

Métodos para estimar el consumo voluntario de forrajes por ruminantes en pastoreo

Arnoud Hammeleers*

Introducción

Las técnicas desarrolladas y actualmente utilizadas para medir el consumo de forraje por animales en pastoreo varían desde mediciones en la pastura en las cuales se estima el consumo de grupos de animales hasta el uso de marcadores para estimar el consumo en animales individuales. Las técnicas utilizadas con animales en pastoreo generalmente dependen de los recursos disponibles y los objetivos del experimento, por ej., mediciones en fincas vs. mediciones en trabajos de experimentación. Estas técnicas se dividen en tres grupos principales:

- Basadas en la consumo de forraje. El consumo se calcula por diferencia entre el forraje disponible antes de la introducción de los animales y el residual después que estos salen de la pastura.
- Basadas en la producción del animal. Tiene en cuenta los requerimientos del animal.
- Consumo individual por el animal. Tiene en cuenta la cantidad de forraje disponible y su digestibilidad y la estimación de la excreta fecal.

La técnica seleccionada depende de la disponibilidad de recursos y el objetivo del experimento, e incluye mediciones de la productividad total de la pastura o del consumo individual de los animales..

Los tipos de predicciones —productividad animal y consumo individual por animal— son igualmente importantes, pero la selección de uno de ellos depende del propósito del experimento. Cuando el objetivo es proporcionar sistemas se puede minimizar el esfuerzo requerido para reunir la información, tanto a través del tiempo como en el número de observaciones; pero si objetivo es producir modelos de consumo animal individuales se requerirá de un mayor número de datos u observaciones

* Investigador en el Proyecto AUTAPO, Casilla de correo 133, Potosí, Bolivia.

Técnicas basadas en la pastura

Las técnicas basadas en la pastura toman en cuenta la diferencia que existe entre la biomasa de forraje estimada al principio del período de pastoreo y al final del mismo, a menudo corregida en alguna forma para el crecimiento durante ese período. La diferencia como consumo calculado por unidad de área es convertida a consumo por animal. Una desventaja de esta técnica consiste en que la precisión depende de las estimaciones correctas de la masa de forraje y su acumulación durante el período de pastoreo (t'Mannetje, 1978), por tanto, son útiles para sistemas con períodos de pastoreo relativamente cortos y presiones altas de pastoreo (Meijs et al., 1982) y solamente proveen datos de consumo por individuo cuando los animales son mantenidos en el mismo potrero. No obstante, para obtener un comportamiento normal en el patrón de pastoreo, los animales deben pastar en grupos con el fin de expresar su comportamiento de hato (Penning et al., 1993; Rook et al., 1996). Por otra parte, para reducir los requerimientos de mano de obra estos estudios son realizados generalmente con grupos de animales, por lo que no dan información sobre el consumo individual. Una ventaja de estas técnicas consiste en que la información generada sirve para conocer la oferta de forraje y la eficiencia del pastoreo.

Técnicas para estimar biomasa vegetal

La masa vegetal en una pastura puede ser estimada por técnicas destructivas y no-destructivas o por una combinación de ambas. Aunque la segunda no es realmente no-destructivas en un sentido estricto, ya que para su calibración es necesario realizar una estimación de forma destructiva.

Técnicas destructivas. La selección del tipo de técnica destructiva o de corte de forraje depende, entre otras condiciones, de la clase de pastura y del tipo de animal, ya que la altura de corte no debe ser superior a la altura que cosecha el animal. En el Cuadro 1 se incluye una

Cuadro 1. **Alturas de corte según el manejo del hato para estimar el consumo de forrajes por animales en pastoreo.**

| Altura de corte (cm) | Tipo de animal | Presión de pastoreo |
|----------------------|----------------|---------------------|
| 5 | Vacunos | baja |
| 3 | Vacunos | moderada |
| | Ovinos | baja |
| 0 | Vacunos | alta |
| | Ovinos | alta |

Adaptado de Meijs et al., (1982).

clasificación de algunos métodos de cosecha para estimar consumo de forraje, según su conveniencia bajo diferentes condiciones de uso.

Frame (1981, 1993) describe diferentes equipos y procedimiento de muestreo. Cuando se selecciona la técnica apropiada para la estimación de la masa vegetal, se deben considerar el efecto potencial de compactación del suelo por los animales y la contaminación por heces, materia muerta y suelo. A mayor altura de corte menor es la posibilidad de contaminación de la muestra y viceversa. Cuando los cortes se realizan a ras del suelo, existe una menor variación en la estimación de la biomasa consumida por los animales entre cortes y épocas. En la práctica, sin embargo, la altura de corte puede variar de acuerdo con las condiciones del muestreo, el tipo de pastura y de la habilidad del muestreador (Hardy et al., 1978; Mejis, 1981). En pasturas de clima templado la densidad de la M.O. a nivel del suelo puede ser aproximadamente de 500 kg/cm por ha, como consecuencia, un ligero cambio en la altura de corte producirá un cambio significativo en la estimación del consumo. Mejis (1981) propone un sistema de dos cortes en sentidos contrarios utilizando tijeras podadoras, sin embargo, por este sistema ocurre normalmente una mayor contaminación de las muestras con material muerto y suelo. Los problemas encontrados con estas técnicas destructivas son el alto nivel de contaminación con partículas de suelo, la inclusión de raíces y de material muerto en las muestras obtenidas (Matches, 1963). Mejis et al. (1982) compararon las diferentes técnicas de muestreo (Cuadro 2).

Cuadro 2. **Eficiencia de varios equipos utilizados para el muestreo de forrajes.**

| Características del equipo | Equipo de corte | | |
|--|-----------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Moterscythe | Moterscythe + podadora | Trasquiladora para ovino |
| Altura de corte (cm) | 4.5 | 3.3 | 0 |
| Ancho de corte (m) | 0.6 | 0.5 | 0.08 |
| Largo de corte (m) | 12 | 12 | 25 |
| Labor para toma de 10 muestras iguales (horas-hombre) | 1.5 | 2 | 1.7 |
| Forraje remanente por debajo de la altura de corte | — | + | + |
| Comparación de rastrojo antes y después del corte | — | + | + |
| Baja contaminación por suelo | + | ± | - |
| Poco daño a la pastura | + | + | - |

Referencias:

Meijs (1981, 1982)

Walters y Evans (1979)

- = Aspecto negativo.

+ = Aspecto positivo.

El número de muestras y el área requeridas para una buena estimación dependerá del tipo de pastura y las variaciones dentro de ella. Es recomendable tomar muestras en franjas de área distinta de manera que la variación potencial debido a las diferencias del suelo puedan ser tomadas en cuenta; por ejemplo, Mejis (1981) utilizó franjas de 12 m, mientras que Walters y Evans (1979) utilizaron franjas de 25 m. Se debe tener en cuenta que la variación incrementa durante el período de pastoreo, y por tanto, será necesario aumentar el número de franjas para muestreo.

Técnicas no-destructivas. Las técnicas de muestreo no-destructivas se basan en estimaciones visuales y en la medición de la altura y la densidad de planta. Aunque el término no-destructivo implica que la pastura no es sometida a corte, estas técnicas necesitan una calibración frecuente para obtener ecuaciones de regresión que permitan las observaciones en la biomasa de la pastura. La precisión de las observaciones en estas técnicas depende de la habilidad y experiencia del muestreador para desarrollar una correlación lo más estrecha posible entre la biomasa medida en varios puntos de la pastura y las observaciones visuales. Haydock y Straw (1975) recomiendan dos observadores experimentados para cada muestreo con el fin de minimizar los errores en la estimación de forraje.

Las mediciones de altura y densidad de planta son formas de estimar la biomasa vegetal. La altura es normalmente medida usando una escala o regla (Hfro, 1986) y la densidad es definida como el porcentaje de suelo cubierto por la pastura (Bakhuis, 1960). En pasturas uniformes se ha empleado con éxito un dispositivo que integra la altura con la densidad (Earle y McGowan, 1979).

Una ventaja de las técnicas no-destructivas, que incluyen altura y densidad de planta, es que son independientes de los observadores, y por tanto, pueden ser usadas en diferentes sitios y en fincas. No obstante, cuando se utilizan en experimentación deben ser calibradas con frecuencia ya que la medición es sensible al error debido a las diferencias en la estructura de la pastura, la intensidad de pisoteo, la composición botánica, la época y el manejo del pastoreo (Dowdeswell, 1998).

Otras técnicas para medir la biomasa vegetal en pasturas incluyen atributos de la planta no vegetativos; por ej., capacitancia, atenuación radioisótopa y análisis espectral. Neal y Neal (1973) y Angelone et al., (1980) al revisar la capacitancia en pasturas encontraron que su principal limitante fue la necesidad de calibración continua, ya que el contenido de humedad en la pastura afectó las lecturas obtenidas por lo que esta técnica no es utilizada comúnmente.

En ciertas situaciones cuando es necesario tomar gran número de muestras debido a la variación en la pastura, es recomendable utilizar una combinación de dos métodos para reducir los requerimientos de labor. Este enfoque puede ser efectivo, como lo demostraron Bakhuis (1960) y Hameleers y Sword (1992).

Cálculo de la consumo de forraje basado en medidas en la pastura

La principal dificultad para calcular el consumo de forraje por animales es la corrección que se debe hacer para estimar la acumulación de material vegetal durante el periodo de pastoreo. Esta es normalmente estimada excluyendo una área determinada del pastoreo con el fin de medir la masa vegetal al principio y al final de éste. Sin embargo, el crecimiento que tiene lugar en dicha área es diferente al que ocurre en el área bajo pastoreo, debido a un microclima especial dentro la jaula de exclusión, resultando en un acumulación de forraje que no es típica del resto de la pastura. La magnitud de este efecto está directamente relacionada con la duración del tiempo que el área es excluida del pastoreo (tMannetje, 1978). Si el período de pastoreo es corto, por ejemplo 1 día, y relativamente grandes cantidades de material son consumidas por unidad de área durante ese período, este efecto puede ser ignorado; pero cuando el pastoreo tiene lugar por un período de tiempo mayor, este efecto debe ser tenido en cuenta. Generalmente la acumulación de forraje en el área bajo pastoreo es reducida debido a la defoliación, pisoteo y contaminación por heces. Por tanto, si la acumulación en el área pastoreada es g veces la acumulación en el área excluida, el consumo de forraje puede ser calculado como:

$$C = M - M_f + gMI$$

donde:

$C =$ forraje consumido (kg/ha)

$M =$ masa vegetal al inicio del período de pastoreo (kg/ha)

$M_f =$ masa vegetal residual al final del período de pastoreo (kg/ha)

$MI =$ masa vegetal intacta en el área de exclusión durante el período de pastoreo (kg/ha)

$g =$ factor de corrección para la acumulación de masa vegetal intacta.

Linehan et al. (1947) asumieron que la tasa de acumulación de masa vegetal y la tasa de consumo de forraje fueron proporcionales a la cantidad de materia vegetal presente en un determinado tiempo durante el período de pastoreo y generaron la ecuación siguiente:

$$C = (M - M_f) \times \{(\log (M + MI) - \log M_f) / (\log M - \log M_f)\}$$

Bosh (1956) asumió un valor $g = 0.5$ cuando el residuo vegetal varió entre 20% y 30% de la masa vegetal al inicio del pastoreo con cortes a 4 cm y no encontró diferencia entre las ecuaciones anteriores. Mejis (1981) encontró un valor g de 0.68 en pasturas con mayor cantidad de material residual y en cortes a 3 cm. La fórmula de Linehan et al. (1947) está basada en el supuesto de que la tasa de acumulación y consumo de forraje en cualquier tiempo durante el período de pastoreo son proporcionales a la cantidad de forraje que permanece sin consumir en el mismo tiempo. La importancia potencial del factor de corrección depende de la amplitud del período de pastoreo, así, un período más largo incrementará la proporción de material acumulado como una fracción del consumo, la tasa de crecimiento vegetal y el nivel de masa vegetal al inicio o fin del pastoreo. Lantinga (1985) evaluó la fórmula desarrollada por Linehan et al. (1947) y encontró que funcionaba bien para períodos cortos de pastoreo, hasta 3 días, pero no para períodos más largos, desarrollando, entonces, una fórmula mejorada para calcular el consumo de forraje, la cual funciona también en rotaciones de pastoreo largas:

$$C = (M - Mf) + (1 - (Mf / M)) / (-\log_e (Mf / M)) \times MI$$

El error final al estimar el consumo de forraje depende de la exactitud con la cual son estimados los diferentes componentes.

Estimación de la selectividad de la dieta utilizando técnicas basadas en la pastura

Las muestras que se obtienen para estimar la masa vegetal a menudo no representan el tipo de alimento que realmente consume el animal. Para evaluar la calidad del forraje consumido, se han realizado algunos esfuerzos con el fin de simular el pastoreo, por ejemplo, cortando las plantas a la altura de pastoreo o cosechandolas manualmente. En pasturas en monocultivo esto se puede hacer en forma más o menos precisa. No obstante, Langlands (1974) encontró que la cosecha manual sobrestima la digestibilidad y el contenido de N en pasturas de alta calidad y subestima estos componentes en pasturas de baja calidad, cuando se comparan con muestras obtenidas mediante fistulas esofágicas. Según Sidahmed et al. (1977), Gonzáles y Lambourne (1966), y Newman et al. (1994) la representatividad de las muestras en términos de selectividad por animales fistulados puede también ser cuestionada. La calidad del forraje puede ser estimada usando la relación siguiente.

$$X = ((Y - Yf) / (M - Mf)) \times 100$$

donde:

Y = kg/ha de nutrimentos antes del pastoreo,

Y_f = kg/ha de nutrimentos después del pastoreo,

M = kg/ha de materia seca antes del pastoreo, y

M_f = kg/ha de materia seca después del pastoreo.

Walters y Evans (1979) mostraron que las técnicas basadas en las pasturas pueden estimar potencialmente la digestibilidad de una forma similar a la obtenida por técnicas que utilizan animales individuales. Ambos enfoques dan buenos estimados en pasturas simples, pero cuando los animales pastan en asociaciones de forrajeras no son precisas, como lo demostraron Kalmbacher y Washiko (1977).

Técnicas basadas en el comportamiento animal

La medición del consumo de forraje es especialmente importante cuando se quiere evaluar la respuesta del animal a condiciones específicas de la pastura. En estos casos, la mayor fuente de variación en las pruebas de pastoreo son las diferencias entre animales (Peterson y Lucas, 1960). Mott y Lucas (1953) estimaron que la variación en producción animal debida a la pastura tiene un coeficiente de $\pm 5\%$, mientras que la debida a diferencias entre animales alcanza valores entre 10% y 30%.

Para estimar el consumo de forraje con animales se ha desarrollado una serie de técnicas que incluyen, entre otros procedimientos, los siguientes: la medición de la digestibilidad y la producción de heces, los cambios de peso vivo y los comportamientos del animal durante los períodos de pastoreo. Grant et al. (1985) y Clark (1985) proponen el uso de marcadores de tallos y hojas seleccionados de la planta, los cuales son observados periódicamente para evaluar su consumo por el animal.

Una técnica muy utilizada es el empleo de animales con fistulas esofágicas (Torrel, 1954). Esta técnica requiere animales con hábitos de pastoreo similares a los del resto del hato y la toma de muestras en forma periódica, ya que la composición del material consumido cambia con el grado de defoliación de la pastura. Una práctica común es someter a los animales a ayuno previo antes del muestreo. Sidahmed et al. (1977) y Newman et al. (1994) mostraron que los ovinos tendían a ser menos selectivos cuando el tiempo de ayuno incrementaba. Un problema de esta técnica es la contaminación de las muestras con la saliva del animal, previo al análisis en laboratorio.

La técnica de digestibilidad in vitro de Tilley y Terry (1963) es, quizá, la más ampliamente utilizada. Esta involucra una digestión de la muestra por microorganismos del

líquido ruminal seguida de una digestión con pepsina. Una desventaja de la técnica es que la digestibilidad depende del líquido ruminal del animal donador que, a su vez, depende de la dieta que consume. El animal con fistula ruminal debe, por tanto, ser alimentado con la misma dieta que los animales utilizados en la experimentación.

Más recientemente han sido propuestos algunos métodos enzimáticos, los que se basan en la hidrólisis de los forrajes en celulasa-pepsina (Jones y Hayward, 1975; Aufrer y Demarquille, 1989). Estas técnicas no requieren animales fistulados para obtener líquido ruminal, pero sí el desarrollo de diferentes ecuaciones de regresión para cada especie forrajera en evaluación. Stakelum et al. (1988) mostraron que estas técnicas son tan buenas como las técnicas *in vitro* para la estimación de la digestibilidad del forraje.

Otros métodos para estimar la digestibilidad de los forrajes están basados en el uso de marcadores. Conociendo la concentración de estos en la dieta y en las heces es posible calcular la indigestibilidad (Kotb y Luckey, 1972). La digestibilidad del alimento puede ser entonces calculada usando la concentración relativa del marcador en la materia seca del alimento y las heces (Schneider y Flatt, 1975), usando la ecuación siguiente:

$$\text{D.M.S.} = \frac{\text{(concentración de marcador en la MS del alimento)}}{\text{(concentración de marcador en la MS de heces)}}$$

El uso de estos marcadores tiene algunas limitaciones, pues algunas veces su concentración es mayor en las heces que en la dieta y su condición química no siempre es estable. Por otra parte, la fibra detergente ácido, el componente indigestible de la pared celular, puede ser utilizado con éxito como un marcador sustituto (Penning y Johnson, 1983), no obstante, Morgan y Stakelum (1987) demostraron que la proporción de fibra ácido detergente indigestible recuperada en las heces es baja y en consecuencia no es segura para predecir la digestibilidad de los alimentos. También se ha utilizado la sílice como marcador interno potencial para determinar digestibilidad, aunque cuando se usa como marcador interno se corre el riesgo de contaminación de la muestra con suelo (McManus et al., 1967).

Mayes y Lamb (1984) sugieren que los alcanos cuticulares de la planta pueden ser utilizados como marcadores internos para estimar digestibilidad. Sin embargo, los resultados de estos investigadores y de Mayes et al. (1986a, b) indican que la recuperación fecal es incompleta. Por otra parte, Dove y Mayes (1996) sugieren que la recuperación es independiente de la digestibilidad de la dieta y la variación entre animales es pequeña, y Dove et al. (1990) encontraron que la digestibilidad puede ser estimada de forma más exacta con

marcadores alcanos, asumiendo una recuperación estándar, que con técnicas in vitro. Otro método para estimar la digestibilidad de la dieta es la técnica del índice de nitrógeno fecal.

Un método de uso poco frecuente se basa en la relación que debe existir entre la digestibilidad y la concentración de nitrógeno fecal. Lancaster (1949) fue el primer investigador en establecer la relación entre la digestibilidad de la materia orgánica y el contenido de nitrógeno en las heces. Esta técnica ha probado tener éxito tanto en pasturas de clima templado (Thomas y Campling, 1976; Barthiaux-Thill y Oger, 1986) como tropicales (Boval et al., 1996). El método está basado en una relación, desarrollada con animales en confinamiento, entre la digestibilidad del forraje estimada a partir de la prueba convencional in vivo y la concentración del indicador en las heces, dicha relación es utilizada para predecir consumo en pruebas de pastoreo. Las ecuaciones de regresión son tanto lineales como cuadráticas y las pendientes de las ecuaciones son altamente variables; por tanto, es recomendable utilizar ecuaciones para cada especie vegetal, sitio geográfico, e inclusive, para cada corte (Greenhalgh y Corbett, 1960; Langlands, 1975). Comeron y Peyraud (1993) desarrollaron algunas relaciones entre digestibilidad de forrajes de zonas templadas vs. especie, corte y época del año (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. **Modelos de predicción para la digestibilidad de la materia orgánica de forraje de zonas templadas.**

| Ecuación de regresión | R ² | Error residual estándar | | | | |
|---|----------------|-------------------------|--------------------------|--------------|----------------------|------------------|
| | | General | Efecto de especies (G/L) | Primer corte | Rebrote de primavera | Rebrote de otoño |
| 0.612 + 0.0427fN | 0.72 | 0.020 | 0.008 | NS | NS | NS |
| 0.342 + 0.188fN - 0.0187fN ² | 0.83 | 0.016 | 0.011* | 0.009 | 0.004 | -0.013 |
| 0.78 + 0.0334fN - 0.0038fADF | 0.89 | 0.013 | 0.005 | 0.007 | 0.008 | 0.015 |

* = Significativo al 5%

G = Gramínea; L = Leguminosa

fN = Nitrógeno fecal

FADF = Fibra ácido detergente fecal

FUENTE: Comeron y Peyraud (1993)

El uso combinado de más de una prueba puede mejorar la exactitud de la predicción. Chestnost (1985) logró aumentar la exactitud en la determinación de la digestibilidad de gramíneas utilizando las pruebas de nitrógeno y material soluble a 40 °C, y Cameron y Peyraud (1993) disminuyeron el error residual standard de 0.020 a 0.013 al considerar el contenido de FDA en heces.

Todas las técnicas para estimar consumo y digestibilidad de forrajeras tienen limitaciones. Cuando se usan técnicas *in vitro* en el laboratorio, el primer problema que existe es la obtención de una muestra representativa del forraje consumido. Aunque este problema puede ser superado con el uso de marcadores o el índice de nitrógeno fecal, no existen actualmente marcadores adecuados disponibles que sean realmente indigestible y que puedan ser recuperados con suficiente exactitud. La técnica de nitrógeno fecal parece ser una opción adecuada, pero requiere de un desarrollo continuo de curvas de regresión que relacionen este compuesto con la digestibilidad de la dieta, además, debe ser capaz de considerar la variación individual de la digestibilidad entre animales así como los efectos del cambio de consumo de forraje en la digestibilidad del mismo. El problema general con todos estos métodos es su uso limitado cuando los animales pueden seleccionar en la pastura diferentes especies de forrajes o cuando los animales son suplementados, debido a la interacción entre los alimentos en términos de digestibilidad (Peyraud, 1996). Esto obliga al desarrollo de ecuaciones de regresión para todo el rango de opciones posibles en la suplementación.

Para medir digestibilidad y el valor nutritivo de forrajes también se puede usar el método de espectroscopía infrarroja (NIRS, por su sigla en inglés) (Holechek et al. (1982 a, b), Struth et al. (1989). Este método es muy similar a la técnica del índice de nitrógeno fecal y se basa en el hecho que las heces de animales en pastoreo contienen uniones químicas como resultado de los residuos indigeribles y la fermentación microbológica, y los productos finales de la digestión pueden proveer información espectral NIRS altamente correlacionada con la digestibilidad de la dieta. Una limitación del método consiste en que nuevamente la correlación tiene que ser desarrollada relacionando el espectro NIRS con la digestibilidad específica de una dieta en particular. Sin embargo, Lyons y Struth (1992) demostraron que cuando se hace una buena calibración para una variedad de especies vegetales y niveles de consumo y productividad, la digestibilidad de la dieta puede ser predicha con el análisis NIRS de muestras fecales con un grado de precisión equivalente a las pruebas convencionales de laboratorio.

Estimación de la producción fecal

La producción fecal puede ser estimada por medición directa o con el uso de marcadores fecales. La producción total de heces puede ser medida utilizando animales con arnés (Cordova et al., 1978; Mitchell, 1977). El arnés y la bolsa deben ser ajustadas al animal por varios días antes del período de recolección con el fin de que se acostumbre. Le Du y Penning (1982) recomiendan un período de recolección mayor que 5 días y la técnica es principalmente apropiada para animales machos (Pigden y Brisson, 1956), debido a la dificultad en el uso de separadores de orina en hembras en pastoreo.

En forma más general, las mediciones de producción de heces se hacen con marcadores indigestibles. Estos marcadores no deben ser tóxicos, completamente indigestibles, cuantitativamente recuperables en las heces, sin efecto sobre la digestión ni sobre los microorganismos del tracto digestivo y de fácil determinación (Greenhalgh, 1982; Le Du y Oenning (1982). Actualmente el marcador más utilizado es el óxido de cromo (Cr_2O_2) (Edin, (1918; Kotb y Luckey, 1972); también se usan el óxido de titanio (Mayes et al., 1995); Morgan et al. (1976) mencionan el uso de EDTA-Cr y Peyraud (1987) sugiere que el Iterbio puede ser utilizado debido a su alta recuperación en las heces.

Antes de que el marcador de cromo alcance el equilibrio en el flujo de heces, es necesario que transcurra un período de dosificación preliminar. La concentración estable de Cr_2O_2 en las heces normalmente se alcanza entre 6 y 7 días después del suministro de la primera dosis (Chamberlain y Thomas, 1983). El tiempo para alcanzar el equilibrio depende de varios factores, principalmente de los niveles de consumo y las características de la dieta (Le Du y Penning, 1982). Cuando se utilizan alimentos de baja calidad este período varía entre 7 y 10 días (Pigden y Minson, 1969).

Pigden y Minson (1969) mostraron que las concentraciones de Cr_2O_2 en heces siguen un patrón cíclico a través del día (variación diurna) y sugieren tomar dos muestras durante ese período para evitar posibles errores. Otros investigadores han seleccionado los tiempos de muestreo en el recto de animales estabulados teniendo en cuenta la cinética de excreción (Zoby y Holmes, 1983). Wanyoike y Holmes (1981) y Melix y Peyraud (1987 a, b) compararon la toma de muestras de heces del recto con la recolección en el suelo y mostraron que el primer método no resulta en un desviación significativa (3% a 4%), pero sí puede incrementar la variabilidad de la medición del consumo individual alrededor del 6%.

Métodos de cambio de peso vivo y comportamiento animal

Esta técnica se basa en los cambios de peso vivo (PV) animal durante períodos de pastoreo (tasa de consumo) y en el tiempo diario invertido por el animal en el consumo de forraje. El cálculo se hace mediante un modelo simple que asume que el consumo de forraje es el producto de la tasa de consumo y el tiempo invertido en pastar. Erizan (1932) fue el primero que sugirió el pesaje de los animales para estimar la consumo de forraje en períodos cortos. El cálculo de consumo se hace de la manera siguiente:

$$\text{Consumo (MS, kg)} = (\text{Wt}_2 + \text{F} + \text{U} + \text{I}) - \text{Wt}_1 - \text{L}$$

donde: W_{t_1} y W_{t_2} son los PV animal antes y después del período de pastoreo. F y U son los pesos de las heces y la orina producidas durante ese período. I es la pérdida de peso insensible. L es el peso del agua ingerida.

Recientemente, Gibb et al. (1998) mostraron que la pérdida insensible de peso variaba substancialmente durante el día. El desarrollo de básculas electrónicas modernas con altos niveles de precisión ha permitido mediciones mucho más exactas del peso animal y, en consecuencia, la pérdida insensible puede ser medida durante períodos cortos en los mismos animales utilizados para medir la tasa de consumo.

Para medir el tiempo de pastoreo inicialmente se usaron medidores de vibraciones (Alden, 1962; Stobbs, 1970), pero estos han sido desplazados por el equipo desarrollado por Penning (1983) el cual registra los movimientos de la mandíbula asociados con el pastoreo y la rumia. Este equipo fue posteriormente mejorado por Rutter et al. (1996) y permite realizar estimaciones más precisas.

Penning y Hooper (1985) sugirieron que la combinación del cambio de PV animal asociado con el consumo y el tiempo de pastoreo, podrían ser usados para calcular el consumo absoluta. Sin embargo, el trabajo reciente de Gibb et al. (1998) demostró que los cambios en la tasa de consumo durante el día, independiente de las condiciones de la pastura, obligan a su medición constante durante el tiempo de pastoreo, lo que es prácticamente imposible. No obstante, esta técnica es útil para hacer evaluaciones en el corto plazo bajo diferentes condiciones de la pastura y a una baja tasa potencial de consumo, como lo demostraron Cushnahan et al. (1999) y McGilloway et al. (1999).

Método basado en el tamaño de la mordida y el comportamiento animal

En esta técnica se consideran el número de mordidas realizadas durante el pastoreo y el tamaño promedio de ellas. Para los cálculos se asume que el consumo de forraje es el producto del número de mordidas realizadas por el animal y el tamaño individual de cada una de ellas. Esta técnica es de baja precisión ya que es difícil registrar con exactitud el mecanismo de la mordida. La observación visual del movimiento de la mandíbula es difícil en animales en pastoreo y puede no resultar en una tasa real de mordidas, ya que algunos de los movimientos mandibulares están asociados con la manipulación de la cobertura vegetal y otros con el acto de deglución. Normalmente la tasa de mordidas es registrada durante períodos cortos (Hodgson, 1982 b) ya que varía durante el día (Jamieson y Hodgson, 1979), está relacionada con las condiciones de la pastura (Petit y Bechet, 1995; Laca et al., 1994) y es controlada por el apetito del animal (Newman et al., 1994). Es importante, por tanto,

seleccionar bien los intervalos y tiempos de medición durante el día, mientras más corto sea el período de registro más grande será el error para estimar la mordida. Hodgson (1982) sugiere un intervalo de tiempo mínimo de 30 seg para cada registro. Se debe tener especial cuidado de los cambios en la tasa de mordidas durante los períodos de hambre, por ej., después del ordeño, o de los cambios en las condiciones de la pastura (Jamieson y Hodgson, 1979). Los primeros esfuerzos de Penning (1983) con el desarrollo de sensores para estimar el movimiento de la mandíbula y el equipo de registro respectivo, han permitido la medición continua de la mordida. El problema potencial radica en el hecho de que este equipo registra los movimientos de la mandíbula y no las mordidas realizadas, sin embargo, los esfuerzos de Rutter et al. (1996) con el uso de registradores de estado sólido y el desarrollo de nuevo software para analizar las señales obtenidas, sugieren que es posible tomar con un alto grado de exactitud el número de mordidas en un período de 24 h.

Una segunda medición es el tamaño de la mordida o cantidad en peso de materia orgánica o de materia seca consumida en cada mordida. Esta medición es normalmente obtenida con el uso de animales con fistula esofágica (Stobbs, 1973). Además de la dificultad para manejar los animales fistulados de forma tal que su comportamiento sea similar al de animales sin fistula, se ha encontrado que el consumo por mordida tiene el más alto coeficiente de variación dentro de un número de variables de comportamiento medidas en animales en pastoreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rangos en el coeficientes de variación del comportamiento del consumo por animales en pastoreo.

| Variable | C.V.(rango, %) |
|--------------------------|----------------|
| Tiempo de pastoreo | 5 - 7 |
| Tasa de mordidas | 4 - 12 |
| Total de mordidas al día | 6 - 12 |
| Consumo por mordida | 7 - 30 |
| Tasa de consumo | 7 - 18 |

FUENTE: Jamieson (1975).

Medición del consumo basada en la productividad animal

El uso de datos de productividad animal es posiblemente la forma más simple de estimar el consumo de forraje por animales en pastoreo. El consumo se calcula utilizando los requerimientos de energía del animal o el contenido de energía del forraje, asumiendo que es consumido (Baker, 1982). El consumo de forraje es entonces calculado utilizando la ecuación siguiente:

$$HI = (E_{\text{req}} - E_{\text{supp}}) / E_h$$

donde, HI es la consumo de forraje (MS, kg/día); E_{req} son los requerimientos de energía (MJ/día) incluyendo producción, crecimiento, ganancia de peso vivo y gestación; E_{supp} es el aporte de energía del suplemento (MJ/día); y E_h es el contenido de energía (MJ/kg de MS) del forraje ofrecido/seleccionado.

La precisión de las estimaciones es, por tanto, completamente dependiente de estándares de energía adecuados, la habilidad para medir la productividad animal, la recolección de una muestra representativa de forraje y una estimación correcta del contenido de energía. La dificultad consiste en obtener una muestra representativa del forraje consumido y una estimación correcta de su digestibilidad para predecir el contenido de energía. La estimación individual del desarrollo animal puede ser hecha con una exactitud razonable, aunque el cambio de PV animal tiene que ser medido en un período largo de tiempo. La dificultad que se presenta consiste en que los requerimientos de energía para mantenimiento y producción son derivados de animales estabulados y como se sabe los requerimientos de energía para animales en pastoreo son más altos que para animales en confinamiento (Logan y Pigson, 1969). En práctica, este método da una estimación indirecta de la remoción relativa de forraje por animales en pastoreo, lo que es un indicador útil de la eficiencia con la cual la pastura es utilizada.

Contenido de n-alcenos en heces y forrajes

Después que Chibnall et al. (1934) demostraron la presencia de n-alcenos en la cera cuticular de las plantas, el interés en la composición química de este componente incrementó cuando las técnicas analíticas (especialmente cromatografía de gas y líquida) se volvieron más comunes. Grace y Body (1981) mostraron que la cera cuticular de las plantas contienen una variedad amplia de hidrocarburos, compuestos orgánicos que solo contienen dos elementos: hidrógeno y carbono. La composición de la fracción n-alceno en una variedad de especies forrajeras de climas templado y tropical aparece en el Cuadro 5.

Estos compuestos tienen varias características interesantes: El largo de la cadena de carbonos de los principales n-alcenos detectados están usualmente en el rango C_{25} (pentacosano) a C_{35} (pentatriacontano); los alcenos de cadenas impares están presentes en mayores cantidades que los n-alcenos de cadenas pares; mientras C_{29} (nonacosano), C_{31} (entriacontano) y C_{33} (tritriacontano) son n-alcenos dominantes, existe una marcada diferencia en sus niveles y patrones.

Mayes y Lamb (1984) estudiaron por primera vez el posible papel de los n-alcenos como marcadores internos para estimar el consumo de forraje. Actualmente la técnica es ampliamente utilizada para predecir tanto el consumo de forraje como la selección de la dieta.

Cuadro 5. **Concentraciones de n-alcenos en la cera cuticular de una selección de especies forrajeras de zonas templadas y tropicales.**

| Especie | n-alcenos (mg/kg materia seca) | | | | | | | | | | | | | No. Ref. |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| | C ₂₁ | C ₂₃ | C ₂₄ | C ₂₅ | C ₂₆ | C ₂₇ | C ₂₈ | C ₂₉ | C ₃₀ | C ₃₁ | C ₃₂ | C ₃₃ | C ₃₅ | |
| Monocotiledóneas | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lolium perenne</i> | — | — | — | — | — | 19 | 5 | 73 | 9 | 137 | 9 | 116 | 18 | 1 |
| | — | — | — | — | — | 36 | 6 | 142 | 12 | 220 | 7 | 99 | 9 | 2 |
| | — | — | — | — | — | 26 | 7 | 163 | 14 | 261 | 8 | 110 | 7 | 3 |
| | — | — | — | 6 | — | 20 | — | 109 | — | 215 | — | 141 | — | 4 |
| <i>L. Multiflorum</i> | — | — | — | — | — | 105 | 8 | 260 | 11 | 250 | 4 | 43 | 0 | 2 |
| | — | — | — | 10 | — | 40 | — | 230 | 12 | 242 | — | 57 | 7 | 5 |
| <i>L. rigidum</i> | — | — | — | 30 | — | 83 | — | 196 | — | 298 | — | 47 | — | 4 |
| <i>Phalaris aquatica</i> | — | — | — | 31 | — | 41 | — | 50 | — | 35 | — | 4 | — | 4 |
| <i>Dactylis glomerata</i> | — | — | — | — | — | 20 | 2 | 38 | 2 | 58 | 2 | 21 | 0 | 2 |
| <i>Phleum pratense</i> | — | — | — | 32 | — | 24 | — | 15 | 0 | 17 | — | 14 | 7 | 5 |
| <i>Brachiaria decumbens</i> | — | — | — | — | — | 8 | 2 | 23 | 7 | 126 | 14 | 223 | 77 | 3 |
| <i>Digitaria decumbens</i> | — | — | — | — | — | 60 | 10 | 103 | 13 | 323 | 12 | 278 | 40 | 3 |
| <i>Eragostis eripoda</i> | — | — | — | 3 | — | 9 | 4 | 55 | 14 | 395 | 27 | 466 | 18 | 5 |
| <i>Aristida jerichoensis</i> | — | — | — | 10 | — | 14 | 8 | 48 | 17 | 365 | 11 | 122 | 7 | 5 |
| <i>Deschampsia cespitosa</i> | 0 | 4 | 3 | 17 | 6 | 43 | — | 384 | 17 | 657 | — | 95 | 4 | 6 |
| <i>Deschampsia flexuosa</i> | 0 | 8 | 5 | 32 | 17 | 107 | — | 373 | 16 | 411 | — | 49 | 5 | 6 |
| <i>Carex spp.</i> | 5 | 5 | 2 | 13 | 5 | 36 | — | 192 | 25 | 157 | — | 5 | 0 | 6 |
| Dicotiledóneas | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Trifolium repens</i> | — | — | — | — | — | 38 | 7 | 109 | 5 | 67 | 1 | 7 | 0 | 2 |
| | — | — | — | — | — | 19 | — | 75 | — | 66 | — | 5 | 0 | 5 |
| <i>T. pratense</i> | — | — | — | — | — | 30 | 11 | 408 | 5 | 57 | 1 | 11 | 0 | 2 |
| | — | — | — | 15 | — | 34 | — | 376 | 3 | 42 | — | 8 | 2 | 5 |
| | — | — | — | 4 | — | 16 | — | 250 | — | 74 | — | 10 | — | 4 |
| <i>T. subterraneum</i> | — | — | — | 4 | — | 15 | — | 118 | — | 26 | — | 5 | — | 4 |
| <i>Medicago sativa</i> | — | — | — | — | — | 36 | 9 | 202 | 12 | 324 | 7 | 21 | 0 | 2 |
| | — | — | — | 13 | — | 55 | — | 207 | — | 103 | 8 | — | — | 4 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | — | — | — | — | — | 10 | 5 | 37 | 4 | 29 | 3 | 18 | 2 | 3 |
| <i>Stylosantes scabra</i> | — | — | — | — | — | T | T | 58 | 11 | 241 | 21 | 198 | 1 | 3 |
| <i>Acacia aneura</i> | — | — | — | 226 | — | 119 | 9 | 126 | 17 | 119 | 87 | 164 | 11 | 5 |
| | | | | | | | | | | 7 | | 6 | | |
| <i>Betula pubescens</i> | 22 | 590 | — | 801 | — | 70 | — | 144 | 3 | 53 | — | 4 | 2 | 6 |
| <i>Betula nana</i> | 4 | 159 | — | 143 | — | 278 | — | 263 | 15 | 320 | — | 26 | 2 | 6 |
| <i>Salix spp.</i> | 1 | 9 | — | 38 | 15 | 162 | — | 74 | 3 | 63 | — | 19 | 2 | 6 |
| <i>Juniperus communis</i> | 21 | 4 | 2 | 5 | 2 | 9 | — | 23 | 3 | 73 | — | 477 | 55 | 6 |

Referencias: 1. Mayes et al. (1986); 2. Malossini et al. (1990); 3. Laredo et al. (1991); 4. Dove et al (1992); 5. Dove and Mayes (1991); 6. Mayes et al. (1994); T = indica trazas.

FUENTE: Dove y Mayes, 1996.

Uso de n-alcenos para estimar el consumo de forraje. Oro et al. (1965) observaron grandes similitudes entre el patrón de n-alcenos extraídos de heces de ganado y en el forraje

consumido. Posteriormente Grace y Body (1981) encontraron sólo una cantidad pequeña de ácidos grasos C₁₄-C₁₈ en las heces de ovinos alimentados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pero los ácidos grasos C₁₉-C₃₂ permanecían iguales en ambas fracciones.

Cuadro 6. **Recuperación de n-alcenos en el duodeno e ileon terminal de heces de ovinos alimentados con rygrass perenne (*Lolium spp.*) fresco (n=8).**

| Tipo de n-alceno | Sitio de recuperación | | | | | |
|-------------------|-----------------------|--------|----------------|--------|-------|--------|
| | Duodeno | | Ileon terminal | | Heces | |
| | Media | E.S. | Media | E.S. | Media | E.S. |
| C ₂₇ | 1.037 | 0.0387 | 0.626 | 0.0250 | 0.594 | 0.0174 |
| C ₂₈ * | 0.877 | 0.0424 | 0.759 | 0.0446 | 0.786 | 0.0210 |
| C ₂₉ | 0.997 | 0.0354 | 0.745 | 0.0224 | 0.697 | 0.0144 |
| C ₃₁ | 0.965 | 0.0340 | 0.815 | 0.0214 | 0.779 | 0.0095 |
| C ₃₂ * | 0.821 | 0.0433 | 0.819 | 0.0329 | 0.859 | 0.0101 |
| C ₃₃ | 0.988 | 0.0348 | 0.875 | 0.0209 | 0.839 | 0.0127 |
| C ₃₅ | 1.013 | 0.0352 | 0.977 | 0.0219 | 0.953 | 0.0090 |
| C ₃₆ * | 0.841 | 0.0415 | 0.876 | 0.0373 | 0.922 | 0.0115 |

* n-alceno administrado.

FUENTE: Mayes et al. (1988)

El uso de n-alcenos naturales como marcadores para estimar digestibilidad exige hacer algunas correcciones debido a su incompleta recuperación. En el Cuadro 6 se puede observar que la variación en la recuperación fecal de estos compuestos es baja. Dove et al. (1990) y Dove y Coombe (1992) al evaluar el uso de n-alcenos como marcadores demostraron que estos pueden dar estimaciones más adecuadas de la digestibilidad que las técnicas in vitro o con el uso de lignina.

Cuando se utiliza el método de aplicación doble —cadenas pares de n-alcenos con cadenas impares naturales— la recuperación de estos pierde importancia (Mayes et al., 1986a). El consumo es estimado a partir de la aplicación diaria y las concentraciones detarias y fecales de los n-alcenos pares e impares adyacentes en longitud. Ya que las recuperaciones de los n-alcenos adyacentes son similares, los errores asociados con la recuperación incompleta son cancelados en el numerador y el denominador y el consumo de forraje puede ser calculado utilizando la fórmula siguiente:

$$I = \{(F_i + F_j) * D_j\} / \{H_i - (F_i / F_j) * H_j\}$$

donde, I es el consumo de forraje (MS, kg/día), H_i y F_i son las concentraciones de n-alcenos de cadenas impares en las heces y en el forraje, H_j y F_j son las concentraciones equivalentes de n-

alcanos de cadenas pares administradas, y Dj es la administración diaria de n-alcanos de cadena par.

Como se puede apreciar en la ecuación sólo se requiere la relación de las concentraciones de n-alcanos natural y sintético. Si las concentraciones de Fi y Fj son estimadas con bases similares, los errores se cancelan. Estudios de validación de esta técnica mostraron que es confiable (Cuadro 7), aún más que el uso de Cr₂O₂ como marcador para estimar consumo.

En la literatura se encuentran numerosos trabajos sobre el uso de n-alcanos en la estimación del consumo de forrajes: Mayes et al. (1968 a); Dove et al. (1989); Dove et al. (1991); Dillon (1993); Dillon y Stakeelum (1988 y 1990); Stakeelum y Dillon (1990); Ferrer et al. (1994); Vulich et al. (1991 y 1993); Laredo et al. (1991); Le Du y Penning (1982); Salt et al., 1994; y Peyraud (1996).

Cuadro 7. **Porcentajes de desviación al comparar consumos conocidos vs. estimados con el uso de n-alcanos.**

| Fuente | Tipo de animal | Consumo conocida (MS, kg/day) | Desviación (conocido vs. estimado) (%) |
|--|----------------|----------------------------------|--|
| Mayes et al. (1986 ^a) | Corderos | 0.579 | 0 |
| Mayes et al. (1988) | Corderos | 0.273 | -0.02 |
| Dove et al. (1991) | Ovinos adultos | 0.914 | 2.57 |
| Mayes et al. (1986 ^b) | Gando de carne | 4.1 | -1.70 |
| Dillon (1993) | Vacas lecheras | 14.2 | -0.06 |
| Hameleers y Mayes (1998 ^a) | Vacas lecheras | 12.0 | +1.3 |

Una ventaja del uso de n-alcanos es su independencia de la digestibilidad y su utilidad para determinar consumo cuando los animales están siendo suplementados o cuando se encuentran consumiendo dietas mixtas, por ej., gramíneas más leguminosas. Dove y Mayes (1991) presentaron la siguiente fórmula para determinar consumo en animales suplementados.

$$I = \{(F_i/F_j) \times (D_j + I_c \times C_j) - (I_c \times C_i)\} / \{(H_i - (F_i/F_j) \times H_j)\}$$

donde:

I = es el consumo de forraje (MS, kg/día),

Hi y Fi = son las concentraciones equivalentes en el forraje y fecales de las cadenas impares de n-alcanos administrado,

Dj = es la administración diaria de n-alcano de cadena impar,

I_c = es la consumo del concentrado MS, kg/día),y

C_j y C_i = son las concentraciones de n-alcanos de cadenas impares y pares en el concentrado.

Comentario

Como se deduce de la presente revisión bibliográfica existen varias técnicas para medir el consumo de forraje. No obstante, aunque ninguna es perfecta, cuando se utilizan adecuadamente pueden producir información valiosa. La selección de la técnica depende de los objetivos del investigador. Un objetivo en las pruebas de pastoreo es describir la pastura ofrecida a animales. La intensidad de la medición de consumo dependerá de los objetivos de la investigación y del investigador. Si un objetivo es medir la respuesta animal, será necesario hacer mediciones de la calidad del forraje (ver Cuadro 8). En ciertos casos específicos es posible combinar técnicas de medición de consumo.

Cuadro 8. **Técnicas de medición de consumo en relación con los objetivos experimentales.**

| Objetivos experimentales | Técnicas de medición de consumo |
|--|--|
| Sistemas de medición | Técnicas basadas en la pastura Consumo basado en la masa de forraje Consumo basado en el desarrollo animal. |
| Mediciones de la respuesta individual del animal | Cambio de peso vivo, tamaño de la mordida y métodos de comportamiento en pastoreo. |
| Respuesta al manejo del animal o de la pastura | Experimentos pequeños sin suplementación- Cr_2O_3 en combinación con la técnica de índice fecal Pruebas más grandes de producción y si los animales son suplementados – técnica de n-alcanos. |

Bibliografía

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on responses to nutrients. Wallingford, UK: CAB International.
- Allden, W. G. 1962. Rate of herbage intake and grazing time in relation to herbage availability. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 4:163-166.
- Allden, W. G. y Young, R. S. 1959. The summer nutrition of weaner sheep: Herbage intake following periods of differential nutrition. Australian Journal of Agricultural Research 15:989-1000.
- Angelone, A; Toledo, T. M.; y Burns, J. C. 1980 Herbage measurements in situ by electronics. 1. The multiple probe type capacitance meter: a brief review. Grass and Forage Science 35:25-33.

- ARC. 1980. The ruminant requirements of ruminant livestock. Technical review by Agricultural Research Council Working Party, Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK.
- Aufere, J. D. y Demarquille, C. 1989. Predicting organic matter digestibility of forage by two pepsin cellulase methods. En: Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice, France. p. 877-878.
- Armsrong, R. H.; Robertson, E.; Lamb, C. S., Gordon, I. J.; y Elston, D. A. 1993. Diet selection by lambs in ryegrass/white clover swards differing in horizontal distribution of clover. En: Proceedings of the XVII Grassland Congress. p. 715-716.
- Baker, R. D. 1982. Estimation of herbage intake from animal performance. En: J D Leaver ed. Herbage intake handbook. The British Grassland Society. p. 77-94.
- Bakhuis, J. A. 1960 Estimating pasture production by the use of grass length and sward density. Netherlands Journal of Agricultural Science, 8, 211-224.
- Barthiaux-Thill, N y Oger, R. 1986. The indirect estimation of the digestibility in cattle herbage from Belgium permanent pasture. Grass and Forage Science, 41, 269-272.
- BOSCH, S. 1956. The determination of pasture yield. Netherlands Journal of Agricultural Science, 8, 211-224.
- Boval, M.; Peyraud, J. L.; Xandé, A.; Aumont, G.; Coppry, O.; y Saminadin, G. 1996. Evaluacion d'indicateurs fecaux pour la prédiction de la digestibilité et quantités ingerée de *Dichantium* sp. par bovins creoles en guadeloupe. Annales Zootechnique, 45, 121-134.
- Buntinx, S. E.; Pond, K. R.; Fisher, D. R.; y Burns, J. C. 1992. Evaluation of the captec chrome controlled release device for the estimation of faecal output by grazing sheep. Journal of Animal Science, 70, 2243-2249.
- Cameron, E. A. y Peyraud, J. L. 1993. Prediction of herbage digestibility ingested by dairy cows. Revista Argentina Produccion Animal, 13 1, 23-30.
- Chamberlain, D. G. y Thomas, P. C. 1983. A note on the use of chromium sesquioxide as a marker in nutritional experiments with dairy cows. Animal Production, 36, 155-157.
- Chestnost, M. 1985. Estimation de la digestibilité del'herbe ingerée au pâturage à partir de l'azote fécal et de quelques autres paramètres fécaux. Annales Zootechnique, 342, 205-228.
- Chibnall, A. C.; Piper, S. H.; Pollard, A.; Williams, E. F.; y SahaI, P. M. 1934. The constitution of the primary alcohol's, fatty acids and paraffin's present in plant and insect waxes. Biochemical Journal, 28, 2189-2209.
- Clark, H. 1985. Tissue flux in perennial ryegrass by sheep, PhD Thesis, University college of North Wales, Bangor.
- Corbett. 1960. Faecal index techniques for estimating herbage consumption by grazing animals. En: Proceedings of the VIII International Grassland Congress,p438.
- Corbett, J. L.; Greenhalgh, J. F.; Mcdonald, I.; y Florance, E. 1960 Excretion of chromic sesquioxide and polythyleneglycol by dairy cows. British Journal of Nutrition, 14, 289-299.

- Cordova, F. J.; Wallance, J. D.; y Pieper, P. D. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. *Journal of Range Management*, 31, 430-438.
- Cushnahan, A.; Mcgilloway, D. A.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; y Kilpatric, D. 1999. The influence of sward surface height and bulk density on short term herbage intake rates and grazing behaviour of lactating dairy cows, *Journal of Animal Science*, in press.
- Dillon, P. 1993. The use of n-alkanes as markers to determine intake, botanical composition of available and consumed herbage in studies of digesta kinetics with dairy cows. PhD Thesis, National University of Ireland, Dublin, Ireland.
- Dillon, P. y Stakelum, G . 1990. Dosed and herbage alkanes for predicting silage intake with dairy cows. The effect of concentrate type and level of feeding. In *Proceedings of the 7th European Grazing Workshop*. Department of field crops and grassland science of the Agriculture University, Wageningen. The Netherlands.
- Dillon, P. y Stakelum, G. 1988. The use of n-alkanes and chromic oxides as markers for determining feed intake, faecal output and digestibility in dairy cows. *Proceedings of the 12th General Meeting of the European Grassland Federation*, Dublin, pp 154-158.
- Dove, H. 1991. Using the n-alkane technique of plant cuticular wax to identify plant species in the diet of herbivores. En: *Proceedings the third International Symposium of Nutrition of Herbivores*, pp 83.
- Dove, H.; Freer, M.; y Moore, A. D. 1993. Using plant wax alkanes to estimate diet selection in sheep. En: D J Farrel ed. *Recent advances in animal nutrition in Australia*. University of New England, Armidale, Australia, p5A.
- Dove, H. y Mayes, R. W. 1996. Plant wax components: A new approach to estimating intake and diet composition in herbivores. *American Journal of Nutrition*, 126, 13-26.
- Dove, H. y Mayes, R. W. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: A review. *Australian Journal of Agricultural Research* 42, 913-952.
- Dove, H.; Mayes, R. W.; Freer, M.; Coombe, J. B.; y FooT, J. Z. 1989. Faecal recoveries of the alkanes of plant cuticular waxes in penned and in grazing sheep. En: *Proceedings of the XVI International Grassland Congress*, pp1093-1094.
- Dove, H.; Mayes, R. W.; Lamb, C. S.; y Ellis, K. J. 1991. Evaluation of an intra-ruminal controlled release device for estimating herbage intake using synthetic plant cuticular wax alkanes. En: *Proceedings the third International Symposium of Nutrition of Herbivores*, pp 82.
- Dove, H.; Milne, J. A.; y Mayes, R. W. 1990 Comparison of herbage intakes estimated from in vitro or n-alkane based digestibility's. En: *Proceedings New Zealand Society of Animal Production*, 50, 457-459.
- Dove, H. y Moore, A. D. 1995. Using a least-squares optimisation procedure to estimate diet composition based on the alkanes of plant cuticular wax. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46, 1535-1544.
- Dove, H.; Siever-Kelly, C.; Leury, D. J.; Gatford, K. L.; y Simpson, R. J. 1992. Using plant wax alkanes to quantify the intake of plant parts by grazing animals. En: *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, 17, 149.

- Dowdeswell. 1998. Measuring grass growth for forage efficiency. Dairy Farmer, November. 1998.
- Earle, D. F. y McGowan, A. A. 1979. Evaluation and calibration of an automated rising plate reader for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 19, 337-343.
- Edin, H. 1918. cited by Kotb and Luckey. 1972. Nutritional Abstracts and Reviews, 42, 813-845.
- Ellis, W. C. y Beever, D. E. 1984. Method for building rare earth's to specific feed particles. En: P M Kennedy ed. Techniques in particle size analysis of feed and digesta in ruminants. pp 154-166.
- Erizan, E. 1932. Eine neue methode zur bistimmung der vom vieh gefressenen menge weidefutters, Zier Zucht, 25, 443-459.
- Fahey, G. C. y Yung, H. G. 1983. Lignin as a marker in digestion studies. Journal of Animal Science, 57, 220-225.
- Faichney, G. L. 1975. The effect of formaldehyde treatment of a concentrate diet on the passage of soluble and particulate markers through the gastro intestinal tract of sheep. Australian Journal of Agricultural Research, 26, 3. 19-327.
- Ferrer, A.; Petit, M.; y Bechet, G. 1994. Efficiency of direct saponification for the analysis of n-alkanes in hays. Annales Zootechnique, 43, 284.
- Forbes, R. M. y Garrigues, W. P. 1948. Application of a lignin ratio technique to determination of nutrient intake of grazing animals. Journal of Animal Science, 7, 373-382.
- Frame, J. 1993. Herbage mass. En: A. Davies, R. D. Baker, S. A. Grant, A. S. Laidlaw (eds.). Sward Measurement handbook, Second edition, The British Grassland Society, pp39-68.
- Frame, J. 1981. Herbage mass. En: J Hodgson, R D Baker, A Davies, A S Laidlaw y J D Leaver eds. Sward measurement handbook, The British Grassland Society. pp39-69.
- Furnival, E. P.; Corbett, J. L.; y Inskip, M. W. 1990^a Evaluation of controlled release devices for administration of chromium sesquioxide using fistulated sheep. 1. Variation in marker concentration in faeces. Australian Journal of Agricultural Research, 41, 969-975.
- Furnival, E. P.; Ellis, K. J.; y Pickering, E. S. 1990^b Evaluation of controlled release devices for administration of chromium sesquioxide using fistulated grazing sheep. 2. Variation in the rate of release from the device. Australian Journal of Agricultural Research, 41, 977-986.
- Gibb, M. J. 1996. Animal grazing/ intake terminology and definitions. En: M G Keane y E G O'Riordon eds. Pasture ecology and animal intake. Proceedings of a workshop held in Dublin,. 1995. AIR 3 CT93-0947. Teagasc, Ireland, pp 21-37.
- Gibb, M. J.; Huckle, C. A.; y Nuthall, R. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. Grass and Forage Science, 53, 41-46.

- Gibb, M. J. y Treacher, T. T. 1976. The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of lambs grazing perennial ryegrass and red clover swards. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 86, 355-365.
- Gonzales, V. y Lambourne, J. L. 1966. Características de la secreción salivar de corderos alimentados con diferentes forrajes y efectos de la saliva sobre la digestibilidad in vitro de los mismos. *Revista de Nutrición Animal*, 4, 34-40.
- Grace, N. D. y Body, D. R. 1981. The possible use of long chain C₁₉-C₃₂ fatty acids in herbage as an indigestible faecal marker. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 97, 743-745.
- Grant, S. A.; Suckling, D. E.; Smith, H. K.; Thorvell, L.; Forbes, T. D.; y Hodgson, J. 1985. Comparative studies of diet selection by sheep and cattle: The hill grasslands. *Journal of Ecology*, 73, 987-1004.
- Greenhalg, J. F. D. 1982. An introduction to herbage intake measurements. En: J D Leaver ed. *Herbage intake handbook*. The British Grassland Society, Hurley, pp 1-10.
- Greenhalgh, J. F. D. y Corbett, J. L. 1960 The indirect estimation of the digestibility of pasture herbage.1. Nitrogen and chromagen as faecal substance. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 55, 371-376.
- Hameleers, A. y Mayes. 1998a The use of n-alkanes to estimate herbage intake and diet composition by dairy cows offered a perennial ryegrass/white clover mixture. *Grass and Forage Science*, 53,164-169.
- Hameleers, A y Mayes. 1998b The use of n-alkanes to estimate supplementary grass silage intake in grazing dairy cows. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 131, 205-209.
- Hameleers, A. y Sward. 1992. The use of double sampling in estimating mass. *Proceedings of the third research conference*. British Grassland Society, Greenmount College, Northern Ireland, session III, Poster 3.
- Hardy, A.; Philippeau, G.; y Trenchfort, J. 1978. L' estimacion de la produccion d'herbe d'une prairie. *Perspectives Agricoles*, 14, 36
- Hatfield, P. G.; Clanton, D. C.; Samson, D. W.; y Eskridge, K. M. 1990 Methods for administering ytterbium for the estimation of faecal output. *Journal of Rangeland Management*, 43, 316-320.
- Haydock, K. P. y Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15, 663-670.
- Hill Farming Research Organization. 1986. Biennial report. 1984-. 1985. pp. 29-30.
- hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: *Nutritional Limits to Animal Production from pasture*. Commonwealth Agricultural Bureaux, St Lucia, Australia. , pp 153-166.
- Hodgson, J. 1982. Ingestive behaviour. En: J D Leaver ed. *Herbage Intake Handbook*. The British Grassland Society, Hurley, pp 113-138.

- Hodgson, J. y Jamieson, W. S. 1981. Variations in herbage mass and digestibility, and the grazing behaviour and herbage intake of adult cattle and weaned calves. *Grass and Forage Science*, 36, 39-48.
- Holecheck, J. L.; Vavia, M.; y Arthrum, D. 1982^a Relationships between performance, intake, diet nutritive value and faecal nutritive quality of cattle on mountain range. *Journal of Range Management*, 35, 741-744.
- Holecheck, J. L.; Shenk, J. S.; Vavia, M.; y Arthrum, D. 1982^b Prediction of forage quality using near infra red reflectance spectroscopy on oesophageal fistula samples from cattle on mountain range. *Journal of Range Management*, 55, 741-744.
- Irvin, H. M.; Wiseman, H. G.; Shaw, J. C.; y Moore, L. A. 1953. The role of plant pigments in digestion trial studies. *Journal of Animal Science*, 12, 541.
- Jamieson, W. S. y Hodgson, J. 1979. The effects of variations in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*, 34, 273-282.
- Jamieson, W. S. 1975. Studies on the herbage intake and grazing behaviour of cattle and sheep. Phd Thesis, University of Reading, 187. p.
- Jones, D. I. H. y Hayward, M. V. 1975. The effect of pepsin pre-treatment of herbage on the prediction of the dry matter digestibility from solubility in fungal cellulase solution. *Journal of Food and Agriculture*, 26, 711-718.
- Kalmbacher, R. S. y Washko, J. B. 1977. Time magnitude and quality estimates of forage consumed by deer in woodlands clearways. *Agronomy Journal*, 60, 497.
- Kotb, A. R. y Luckey, T. D. 1972. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts Review*, 42, 28.
- Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Seligman; y Demment, M. 1992. Effect of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards, *Grass and Forage Science*, 47, 91-102.
- Lancaster, R. J. 1947. Estimation of digestibility of grazed pasture from faeces nitrogen. *Nature*, 163, 330.
- Langlands, J. P. 1974. Studies on the nutritional value of the diet selected by grazing sheep. VII a note on hand plucking as a technique for estimating dietary composition. *Animal Production*, 19, 249-252.
- Langlands, J. P. 1975. Techniques for estimating nutrient intake and its utilisation by the grazing ruminant. En: I. W. McDonald y A. C. I. Warner (eds.). *Digestion and metabolism in the ruminant*. University of New England, Armidale, Australia, pp320-332.
- Langlands, J. P. 1987. Assessing the nutrient status of ruminants. En: J B Hacker and J H Ternouth eds. *The nutrition of herbivores*. Academic Press, Sydney, Australia, pp363-390.
- Langlands, J. P.; Corbett, J. L.; McDonald, I.; y Reid, G. W. 1963. Estimation of faecal output of grazing animals from the concentration of chromic sesquioxide in a sample of faeces. 1. Comparison of estimates from samples taken at a fixed time of the day with faeces output measured directly. *British Journal of Nutrition*, 17, 211-218.

- Lantinga, E A. 1985. Simulation of herbage production and herbage intake during a rotational grazing period: An evaluation of linehan's formula. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 33, 385-403.
- Laredo, M. A.; Simpson, G. D.; Minson, D. J.; y Orpin, C. G. 1991. The potential for using n-alkanes in tropical forages as a marker for the determination of dry matter intake by grazing ruminants. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 72, 1375-1380.
- Le Du, Y. L. y Penning, P. D . 1982. Animal based techniques for estimating herbage intake. En: J. D. Leaver ed. *Herbage Intake Handbook* , Reading, UK: The British Grassland Society, pp 37-76.
- Linehan, P. A.; Lowe, J.; y Steward, R. H. 1947. The output of pasture and its measurements: part 2. *Journal of the British Grassland Society*, 2, 145-168.
- Logan, V. S. y Pigden, W. J. 1969. Estimating herbage yield from energy intake of grazing animals. En: *Experimental methods for evaluating herbage*. Publication no.1315, Canadian Department of Agriculture, pp 223.
- Luginbuhl, J. M.; Pond, K. R.; Burns, J. C.; y Fisher, D. S. 1994. Evaluation of the captec controlled release chromic oxide capsule for faecal output determination in sheep. *Journal of Animal Science*, 72, 1375-1380.
- Lyons, R. K. y Struth, J. W. 1992. Faecal NIRS equations for predicting diet quality of free ranging cattle. *Journal of Range Management*, 45, 238-244.
- Malossini, F.; Piasentier E.; y Bovolenta, S. 1990 N-alkane concentration of some forages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 53, 405-409.
- Matches, A. G. 1963. A cordless hedge trimmer for herbage sampling. *Agronomy Journal*, 55, 309.
- Mayes, R. W.; Dove, H.; Chen, X. B.; y Guada, J. A. 1995. Advances in the use of faecal and urinary markers for measuring diet composition, herbage intake and nutrient utilisation in herbivores. En: M Journet, E Grerret, M H Farce, M Theziez, C Demarquilly eds. *Recent developments in the nutrition of herbivores*. Proceedings of the IV th International Symposium on the nutrition of herbivores, INRA editions, Paris, pp 381-406.
- Mayes, R. W.; Beresford, N. A.; Lamb C. S.; Barnett C, L.; Howard B. J.; Jones B. E.; Eriksson, O.; Hove, K.; Pedersen, Ø; y Staines, B. W . 1994. Novel approaches to the estimation of intake and bio-availability of radiocaesium in ruminants grazing forested areas. *The Science of the Total Environment*, 157, 289-300.
- Mayes R. W.; Lamb, C. S.; y Colgrove, P. M. 1986^a The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 107, 161-170.
- Mayes, R. W.; Lamb, C. S.; y Colgrove, P. M. 1988. Digestion and metabolism of dosed even-chain and herbage odd-chain n-alkanes in sheep. En: *Proceedings 12 th General Meeting of the European Grassland Federation*, pp159-163.
- Mayes, R. W. y Lamb, C. S. 1984. The possible use of n-alkanes as indigestible markers. *Proceedings of the Nutrition Society*, 43, 90A.

- Mayes, R. W.; Wright, I. A.; Lamb, C. S.; y McBean, A. 1986^b. The use of long chain n-alkanes as markers for estimating intake and digestibility of herbage in cattle. *Animal Production*, 42, 457. Abstract.
- Mcmanus, W. R.; Dudzinski, R. L.; y Arnold, G. W. 1967. Estimation of herbage intake from nitrogen, copper, magnesium and silicon concentration. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 69, 263-271.
- McGilloway, D. A.; Cushnahan, A.; Laidlaw, A. S.; Mayne, C. S.; y Kilpatric, D. 1999. The effect of stage of grazing down of a rotationally grazed sward on short term herbage intake by dairy cows. *Grass and Forage Science*, In press.
- Meijs, J. A. C.; Walters R. J.; y Keen, A. 1982. Sward methods. En: J D Leaver ed. *Herbage intake handbook*, The British Grassland Society, pp11-36.
- Meijs, J. A. C. 1981. Herbage intake by grazing dairy cows. *Agricultural Research Report no 909*, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands.
- Melix, C. y Peyraud, J. L. 1987^a Utilisation de l'oxide de chrome chez les vaches laitière pour la prévision des quantités de fices émises. 1. Etude des variation du taux de récupération et ses conséquences sur l'estimation de la digestibilité et des quantités ingérées de rations d'herbe et dénsilage de mais.. *Reproduction Nutrition y Developmont*, 27 IB, 215-216.
- Melix, C. y Peyraud, J. L. 1987^b Utilisation de l'oxide de chrome chez les vaches laitière pour la prévision des quantités de fices émises. 2. Comparision des méthodes de prélèvement de fices par voie redale et par collecte globale. *Reproduction Nutrition y Developmont*, 27 IB, 217-218.
- Mitchell, A. R. 1977. An inexpensive metabolic harness for female sheep, *British Veterinary Journal*, 133, 483-485.
- Milne, J. A. 1977. A comparison of methods of predicting the in vivo digestibility of heather by sheep. *Journal of the British Grassland Society*, 32, 141-147.
- Milne, J. A. 1974. Estimation of the faecal output of grazing animals. En: *Proceedings of the first European grazing workshop*.
- Minson, D. J.; Tayler, F. E.; Raymond, W. F.; Rudman, J. E.; Lini, I.; y Heart, M. J. 1960. A method for identifying the faeces produced by individual cattle or group of cattle grazing together. *Journal of the British Grassland Society*, 15, 86.
- Mott, G. y Lucas. 1953. The design, conduct and interpretation of grazing trials in cultivated improved pastures. En: *Proceedings of the sixth International Grassland Congress*. Pennsylvania State College, Pennsylvania, pp1380-1385.
- Morgan, D. J. y Stakelum, G. 1987. The prediction of the digestibility of herbage by dairy cows. *Irish Journal of Agricultural Research*, 26, 23-34.
- Morgan, J. P.; Pienaar, J. P.; y Clark, R. A. 1976. Animal based methods of deterring herbage intake and quality under grazing conditions. *Proceedings of the Grassland Society of South Africa*, 11, 73-78.

- Neal, D. L. y Neal, J. L. 1973. Uses and capabilities of electronic capacitance instruments for estimating standing herbage, 1. History and development. *Journal of the British Grassland Society*, 28, 81-89.
- Newman, J. A.; Penning, P. D.; Parson, A. J.; Harvey, A.; y Orr, R. J. 1994. Fasting affects, intake behaviour and diet preference of grazing sheep. *Animal Behaviour*, 47, 185-193.
- NRC. 1987. Predicting feed intake of food producing animals. Natural Research Council, Subcommittee on feed intake. National Academy Press, Washington, DC.
- Oró, J.; Nooner, D. W.; y Wikström, S. A. 1965. Paraffenic hydro carbons in pasture plants, *Science*, 147, 870-873.
- Orr, R. J.; Rutter, S. M.; Penning, P. D.; Yarrow, L. D.; Atkinson, L. D.; y Champion, R. A. 1998. Matching grass supply to grazing patterns of dairy cows under strip grazing management. En: *Proceedings of the British Society of Animal Production*, pp 49.
- Parker, W. J.; Morris, S. T.; Garrick, D. J.; Vincent, G. L.; y McCutcheon, S. N. 1990. Intraruminal chromium controlled release capsules for measuring herbage intake in ruminants. A review. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 50, 437-442.
- Peterson, R. G. y Lucas, H. L. 1960. Experimental errors in grazing trials. En: *Proceedings 8 th International Grassland Congress*, Reading, England, Alden Press, pp747-750.
- Petit, M. y Bechet, G. 1995. Grass intakes and grazing behaviour of dry and suckling ewes according to sward height. *Annales de Zootechnie*, 44, Suppl. 250.
- Penning, P. D. 1983. A technique to record automatically some aspects of grazing and ruminating behaviour in sheep. *Grass and Forage Science*, 38, 89-96.
- Penning, P. D y Hooper, G. E. 1985. An evaluation of the use of short term weight changes in sheep to estimate herbage intake. *Grass and Forage Science*, 40, 79-84.
- Penning, P. D y Johnson, R. H. 1983. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 2. Indigestible acid detergent fibre. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 100, 133-138.
- Penning, P. D.; Parsons, A. J.; Newman, J. A.; Orr, R. J.; y Harvey, A. 1993. The effect of group size on the grazing time in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 37, 101-109.
- Peyraud, J. L. 1996. Techniques for measuring herbage intake of grazing ruminants: A review. En: E Spörnley, E Burstedt y M Murphy eds. *Managing high yielding cows at pasture*. Report no 243, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Sweden.
- Peyraud, J. L. 1987. Comparision de l'oxyde de chrome et de l'ytterbium pour la mesure des flux duodénaux par simple et par double marquage chez la vache latiere. *Reproduction Nutrition y Development*, 27 IB, 223-224.
- Peyraud, J. L.; Cameron, E. A.; Wade, M.; y Lemaire, G. 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales Zootechnica*, 45, 201-217.

- Pigden, W. J. y Brisson, G J. 1956. Effect of frequency of administration of chromic oxide and its faecal excretion pattern by grazing weathers. *Canadian Journal of Agricultural Science*, 36, 146-155.
- Pigdon, W. J y Minson, D. J. 1969. Measuring the herbage consumption of animals. En: J B Campbell ed. *Experimental methods for the evaluation of herbage's*. Publication no 1315, Canadian Department of Agriculture, pp 152-176.
- Rook, A. J. y Huckle, C. A. 1996. Sources of variation in the grazing behaviour of dairy cows. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 126,227-233.
- Rutter, S. M.; Champion, R. A.; y Penning P. D. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54, 185-. 195.
- Salt, C. A.; Mayes, R. W.; Colgrove, P. M.; y Lamb, C. S. 1994. The effects of season and diet composition on the radio caesium intake by sheep grazing on heather moorland. *Journal of Applied Ecology*, 31, 125-136.
- SCA. 1990 Feeding systems for Australian livestock: Ruminants Standing Committee on Agriculture, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne, Australia: CSIRO Publications.
- Schneider, B. H. y Flatt, W. P. 1975. The evaluation of feed through digestibility experiments. Publication of the University of Georgia Press, Athens 30602, USA.
- Sidahmed, A. E.; Morris, J. G.; Weir, W. C.; y Torrell, D T. 1977. Effect of length of fasting on intake, in vitro digestibility and chemical composition of forage samples collected by oesophageal fistulated sheep. *Journal of Animal Science*, 45, 885-890.
- Siddons, J. W.; Paradine, J.; Beaver, D. F.; y Cornell, P R. 1985. Ytterbium acetate as a particulate digesta flow marker. *British Journal of Nutrition*, 54, 509-5. 19.
- Stakelum, G y Dillon, P. 1990 Dosed and herbage alkanes as feed intake predictions with dairy cows. The effect of feeding level and frequency of perennial ryegrass. In *Proceedings of the 7th European Grazing Workshop*, Department of field crops and grassland science of the Agricultural University, Wageningen. The Netherlands.
- Stakelum, G.; Morgan, D.; y Dillon, P. 1988. A comparison of in vitro procedures for estimating herbage digestibility. *Irish Journal of Agricultural Research*, 26, 104.
- Stobbs, T. H. 1970 Automatic measurement of grazing time by dairy cows on tropical grass and legume pastures. *Tropical Grassland*, 4, 237-244.
- Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake from tropical pastures. 1. Variation in bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 21, 809-810.
- Struth, J. W.; Kapes, E. D.; y Lyons, R. K. 1989. Use of near infrared spectroscopy to asses nutritional status of cattle diets on rangeland. Sixteenth International Grassland Congress, Nice, France, 889-890.
- Thomas, S. y Campling. 1976. Relationships between digestibility and faecal nitrogen in sheep and cows offered herbage add libitum. *Journal of the British Grassland Society*, 31, 69-72.

- tMannetje, L. 1978. Measuring quality of grassl and vegetation and animal production. Bulletin Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire, England, no. 52, pp 63-95.
- Tilley, J. M. y Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society, 18, 104-111.
- Torell, D T. 1954. An oesophageal fistula for animal nutrition studies. Journal of Animal Science, 13, 878-884.
- Van Soest. 1982. Nutritional Ecology of Ruminants. Oregan : O B Books Inc. USA.
- Vulich, S. A.; Hanrahan, J. P.; y O'riordan, E. G. 1993. Pasture sampling for the estimation of herbage intake using n-alkanes: Evaluation of alternative sampling procedures. Irish Journal of Agricultural Research, 32, 1-11.
- Vulich, S. A.; O'riordan; E. G.; y Hanrahan, J. P. 1991. Use of n-alkanes for the estimation of herbage intake in sheep: accuracy and precision of the estimates. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 116, 3. 19-323.
- Walters, R. J. y Evans, E. M. 1979. Evaluation of the sward sampling technique for estimating herbage intake by grazing sheep. Grass and Forage Science, 34, 37-44.
- Wanyoike, M. M. y Holmes, W. 1981. A comparison of indirect methods of estimating feed intake on pasture. Grass and Forage Science, 36, 211-225.
- Wilson, R. K. y Winter, K. A. 1983. Acid-insoluble ash as a predictor of digestibility with ruminants. Animal Production Research Report, An Foras Taluntatais, Dubin, pp26-27.
- Zoby, J. L. y Holmes, W. 1983. The influence of size of animal and stocking rate on the herbage intake and grazing behaviour of cattle. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 100, 139-148.