C.E. y HARKER, V.G. Studies on the digestibility of herbage. II. Effect of freezing and cold storage of herbage on its digestibility by sheep. Journal of the British Grassland Society 8(4):315-320. 1953.
81. -----, HARRIS, C.E. y KEMP, C.D. Studies on the digestibility of herbage. V. The variation, with age, of the ability of sheep to digest herbage, with observations on the effect of season on digestive ability. Journal of the British Grassland Society 9(3):209-220. 1954.

82. RAYMOND, W.F., HARRIS, C.E. y KEMP, C.D. Studies in the digestibility of herbage. VI. The effect of level of herbage intake on the digestibility of herbage by sheep. *Journal of the British Grassland Society* 10(1):19-26. 1955.
83. ----- y MINSON, D.J. The use of chromic oxide for estimating the faecal production of grazing animals. *Journal of the British Grassland Society* 10(4):282-296. 1955.
84. -----, MINSON, D.J. y HARRIS, C.E. International Grassland Congress, Palmerston North, N.Z., 1956. p. 123. (Original no consultado: citado por Greenhalgh, J.F.D. y Corbett, J.L. en *The Journal of Agricultural Science* 55(3): 371-376. 1960).
85. ----- et al. Studies in the digestibility of herbage. IV. The use of the faecal collection and chemical analysis in pasture studies (b) faecal index methods. *Journal of the British Grassland Society* 9(1):69-82. 1954.
86. REID, J.T. Indicator methods, their potentialities and limitations. *In International Grassland Congress 6th, Pennsylvania, 1952. Proceedings. Pennsylvania, 1952. v. 2, pp. 1334-1339.*
87. ----- . Animal performance. *In Pasture and range research techniques, prepared by a Joint Committee of the American Society of Agronomy, American Dairy Science Association, American Society of Animal Production and American Society of Range Management. Ithaca, Comstock, 1962. pp.43-45.*
88. ----- . Indicator methods in herbage quality studies. *In Pasture and range research techniques, prepared by a Joint Committee of the American Society of Agronomy, American Dairy Science Association, American Society of Animal Production and American Society of Range Management. Ithaca, Comstock, 1962. pp. 45-56.*
89. ----- . The relative value of animal and herbage data; trabajo presentado al Simposio sobre uso de los animales en la evaluación de praderas. La Estanzuela, Colonia, Uruguay. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1964. 37 p. (mimeografiado).
90. -----, et al. A new indicator method for the determination of digestibility and consumption of forages by ruminants. *Journal of Dairy Science* 33(1):60-71. 1950.

91. REID, J.T. et al. A procedure for measuring the digestibility of pasture forage under grazing conditions. *Journal of Nutrition* 46(2):255-269. 1952. (Fotocopia).
92. -----, et al. Symposium on forage evaluation. I. What is forage quality from the animal standpoint? *Agronomy Journal* 51(4):213-216. 1959.
93. RICHARDS, C.R. y REID, J.T. The use of methoxyl groups in forage and fecal materials as an index of the feeding value of forages. *Journal of Dairy Science* 35(7):595-602. 1952.
94. SCHNEIDER, B.H., SONI, B.K. y HAM, W.E. Methods for determining consumption and digestibility of pasture forages by sheep. Washington, Agricultural Experiment Stations, Technical Bulletin N<sup>o</sup> 16. 1955. 42 p.
95. SHEPPERSON, G. Effect of time of cutting and method of making on the feed value of hay. In International Grassland Congress 8th, Reading, 1960. Proceedings. Reading, 1960. pp. 704-708.
96. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics; with special reference to the biological science. New York, McGraw-Hill, 1960. 481 p.
97. STIELAU, W.J. The length of the preliminary feeding period required in digestibility experiments with sheep. *South African Journal of Agricultural Science* 3(3):433-439. 1960.
98. TAYLER, J.C. y DERIAZ, R.E. The use of rumen-fistulated steers in the direct determination of nutritive value of ingested herbage in grazing experiments. *Journal of the British Grassland Society* 18(1):29-38. 1963.
99. TROELSEN, J.E. y BIGSBY, F.W. Artificial mastication. A new approach for predicting voluntary forage consumption by ruminants. *Journal of Animal Science* 23(4):1139-1142. 1964.
100. WODZICKA-TOMASZEWSKA, M. The effect of shearing on the appetite of two tooth ewes. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 7(4):654-662. 1964.

APENDICE

CUADRO Nº 15. Valores de las pruebas de digestibilidad realizadas por Borrajo (13), Paladines (comunicación personal) y Parodi (73), que se incluyen en las ecuaciones generalizadas de predicción de la digestibilidad de la materia seca.

Autor citado	Forraje	M.S.D.	Composición de las heces (M.S.)	
			Cromógenos	Nitrógeno
		%	Unidades <sup>†</sup>	%
Borrajo	Heno de alfalfa	68,60	0,894	2,21
Borrajo	Heno de alfalfa	65,40	0,772	2,30
Borrajo	Heno de alfalfa	63,20	0,436	1,78
Borrajo	Heno de alfalfa	62,43	-	2,17
Borrajo	Heno de alfalfa	54,33	-	1,59
Borrajo	Heno de alfalfa	58,20	0,534	1,63
Borrajo	Heno de alfalfa	61,20	-	1,99
Borrajo	Heno de alfalfa	49,40	-	1,52
Paladines	Heno trébol blanco y festuca	63,54	0,881	2,35
Paladines	Heno trébol blanco y festuca	65,30	1,058	2,59
Parodi	Pasto Sudan	60,93	-	1,82
Parodi	Pasto Sudan	60,70	-	1,83
Parodi	Pasto Sudan	41,30	-	1,20
Parodi	Pasto Sudan	44,14	-	1,26
Parodi	Pasto Sudan	54,26	-	1,48
Parodi	Pasto Sudan	51,19	-	1,48

<sup>†</sup> Unidades de densidad óptica por g. de materia seca (M.S.)

CUADRO Nº 16. Resultados individuales obtenidos en los experimentos de digestibilidad y consumo.

Nº de prueba y nivel de alimentación	Animal Nº	Consumo diario				Digestibilidad de		
		M.S.	M.O.	M.S.	M.O.	M.S.	M.O.	Prot.
		g/ $\cdot 734$ Kg		Kg/100	kg p. v.	%	%	%
1. M.	5	35	30	1,29	1,13	78,82	83,33	75,57
	6	33	29	1,24	1,10	75,99	82,06	72,30
	7	34	30	1,25	1,10	77,41	82,38	73,60
1. A-L.	1	40	36	1,50	1,35	74,89	80,58	69,16
	2	49	44	1,80	1,64	73,42	79,17	66,71
	4	48	44	1,80	1,63	79,27	83,56	72,88
	8	42	37	1,54	1,38	74,85	82,03	72,03
2. A-L.	5	51	47	1,83	1,67	68,84	73,64	50,31
	6	33	31	1,21	1,12	69,78	76,95	52,94
	7	48	44	1,72	1,59	67,43	72,51	51,04
	8	50	46	1,80	1,64	65,23	70,02	40,36
3. M.	20	38	34	1,41	1,28	70,10	71,99	44,33
	21	38	36	1,38	1,27	67,36	72,11	37,39
	22	36	33	1,30	1,19	67,20	71,52	49,18
3. A-L.	17	51	46	1,84	1,68	68,31	72,33	50,68
	18	47	44	1,72	1,61	66,37	71,20	47,38
	19	48	44	1,72	1,58	66,73	72,18	47,24
4. A-L.	1	59	54	2,25	2,04	52,71	56,13	33,33
	2	57	52	2,12	1,92	51,45	55,22	59,48
	7	43	40	1,64	1,49	53,48	57,36	33,18
5. A-L.	1	47	43	1,80	1,64	48,72	52,76	13,50
	2	56	51	2,08	1,89	52,12	55,96	44,36
	5	41	37	1,51	1,38	56,55	60,40	34,76
	7	46	41	1,73	1,58	55,18	59,45	26,90
6. A-L.	1	54	50	1,95	1,84	67,27	72,45	47,85
	2	53	49	1,88	1,76	66,95	72,80	69,17
	3	45	42	1,65	1,54	74,69	78,95	61,32
	4	39	37	1,43	1,35	72,61	77,49	59,61

CUADRO Nº 16. Continuación

Nº de prueba y nivel de alimentación	Animal Nº	Consumo diario				Digestibilidad de		
		M.S.	M.O.	M.S.	M.O.	M.S.	M.O.	Prot.
		E/W. <sup>734</sup> Kg		Kg/100	kg p.v.	%	%	%
7. M.	1	34	31	1,27	1,14	72,35	75,97	78,12
	3	35	32	1,33	1,20	73,00	75,35	75,15
7. 1,5 M.	2	49	43	1,77	1,58	73,95	76,07	76,99
	5	47	43	1,73	1,56	74,76	75,18	74,55
	7	46	41	1,68	1,52	75,03	76,79	77,47
7. A-L.	4	57	52	1,43	1,95	78,04	79,61	81,76
	6	39	36	2,13	1,29	77,95	77,90	79,86
	8	66	60	2,40	2,17	77,23	76,92	77,59
8. M.	1	40	35	1,55	1,35	76,21	78,03	75,03
	4	39	34	1,50	1,31	80,08	81,87	82,21
	6	41	36	1,59	1,39	77,22	78,98	79,80
	7	36	31	1,35	1,19	77,27	79,14	80,44
8. A-L.	2	66	58	2,44	2,14	77,22	78,98	78,47
	5	59	52	2,18	1,91	79,17	80,75	80,52
	8	64	56	2,36	2,07	76,38	77,95	77,87

CUADRO Nº 17. Resumen del análisis de variancia para digestibilidad de la materia orgánica en los ocho experimentos (realizado con la transformación angular de los datos individuales).

Fuente de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Ferrajés	7	1.235,6	176,5	103,82	2,33	3,30
Error	35	59,6	1,703			
Total	42	1.295,2				

Coeficiente de variación 2,18%

CUADRO Nº 18. Resumen del análisis de variancia para digestibilidad de la proteína en los ocho experimentos (realizados con la transformación angular de los datos individuales).

Fuentes de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Ferrajés	7	4424,2	632,03	38,35	2,33	3,30
Error	35	576,9	16,48			
Total	42	5001,1				

Coefficiente de variación 7,85%

CUADRO Nº 19. Resumen del análisis de variancia para consumo máximo en g. por unidad de tamaño metabólico, de los ocho ferrajés.

Fuentes de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>5%</sub>
Ferrajés	7	557	79,6	1,78	2,51
Error	20	889	44,5		
Total	27	1446			

Coefficiente de variación 14,69%

CUADRO Nº 20. Resumen del análisis de variancia para los valores del índice del valor nutritivo de los ocho ferrajés.

Fuentes de variación	g.l.	S.C.	C.M.	F <sub>c</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Ferrajés	7	1992	284,6	8,04	2,51	3,70
Error	20	708	35,4			
Total	27	2700				

Coefficiente de variación 13,11%



CUADRO Nº 21. Producción y composición química de las heces individuales en las pruebas de digestibilidad y consumo en jaulas metabólicas.

Nº de prueba y nivel de alimentación	Animal Nº	Composición de las heces				M. S. excreta da/día	Materia orgánica
		Nitrógeno en		Cromógenos en			
		M.S.	M.O.	M.S.	M.O.		
		%	%	Unidades <sup>*</sup>		g.	%
1. M.	5	2,80	4,04	3,634	5,247	112	69,2
	6	2,81	4,25	3,309	5,005	118	66,1
	7	2,84	4,14	4,190	6,110	120	68,6
1. A-L.	1	3,03	4,35	3,669	5,264	155	69,7
	2	3,09	4,36	3,903	5,508	205	70,9
	4	3,23	4,51	3,697	5,160	151	71,7
	8	2,70	4,23	3,490	5,472	167	63,8
2. A-L.	5	2,01	2,60	1,108	1,435	271	77,2
	6	1,84	2,62	1,229	1,747	158	70,4
	7	2,20	2,82	1,058	1,357	257	77,9
	8	2,07	2,64	0,831	1,061	294	78,4
3. M.	20	2,14	2,79	0,870	1,135	173	76,7
	21	2,22	2,84	0,890	1,139	217	78,1
	22	1,81	2,28	0,849	1,062	196	79,4
3. A-L.	17	1,85	2,32	1,028	1,290	268	79,7
	18	2,03	2,53	1,092	1,363	260	80,1
	19	1,99	2,59	0,918	1,200	262	76,8
4. A-L.	1	1,08	1,28	0,181	0,215	398	84,4
	2	0,67	0,80	0,201	0,240	427	83,8
	7	1,11	1,33	0,198	0,237	297	83,4
5. A-L.	1	1,20	1,43	0,113	0,135	328	83,8
	2	0,81	0,97	0,100	0,119	403	83,8
	5	1,04	1,25	0,123	0,148	269	83,0
	7	1,13	1,37	0,126	0,153	291	82,3
6. A-L.	1	2,50	3,16	1,014	1,282	288	79,1
	2	2,22	2,88	1,166	1,513	301	77,1
	3	2,40	3,09	1,300	1,675	179	77,6
	4	2,21	2,84	1,189	1,528	170	77,8

\* Unidades de densidad óptica por g. de materia seca u orgánica fecal.

CUADRO Nº 21. Continuación

Nº de prueba y nivel de alimentación	Animal Nº	Composición de las heces				M. S. excreta da/día	Materia orgánica
		Nitrógeno en		Cromógenos en			
		M.S.	M.O.	M.S.	M.O.		
		%	%	Unidades <sup>†</sup>		g.	%
7. M.	1	3,20	4,36	2,105	2,868	128	73,4
	3	2,70	3,56	2,203	2,905	130	75,9
7. 1,5 M.	2	2,89	3,92	2,136	2,897	191	73,7
	5	3,20	4,18	2,582	3,375	191	76,5
	7	2,85	3,75	2,308	3,032	167	76,1
7. A-L.	4	2,83	3,60	2,462	3,135	193	78,6
	6	2,70	3,64	2,362	3,183	131	74,2
	8	3,13	4,05	2,517	3,258	246	77,3
8. M.	1	3,85	4,77	3,005	3,725	136	80,7
	4	3,25	4,08	2,831	3,557	106	79,6
	6	3,24	4,02	3,212	3,982	128	80,7
	7	3,13	3,90	3,506	4,365	122	80,3
8. A-L.	2	3,46	4,27	3,124	3,855	231	81,0
	5	3,44	4,23	3,017	3,710	199	81,3
	8	3,41	4,16	3,083	4,366	245	81,9

<sup>†</sup> Unidades de densidad óptica por g. de materia seca u orgánica fecal.

CUADRO Nº 22. Producción y composición química de las heces individuales en las pruebas de consumo en pastoreo.

Forraje y Pastoreo	Animal Nº	Composición de las heces				M. S. excreta da/día	Materia orgánica
		Nitrógeno en M.S.	Cromógenos en M.O.	M.S.	M.O.		
		%	%	Unidades <sup>★</sup>		g.	%
<u>Ryegrass primer corte</u>							
Rotativo	9	3,23	4,51	4,315	6,027	222	71,6
	10	3,12	4,30	4,066	5,610	203	72,5
	11	3,24	4,60	5,324	8,386	250	70,5
	12	3,30	4,74	4,721	6,784	222	69,6
Diario	13	3,26	4,50	5,344	7,380	208	72,4
	14	3,10	4,28	5,112	7,063	204	72,4
	15	2,88	4,04	5,034	6,189	278	71,3
	16	3,02	4,30	5,228	7,436	212	70,3
<u>Trébol blanco-gramíneas</u>							
Rotativo	9	3,36	4,19	4,478	5,586	235	80,2
	10	3,58	4,49	3,665	4,600	202	79,7
	11	3,86	4,84	4,503	4,103	236	80,0
	12	4,00	4,92	4,434	5,451	222	81,3
Diario	13	3,51	4,28	4,455	5,426	248	82,1
	14	3,30	4,02	3,441	4,194	373	82,1
	15	3,46	4,25	4,110	5,033	278	81,7
	16	3,46	4,23	3,836	4,694	290	81,7

★ Unidades de densidad óptica por g. de materia seca u orgánica fecal.

CUADRO Nº 23. Composición química del forraje rechazado y promedios de peso vivo y tamaño metabólico de los animales en los experimentos de digestibilidad y consumo.

Animal Nº	M. S. en 7 días		Composición rechazo		Peso vivo	Tamaño metabó-
	Ofrecida	Rechazada	Proteína	Ceniza	Promedio	lico Promedio
	g.	g.	%	%	Kg	Unidades
<u>Ryegrass de primer corte</u>						
1	5044	732	12,08	34,8	41,0	15,3
2	6183	786	11,85	39,9	42,5	15,7
4	6070	968	12,45	33,9	40,5	15,1
5	3826	127	8,12	54,3	41,0	15,3
6	3704	278	11,98	38,1	39,5	14,9
7	3867	139	9,64	49,6	42,5	15,7
8	5270	623	13,63	33,5	43,0	15,8
<u>Ryegrass segundo corte</u>						
5	7530	1433	4,96	19,3	47,5	17,0
6	5887	2231	7,10	15,5	43,0	15,8
7	6589	1063	4,83	26,7	46,0	16,6
8	6828	906	5,87	21,3	47,0	16,9
<u>Ryegrass en floración</u>						
17	6938	1025	5,43	17,7	46,0	16,6
18	6750	1341	4,69	24,9	45,0	16,4
19	7128	1607	4,73	16,7	46,0	16,6
20	4313	263	6,40	22,2	41,0	15,3
21	4876	225	5,21	41,5	48,0	17,1
22	4500	317	5,47	30,5	46,0	16,6
<u>Ryegrass maduro</u>						
1	6986	1092	4,79	8,9	37,5	14,3
2	6986	833	3,78	8,3	39,0	14,7
7	5274	805	4,69	8,9	41,5	15,4

CUADRO Nº 23. Continuación

Animal Nº	M.S. en 7 días		Composición rechazo		Peso vivo Promedio	Tamaño metabó- lico Promedio
	Ofrecida	Rechazada	Proteína	Ceniza		
	E.	B.	%	%	Kg	Unidades
<u>Ryegrass sobremaduro</u>						
1	5192	713	2,40	8,8	41,0	15,3
2	6439	544	2,28	8,4	35,5	13,7
5	4823	486	2,87	8,6	37,5	14,3
7	4962	410	2,54	8,5	40,5	15,1
<u>Ryegrass-trébol subterráneo</u>						
1	7469	1316	8,57	26,8	45,0	16,4
2	7469	1093	8,47	29,2	48,5	17,3
3	6753	1791	9,17	18,1	43,0	15,8
4	6040	1695	10,31	20,9	43,5	15,9
<u>Trébol blanco-dactylis</u>						
1	3263	71	8,79	70,2	42,0	15,5
2	4894	117	13,42	43,8	45,0	16,4
3	3263	107	14,78	47,1	39,5	14,9
4	6743	1503	19,48	21,1	41,0	15,3
5	4894	284	13,70	43,2	44,5	16,2
6	5782	1932	20,88	15,8	45,0	16,4
7	4894	569	17,97	27,4	43,0	15,8
8	7722	1319	18,52	21,3	44,5	16,2
<u>Trébol blanco-gramíneas</u>						
1	4100	99	20,85	20,8	37,0	14,2
2	8262	1163	22,80	16,7	41,5	15,4
4	4100	376	23,58	16,6	35,5	13,7
5	8200	1503	22,40	16,5	44,0	16,1
6	4100	162	22,54	20,7	35,5	13,7
7	4100	356	23,71	17,4	39,5	14,9
8	8262	1006	23,56	17,1	44,0	16,1

CUADRO Nº 24. Composición química de las muestras de forraje obtenidas en las pruebas de consumo en pastoreo.

Muestra	Trébol blanco-gramíneas		Ryegrass primer corte	
	Proteína	Ceniza	Proteína	Ceniza
	%	%	%	%
<u>Pastoreo rotativo</u>				
Ofrecido	25,02	11,7	18,60	13,3
Crecimiento	19,60	11,6	15,62	17,3
Rechazado	21,25	12,4	16,51	14,4
<u>Pastoreo diario</u>				
Ofrecido	22,25	12,4	14,23	13,2
Rechazado	20,12	13,6	13,38	18,3

CUADRO Nº 25. Promedios de peso vivo y tamaño metabólico de los animales usados en las pruebas de consumo en pastoreo.

Animal Nº	Trébol blanco-gramíneas		Ryegrass primer corte	
	Peso vivo	tamaño metabólico	Peso vivo	tamaño metabólico
	Kg	Unidades	Kg	Unidades
<u>Pastoreo rotativo</u>				
9	46,5	16,7	46,5	16,7
10	46,5	16,7	44,0	16,1
11	48,5	17,3	44,0	16,1
12	46,0	16,6	41,5	15,4
<u>Pastoreo diario</u>				
13	52,0	18,2	48,0	17,1
14	57,0	19,4	40,5	15,1
15	47,5	17,0	53,5	18,6
16	51,5	18,0	47,0	16,9