

MANUAL BÁSICO DE NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE GANADO OVINO



Diciembre, 2015



Autores: Giorgio Castellaro G. Ingeniero Agrónomo M. Sc.
Carla Orellana M. Ingeniera Agrónoma M. Sc.
Juan Pablo Escanilla C. Ingeniero Agrónomo M. Sc.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
1. Características generales del sistema digestivo de los ovinos.	5
1.1 Sistema digestivo.	5
1.2 Digestión de los alimentos y utilización de los nutrientes.....	6
1.3 Partición de la energía del alimento en el rumiante.....	8
1.4 Partición de la proteína del alimento en el rumiante.....	9
2. Clasificación y composición de los alimentos utilizados en la alimentación de ovinos.	10
2.1 Alimentos voluminosos.	11
2.2 Alimentos concentrados.....	11
2.3. Suplementos minerales y vitamínicos.....	13
2.4. Aditivos.	13
2.5 Valor nutritivo de los alimentos empleados en la alimentación de ovinos y tablas de composición nutricional.	13
3. Consumo de materia seca, energía y proteína en ovinos.	17
3.1 Concepto de materia seca (MS).	17
3.2 Consumo de materia seca (MS) en ovinos.	19
3.3 Consumo de Energía Metabolizable (EM) en ovinos.....	22
3.4 Consumo de Proteína Cruda (PC) en ovinos.	23
3.5 Utilización de nitrógeno no proteico en rumiantes.....	24
4. Requerimientos nutricionales de ovinos.	25
4.1 Requerimientos de Energía Metabolizable (EM).....	25
4.2 Requerimientos de Proteína Cruda (PC).	27
4.3 Requerimientos de minerales y vitaminas.....	29
4.4 Requerimientos de agua.	31
5. Aspectos básicos de planificación forrajera.	32
5.1 Capacidad de Carga ganadera.	32
5.2. Balance forrajero mensual.....	37
5.2.1 Procedimiento de cálculo.	38
5.2.2 ¿Cómo analizar los resultados del balance forrajero?	42
5.3 Algunos sistemas de manejo del pastoreo en pastizales.....	44
5.4 Medidas complementarias al manejo del pastoreo.	52

6. Formulación de razones.....	53
7. BIBLIOGRAFÍA.....	56

INTRODUCCIÓN

El presente manual tiene como objetivo entregar nociones básicas respecto al manejo de la alimentación de ovinos, tanto en pastoreo como en estabulación.

En primer lugar se hace una descripción y caracterización del sistema digestivo de rumiantes, explicando la razón fundamental por la cual estos son capaces de utilizar los forrajes como base de su alimentación, lo que hace posible que se puedan establecer sistemas productivos en zonas agroecológicas donde dominan los pastizales.

Se entregan también conceptos fundamentales relacionados a la valoración nutritiva de los alimentos que corrientemente se utilizan en la alimentación de ovinos y rumiantes en general, poniendo énfasis en aquellos indicadores que permiten decidir qué tipo de alimento es el más adecuado para las distintas condiciones. De esta misma forma, se entregan las herramientas necesarias para comprender las tablas de valoración nutritiva de alimentos que se encuentran disponibles en la literatura.

El adecuado consumo de materia seca, energía y proteína, son fundamentales para mantener una buena nutrición en el rebaño, que permitirá maximizar el nivel productivo y corregir cualquier desbalance nutricional que afecte el ganado. Por esta razón, se muestran en forma de ejercicios simples, los cálculos necesarios para estimar la cantidad de un alimento en particular que permita suplir las demandas nutricionales para un estado fisiológico dado, usando las tablas de requerimientos para ganado ovino y los datos de composición nutritiva de los alimentos.

En relación a los sistemas ovejeros basados en el uso de praderas y pasturas, se indica la forma de hacer un balance forrajero tomando en consideración los requerimientos de materia seca del ganado a lo largo del año, y el crecimiento estimado del pastizal durante el mismo periodo, lo que permite identificar los momentos en que este recurso no será capaz de suplir la demanda de los animales. Lo anterior incide en la planificación del pastoreo y la alimentación suplementaria, lo cual es parte fundamental del sistema productivo.

La engorda de corderos a corral o el cuidado nutricional de ovejas preñadas y/o lactantes en condiciones de estabulación, exige formular raciones que contengan los nutrientes en las cantidades adecuadas para suplir las demandas de los animales. Es así, como en la última parte del manual se muestra como formular raciones mediante el uso del "Método del Cuadrado de Pearson".

1. Características generales del sistema digestivo de los ovinos.

1.1 Sistema digestivo.

El sistema digestivo de los ovinos corresponde al característico de animales rumiantes (ovinos, bovinos, caprinos y ciervos), el cual les permite utilizar, como base de su alimentación, distintos tipos de forrajes, desde pastos toscos, como henos de baja calidad, hasta heno de alfalfa de alto valor, así como alimentos concentrados como granos de cereales y leguminosas. Estos alimentos son expuestos a procesos fermentativos efectuados por los microorganismos que se encuentran en parte del aparato digestivo, existiendo un uso eficiente de los nutrientes contenidos en los distintos ingredientes de la dieta, en especial aquellos que aparentemente tienen un bajo aporte nutricional. Los rumiantes por si solos no son capaces de utilizar los forrajes; **esa función es propia de los microorganismos presentes en el rumen.**

El estómago de los ovinos es complejo y posee cuatro partes: **rumen, retículo, omaso y abomaso** (Figura 1). Los procesos fermentativos que se llevan a cabo especialmente en el retículo-rumen permiten a los ovinos obtener energía a partir de carbohidratos estructurales presentes en las plantas (celulosa, hemicelulosa y pectina), material que no es aprovechado por otro tipo de animales (como cerdos, perros y aves). La capacidad total del rumen de un ovino adulto se estima en 20 litros.

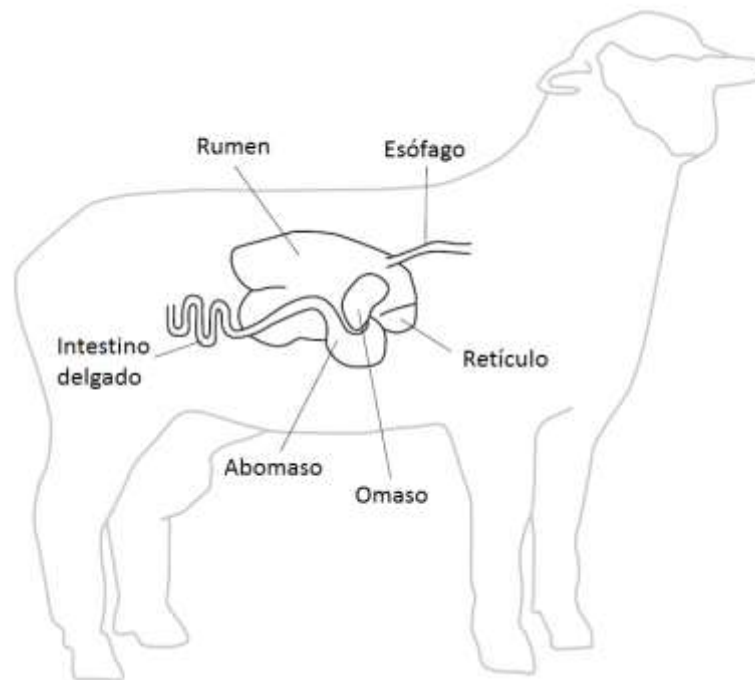


Figura 1. Aparato digestivo de la oveja.

En los animales recién nacidos, el rumen no es funcional, siendo muy pequeño. El abomaso (estómago verdadero) es el que se encarga de la digestión de los alimentos, especialmente de la leche materna durante los primeros días de vida del cordero. Este compartimiento funciona de forma similar al estómago simple (monogástricos) como cerdos, aves y perros. Paulatinamente, a medida

que el cordero va ingiriendo alimento sólido (especialmente pasto), el **rumen es colonizado por microorganismos y comienza a hacerse funcional**, especialmente al ser estimulado por los ácidos producidos en la fermentación de los alimentos sólidos que se produce en dicho compartimiento. Anatómica y fisiológicamente, el rumen es totalmente funcional cuando el cordero tiene dos meses de vida.

La digestión de los rumiantes se divide en **cuatro etapas**: en un primer lugar el alimento es consumido rápidamente, llegando al rumen donde se somete a un proceso fermentativo. Posteriormente, el material ingerido, el cual está parcialmente fermentado, entra al retículo, donde se seleccionan las partículas por tamaño, lo que permite un mejor “quiebre” de los alimentos. En este compartimiento se producen contracciones bruscas que permiten que el alimento sea regurgitado, volviendo a la boca donde es salivado y remasticado. A continuación, el alimento, ya finamente particulado, vuelve al omaso, donde estas partículas son atrapadas entre sus pliegues y son exprimidas, para extraer el exceso de agua, previo a su entrada al abomaso. En este último compartimiento es donde se inicia el proceso final de la digestión (Figura 1).

1.2 Digestión de los alimentos y utilización de los nutrientes.

El alimento ingerido es sometido a una serie de transformaciones mediante procesos de degradación y fermentación. Estos procesos liberan los compuestos que finalmente son absorbidos y vertidos al torrente sanguíneo, y que pasan a formar parte de distintos cursos metabólicos dentro del animal.

Gran parte del alimento consumido es fermentado en el rumen gracias a la acción de los microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) presentes en él. Producto de la fermentación anaeróbica (sin aire) de los **componentes de la pared celular, lípidos, azúcares, ácidos grasos y proteínas** del material vegetal, se generan una serie de compuestos, principalmente ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato) que, en parte, son utilizados por los microorganismos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos, siendo incorporados a su propio metabolismo. El resto de los ácidos grasos volátiles difunden a través de la mucosa del rumen-retículo y son entregados a la sangre. Estos compuestos constituyen la fuente principal de energía en el rumiante (Figura 2). A nivel ruminal, y producto de la acción de los microorganismos, se sintetizan algunas vitaminas (complejo B y vitamina C), las cuales son vitales para el animal.

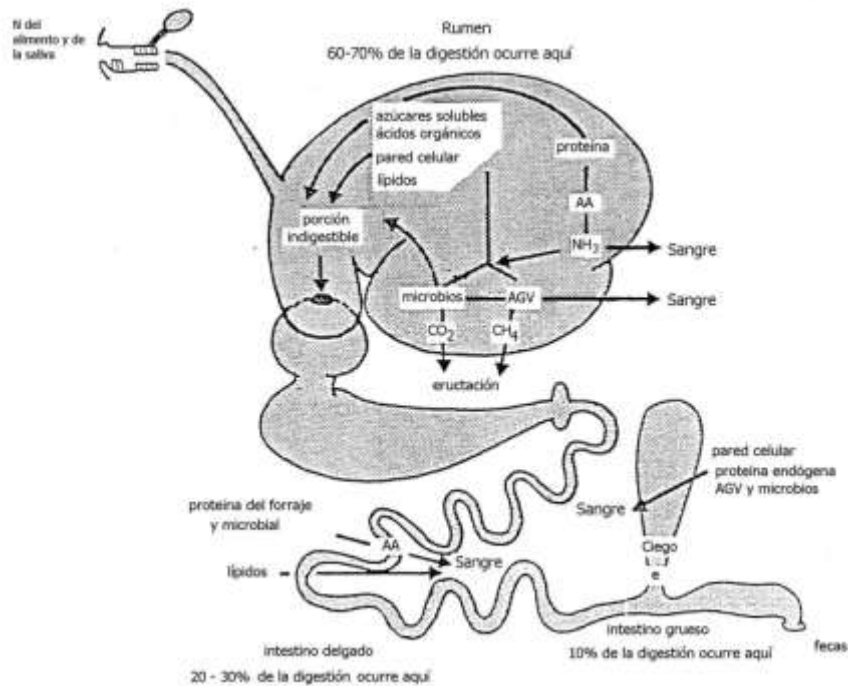


Figura 2. Sistema digestivo del rumiante. Aspectos bioquímicos (Fuente: Waghorn y Barry, 1987).

La proteína contenida en los alimentos es parcialmente degradada en el rumen, existiendo una fracción que escapa a dicho proceso y que pasa directamente al abomaso donde es digerida. A partir de la degradación parcial de las proteínas en el rumen, se libera principalmente **amoníaco (NH_3)**, el cual en parte es utilizado por los microorganismos en la formación de proteína microbiana, y otra fracción es absorbida por las vellosidades de la pared del rumen, siendo transportada a través de la sangre hacia el hígado para ser excretada en forma de urea en la orina. No obstante una fracción de esta urea es reciclada al rumen a través de la saliva, donde nuevamente es reutilizada en la síntesis de proteína microbiana, aportando también a mantener la acidez del rumen dentro de rangos adecuados para los microbios.

En la fermentación ruminal y producto del metabolismo de los microorganismos, como también de la formación de los compuestos antes mencionados, se producen gases como el **metano (CH_4)** y el **anhídrido carbónico (CO_2)**, los cuales son liberados hacia el ambiente, mediante eructación.

Una vez que el alimento pasa por el rumen, el material resultante de la fermentación es expuesto a una segunda etapa de digestión en el **abomaso**, el cual es la cámara final del estómago. Este compartimento mantiene un pH bajo mediante la secreción de ácido clorhídrico que proviene de glándulas especializadas que se encuentran en su pared. Este ácido permite que la pepsina (un tipo de enzima) digiera la proteína. El abomaso conduce al **intestino delgado** que es principal órgano de digestión y absorción.

Muchos compuestos son secretados hacia el interior del intestino delgado, proviniendo desde el páncreas, la vesícula biliar y las paredes del intestino. Estas sustancias realizan la digestión final de los alimentos, liberando sus principios nutritivos (carbohidratos simples, aminoácidos y ácidos

grasos), los que posteriormente son absorbidos a través de la pared intestinal. Aquí también se absorben los minerales y las vitaminas contenidas en el alimento.

A continuación del intestino delgado se encuentra el **ciego**, donde se llevan a cabo procesos similares a los que ocurren en el rumen pero de menor magnitud. Finalmente, el tubo digestivo finaliza con el **intestino grueso**, en donde se realiza la absorción de agua y se almacenan las fracciones no digeribles de la dieta que serán eliminadas en forma de heces.

1.3 Partición de la energía del alimento en el rumiante.

La energía total contenida en los alimentos se denomina Energía Bruta (EB), la cual es la cantidad de energía almacenada en una unidad de peso de materia seca (g o kg) de un alimento y que suele determinarse quemando una muestra del alimento en presencia de oxígeno y midiendo el calor producido. Su valor es relativamente constante para diversos alimentos de origen vegetal ($EB \approx 18,4 \text{ MJ kg}^{-1}$ de MS).

Del total de energía bruta que presenta un alimento, una parte se pierde en las heces, no quedando disponible para el animal. A la energía total consumida, debe restarse aquella energía que se elimina en las heces; la energía que queda disponible en el organismo luego de este descuento, es denominada Energía Digestible (ED). Su valor depende de la digestibilidad de los forrajes y oscila entre 30 – 80% respecto de la energía bruta.

Una vez absorbidos los compuestos digeridos, se produce una metabolización de ellos, especialmente en el hígado, y el organismo elimina una porción de esta energía ya absorbida, a través del riñón vía orina. En el caso de animales rumiantes, además se producen pérdidas de energía asociadas a los gases producidos en el proceso de fermentación en el rumen (especialmente CH_4 y CO_2). El remanente de energía que permanece en el organismo luego de descontar a la energía digestible, las pérdidas asociadas a los gases y orina, constituye la Energía Metabolizable (EM). En los animales rumiantes, la fracción de la energía digestible que es metabolizable, es relativamente constante y del orden de 82%. La EM es en definitiva la que el organismo animal tiene disponible para los diferentes procesos metabólicos (mantenimiento, gestación, lactancia y crecimiento).

Un esquema de la partición de la energía bruta del alimento en el rumiante, se presenta en la Figura 3.

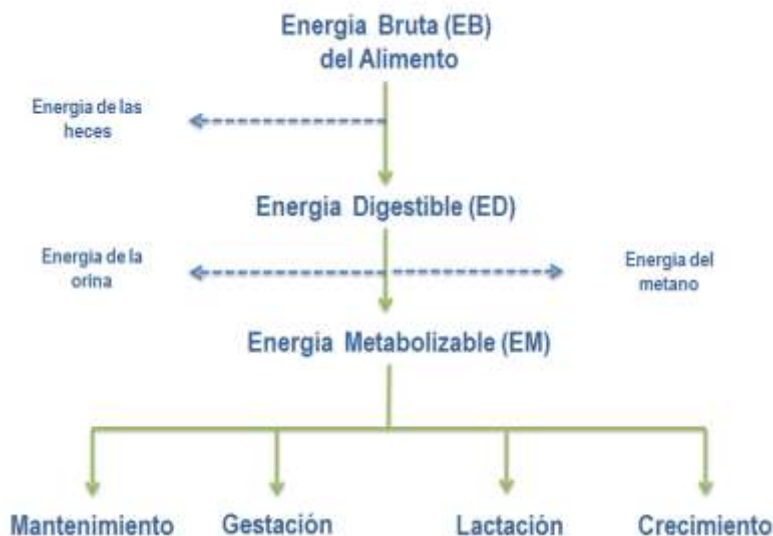


Figura 3. Partición de la energía bruta (EB) del alimento en el ovino.

1.4 Partición de la proteína del alimento en el rumiante.

El total de componentes nitrogenados de los alimentos, incluyendo aquellos que no son de origen proteico, son denominados **Proteína Cruda (PC)**. Lo anterior dice relación con el método que se utiliza para determinar la fracción proteica en un alimento, el cual asume que todas las proteínas tienen un porcentaje de nitrógeno igual a 16%.

Una parte importante de la proteína cruda del alimento es **degradada en el rumen (PDR)**, cuya fermentación da origen a la formación de **proteína microbiana**. La fracción de la proteína que pasa directamente al abomaso, sin ser expuesta los procesos fermentativos en el rumen, se denomina **proteína no degradable en el rumen (PNDR)**.

La degradación de la proteína en el rumen y consecuentemente la síntesis de proteína microbiana, dependen, además del suministro de proteína, de la presencia de energía en el sistema y de ciertos minerales como el azufre(s) y cobalto (Cb). Cuando el contenido de proteína degradable de la ración supera la capacidad de los microorganismos de incorporarla nuevamente a su metabolismo, el amoníaco generado difunde por las paredes del rumen, siendo excretado en forma de urea a través de la orina.

La cantidad de proteína que finalmente alcanza el abomaso, está constituida por una mezcla de proteína microbiana y proteína del alimento que escapó a la degradación ruminal. La digestión de esta proteína es realizada por enzimas específicas que se encuentran tanto en el abomaso como en el intestino delgado. Como resultado de este proceso, se obtienen aminoácidos libres que serán absorbidos a través de la pared de la porción distal del intestino delgado (íleon) para ser posteriormente utilizados en los diferentes procesos productivos. Esta fracción es lo que se denomina **Proteína metabolizable (MP)**. Por su parte, la proteína indigestible pasará hacia el ciego, donde se verá afectada por un proceso de fermentación similar al que ocurre en el rumen. El amoníaco resultante de este proceso será absorbido a través de la pared del ciego y la proteína que no es

degradada será finalmente excretada en las heces. En la Figura 4 se muestra un esquema simple de la partición de la proteína en el rumiante.

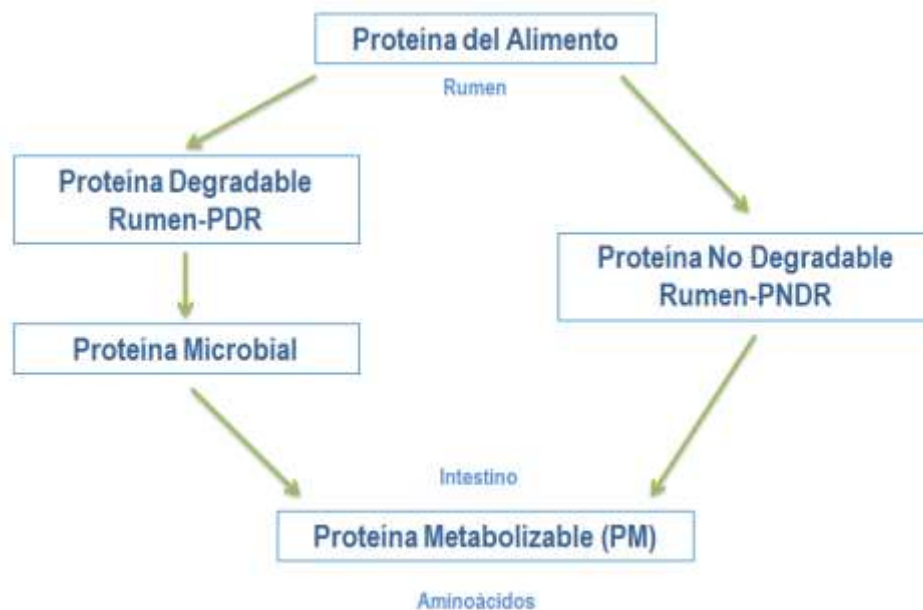


Figura 4. Partición de la proteína del alimento en el ovino.

2. Clasificación y composición de los alimentos utilizados en la alimentación de ovinos.

Un alimento se refiere a aquellos productos que, naturales o transformados, pueden formar parte de una ración¹ y suministrar los nutrientes y la energía necesaria para que los animales puedan desarrollar todos sus procesos fisiológicos. Los componentes nutritivos de los alimentos se encuentran contenidos en la fracción seca de estos, y corresponden a sustancias que son liberadas por el proceso digestivo y que luego de ser absorbidas y metabolizadas por el organismo animal, contribuyen a la mantención de éste y a la síntesis de tejidos corporales, proporcionando materias primas y/o energía para dichos procesos, actuando en algunos casos como sustancias reguladoras y facilitadoras del metabolismo de otros nutrientes. Existen seis tipos de nutriente los cuales son: aminoácidos, ácidos grasos, carbohidratos, minerales, vitaminas y agua (Figura 5).

¹ **Ración.** Cantidad de alimento(s) suministrado(s) a un animal en un día, dado de una vez o parcializado. Una ración está **balanceada** cuando cubre los requerimientos de nutrientes diarios del animal.

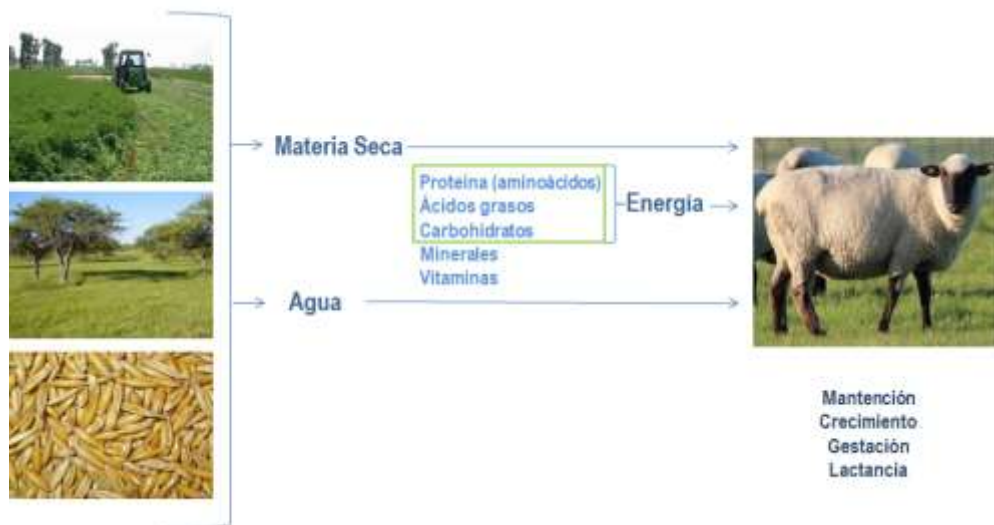


Figura 5. Composición nutritiva de los alimentos.

Existen diversos criterios que permiten clasificar los distintos alimentos destinados a la nutrición de los ovinos y rumiantes en general. Uno de ellos dice relación con el contenido de agua de los alimentos, identificándose dos grandes grupos: **alimentos voluminosos y alimentos concentrados**.

2.1 Alimentos voluminosos.

Estos alimentos se caracterizan por poseer un bajo contenido energético por unidad de materia seca. Se les llama voluminosos ya que ocupan mucho volumen en relación a su valor nutritivo, el cual es relativamente bajo. Dentro de este grupo podemos distinguir a su vez a **alimentos voluminosos fibrosos (forrajes)** y a **alimentos voluminosos succulentos**.

Los alimentos **voluminosos fibrosos**, también llamados **forrajes** son aquellos que presentan un alto contenido de fibra ($\geq 18\%$ base materia seca). Dentro de esta categoría se encuentran todas las partes fibrosas de las plantas. Dependiendo de su tipo de conservación, también en este grupo se incluyen a plantas forrajeras verdes, ensilajes, heno y subproductos como pajas de cereales y/o leguminosas.

Dentro de los alimentos **voluminosos succulentos** se incluyen a las raíces y tubérculos como nabos, remolacha y zanahorias. El contenido de agua de estos alimentos bordea el 80%. Tienen un alto contenido nutritivo si se descuenta la gran cantidad de agua que poseen. El contenido de fibra no supera el 15% (base materia seca).

2.2 Alimentos concentrados.

Al contrario de lo sucede con los alimentos voluminosos, los **concentrados** se caracterizan por poseer un **alto valor nutritivo en relación a su peso**. Dentro de este grupo se incluyen a todos los granos de cereales (maíz, cebada, trigo, sorgo, centeno, arroz) y los subproductos derivados del

proceso de obtención de harina de dichos granos. Este grupo también incluye a los granos de leguminosas como lupino y chícharos, así como a los subproductos de la industria aceitera, entre las cuales se destaca a las tortas de oleaginosas. Este tipo de alimentos se usa principalmente para suplementar las raciones de los rumiantes en pastoreo. Tienen un bajo contenido de humedad y de fibra, la que no supera el 18%.

Los alimentos concentrados, pueden clasificarse de acuerdo al principio nutritivo predominante en su materia seca. Esta clasificación divide a estos alimentos en dos grandes grupos: **concentrados energéticos** y **concentrados proteicos**.

Los **concentrados energéticos** son aquellos en que la concentración de energía es mucho mayor en comparación a su contenido de proteína, el cual no supera el 20%. Ejemplo: granos de cereales.

Por su parte los **concentrados proteicos** corresponden a aquellos alimentos en donde la fracción proteica predomina sobre la energética. En estos alimentos el contenido de proteína cruda es igual o mayor al 20%. Ejemplo: torta de oleaginosas.

Un resumen de las clasificaciones de alimentos señaladas anteriormente, se presenta en la Figura 6.



Figura 6. Clasificación de algunos alimentos en base a su composición nutritiva.

2.3. Suplementos minerales y vitamínicos.

Un suplemento es cualquier ingrediente alimenticio que al agregarse a una ración corrige una deficiencia nutritiva que esta pudiese presentar. Dentro de los suplementos que más se utilizan en producción ovina se encuentran los **minerales y vitaminas**. Los minerales son elementos inorgánicos que constituyen las cenizas cuando los tejidos animales o vegetales son completamente incinerados, y constituyen parte importante del esqueleto y del sistema nervioso de los mamíferos. Los minerales más importantes son el **calcio y el fósforo**. Las vitaminas son sustancias que actúan en el organismo en pequeñas concentraciones y juegan un papel fundamental en las actividades bioquímicas del organismo. Las vitaminas más importantes para el ganado ovino son la **A, D y E**. Tanto los minerales como las vitaminas pueden ser adicionados a las raciones mediante el uso de suplementos comerciales, los que pueden ser mezclados con los alimentos. También vienen incorporados en bloques nutricionales (Figura 7).



Figura 7. Algunos suplementos de minerales y vitaminas usados frecuentemente en alimentación ovina.

2.4. Aditivos.

Son sustancia que en rigor no aportan nutrientes pero que al incluirlas en las mezclas de alimentos usados en la formulación de las raciones, mejoran la utilización de los nutrimentos proporcionados por los mismos por parte del organismo animal. Dentro de este grupo se incluyen a agentes colorantes, antibióticos, anabólicos, modificadores de la fermentación ruminal, aglomerantes y sustancias que realzan el sabor y la palatabilidad.

2.5 Valor nutritivo de los alimentos empleados en la alimentación de ovinos y tablas de composición nutricional.

El valor nutritivo de un alimento refleja la capacidad de éste para satisfacer los requerimientos de un animal. Esta capacidad depende en gran medida del efecto de la composición del alimento sobre el consumo voluntario de los animales, pero también depende de la concentración de nutrientes en el alimento y de la eficiencia de los procesos digestivos y metabólicos en el organismo para convertir los nutrientes ingeridos en producto animal.

Los distintos alimentos, y sobre todo en el caso de pastizales y forrajes conservados, muestran alta variación en cuanto a su valor nutritivo ya sea cuando se comparan en sus diferentes etapas de crecimiento, así como cuando esta comparación se realiza entre las distintas fracciones de las plantas (hojas, tallos, semillas). El valor nutritivo es de difícil cuantificación, no obstante puede ser inferido a través de análisis químicos (bromatológicos) efectuados a los alimentos. Esta información puede ser obtenida a través de tablas de composición de alimentos que se encuentran publicadas en la literatura o, idealmente, a partir de un análisis de laboratorio realizado a los alimentos que tenemos disponibles en el predio. En el Cuadro 1 se presentan los valores referenciales de un análisis bromatológico el cual da cuenta de los principales indicadores nutritivos contenidos en algunos alimentos de uso común en rumiantes.

Cuadro 1. Contenidos de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), energía metabolizable (EM), proteína cruda (PC), calcio (Ca) y fósforo (P) de algunos alimentos usados en alimentación ovina¹.

Alimento	MS (%)	FDN (%)	FDA (%)	EM (MJ kg ⁻¹)	PC (%)	Ca (%)	P (%)
Alfalfa fresca, 30% flor	27,9	36,9	29,1	10,5	18,9	1,88	0,31
Trébol rosado fresco	23,3	29,4	17,6	10,9	20,8	1,64	0,36
Pastizal natural (zona sur)	17,2	41,9	25,3	10,9	24,6	0,73	0,22
Pastizal natural anual ² (zona central mediterránea)	90,0	---	---	7,1 – 8,5	19,0 – 3,1	0,46 – 0,23	0,47 – 0,19
Ensilaje de avena	24,0	66,2	43,8	9,2	8,1	0,51	0,32
Ensilaje de maíz	22,3	54,4	31,2	10,5	9,0	0,53	0,27
Heno de alfalfa	83,1	36,6	52,7	9,2	18,6	0,47	0,25
Heno de trébol rosado	86,1	48,5	36,5	9,6	12,9	0,74	0,28
Paja de avena	89,8	74,9	53,4	9,6	4,1	0,12	0,63
Paja de cebada	90,2	80,6	49,9	6,3	3,30	0,08	0,09
Paja de trigo	86,1	82,9	55,4	6,3	3,1	0,35	0,08
Grano de maíz	85,0	13,5	3,6	14,2	8,1	0,04	0,26
Grano de avena	88,0	13,8	2,8	13,8	14,4	0,06	0,44
Grano de cebada	86,5	27,5	6,4	13,0	11,9	0,21	0,25
Grano de lupino australiano	86,8	25,1	18,7	13,8	29,5	0,39	0,37

¹ Adaptado de Tabla de Composición de Alimentos (UACH).

² George and Bell, 2001.

La materia seca (MS) de un alimento corresponde a la parte que resta de la muestra al ser extraída toda el agua en condiciones de laboratorio, en esta fracción están contenidos los principios nutritivos de los alimentos. El contenido de proteína cruda (PC) indica la cantidad total de proteína y nitrógeno no proteico de la muestra. Su valor suele ser muy importante para determinar la calidad del alimento. Generalmente, mientras mayor sea el contenido de PC de un alimento, mayor es el valor nutritivo de éste, sin embargo como parte del nitrógeno presente en la dieta de ovinos se pierde en forma de amonio, un exceso de proteína puede llegar a ser tóxico para el organismo animal.

El contenido celular de los vegetales es rico en proteína, azúcares solubles, grasas, almidones y pectinas, compuestos que son de fácil digestión. No obstante, las células vegetales poseen también una pared que está constituida por carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) y por lignina, lo que corresponde a la fibra detergente neutro (FDN). Dentro de esta pared, existe una fracción que es de baja digestibilidad compuesto principalmente por celulosa y lignina, el cual es denominado fibra detergente ácido (FDA) (Figura 8).

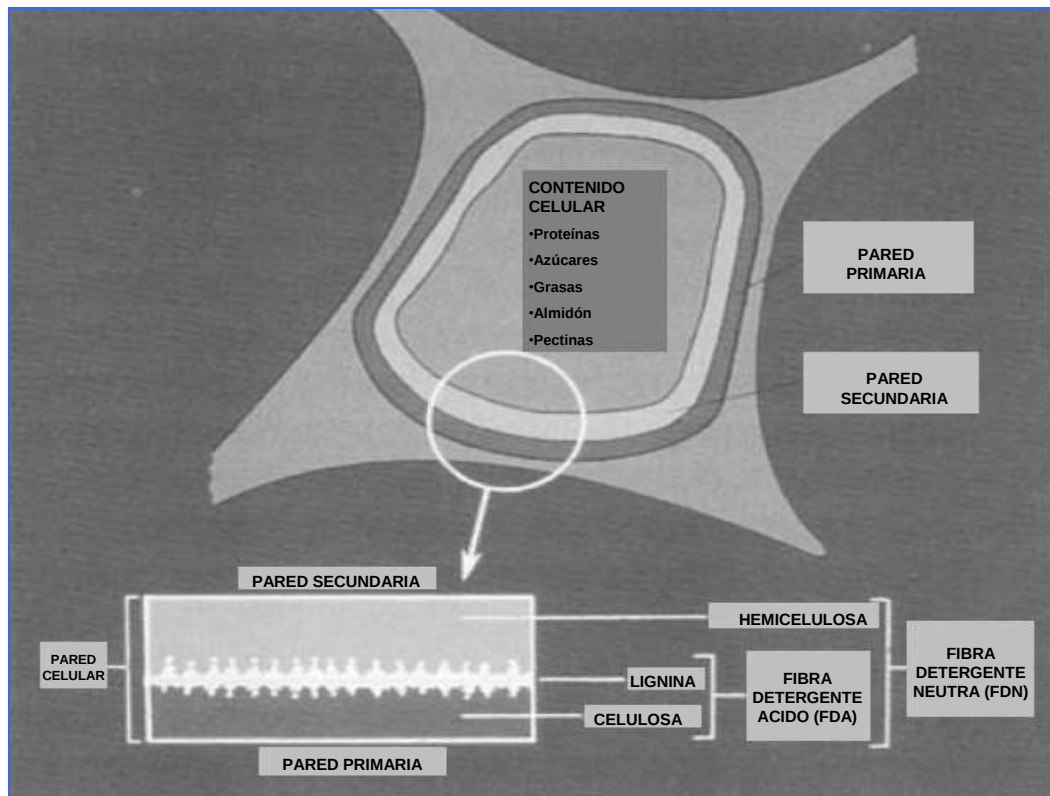


Figura 8. Diagrama de una planta que muestra la estructura de la pared celular (Adaptado de Holland *et al.*, 1990).

A medida que las plantas maduran, el contenido de pared celular aumenta, en desmedro de los contenidos celulares, lo que hace que la capacidad ingestión y de digestión del material vegetal disminuya, reduciendo su valor nutricional (Figura 9).

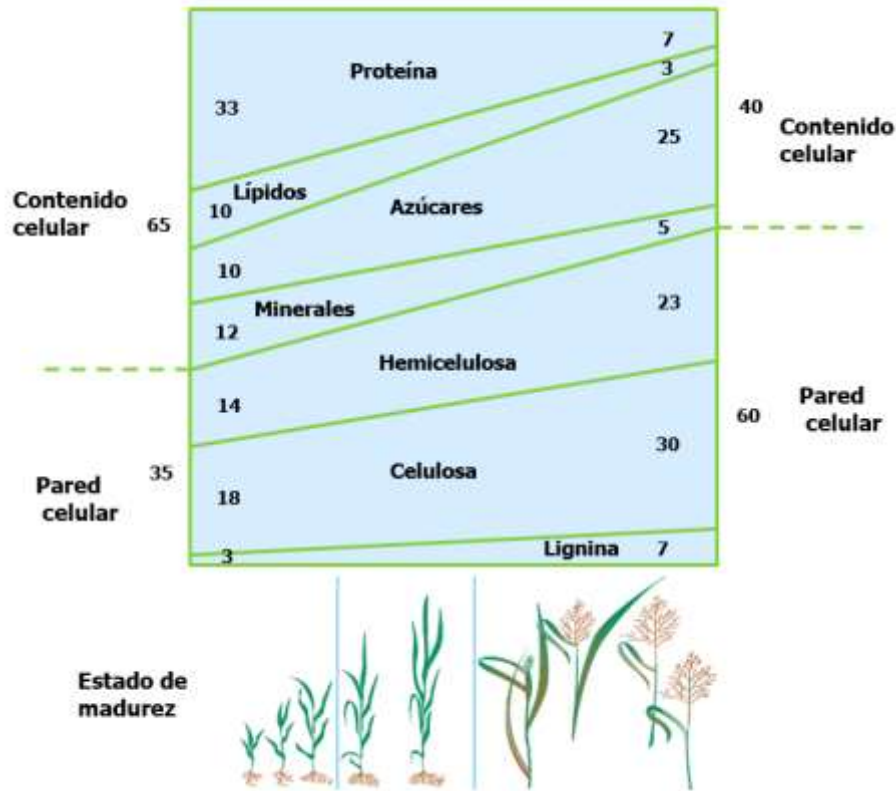


Figura 9. Representación esquemática de los cambios en la composición química respecto del avance en el estado de madurez de los pastos (Adaptado de Osbourne, 1980).

No obstante lo anterior, la fibra en las dietas de rumiantes es muy importante ya que además de ser una fuente de carbohidratos que producen energía, mantienen el funcionamiento del rumen en condiciones adecuadas. La fibra promueve la producción de saliva, lo cual ayuda a la mantención del pH del rumen y su adecuada motilidad, manteniendo estable el proceso fermentativo, lo que se traduce en un adecuado proceso de digestión de los nutrientes.

Tanto la fracción energética como la proteica de los alimentos son indicadores fundamentales para determinar el valor nutritivo de un alimento. La energía metabolizable (EM) corresponde a la fracción de la energía de los alimentos que se encuentra disponible para los distintos procesos metabólicos en el animal, mientras que la proteína cruda (PC) indica de manera gruesa el valor proteico de los alimentos (ver apartado 1.3 y 1.4 de este manual).

En las tablas de composición de alimentos como la indicada en el Cuadro 1, aparecen también los contenidos de los macrominerales más importantes, el calcio (Ca) y el fósforo (P), los cuales son indispensables para una adecuada nutrición mineral en los animales rumiantes. A partir de esta información se puede evaluar si es necesario o no, efectuar suplementación y/o corregir posibles desbalances de estos minerales.

3. Consumo de materia seca, energía y proteína en ovinos.

3.1 Concepto de materia seca (MS).

En general, el consumo de alimento en animales es expresado en términos de la **cantidad total de materia seca** (kg MS) que un animal es capaz de ingerir diariamente y de la cual son extraídos los nutrientes necesarios para los distintos procesos fisiológicos llevados a cabo en el organismo animal (mantención, gestación, lactancia y crecimiento).

Todos los alimentos destinados a la nutrición de ovinos contienen distintos contenidos de materia seca, porcentaje que depende, en el caso del pastizal, del estado fenológico de las plantas, siendo **menor** cuando el pastizal se encuentra en pleno crecimiento (hay un mayor contenido de agua en el tejido vegetal) y **mayor** durante los meses de verano, periodo durante el cual el pasto se encuentra seco (su contenido de agua es muy pequeño). En el caso de henos y ensilajes, el contenido de materia seca depende de factores ambientales, del momento y método de recolección y tipo de almacenamiento. En los granos de cereales y leguminosas, el contenido de MS depende del grado de madurez al momento de la cosecha, siendo generalmente alto y superior al 80%.

Tal como se mencionó anteriormente, los alimentos están constituidos por una fracción seca y por agua, en contenidos variables. El agua tiene un marcado efecto sobre el peso del forraje, pero no sobre el valor alimenticio de este. Los nutrientes están contenidos en la fracción de seca del alimento y no en el agua que estos contienen. El agua presente en el material vegetal es absorbida en el rumen y su contenido puede oscilar entre un 5-10% en un pasto completamente seco, o llegar a un 85% en un pasto verde y tierno. En la Figura 10, se ejemplifica el contenido de materia seca y de agua para una alfalfa fresca y henificada.



Figura 10. Contenido de agua y de materia seca en una alfalfa fresca y en un heno de alfalfa.

A continuación se presenta un ejemplo que enseña a como calcular los contenidos de MS en los alimentos.

Ejemplo 1. Contenido de materia seca en el alimento.

Tenemos 10 kg heno de alfalfa con un porcentaje de materia seca de 82%. Para calcular el contenido de materia seca disponible en los 10 kg de heno tal como ofrecido (el cual incluye el agua), utilizamos la siguiente ecuación:

$$CantAlim_{MS} = \frac{CantAlim_{TCO} \times \%MS}{100} \quad [Ec. 1]$$

Donde

$CantAlim_{MS}$: Cantidad de materia seca en el alimento (kg).

$CantAlim_{TCO}$: Cantidad de alimento tal como ofrecido (kg).

$\%MS$: Porcentaje de materia seca en el alimento (%).

Aplicando la ecuación anterior, se tiene:

$$CantAlim_{MS} = \frac{10 \times 82}{100} = 8,2 \text{ kg de MS}$$

En base a lo anterior, podemos indicar que los 10 kg de heno de alfalfa “**tal como ofrecido**”, y que tienen un porcentaje de materia seca de 82%, aportan 8,2 kg de materia seca, siendo los 1,8 kg restantes los correspondientes al agua. De esta forma, los nutrientes entregados a los animales en esos 10 kg de heno de alfalfa están contenidos solamente en 8,2 kg, los cuales corresponden a la MS de dicho alimento.

En el Cuadro 2 se muestra el contenido de materia seca de algunos alimentos que son usados frecuentemente en alimentación ovina.

Cuadro 2. Porcentaje de materia seca (%MS) de algunos alimentos de uso frecuente¹.

Tipo de alimento	Porcentaje de materia seca
Granos y semillas	90
Heno	82 - 90
Paja	90
Ensilaje marchito	35 – 50
Ensilaje guardado	20
Pasto fresco maduro	35 – 40
Pasto fresco tierno	15 – 20
Melaza	75

¹ Adaptado de Supplementary feeding of sheep and beef cattle (2007).

Las pajas y los granos de cereales, en general, son los alimentos que tienen los **mayores porcentajes de materia seca y por ende un menor contenido de agua**. Lo contrario sucede con el **pasto fresco**, ya sea tierno y/o maduro, donde el porcentaje de materia seca no supera el 40%.

3.2 Consumo de materia seca (MS) en ovinos.

El consumo de MS de un ovino se encuentra en estrecha relación tanto con la cantidad alimento disponible como con las características propias del animal, siendo el tamaño corporal y el estado fisiológico las más determinantes. Suponiendo que el recurso forrajero destinado a la alimentación del rebaño no presenta restricciones, entonces el consumo solo se encuentra determinado por la capacidad de ingestión de los animales.

En los rumiantes, el consumo diario de MS en relación al peso vivo (W, kg), en condiciones óptimas de calidad y cantidad del alimento, corresponde a un porcentaje que varía entre 2,5 y 4,0% del peso corporal, siendo los menores valores correspondientes a rumiantes de gran tamaño (entre 450 y 680 kg). En ovinos esta cifra es cercana al 3,5%. En pequeños rumiantes, con pesos vivos inferiores a 45 kg, el consumo de MS en términos de porcentaje en relación al peso vivo, es del orden de 4,0%. En el Cuadro 3, se presenta cifras de consumo por unidad de peso vivo (expresadas como porcentaje del peso vivo), para diferentes categorías de ovinos.

Cuadro 3. Consumo de MS de diferentes categorías de ovinos, expresados como porcentaje del peso vivo.

CATEGORÍA DE OVINO	CONSUMO DE MS (% DEL PESO VIVO) ¹
Corderos de 30 kg	4,3
Corderos de 40 kg	3,75
Ovejas de 50-60 kg	
Mantención	1,8 – 2,0
Gestación tardía	2,8 – 3,4
Lactancia temprana (6 – 8 semanas)	3,8 – 4,2 (simples)
	4,3 – 4,8 (dobles)
Flushing	2,8 – 3,2

¹ El valor de consumo de MS dependerá del estado fisiológico en que el animal se encuentre, como también de la digestibilidad y disponibilidad de la MS ofrecida.

No obstante lo indicado en el párrafo anterior, para poder estimar el consumo de MS, expresado como un porcentaje del peso vivo, es necesario considerar la calidad del forraje utilizado. Para lo anterior se emplea el porcentaje de Fibra Detergente Neutro (FDN) de los alimentos, ya que el consumo de los rumiantes depende en gran medida del contenido de fibra del forraje. Esta relación se expresa a través de la siguiente ecuación:

$$CMS_{\%W} = \frac{120}{FDN(\%)} \quad [Ec. 2]$$

En la ecuación anterior $CONS_{\%W}$ representa el consumo de MS expresado como un porcentaje del peso vivo del animal y $FDN (\%)$ es el porcentaje de fibra detergente neutro del alimento ofrecido. Esta

ecuación indica que a **mayor** contenido **de fibra detergente neutro** de un alimento (% FDN) **menor** es el **consumo de materia seca** estimado en base al porcentaje de peso vivo ($CONS_{\%W}$). Este comportamiento es explicado por el alto volumen ruminal que ocupan los alimentos con mayor contenido de fibra y el mayor tiempo de retención en el tracto digestivo que se requiere para digerirlos.

En el siguiente ejemplo, se muestra como se emplea la ecuación [2], en la determinación del consumo diario de MS.

Ejemplo 2. Determinación del consumo de forraje como porcentaje del peso vivo en base al contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN).

Se desea determinar el consumo diario de MS de una oveja de 60 kg de peso, la cual se alimenta con un heno de trébol rosado que tiene un 48,5% de FDN.

Aplicando la ecuación [2], el consumo de MS de esta oveja será:

$$CMS_{\%W} = \frac{120}{48,5} = 2,47\% \text{ del peso vivo.}$$

Si la oveja tiene un peso de 60 kg, entonces el consumo diario, expresado en kg de MS de heno de trébol rosado, será:

$$\frac{60 \times 2,47}{100} = 1,48 \text{ kg de MS.}$$

El cálculo anterior expresa el consumo en términos de materia seca, pero en la práctica es necesario expresar dicha cifra como alimento “tal como ofrecido (TCO)”. Para realizar lo anterior, es necesario tomar en cuenta el contenido de materia seca que posee el alimento, en este caso el heno de trébol rosado (86,1%, según Cuadro 1). Este procedimiento se ejemplifica a continuación.

Ejemplo 3. Estimación de la cantidad de alimento total “tal como ofrecido” para alimentar un rebaño durante un periodo determinado.

Se desea alimentar por un periodo de 25 días a un grupo de 30 ovejas que pesan en promedio 60 kg y que consumen diariamente 1,48 kg de MS. Se dispone de heno de trébol rosado que contiene un 86,1% de MS.

En primer lugar calcularemos el consumo promedio de MS del grupo de ovejas durante los 25 días:

$$1,48 \text{ Kg MS} \times 30 \text{ ovejas} \times 25 \text{ días} = 1110 \text{ Kg de MS}$$

La cifra anterior indica que se requieren 1110 kg de MS para alimentar un grupo de 30 ovejas durante un periodo de 25 días. Sin embargo, como estamos expresando el consumo en términos de MS, la cantidad de real de heno que debemos proporcionar a las ovejas debe ser expresado en kg de alimento “tal como ofrecido”, considerando el porcentaje de MS del heno de trébol rosado (86,1%). Lo anterior puede ser calculado mediante la siguiente regla de proporcionalidad:

$$\frac{1110 \text{ Kg}}{X \text{ Kg}} = \frac{86,1 \% (\text{materia seca})}{100\% (\text{materia seca} + \text{agua})}$$

Despejando X se tiene:

$$\frac{1110 \times 100}{86,1} = 1289,2 \text{ kg de heno "tal como ofrecido".}$$

El cálculo anterior puede ser sintetizado mediante la siguiente ecuación:

$$CANT_{TCO} = \frac{CANT_{MS} \times 100}{\%MS} \quad [\text{Ec. 3}]$$

En la ecuación anterior $CONS_{TCO}$ corresponde al consumo alimento "tal como ofrecido" (kg), el cual considera el contenido de agua del alimento, $CANT_{MS}$ representa el consumo de materia seca (kg) y $\%MS$ indica el porcentaje de materia seca del alimento que se utiliza (%).

De esta forma, aplicando la ecuación [3], el consumo de alimento tal como ofrecido será:

$$CANT_{TCO} = \frac{1110 \times 100}{86,1} = 1289,2 \text{ kg de heno "tal como ofrecido",}$$

siendo exactamente el mismo resultado obtenido mediante el procedimiento de regla de proporcionalidad indicado anteriormente.

Además del peso vivo del animal, existen otros factores que inciden en el consumo de MS en ovinos, entre los cuales el más importante es el **estado fisiológico** (preñez tardía y especialmente durante las primeras 8 semanas de la lactancia).

Durante los primeros **dos tercios de la preñez** (primeros 100 días) el consumo aumenta entre 20-25% en comparación a una oveja en mantención (Figura 11). Esta situación cambia a partir del **último tercio de gestación**, momento en el cual comienza un acelerado crecimiento del feto y anexos uterinos, así como el inicio del crecimiento del tejido mamario. Lo anterior conlleva un incremento en la demanda de nutrientes lo que debe ser satisfecho con un aumento de la capacidad de ingestión. Este incremento dependerá del número de fetos gestantes y en promedio es del orden de 55% (Figura 11).

Durante la **lactancia**, el consumo de MS de las ovejas aumenta en proporciones variables dependiendo del tipo de parto y del día de la lactancia; de hecho, el mayor consumo de alimento se produce alrededor de un mes post parto. El aumento en el consumo en dicho momento puede llegar al 90% en oveja que alimentan mellizos, siendo del orden de 60-70% en ovejas que amamanta a un solo cordero (Figura 11).

El **Flushing** consiste en un técnica que permite aumentar el número de corderos nacidos a partir del incremento en la tasa ovulatoria de las hembras. En la práctica el *Flushing* corresponde a un aumento en el plano nutritivo de las ovejas 15 días antes y 15 días después del inicio del periodo de encaste. Lo anterior conlleva a un incremento en la capacidad de ingestión de MS, del orden de 9,5% con

respecto del consumo de una oveja en mantención (Figura 11). El paso de un menor a un mayor plano nutricional afecta positivamente la proliferación y maduración de los óvulos en las hembras, de manera que aumentan las posibilidades de que exista doble ovulación y que estos óvulos sean fecundados. Es importante destacar que este manejo será efectivo siempre y cuando las ovejas no estén demasiado flacas o muy gordas.

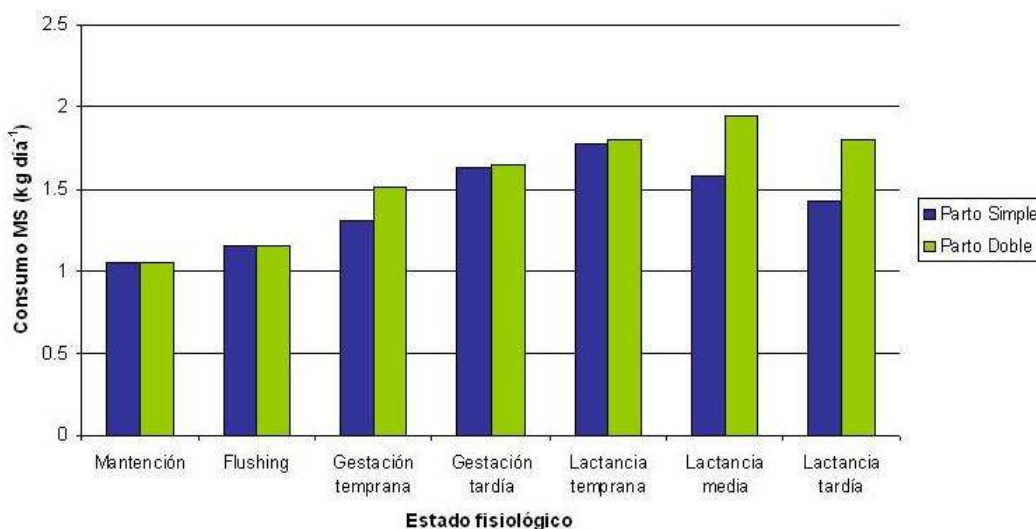


Figura 11. Consumo promedio diario de MS de una oveja de 60 kg amamantando uno o dos corderos (NRC, 2007).

Además de las necesidades de materia seca, que serán la base para calcular los requerimientos de nuestro rebaño en un ciclo productivo, es importante entender que los ovinos tienen necesidades específicas tanto de energía como de proteína, los que deben encontrarse en cantidades adecuadas en la dieta.

3.3 Consumo de Energía Metabolizable (EM) en ovinos.

Cuando se habla de consumo de energía en ovinos se refiere a la cantidad de **energía metabolizable** consumida, correspondiente a la energía que realmente está disponible para el animal. Cada alimento contiene distintos niveles de energía, de manera que la cantidad de forraje a proporcionar a los animales se encuentra en estrecha relación al contenido energético de este.

Al igual que en el caso del consumo de alimento, el que es expresado como kg de materia seca, el consumo de energía metabolizable (EM) en ovinos también es expresado en unidades específicas, generalmente en MJ (Megajulios) o Mcal (Megacalorías). Tanto las tablas de composición de los alimentos como las tablas de requerimientos nutricionales, utilizan cualquiera de estas dos unidades de medida, de manera que resulta importante saber cómo transformar Mcal a MJ y viceversa. Dicho procedimiento se detalla en el ejemplo 4.

Ejemplo 4. Transformación de unidades energéticas.

La equivalencia energética de un MJ corresponde a 0,239 Mcal. De esta forma, si queremos expresar 11 MJ en su equivalente en Mcal, procedemos utilizando la siguiente regla de proporcionalidad:

1 MJ 0,239 Mcal
11 MJX Mcal

Despejando X se obtiene:

$$\frac{11 \times 0,239}{1} = 2,63 \text{ Mcal.}$$

La cifra anterior nos indica que 11 MJ equivalen a 2,63 Mcal.

De la misma forma, si tenemos un alimento que contiene 2,02 Mcal kg⁻¹ de MS, y deseamos expresar dicha concentración energética en términos de MJ kg⁻¹ MS, el procedimiento será:

1 MJ 0,239 Mcal
X MJ 2,02 Mcal

Despejando X se obtiene:

$$\frac{2,2 \times 1}{0,239} = 9,2 \text{ MJ.}$$

El resultado anterior indica que un alimento que contiene 2,02 Mcal kg⁻¹ de MS, es equivalente a decir que contiene 9,2 MJ kg⁻¹ de MS.

A continuación se ejemplifica el cálculo del consumo de EM para una oveja de 60 Kg de peso vivo, en lactancia y de parto doble, que consume 1,8 Kg de MS día⁻¹ y que se alimenta de un pastizal natural de la zona sur que tiene una concentración de energía metabolizable de 10,9 MJ kg MS⁻¹.

Si el consumo de MS es de 1,8 kg de MS y la energía metabolizable del alimento es de 10,9 MJ kg MS⁻¹, entonces:

$$1,8 \text{ kg día}^{-1} \text{ de MS} \cdot 10,9 \text{ MJ kg MS}^{-1} = 19,62 \text{ MJ día}^{-1} \text{ de EM.}$$

Por lo tanto el consumo de energía metabolizable de la oveja será de 19,62 MJ día⁻¹.

3.4 Consumo de Proteína Cruda (PC) en ovinos.

Al igual que en el caso de la energía, los ovinos tienen requerimientos específicos por proteína. Debemos procurar proporcionar un nivel de proteína tal, que permita mantener un buen desarrollo de la microflora ruminal y una adecuada absorción de aminoácidos a nivel del intestino.

Análogamente a como se efectuó el cálculo del consumo de EM, en el siguiente ejemplo se muestra como se calcula el consumo de PC.

Del mismo ejemplo efectuado en el punto 3.3 (Ejemplo 4), queremos determinar cuál es consumo de proteína.

Ejemplo 5. Cálculo de consumo de proteína cruda.

Sabemos que el consumo de esta oveja de 60 kg, en lactancia y de parto doble tiene un consumo de materia seca de 1,8 Kg, y que la concentración de proteína cruda de la pradera que pastorea es de 24,6 %, entonces:

Primeramente calcularemos el contenido de proteína del alimento en g kg⁻¹ de MS.

$$24,6\% \text{ PC} = 24,6 \text{ g de PC en } 100 \text{ g de alimento}$$

Por lo que utilizando la regla de proporcionalidad:

$$\begin{array}{l} 24,6 \text{ g de PC} \dots\dots\dots 100 \text{ g de alimento} \\ X \text{ g de PC} \dots\dots\dots 1000 \text{ g de alimento (1 kg)} \end{array}$$

$$X = 246 \text{ g de PC por cada kg MS de alimento}$$

Luego, para saber el consumo de proteína de la oveja, debemos multiplicar el consumo de materia seca por la concentración de PC que tiene el alimento:

$$1,8 \text{ kg día}^{-1} \text{ de MS} \cdot 246 \text{ g kg}^{-1} \text{ de PC} = 442,8 \text{ g día}^{-1} \text{ de PC.}$$

De esta forma, el consumo de proteína cruda de la oveja será de 442 g día⁻¹.

3.5 Utilización de nitrógeno no proteico en rumiantes.

Uno de los aspectos más importantes dentro de la nutrición ovina, y en rumiantes en general, es que estos presentan la capacidad de usar fuentes de N no proteicas, es decir, **transformar elementos que no contienen proteína en compuestos proteicos gracias a la flora microbial contenida en el rumen**. En términos prácticos, cuando notemos que la ración que consumen los animales no tiene adecuado nivel de proteína, podemos adicionar a ésta pequeñas cantidades de urea. Lo anterior se puede hacer siempre y cuando estemos seguros de que otros compuestos, como energía y carbohidratos se encuentren en cantidades adecuadas. De lo contrario, solo estaremos aumentando la cantidad de **amoniaco** que es absorbido por la mucosa del rumen hacia la sangre. Cuando la capacidad de transformar el amoniaco a urea se ve sobrepasada, entonces el amoniaco pasa a ser un **compuesto tóxico** en el organismo, pudiendo incluso causar la muerte de los animales. Para evitar problemas de toxicidad por exceso de urea en las raciones de rumiantes, se debe considerar incluir como máximo un 1% de urea en la dieta (base materia seca).

4. Requerimientos nutricionales de ovinos.

4.1 Requerimientos de Energía Metabolizable (EM).

Los **requerimientos energéticos** de los ovinos dependen principalmente del tipo animal (cordero, borrega, carnerillo, oveja o carnero) y del estado fisiológico en que se encuentre, por ejemplo, las ovejas cuando se encuentran lactando requieren mayor cantidad de energía metabolizable que cuando se encuentran en periodo seco o durante el encaste. Los requerimientos energéticos de los ovinos se han estimado de distintas formas, sin embargo, los valores se encuentran publicados en la literatura y un resumen de ello se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Requerimientos de energía metabolizable en ovinos ¹.

Categoría de ovino	Cantidad de energía metabolizable requerida (MJ día ⁻¹)		
	15 kg	25 kg	35 kg
Corderos destetados			
ganando 50 g día ⁻¹	4,4	5,9	6,7
ganando 100 g día ⁻¹	5,9	7,4	8,1
ganando 200 g día ⁻¹	8,9	10,4	11,8
Ovinos adultos	45 - 50 kg	60 - 65 kg	
<i>Ovejas secas y carneros</i>			
manteniendo peso	7,4	8,9	
ganando 100 g día ⁻¹	12,6	14,8	
<i>Ovejas lactantes y preñadas</i>			
ovejas con preñez tardía (únicos)	8,9	11,1	
ovejas con preñez tardía (mellizos)	11,1	14,1	
ovejas con corderos al pie (únicos y mellizos)	18,5 - 22,9	25,9 - 33,3	

¹ Adaptado de Sheep Farming for Meat & Wool (2010).

Observamos en el Cuadro 4, que los mayores requerimientos energéticos son presentados por **ovejas con cordero al pie**, seguido por ovejas en último tercio de gestación y corderos que presentan altas ganancias de peso.

Si sabemos cuáles son los requerimientos energéticos de nuestro rebaño en un momento determinado de acuerdo a su estado fisiológico, y conocemos además, cual es la concentración energética de los alimentos que tenemos disponibles, entonces podemos calcular que cantidad de esos alimentos debemos proporcionar a nuestros animales. Un ejemplo de ello se muestra a continuación:

Ejemplo 6. Suplementación energética.

Tenemos 65 corderos que en promedio pesan 25 kg y que queremos que ganen peso a razón de 200 g día⁻¹. Como base de la alimentación se dispone de heno de trébol rosado, disponiendo de 1,0 kg de MS por cada animal al día. Debemos evaluar si con este forraje se satisfacen los requerimientos de

energía metabolizable de los corderos, para lo cual tenemos que calcular cuanta EM está consumiendo cada uno de ellos:

1 kg de MS de heno de trébol rosado aporta..... 9,6 MJ de EM (Cuadro 1).

Como cada cordero consume 1,0 kg de MS de heno de trébol rosado, en términos de energía metabolizable, cada uno de ellos consume diariamente 9,6 MJ.

Para un cordero en engorda de 25 kg ganando peso a razón de 200 g día⁻¹ el requerimiento de EM es de 10,4 MJ día⁻¹ (ver Cuadro 3), por lo cual al utilizar el heno de trébol rosado como único alimento no se supe la demanda energética de los corderos, generándose un déficit energético de 0,8 MJ día⁻¹ (10,4 – 9,6 MJ).

Debemos por lo tanto suplementar con otro tipo de alimento que permita suplir el déficit energético antes calculado, para de ese modo obtener la ganancia diaria esperada. Tenemos la posibilidad de comprar grano de lupino, el cual tiene una concentración de EM de 13,8 MJ kg⁻¹ de MS. Debemos entonces calcular cuanta cantidad de este grano se entregar a los corderos para suplir el déficit en los requerimientos energéticos:

1000 g MS de grano de lupino 13,8 MJ de EM
x g MS de grano de lupino 0,8 MJ de EM (el déficit energético antes calculado)

Despejando X, se tiene

$$\frac{0,8 \times 1000}{13,8} = 58 \text{ g de MS}$$

Por lo tanto, se requiere proporcionar diariamente a cada cordero, 58 g de lupino (base MS), para para completar sus requerimientos energéticos. De ese modo, la ración diaria que se deberá proporcionar a cada cordero estará constituida por 58 g de grano de lupino (base MS) y 1,0 kg de heno de trébol rosado (base MS) (Figura 12).

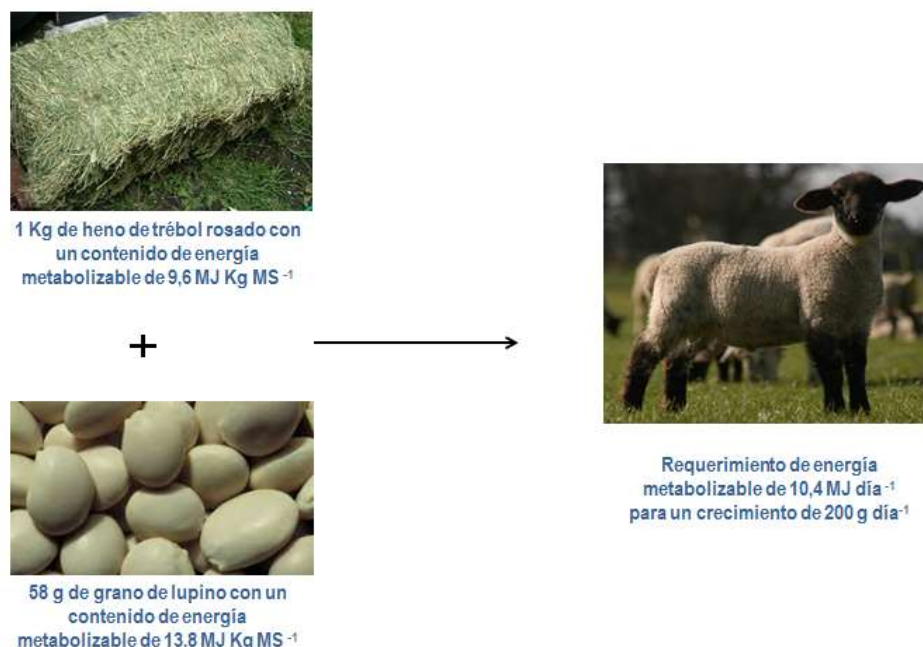


Figura 12. Suplementación energética para corderos de 25 kg con una tasa de crecimiento de 200 g por día.

Como tenemos 65 corderos, diariamente se requerirán 3,77 kg de MS como grano de lupino (65 x 58 g de grano) y 65 kg de MS como heno de trébol rosado (65 x 1,0 kg de heno). Cada uno de las cantidades de estos ingredientes, deberán ser expresadas en términos de alimento “tal como ofrecido”, considerando sus respectivos contenidos de MS:

- Para el heno de trébol rosado (86,1% de MS): $65 \text{ kg} \div 0,861 = 75,5 \text{ kg}$
- Para el grano de lupino (86,8% de MS): $3,77 \text{ kg} \div 0,868 = 4,34 \text{ kg}$

4.2 Requerimientos de Proteína Cruda (PC).

Para ovinos que han alcanzado la madurez y que se encuentren en periodo de mantención, se estima un requerimiento mínimo de PC que, en términos de concentración en la dieta, es del orden de 7 a 10%, dependiendo del peso vivo y la capacidad de ingestión de MS de las diferentes categorías de ovinos. Este rango generalmente se encuentra en pasturas y pastizales naturales en estados vegetativo y reproductivo. Con concentraciones de proteína cruda bajo 7% en la dieta (característicos de avenas de pobre calidad, henos, pajas y pastos maduros como en el caso del pastizal mediterráneo anual en periodos de verano), el consumo de MS puede verse reducido y comienza la pérdida de peso.

En el Cuadro 5, se presentan resumidamente los requerimientos proteicos de varias categorías de ovinos. Estos requerimientos están expresados en términos de cantidad de proteína cruda requerida diariamente, la cual puede expresarse en porcentaje, considerando el consumo de MS efectuado por los animales.

Cuadro 5. Requerimiento de proteína cruda para varias categorías de ovinos¹

Categoría de ovinos	Consumo MS (kg día ⁻¹)	Proteína Cruda (g día ⁻¹)	Proteína Cruda (%)
Mantenición (oveja kg de 70 kg de peso vivo a la madurez)	1,18	113,3	9,6
Gestación tardía (180 – 225% de parición esperada)	1,81	202,7	11,2
Lactancia			
Únicos	2,26	300,6	13,3
Mellizos	2,81	415,9	14,8
Corderos destetados precozmente (30 kg) Moderada a alta tasa de crecimiento	0,91	132,0	14,5
Corderos finalizados a 40 kg, a los 4 – 7 meses de edad	1,58	184,9	11,7
Borregas (50 kg)	0,91	82,8	9,1

¹ Adaptado de NRC (2007).

Los requerimientos de proteína suelen ser **mayores** en animales que presenten **tasas de crecimiento más altas** en comparación con animales que no se encuentren creciendo o están en mantención. Así mismo, durante la lactancia aumenta la demanda de proteína por parte de las ovejas.

Al igual que en el caso de los requerimientos energéticos en ovinos, también estos tienen requerimientos específicos por proteína. Como conocemos cual es el contenido proteico de los alimentos y sabemos las necesidades de nuestros animales, entonces podemos formular una ración de suplementación en cuanto a proteína cruda.

Ejemplo 7. Suplementación proteica.

Tenemos que suplementar un grupo de ovejas Suffolk que se encuentran en lactancia amamantando un cordero. La alimentación base de estos animales es ensilaje de avena, el cual posee una concentración de proteína cruda de 8,1% y un 24% de MS (ver Cuadro 1). Diariamente disponemos de 2,2 kg de MS de este forraje por cada oveja. Lo primero que tenemos que determinar es la cantidad de PC que aporta el ensilaje, y si esta cantidad suple los requerimientos proteicos de las ovejas. Lo anterior se calcula a través del siguiente procedimiento:

$$8,1 \% \times 2200 \text{ g MS} = 178,2 \text{ g de PC.}$$

La cantidad de proteína aportada por el ensilaje de avena no suple los requerimientos proteicos de los animales, ya que las ovejas requieren diariamente 300,6 g día⁻¹ (Cuadro 4). Debemos adicionar a la ración un ingrediente proteico que pueda suplir el déficit de proteína cruda. Como el requerimiento de proteína cruda de las ovejas es de 300,6 g día⁻¹, entonces debemos procurar suplementar 122,4 g de proteína al día (300,6 – 178,2 g). Suponiendo que tenemos disponible en el predio grano de lupino

que posee un 29,5% de proteína cruda con un porcentaje de MS de 86,8% (Cuadro 1), la cantidad requerida de grano por cada oveja será:

1000 g MS de grano de lupino 295,0 g de PC
 x g MS de grano de lupino 122,4 g de PC

$$x = \frac{122,4 \times 1000}{295,0} = 414,9 \text{ g de lupino}$$

Entonces, se deberán adicionar a los 2,2 kg de MS de ensilaje de avena, 414,9 g de MS de grano de lupino. En términos de ingredientes "tal como ofrecidos", estas cantidades son equivalentes a 9,2 kg de ensilaje (2,2 ÷ 24%) y 478,0 g de lupino (122,4 ÷ 86,8%) (Figura 13).

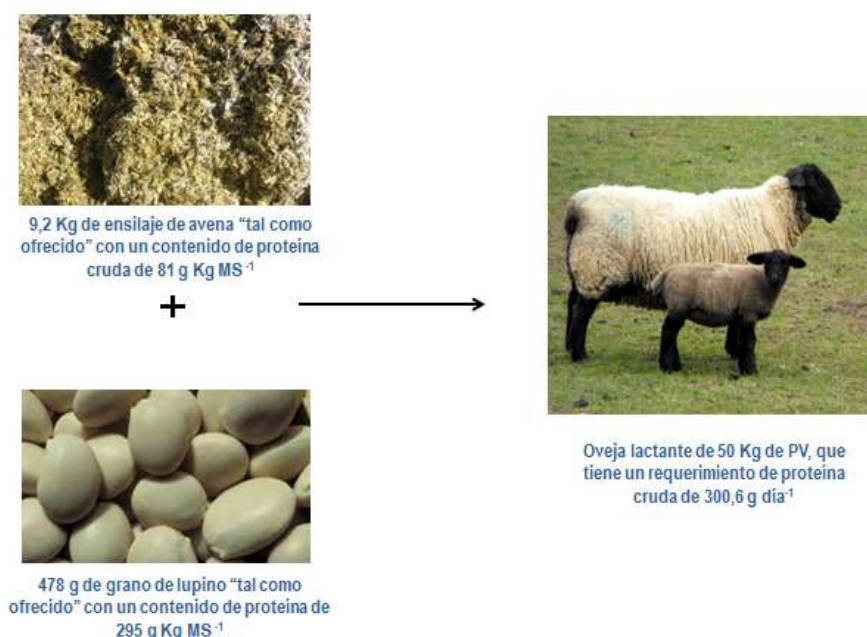


Figura 13. Suplementación proteica para oveja lactante que requiere 300,6 g de proteína al día.

4.3 Requerimientos de minerales y vitaminas.

Los minerales esenciales para los ovinos son 16, los cuales se subdividen en macrominerales y microminerales. Los **macrominerales** son requeridos en grandes cantidades por todas las células del cuerpo, siendo estos el calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), magnesio (Mg), sodio (Na) y cloro (Cl). Entre los **microminerales** están el yodo (I), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobalto (Co) y selenio (Se). Estos elementos son requeridos en pequeñas cantidades y en algunos casos, cuando son ingeridos por sobre los niveles requeridos, pueden resultar tóxicos. A pesar de no ser microminerales esenciales, el Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Flúor (F) y Molibdeno (Mo) son de gran importancia debido a los efectos nocivos que tienen sobre los animales frente a una ingestión por sobre sus límites de tolerancia.

Generalmente no se justifica el uso de suplementos minerales cuando la base de la alimentación del ganado es el pastizal, puesto que los contenidos de minerales en las plantas suelen ser adecuados

para cubrir las necesidades de los ovinos. La excepción a la norma anterior, lo constituyen algunos pastizales naturales durante la época seca o aquellos pastizales que crecen en suelos con deficiencias de minerales específicas, tales como azufre o selenio, en donde es frecuente encontrar niveles bajos de estos minerales en el tejido vegetal. Las deficiencias de minerales son más frecuentes de producirse en situaciones de alimentación estabulada donde se entrega raciones formuladas, ya que en algunos casos, puede existir una deficiencia mineral, por lo que se debe adicionar a la dieta el suplemento mineral adecuado.

Dentro de las deficiencias minerales más comunes, está la asociada al **magnesio**, la cual causa un síndrome llamado "**Tetania de la hierba**", la que puede ser corregida mediante la adición de magnesio o bien suplementando con alfalfa o con algún tipo de forraje que contenga magnesio en alta concentración. Otra deficiencia importante es la asociada al **calcio**, situación que se da particularmente en dietas que contienen altos niveles de inclusión de granos de cereales, puesto que estos alimentos tienen insuficiente contenido de calcio en relación al contenido de fósforo de los mismos. La solución más adecuada para este tipo de deficiencia, es adicionar sales de calcio a la dieta. Si bien en calcio por sí solo no resulta ser relevante, si lo es en relación al contenido de fósforo de la ración. Idealmente la relación entre el calcio y el fósforo debiese estar dentro de un rango entre 1,03 a 1,66, para evitar problemas de desbalances entre estos dos macrominerales.

En el Cuadro 6, se presentan los requerimientos de Ca y P para ovinos para las distintas categorías.

Cuadro 6. Requerimiento de Ca y P para varias categorías de ovinos¹

Categoría de ovinos	Ca g día⁻¹	P g día⁻¹
MANTENCIÓN		
Oveja kg de 70 kg de peso vivo a la madurez	2,4	2,0
GESTACIÓN TARDÍA		
Parto simple	6,1	4,4
Parto doble	8,8	5,3
LACTANCIA TEMPRANA		
Únicos	5,9	5,5
Mellizos	7,9	6,9
CORDEROS		
Cordero de 4 meses de 30 kg PV y GDP de 200 g día ⁻¹	4,1	2,9
CARNEROS		
Macho de 150 kg peso vivo en mantención	3,8	3,7

Fuente: NRC, 2007.

Las vitaminas más importantes para el ganado ovino son la **A, D, E (solubles en grasas) y las de grupo B (solubles en agua)**. La **vitamina A** es sintetizada a partir de los carotenos (pigmentos que se encuentran en altas cantidades en las plantas verdes), y es almacenada en el hígado por lo que es poco probable que los ovinos en pastoreo presenten deficiencias de esta vitamina. No obstante su deficiencia puede causar disfunciones en la visión y afecta la actividad de los epitelios de los órganos sexuales. La **vitamina D** es esencial para prevenir el raquitismo y es formada bajo la acción de los rayos ultravioletas del sol que activan ciertos compuestos que se encuentran bajo la piel. De esta

forma, animales que se encuentran expuestos a una luminosidad adecuada, no requieren adicionar otras fuentes de vitamina D. Sin embargo, como el almacenamiento de esta vitamina es menos eficiente en comparación con el de la vitamina A, es posible que animales que han estado confinados por mucho tiempo, requieran suplementación con este tipo de vitaminas. Una adecuada fuente de vitamina D, lo constituye el heno secado al sol, el que posee una forma de vitamina (D_2) que puede ser utilizada eficientemente por los animales. La deficiencia de **vitamina E** provoca en los corderos un síndrome llamado “Enfermedad del músculo blanco” y mortalidad embrionaria en las ovejas. La vitamina E se encuentra ampliamente distribuida en prácticamente todos los alimentos destinados a la alimentación ovina, por lo cual su aporte como suplemento generalmente no es necesario. Las **vitaminas del grupo B** tienen una gran importancia en la alimentación de cerdos y aves, no así en rumiantes ya que las bacterias simbióticas del rumen son capaces de sintetizar todas las vitaminas de este grupo. Una deficiencia en esta vitamina puede provocar necrosis cerebro-cortical, que es exteriorizada por síntomas nerviosos característicos.

En el caso de las vitaminas A, D y E, estas pueden administrarse a través de una inyección vía intramuscular, empleando una dosis única de 0,5 – 1,0 mL/animal para corderos, borregas, ovejas y carneros.

La suplementación con vitaminas A, D, E, será especialmente importante cuando los ovinos hayan sido alimentados por periodos prolongados (más de 8 meses) con forrajes pobres en caroteno, especialmente en tiempos de sequías.

4.4 Requerimientos de agua.

Los ovinos, al igual que todos los animales, requieren agua para vivir. Las necesidades de agua en ovinos son considerablemente menores que las bovinos.

Siempre debe disponerse de agua fresca, ya sea en explotaciones en estabulación como en condiciones de pastoreo, en este último caso las fuentes de agua deben estar a no más 2 km del área donde las ovejas se encuentran pastando.

El consumo de agua de los ovinos se ve afectado por una serie de factores, entre ellos el tipo y cantidad de MS del alimento consumido, la categoría de ovino y el estado fisiológico, la temperatura ambiental y la presencia de lluvia, rocío o nieve. En el Cuadro 7, se muestran el consumo de agua del ovino en distintos estados fisiológicos y bajo diferentes temperaturas.

Cuadro 7. Consumo de agua en ovinos de distintas categoría y bajo diferentes temperaturas (° C), expresada en kg de agua por kg de materia seca consumida¹.

Categoría de ovino	Temperatura (° C)			
	15	20	25	30
Corderos en crecimiento	2	2,6	3	4
Ovejas, no preñadas o en gestación temprana	2,0-2,5	2,6-3,3	3,0-3,8	4,0-5,0
Ovejas en gestación tardía				
con corderos únicos	3,0-3,5	3,9-4,6	4,5-5,3	6,0-7,0
con corderos mellizos	3,5-4,5	4,6-5,9	5,3-6,8	7,0-9,0
Ovejas en lactancia				
primer mes	4,0-4,5	5,2-5,9	6,0-6,8	8,0-9,0
meses posteriores	3,0-4,0	3,9-5,2	4,5-6,0	6,0-8,0

¹ Adaptada de Jarrige (1989).

Ejemplo 8. Necesidades de agua.

Se desea estimar las necesidades de agua de bebida para un lote de 300 ovejas recién encastadas, en el mes de febrero, donde la temperatura promedio es de 20°C. Cada oveja consume en promedio 1,5 kg de MS al día.

Primeramente debemos buscar el consumo de agua en el Cuadro 6, tomando en consideración la categoría de animal y la temperatura a la que están expuestos. En este caso, el consumo correspondería al de una oveja no preñada o en gestación temprana a una temperatura de 20°C, que según la tabla es de 2,6 a 3,3, cuyo promedio sería 2,95 Kg de agua por Kg de MS consumida.

Como el consumo es de 1,5 Kg día⁻¹, entonces

$$2,95 \frac{Kg \text{ agua}}{Kg \text{ MS}} \times 1,5 \frac{Kg \text{ MS}}{día} = 4,425 \approx 4,5 \frac{Kg \text{ agua}}{día}$$

Los 4,5 kg de agua al día consumida por cada oveja, equivalen a 4,5 litros, volumen que proyectado al rebaño de 300 ovejas, representa una demanda diaria de agua de 1350 litros.

5. Aspectos básicos de planificación forrajera.

Son dos los conceptos que se deben tener en consideración al momento de establecer un plan alimenticio para el ganado. Por un lado y como fue descrito en la primera parte de este manual, están los requerimientos nutricionales de los animales; y por otro la disponibilidad de materia seca durante el año.

5.1 Capacidad de Carga ganadera.

En términos generales, la primera gran decisión para planificar un sistema de producción ovina en base a pastoreo es la correcta determinación del número de animales que el predio puede sustentar.

La **Capacidad de Carga** o capacidad de sustentación de una pradera (CC), es definida como el “número promedio de animales domésticos y/o silvestres que pueden ser mantenidos en una unidad de superficie en forma productiva por un determinado período de pastoreo, sin dar lugar a que la pradera se deteriore”. De acuerdo con la definición anterior, esta variable depende de factores asociadas al clima y el suelo que determinan la potencialidad del sitio de pastizal. Este concepto muchas veces se confunde con el de **Carga Animal** (CA). Este último concepto es definido como el “número promedio de unidades animales que se asignan a una unidad de superficie por un determinado período de pastoreo. De esta definición se desprende que la carga animal depende de una decisión humana. Para mantener la pradera en adecuados niveles de condición y productividad, la carga animal no debe exceder la capacidad de carga ($CA \leq CC$). Cuando se produce sobrepastoreo ($CA > CC$), las consecuencias en el mediano y largo plazo son las siguientes:

- Mayor riesgo de erosión de suelo
- Las plantas no alcanzan a recuperarse del efecto del pastoreo
- Aumento de plantas invasoras
- Baja la calidad y productividad del pastizal
- Baja productividad animal: capacidad de selección reducida, bajo consumo de nutrientes para satisfacer los requerimientos. Sube el costo de cosecha.
- Mayor probabilidad de consumo de plantas tóxicas.

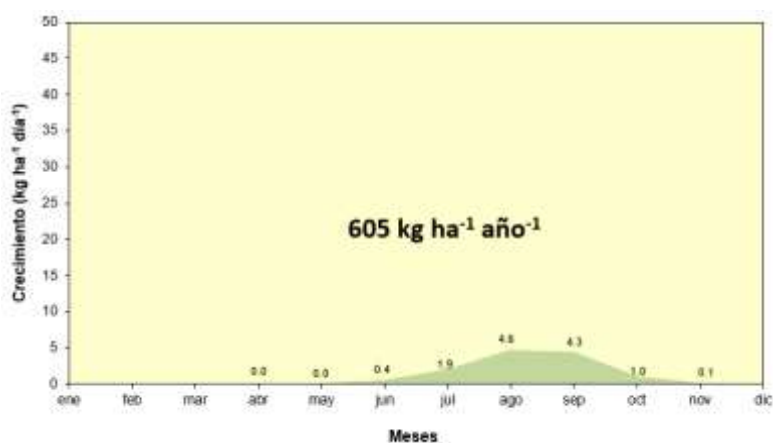
Para estimar en forma simple la capacidad de carga de un pastizal, se debe conocer la producción anual promedio de MS del pastizal, el porcentaje de especies que son palatables, el factor de uso apropiado del pastizal y los requerimientos anuales de MS de la unidad animal. Estos factores se relacionan entre sí, mediante la siguiente ecuación:

$$CC = \frac{PMSA \times PSP}{REQUA} \times FUA \quad [\text{Ec. 4}]$$

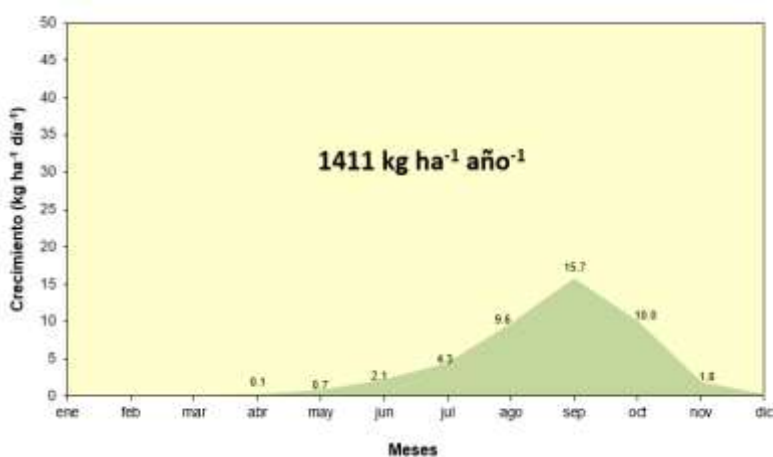
En la ecuación anterior, PMSA ($\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) representa la producción de MS aérea promedio anual del sitio de pastizal y PSP es el porcentaje de especies palatables presentes en el mismo. La variable FUA representa el factor de uso apropiado para el tipo de pastizal y REQUA es el requerimiento de MS de la unidad animal, expresada en kg de MS anual.

La PMSA en pastizales naturales de clima mediterráneos puede ser muy variable, de acuerdo a las condiciones de suelo, clima y manejo, especialmente en lo referido a la capacidad de retención de humedad de los suelos, la precipitación y la carga ganadera a la que es sometido en pastizal. A modo de referencia, en la Figura 14, se presenta la distribución de la producción de MS de praderas de clima mediterráneo, en diferentes áreas agroecológicas contrastantes del secano central de Chile.

Las Cardas. 30°13' Lat. S; 71° 19 Long. O.; 260 m.s.n.m.



Rinconada de Maipú. 33° 31' Lat. S.; 70° 50' Long. O; 470 m.s.n.m



Litueche. 34°07' Lat. S.; 71° 48' Long. O; 470 m.s.n.m

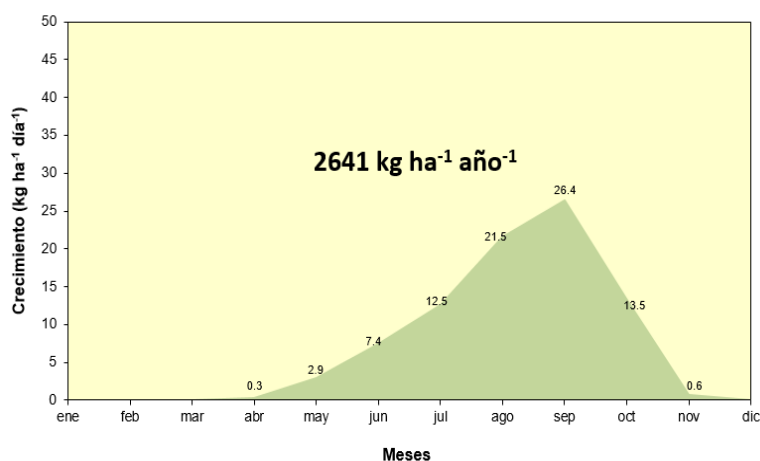


Figura 14. Crecimiento promedio del pastizal natural anual en tres localidades de secano mediterráneo de Chile. Las cifras en negrita indican la producción promedio anual de Materia seca.

En condiciones de secano mediterráneo puede ser factible el establecimiento de pasturas a base de mezclas de trébol subterráneo con gramíneas anuales (ballicas) o perennes (falaris). El establecimiento exitoso de estas mezclas depende de las condiciones de pluviometría, las que en promedio deben ser superiores a 350 mm año⁻¹. El pH del suelo es otra limitante importante, siendo requeridos valores superiores a 5,8. En este tipo de pasturas, bajo condiciones de adecuado abastecimiento hídrico, suelos profundos, con topografía suave y pH sobre 6,0, se pueden obtener producciones de MS superiores a los 6000 kg ha⁻¹ año⁻¹ (Figura 15).

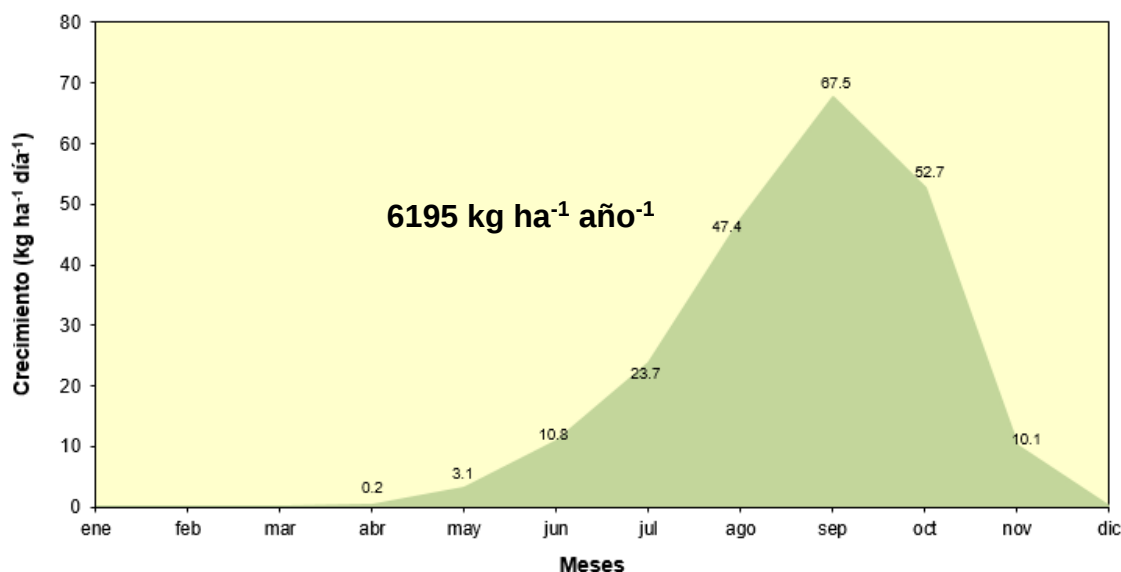


Figura 15. Crecimiento promedio de una pastura en base a mezcla de trébol subterráneo-gramínea, en una localidad de Litueche, secano costero de la VI Región (Litueche, 34 ° 07' Lat. S; 71° 48' Long. O; 200 m.s.n.m.) La cifra en negrita indica la producción de MS promedio anual.

El porcentaje de especies palatables corresponde a todas aquellas especies que son consumibles por el ganado, descartándose en este grupo a malezas espinosas y/o plantas que pueden ser tóxicas. En general en pastizales bien manejados el PSP es del orden de 90%, mientras que en pasturas de siembra, este porcentaje debiese ser superior al 95%.

El factor de uso apropiado que se debe aplicar a la fitomasa producida en la temporada de crecimiento, depende del tipo de pastizal, de su condición y del momento en que el pastizal es pastoreado. Para que la pradera o pastura mantenga o mejore su productividad a través del tiempo, es imperativo aplicar un nivel de utilización que entregue suficiente forraje para los herbívoros en pastoreo y además permita a las plantas del pastizal recuperarse de la defoliación que ello implica. La MS que permanece sobre la superficie del suelo protege a este de la erosión y es importante en el reciclaje de nutrientes. Para praderas de clima mediterráneo, el FUA oscila entre 50-60%, mientras que para pasturas que son utilizadas bajo una modalidad de pastoreo intensivo, el valor de FUA es del orden de 70-80%.

La demanda de MS de la unidad animal (UA) representa el consumo de MS de una vaca de carne adulta (450 kg de peso vivo), con un ternero al pie de hasta 6 meses de edad. Este consumo es del

orden de los 12 kg de MS al día, lo que en términos anuales representa 4380 kg de MS. Diferentes especies y categorías de animales, se pueden expresar en términos de Unidades Animales Equivalentes, cuyos valores se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Unidades animales equivalentes (UAE) y promedio diario de consumo de MS para varios tipos de herbívoros. Fuente: Adaptado de USDA-NRCS 2003.

Especie o categoría de animal Adulto ¹	UAE	Consumo diario de MS (kg)
Vaca seca (454 kg)	0,92	11,0
Vaca 454 kg con ternero	1,00	12,0
Toro	1,35	16,2
Vacuno de un año	0,60	7,2
Vacuno de dos años	0,80	9,6
Caballo adulto	1,25	15,0
Oveja adulta	0,20	2,4
Cordero de un año	0,15	1,8
Cabra adulta	0,15	1,8
Cabritilla de un año	0,10	1,2

¹ Animales jóvenes de todas las especies posee un UAE ≈ 60-70% de su equivalente adulto.

Ejemplo 9: Estimación de la capacidad de carga.

Se desea estimar la capacidad de carga de un sitio de 150 ha de pastizal natural del secano subhúmedo, que en promedio produce 2670 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹ y tiene un porcentaje de especies palatables del 90% ¿Cuántas unidades animales se pueden manejar en el predio anualmente?

Aplicando la fórmula de capacidad de carga, se tiene:

$$CC = \frac{2670 \times 90\%}{4380} \times 55\% = 0,30 \text{ UA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

Como el predio tiene una superficie de pastoreo de 150 ha, es posible manejar 45 UA en el predio (0,3 UA ha⁻¹ x 150 ha)

Si el predio antes mencionado se dedica a la producción ovina, ¿cuántas ovejas adultas puede sustentar anualmente?

Del Cuadro 7 se sabe que una oveja adulta equivale a 0,2 UA, por lo cual por simple regla de tres, se tiene:

1 oveja adulta..... 0,2 UA
X ovejas adultas..... 45 UA

X= 45 ÷ 0,2 = 225 ovejas adultas se podrían manejar en el predio durante un año.

Ejemplo 10. Incremento de la capacidad de carga al incorporar pasturas.

¿En cuántas ovejas se puede incrementar la capacidad talajera del predio del ejemplo anterior, si se establece un 10% de pasturas de siembra (Trébol subterráneo-gramínea).

Lo primero que debemos calcular es cuantas UA sustenta una pastura de trébol subterráneo-gramínea. Supongamos que esta pastura ya establecida produce en promedio 6195 kg de MS ha⁻¹ año⁻¹. Como se trata de una pastura bien manejada, el porcentaje de especies palatables debiese ser de 100%, mientras que el FUA para este tipo de pastura es del orden de 75%. Aplicando la fórmula, se tiene:

$$CC = \frac{6195 \times 100\%}{4380} \times 75\% = 1,06 \text{ UA ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$$

En el predio hay establecidas el equivalente a un 10% de la superficie predial, es decir 15 ha, por lo cual en dicha superficie es posible sustentar 15,9 UA (15 ha x 1,06 UA ha⁻¹), las que equivalen a 79 ovejas adultas (~ 15,9 UA ÷ 0,2 UA oveja⁻¹).

De pastizal natural quedan 135 ha, de las cuales cada una de ellas tiene una capacidad de carga de 0,3 UA o bien 1,5 ovejas adultas (0,3 UA ÷ 0,2 UA oveja⁻¹), por lo cual en este tipo de pastizal se podrán mantener alrededor de 202 ovejas. Por lo tanto, la carga predial total será:

79 ovejas adultas en la pastura + 202 ovejas adultas en el pastizal natural = 281 ovejas adultas.

El establecer un 10% de la superficie predial con una pastura significa pasar de 225 ovejas a 281 vientres, lo que representa un incremento de carga del 24,8%

5.2. Balance forrajero mensual.

El balance forrajero es una herramienta de manejo predial que consiste en la asignación de forraje de acuerdo a la tasa de crecimiento de un pastizal y la demanda de materia seca (MS) de los animales que lo utilizan. El balance forrajero puede ser considerado como una “*presupuesto financiero regular*” donde existen “*ingresos*” y “*gastos*”. Los “*ingresos*” incluyen el **forraje disponible, el crecimiento esperado del pastizal y el alimento suplementario disponible**. Bajo sistemas de producción basados en pastoreo directo, el forraje conservado (heno-silo) y los suplementos alimenticios (concentrados), se consideran elementos de apoyo frente a la existencia de un déficit de forraje proveniente del pastizal. En los “*gastos*” se incluyen las categorías de animales y sus objetivos productivos, aspectos que definen la **demanda total de alimento del rebaño**. Esta demanda puede establecerse en función de la energía metabolizable requerida por cada categoría de animal y para un estado fisiológico en particular, pero de manera sencilla se puede establecer en términos de la cantidad de materia seca (MS) requerida por las diferentes categorías de animales que conforman el rebaño. Normalmente el balance forrajero se efectúa con un intervalo de tiempo mensual, considerando un periodo de pastoreo estacional (algunos meses) o bien a nivel del año completo.

El balance forrajero puede ayudar a responder varias preguntas:

¿Será necesario establecer un programa de alimentación suplementaria?

¿Cuánto forraje puede ser cosechado para ser conservado?

¿Cuánto tiempo puede durar el período de rotación en el pastizal?

¿Cuánta densidad de carga promedio se puede utilizar en el pastizal?

¿Es adecuada la sincronía entre la curva de requerimientos de los animales con la curva de crecimiento del pastizal?

5.2.1 Procedimiento de cálculo.

Los “ingresos”.

El primer paso para establecer el balance forrajero es la adecuada medición del forraje que se tiene disponible al inicio del periodo en que se realizará el balance. Para lo anterior, se debe conocer la superficie del pastizal que está en rotación (ha) y la disponibilidad de MS en el potrero, expresada en kg ha^{-1} . En un segundo paso, es necesario conocer las variaciones mensuales que experimenta la tasa de crecimiento del pastizal. Este aspecto depende de muchos factores, entre los cuales los más importantes dicen relación con variables ambientales y de suelo, como también los asociados a la condición del pastizal. A modo de ejemplo, en la Figura 16 se presentan las tasas de crecimiento de un pastizal natural de secano, en la zona de Litueche, VI Región de Chile.

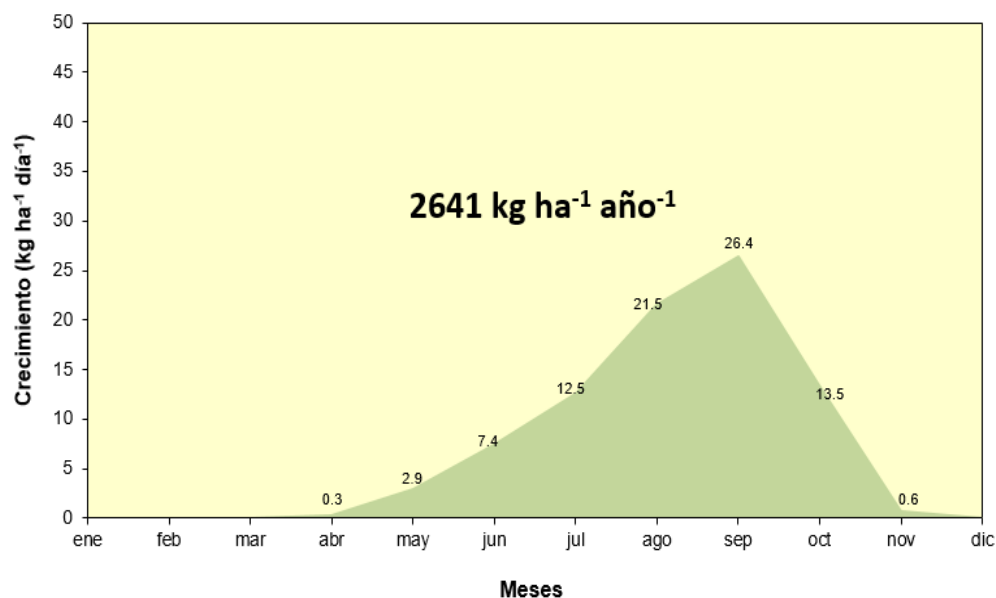


Figura 16. Crecimiento en un pastizal de secano en la localidad de Litueche, Región de O'Higgins.

Ejemplo 11. Estimación de la disponibilidad de pasto a fin de mes, considerando la MS residual y el crecimiento medio mensual.

En un predio ovejero en el cual existen 100 ha de praderas, se estima una disponibilidad de MS al 30 de julio de 1500 kg ha^{-1} . ¿Cuánta materia seca (kg) tendremos disponible a fines del mes de agosto, si la tasa de crecimiento del pastizal durante ese mes es de $22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$?

Al inicio del mes tenemos:

$$1500 \text{ kg ha}^{-1} \cdot 100 \text{ ha} = 150.000 \text{ kg}$$

A la cantidad anterior se debe sumar el crecimiento del pastizal durante los 31 días del mes:

$$22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1} \cdot 31 \text{ días} \cdot 100 \text{ ha} = 68.200 \text{ kg}$$

A fin de mes tendremos una cantidad de 218.200 kg de MS, equivalentes a 2.182 kg ha^{-1} .

Los “gastos”.

La demanda de alimento (MS) del rebaño es el “gasto” principal. El peso vivo de los animales es la variable más importante en definir el consumo de MS de los animales en pastoreo. Dicho consumo deberá contener los nutrientes necesarios para suplir la mantención y las necesidades de producción, las cuales son producto de la de la gestación, lactancia y crecimiento. Una guía gruesa para determinar el consumo de MS en diferentes categorías de ovinos, puede ser consultada en el Cuadro 3 de este manual.

Al consumo diario de MS estimado para una categoría de ovino deben sumarse las pérdidas producto del pisoteo. Una buena estimación de este aspecto es considerar que las pérdidas por pisoteo son equivalentes al 20% del consumo diario de MS (Court et al., 2010).

La demanda total de MS de una categoría de ovino, será calculada mediante el producto del consumo diario (consumo + pisoteo), el número de animales presentes en la categoría y largo del periodo considerado.

Ejemplo 12. Cálculo del consumo de MS un grupo de ovejas para un periodo de 30 días, considerando las pérdidas de MS por pisoteo.

Estimar el consumo de MS para un periodo de un mes (30 días) de un grupo de 100 ovejas que en promedio pesan 60 kg, que están en el último tercio de su gestación. De acuerdo con las cifras del Cuadro 8, el consumo de MS es equivalente al 3% del peso vivo.

Cada oveja del rebaño consume diariamente:

$$3,0\% \cdot 60 \text{ kg} = 1,80 \text{ kg de MS}$$

Las pérdidas diarias por pisoteo son equivalentes a un 20% de este consumo:

$$20\% \cdot 1,80 = 0,36 \text{ kg día}^{-1}$$

Por lo tanto, el consumo diario de cada oveja (incluyendo el pisoteo) es de:

$$1,80 + 0,36 = 2,16 \text{ kg día}^{-1}$$

Las 100 ovejas demandan en un periodo de 30 días:

$$2,16 \text{ kg día}^{-1} \cdot 100 \text{ ovejas} \cdot 30 \text{ días} = 6.480 \text{ kg de MS.}$$

A continuación analizaremos un ejemplo en donde se considerará conjuntamente los aportes del pastizal (ingresos) y la demanda del rebaño (gastos).

Ejemplo 13. Cálculo de un balance forrajero mensual.

Se desea efectuar un balance forrajero mensual entre los meses de abril y agosto, en un predio secano en la región de la O'Higgins, que tiene 100 ha de pradera, las cuales son utilizadas por 150 ovejas Suffolk (peso vivo promedio de 60 kg) y 30 borregas de reemplazo (peso vivo promedio de 40 kg). Consideraremos que los animales mantienen su peso durante el periodo, y que el consumo diario de MS equivale a un 3,0% y 3,5% del peso vivo, en ovejas y borregas, respectivamente (Cuadro 8). En ambas categorías de ovinos, las pérdidas por pisoteo equivalen a un 20% del consumo diario de MS. Al 31 de marzo se estima una disponibilidad promedio de forraje de 1500 kg ha⁻¹. Las tasas de crecimiento del pastizal natural son las que se presentan en el Cuadro 9:

Cuadro 9. Tasas de crecimiento de un pastizal natural de secano subhúmedo, entre los meses de abril y agosto.

	abril	mayo	junio	julio	agosto
Crecimiento (kg ha ⁻¹ día ⁻¹)	0,2	2,7	7,0	12,3	21,8

Paso 1: Aportes del pastizal durante el mes de abril (31 días):

Se debe considerar que a inicios del mes de abril hay disponibles en el pastizal 1500 kg ha⁻¹ de MS, lo que se denomina **Materia Seca Residual**. A esta MS se debe sumar el crecimiento esperado durante los 30 días del mes, tomando en cuenta toda la superficie del pastizal. Este cálculo, se detalla en el Cuadro 10:

Cuadro 10. Estimación del aporte del pastizal durante el mes de abril.

Superficie: 100 ha		Aporte mensual (kg)
MS residual (kg ha ⁻¹)	1500	1500 x 100 = 150.000
Crecimiento (kg ha ⁻¹ día ⁻¹)	0,2	0,2 x 30 x 100 = 600,0
TOTAL		150,600

En las 100 ha de pradera tendremos disponible a fines de enero 150,600 kg de MS (equivalentes a 1.506 kg ha⁻¹).

Paso 2: Demanda de MS del rebaño durante el mes de abril (30 días):

Se debe calcular el consumo diario de cada animal perteneciente a las distintas categorías, considerando su peso vivo y el factor de consumo por unidad de peso (Cuadro 8). Una vez calculado este consumo, se debe estimar las pérdidas por pisoteo, las cuales deben sumarse al consumo diario. De este modo, obtendremos la demanda diaria de MS de cada categoría de ovino. Posteriormente, dicha demanda debe extrapolarse al rebaño completo, tomando en cuenta el número de animales presentes en cada categoría y durante los 30 días del mes. El detalle de este cálculo, se presenta en el Cuadro 11:

Cuadro 11. Estimación de la demanda de MS mensual durante el mes de enero.

Categoría	N°	Peso vivo (kg)	Consumo (kg cab ⁻¹ día ⁻¹)	Pisoteo (kg cab ⁻¹ día ⁻¹)	Demanda diaria total (kg cab ⁻¹ día ⁻¹)	Demanda mensual (kg)
Ovejas adultas	150	60	60 x 0,030 = 1,80	1,80 x 0,2 = 0,36	1,80 + 0,36 = 2,16	2,16 x 150 x 30 = 9.720
Borregas	30	40	40 x 0,035 = 1,40	1,40 x 0,2 = 0,28	1,40 + 0,28 = 1,68	1,68 x 30 x 30 = 1.512
TOTAL						11.232

La demanda total de MS (incluida las pérdidas por pisoteo) de las 150 ovejas y 30 borregas durante los 30 días del mes de abril totalizan 11.232 kg

Paso 3: Considerando los “ingresos” y los “gastos”, lo que queda por realizar es el balance para el mes de abril, cálculo que se muestra en el Cuadro 12:

Cuadro 12. Balance forrajero para el mes de agosto.

Superficie: 100 ha	Aporte mensual (kg)
MS residual (kg)	150.000
Crecimiento del pastizal (kg mes ⁻¹)	600
Demanda total (kg mes ⁻¹)	11.232
Balance a fin de mes (kg mes⁻¹)	139.368 (1.394 kg ha⁻¹)

Considerando los “ingresos”, representados por la disponibilidad de MS residual a inicios del mes de abril más el crecimiento del pasto durante los 30 días de este mes, así como los “gastos” en el mismo periodo de tiempo, los cuales están dados por el consumo de las 150 ovejas y las 30 borregas (incluido las pérdidas por pisoteo), se tiene un balance positivo, que a fines del mes de abril totaliza 139.368 kg de MS. La cifra anterior, en términos de disponibilidad por unidad de superficie, representa 1.394 kg ha⁻¹. Este último valor representa el resultado del balance forrajero del mes y a su vez será la MS residual que se utilizará para efectuar el balance durante el siguiente mes (mayo), considerando en este caso, el crecimiento y la demanda del rebaño durante dicho mes. De acuerdo a lo anterior, podemos generalizar el procedimiento del cálculo mediante la siguiente expresión:

$$\text{BALANCE}_{(i)} = \text{MS RESIDUAL}_{(i-1)} + \text{CRECIMIENTO}_{(i)} - \text{DEMANDA}_{(i)} \quad [\text{Ec. 5}]^2$$

El resultado del balance forrajero entre los meses de abril y agosto, tomando en cuenta el procedimiento antes descrito, se presenta en Cuadro 13:

Cuadro 13. Balance forrajero para un rebaño de 150 ovejas y 30 borregas Suffolk, entre abril y agosto, en un pastizal natural de 100 ha.

	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Demanda ovejas (kg)	9.720	10.044	9.720	10.044	10.044
Demanda borregas (kg)	1.512	1562,4	1512,0	1562,4	1562,4
Demanda total (kg)	11.232	11606.4	11232	11606.4	11.606,4
Crecimiento (kg ha ⁻¹ día ⁻¹)	0,2	2,7	7,0	12,3	21,8
Crecimiento total (kg)	600	8.370	21.000	38.130	67.580
Cambio en el forraje disponible (kg)	-10.632	-3.236.4	9.768	26.523.6	55.973,6
Forraje Disponible total a fin de mes (kg) 150.000	139.368	136.131,6	145.899,6	172.423,2	228.396,8
Disponibilidad de MS a fin de mes (kg ha⁻¹) 1.500,0	1393,4	1361,3	1459,0	1724,2	2.284,0

Los resultados del cuadro anterior, suponen que el número de ovejas y borregas permanece constante a lo largo del periodo en que se efectúa el balance forrajero. También se supone constante el peso vivo de dichas categorías, así como el consumo por unidad de peso de estas. Lo anterior es una simplificación, por lo que si queremos lograr mayor precisión en los cálculos, debiésemos considerar estos aspectos como variables en el tiempo.

5.2.2 ¿Cómo analizar los resultados del balance forrajero?

El balance forrajero fue definido como una herramienta de manejo predial, por tanto, sus resultados pueden ser utilizados para evaluar si las decisiones que se han tomado, han sido las adecuadas.

Si la demanda de forraje (consumo total de MS del rebaño) excede la oferta (crecimiento del pasto + la MS residual), implica que los animales poseen mayores requerimientos que los otorgados por el pastizal, situación que podría generar sobrepastoreo. Analizar cuándo se produce el déficit de forraje permitirá evaluar si la solución consiste en utilizar forraje conservado o suplementos, o se debe reducir la carga animal de la explotación. Relacionado con lo anterior, es importante considerar que cuando la disponibilidad de forraje baja de un cierto umbral crítico (por ej: 1500 kg ha⁻¹), el consumo de MS, puede verse afectado, lo que traerá consecuencia negativas sobre el comportamiento productivo de los animales. Analizando los resultados de ejemplo anterior, los meses de abril, mayo y junio, podrían ser críticos de este punto de vista. Esta situación se presenta gráficamente en la Figura 17, donde se presentan la variación en la disponibilidad de forraje durante los meses en que se efectuó el balance forrajero.

² En la ecuación [5], el subíndice (i) hace referencia al mes en particular.

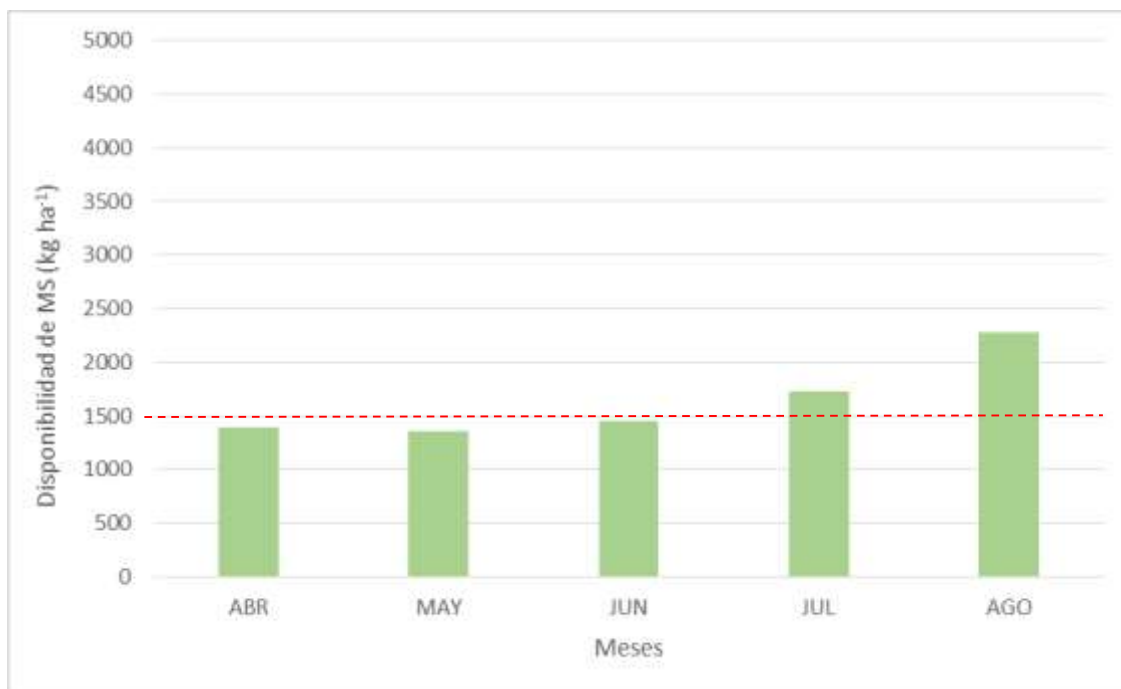


Figura 17. Disponibilidad de forraje proyectado mediante un balance forrajero efectuado entre los meses de abril y agosto, para un rebaño de ovinos Suffolk constituido por 150 ovejas y 30 borregas. La línea punteada indica la disponibilidad crítica bajo la cual es esperable reducción en el consumo de MS de los animales que afectarán su comportamiento productivo.

A partir de esta figura (y de los valores correspondientes a la disponibilidad a fin de mes que aparecen en el Cuadro 13), es posible cuantificar de manera gruesa las necesidades de suplementación para los meses de marzo, abril y mayo, proporcionando la diferencia entre la disponibilidad de MS en esos meses y el mínimo de MS requerida para no afectar el consumo del rebaño (los 1500 kg ha⁻¹ indicados anteriormente). Considerando esta situación, durante el mes de abril, deberán proporcionarse 107 kg ha⁻¹; en mayo serán necesarios 139 kg ha⁻¹ y en junio la cantidad de MS suplementaria será de 41 kg ha⁻¹). Llevando estas cifras a la superficie total, en los meses de abril, mayo y junio, se requerirá de 10.700; 13.900 y 4.100 kg de MS como alimento suplementario, respectivamente.

Por otra parte, si el balance forrajero indica que existe un superávit de forraje, la decisión puede ser disminuir la tasa de reposición para retener vientres o comprar animales para aumentar la carga animal.

Sin embargo, ambas situaciones deben ser analizadas con mucho cuidado y no es recomendable tomar decisiones sin poseer la información adecuada. Debido a la alta variabilidad en las condiciones climáticas, particularmente en zonas con déficit hídrico y sin disponibilidad de riego, las decisiones de modificar la carga animal se deben tomar con información proveniente de varios años de mediciones o estimaciones.

5.3 Algunos sistemas de manejo del pastoreo en pastizales.

Un sistema de pastoreo no es otra cosa que la manipulación del ganado en la pradera, de acuerdo con un simple calendario o plan de manejo que nos indica cuando, como y donde debe pastorear el ganado en el predio, con el fin de conservar en buena condición la pradera a través de una distribución del ganado y una utilización adecuada de las plantas para incrementar la producción. El objetivo principal del sistema de pastoreo es obtener la máxima producción de ganado, dando una utilización más uniforme del forraje en la pradera, proporcionando a las diferentes especies de plantas el tiempo suficiente para recuperarse después de cada período de pastoreo. Como consecuencia de este manejo, se incrementará la densidad y producción del forraje de las plantas más palatables. Lo anterior es particularmente importante en áreas sobre-pastoreadas, permitiendo que las plantas deseables produzcan semillas para asegurar su propagación.

Existen muchos tipos de sistemas de pastoreo, pero en todos ellos se persiguen los objetivos antes indicados. La selección del tipo de sistema de pastoreo dependerá de las condiciones climáticas, del tipo de vegetación y sus características de crecimiento, de la topografía del terreno, de la clase de animales y de los objetivos específicos de cada ganadero (Holechek et al., 2011). De hecho, no existe un sistema de pastoreo "universal" que sea aplicable a todos los tipos de praderas. A continuación se describen algunos de estos sistemas.

5.3.1 Pastoreo continuo: Es el más simple y consiste en pastorear con el número apropiado de animales en un potrero durante todo el año o en una determinada estación del año (Figura 18).

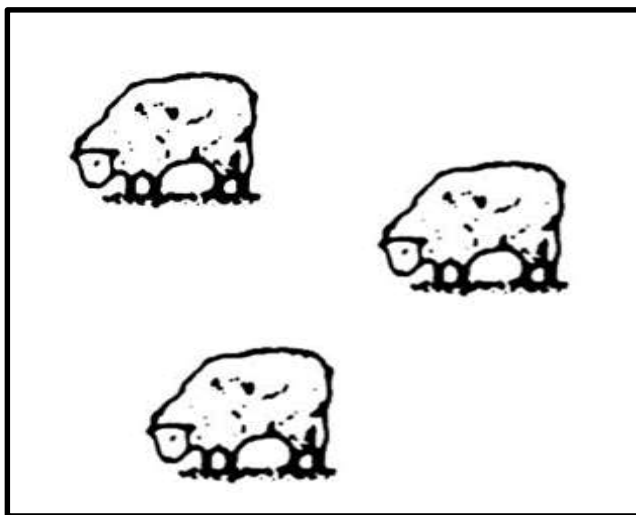


Figura 18. Esquema de un sistema de pastoreo continuo.

Este es el típico sistema que se aplica a las praderas de zonas mediterráneas, en sistemas extensivos de producción. En este tipo de pastoreo los animales utilizan continuamente la pradera por un periodo de tiempo prolongado (varias semanas, meses o estación completa). Corresponde a un sistema adecuado respecto de la producción ganadera y al mantenimiento de potreros que estén en

condición excelente o buena, en la medida que se maneje una adecuada carga animal, sin embargo no es un buen sistema para mejorar la condición de la pradera, cuando ésta es pobre o regular.

5.3.2 Pastoreo diferido: Es una variante del pastoreo continuo, el cual se basa en permitir periódicamente el descanso del pastizal durante periodos críticos, con el propósito de permitir la recuperación y mejoramiento del éste. Los potreros son utilizados en diferentes épocas del año y son rotados en cuanto a su estación de uso.

En la Figura 19 se esquematiza los distintos periodos de crecimiento de pastizales anuales de clima mediterráneo y los periodos críticos donde se debe tener cuidado con su utilización a través del pastoreo. Tanto el periodo de germinación como el de maduración (formación de semillas) son los periodos durante los cuales se debe ser más cauto respecto de su uso con ganado. El pastoreo durante la germinación y establecimiento de las plántulas genera pérdidas por pisoteo y arranque de plantas que se están estableciendo. Por otro lado, el pastoreo durante la floración y la maduración de las semillas de las plantas del pastizal, interrumpe dicho proceso impidiendo una adecuada producción de semillas que permita la resiembra en la temporada siguiente. Durante el periodo senescente del pastizal, el pastoreo debe ser realizado con precaución, procurando dejar un residuo mínimo de material senescente al final de la estación de crecimiento, el cual protege al suelo y contribuye a generar un microambiente que favorece la posterior germinación de las semillas. Este material senescente residual también afecta de manera importante la composición de especies vegetales y su producción en la temporada siguiente (Bartolome et al., 2002).

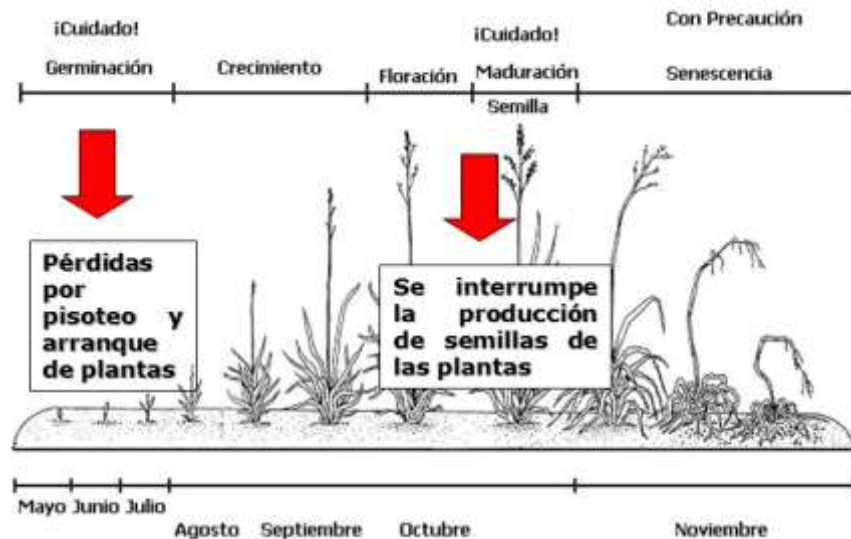


Figura 19. Crecimiento del pastizal mediterráneo y sus periodos críticos (adaptado de Meneses y López, 1990).

Supongamos un predio que cuente con tres potreros adecuadamente cercados, para su manejo mediante un sistema de pastoreo diferido donde se deben establecer periodos con y sin pastoreo, de acuerdo a como se esquematiza en la Figura 20.

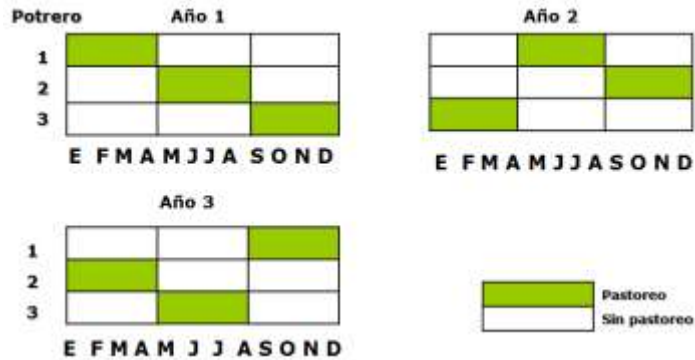


Figura 20. Esquemas de utilización de áreas de pastoreo de acuerdo con un sistema de pastoreo diferido.

Durante el primer año, el potrero N°1 es utilizado por ganado entre los meses de enero y abril, pasando al potrero N°2 a partir de mayo y hasta fines de agosto, para terminan el año pastoreando en el potrero N°3. Durante la segunda temporada, se sigue con el pastoreo en el potrero N°3 hasta fines de abril, momento en el cual se cambia a los animales al potrero N°1, donde permanecen hasta fines de agosto. Posteriormente, los animales son cambiados al potrero N° 2, donde pastorean hasta fin de año. En el tercer año, los animales siguen pastoreando en el potrero N°2 hasta fines abril, para luego ser cambiados al potrero N°3. Los animales permanecen en este potrero hasta fines de agosto, para finalizar el año pastoreando en el potrero N°1. A partir del cuarto año, se vuelve a repetir el esquema del primer año. En resumen, cada potrero es utilizado por un periodo acotado de tiempo, periodo que cambia de forma secuencial cada año, permitiendo de esta forma que el pastizal sea capaz de germinar y producir semillas sin la presión ejercida por los animales en pastoreo, al menos cada tres años.

Una variante al esquema de pastoreo explicado en el párrafo anterior, es el *pastoreo diferido con exclusión anual*. En este tipo de pastoreo, uno o más potreros son excluidos de uso durante todo un año (Figura 21).



Figura 21. Esquemización de sistema de pastoreo diferido con exclusión anual.

Los criterios para excluir de uso un potrero en una temporada o bien utilizar un potrero que haya sido excluido anteriormente, son los siguientes:

Siempre se excluirá de uso a aquel potrero que en la temporada anterior haya sido utilizado en los periodos más críticos (crecimiento y/o floración). A su vez, el potrero que haya sido excluido de uso

en la temporada anterior, se deberá utilizar durante el periodo de menor impacto del pastoreo (periodo seco).

5.3.3 Pastoreo rotativo: Este tipo de pastoreo es típico que se aplica en sistemas de utilización de pasturas donde el manejo del pastoreo es más intensivo. El pastizal es subdividido en un número determinado de subdivisiones (4 o más). Los animales son mantenidos en una de las subdivisiones (potrero) por un periodo definido, para luego ser trasladados a otro potrero en función de la disponibilidad de MS presente (o altura de la fitomasa). Las subdivisiones pueden ser permanentes o temporales, y en este último caso, es muy recomendable el uso de cerco eléctrico. Un esquema de este sistema de pastoreo, se muestra en la Figura 22.

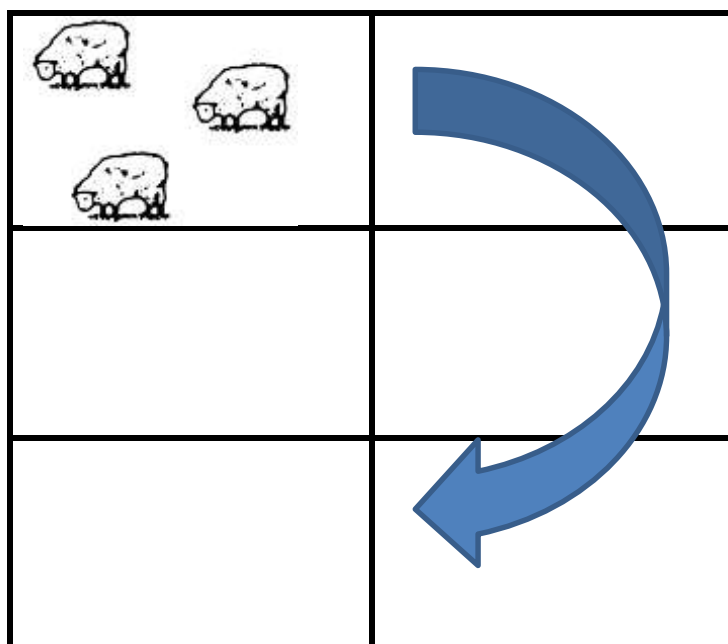


Figura 22. Esquema de un sistema de pastoreo rotativo.

Número de subdivisiones requeridas en un sistema de pastoreo rotativo.

En este sistema, el manejo del pastoreo se describe mediante la definición del periodo de pastoreo (P, días) y el periodo de descanso (D, días) que se aplica a cada subdivisión. La suma de ambos periodos representa el **ciclo de pastoreo (CP, días)**. Los conceptos anteriores se representan a través de la siguiente ecuación:

$$CP = P + D$$

[Ec. 6]

Conocido la duración en días) de P y D, se puede determinar el número de subdivisiones requeridas (N_{sub}):

$$N_{\text{sub}} = \frac{D}{P} + 1 \quad [\text{Ec. 7}]$$

La duración de los periodos D y P, varían dependiendo del ritmo de crecimiento del pastizal. Así, en la época de activo crecimiento del mismo, y para un período de pastoreo determinado, se requerirán periodos de descanso más cortos, lo que definirá un menor número de subdivisiones. Respecto de la duración del periodo de pastoreo, se debe señalar que este no debiese ser mayor a 7 días. Periodos de pastoreo más largos aumentan la probabilidad de consumo de plantas que en el inicio del periodo hayan sido ya consumidas, con el consecuente daño al proceso de rebrote de las mismas.

Ejemplo 14: Determinación del número de subdivisiones en un sistema de pastoreo rotativo.

Se requiere determinar el número de subdivisiones requeridas en un sistema de pastoreo rotativo en una pastura durante la primavera y el verano, considerando un periodo de descanso (D) de 15 y 30 días, respectivamente. En ambos casos el periodo de pastoreo es de 5 días ($P=5$).

Primavera:

$$N_{\text{sub}} = \frac{15}{5} + 1 = 4 \text{ subdivisiones}$$

Verano:

$$N_{\text{sub}} = \frac{30}{5} + 1 = 7 \text{ subdivisiones}$$

La frecuencia e intensidad de utilización de cada subdivisión es determinada a través de la medición de la disponibilidad de MS pre y post-pastoreo, o bien de la altura de la fitomasa pre y post-pastoreo. A modo orientativo, en el Cuadro 14 se muestran algunos valores de altura pre y post- pastoreo utilizado como criterio para decidir en qué momento es correcto ingresar los animales a la subdivisión y cuando es adecuado retirarlos.

Cuadro 14. Guía para pastoreo rotativo de algunas especies forrajeras (Ball *et al.*, 1999).

Tipo de pastura	Altura objetivo (cm)		Días de descanso ²
	Inicio del pastoreo	Término del pastoreo	
Alfalfa (variedades para heno)	25 - 40	5 - 10	35 - 40
Alfalfa (variedades para pastoreo)	25 - 40	5 - 10	15 - 30
Trébol blanco y subterráneo ¹	15 - 20	3 - 8	7 - 15
Otros tréboles	20 - 25	8 - 13	10 - 20
Festuca	10 - 20	5 - 8	15 - 30
Pasto ovillo	20 - 30	8 - 15	15 - 30
Ballica anual	15 - 30	8 - 10	7 - 15
Cereales (avena, cebada)	20 - 30	10	7 - 15
Bromo	20 - 30	8 - 10	20 - 30
Sorgo	50 - 60	20 - 30	10 - 20

¹ En mezcla con gramíneas, muy resistentes a la defoliación.

² El tiempo de descanso varía según la estación de crecimiento del pastizal. Será mayor en la época en que el pasto crece más lento y menor cuando el crecimiento del pastizal es acelerado.

Para determinar la altura del pastizal existen varios procedimientos. El más exacto y objetivo es la evaluación por corte. Este método es el más lento, caro y laborioso, siendo necesario realizar un número de al menos 10 cosechas, utilizando un cuadrante de 0,5 m² para la cosecha de las muestras, para de esa forma obtener un promedio representativo del valor de disponibilidad de MS (Figura 23).



Figura 23. Método de estimación de la disponibilidad de MS a través de corte directo en cuadrantes de 0,5 m².

El método de corte directo es poco práctico para aplicarlo a nivel de predios de productores, por lo cual su utilización está restringida en situaciones de investigación o para calibrar métodos indirectos de estimación de la disponibilidad de MS (Teuber, 2007). Al respecto, uno de los métodos indirectos

más utilizados en la estimación de la disponibilidad de MS, es el **plato medidor de altura comprimida** (Figura 24).



Figura 24. Plato medidor utilizado en la estimación de la altura y disponibilidad de MS en pasturas.

Este instrumento determina la altura comprimida que posee el pastizal en un momento determinado. Dicha altura esta correlacionada linealmente con la disponibilidad de MS presente en el pastizal, por lo cual esta variable es una medida indirecta de dicha disponibilidad. Para que el procedimiento sea efectivo, se deben registrar varias mediciones de altura, de manera de cubrir toda el área bajo pastoreo, por lo que en general se requerirán entre 50 a 100 determinaciones tomadas al azar en el área a pastorear (Teuber, 2007). Se debe tener presente que la relación entre la altura comprimida y la disponibilidad de MS, dependerá de varios factores, tales como el tipo de pastizal, el estado fenológico del mismo y la época del año en que se realicen las determinaciones por lo cual se deberán utilizar ecuaciones de regresión específicas para cada situación particular (Teuber, 2007).

Tamaño o superficie de las subdivisiones.

El tamaño de cada subdivisión (A, ha) se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$A = \frac{W \cdot DMI \cdot NA \cdot P}{MSdisp \cdot Util} \quad [Ec. 8]$$

donde W es el peso vivo promedio de los animales (kg); DMI es el consumo diario de MS por animal en base a un porcentaje del peso vivo (ver Cuadro 3); NA es el número de animales en pastoreo; P es el periodo de pastoreo (días); MSdisp es cantidad de MS disponible ($kg\ ha^{-1}$) en la subdivisión, la que es producto de la diferencia entre la cantidad de MS que hay presente en la subdivisión previo al ingreso de los animales y la cantidad de MS que se desea que quede como residuo una vez finalizado el periodo de pastoreo en la subdivisión. Util es el porcentaje de utilización de la MS disponible durante el periodo de pastoreo (60% en gramíneas; 75% en leguminosas).

Ejemplo 15. Determinación de la superficie de cada subdivisión en un sistema de pastoreo rotativo.

Determine el tamaño de cada subdivisión (A, ha) en una pastura de gramíneas durante la primavera, para un rebaño de 100 ovinos que pesan en promedio 60 kg, los cuales consumen el equivalente al 3% de su peso en MS. El periodo de pastoreo es de 5 días, la disponibilidad de MS previo al pastoreo es de 2200 kg ha⁻¹, mientras que la disponibilidad de MS residual es de 1000 kg ha⁻¹. El porcentaje de utilización de la pastura es de 60%.

Considerando que la MS_{disp} es igual a 1200 kg ha⁻¹ (2200 kg ha⁻¹ previo al pastoreo - 1000 kg ha⁻¹, posterior al pastoreo) y aplicando la fórmula anterior, se tiene:

$$A = \frac{60 \cdot 3\% \cdot 100 \cdot 5}{1200 \cdot 60\%} = 1,25 \text{ ha}$$

Cada subdivisión deberá tener una superficie de 1,25 ha.

Superficie total de pastoreo en cada ciclo.

En cada ciclo de pastoreo, se debe conocer la superficie total requerida, la cual se determina en función del número de potreros requeridos (N_{sub}) y del tamaño o superficie de cada subdivisión (A):

$$Sup = N_{sub} \times A \quad [\text{Ec. 9}]$$

Ejemplo 16. Determinación de la superficie total requerida en un ciclo de pastoreo rotativo.

Determine la superficie total para un ciclo de pastoreo de primavera que utiliza 4 subdivisiones de 1,25 ha cada uno.

Aplicando la fórmula anterior, se tiene:

$$Sup = 4 \times 1,25 = 5,0 \text{ ha}$$

La superficie total a pastorear en el ciclo de pastoreo de primavera es de 5,0 ha, la cual esta subdividida en 4 potreros de 1,25 ha cada uno.

Carga animal de cada ciclo de pastoreo (CG, cabezas ha⁻¹).

Se aplica al ciclo de pastoreo, o puede ser aplicado a través de una estación dentro del año o bien a nivel del total del predio en forma global. En este caso, se utiliza la siguiente ecuación:

$$CG = \frac{N^{\circ} \text{ animales en pastoreo}}{\text{Total de ha bajo pastoreo}} \quad [\text{Ec. 10}]$$

Ejemplo 17. Cálculo de la carga animal en un ciclo de pastoreo rotativo.

Determine la carga ganadera de un ciclo de pastoreo de primavera, donde pastorean 100 ovinos en una superficie de 5,0 ha.

Aplicando la fórmula anterior, se tiene:

$$CG = \frac{100 \text{ ovinos}}{5,0 \text{ ha}} = 20,0 \text{ ovinos ha}^{-1}$$

Densidad de Carga animal en cada ciclo de pastoreo (DCG, cabezas ha⁻¹).

Corresponde a la carga ganadera instantánea. Se determina considerando el número total de animales que pastorean pero en este caso, respecto a la superficie de cada subdivisión:

$$DCG = \frac{N^{\circ} \text{ animales en pastoreo}}{\text{Superficie de la subdivisión (A)}} \quad [\text{Ec. 11}]$$

Ejemplo 18: Cálculo de la densidad de carga animal en un ciclo de pastoreo rotativo.

Determine la densidad de carga ganadera de un ciclo de pastoreo de primavera, donde pastorean 100 ovinos en 4 subdivisiones de 1,25 ha cada una.

Aplicando la fórmula anterior, se tiene:

$$DCG = \frac{100 \text{ ovinos}}{1,25 \text{ ha}} = 80 \text{ ovinos ha}^{-1}$$

Durante la primavera, en cada subdivisión de 1,25 ha habrá una densidad de carga instantánea de 80 ovinos ha⁻¹, los cuales pastorearán por 5 días en cada una de ellas, para posteriormente ser cambiados a otra subdivisión de iguales dimensiones.

5.4 Medidas complementarias al manejo del pastoreo.

Existen medidas complementarias a los sistemas de pastoreo para mejorar el uso de los recursos disponibles y maximizar el sistema desde el punto de vista de la productividad. Todas estas medidas tienen por objetivo mejorar la distribución del ganado. Algunas de estos manejos son listados a continuación:

- Aumentar y/mejorar las fuentes de agua de bebida (manejo de vertientes).
- Mejorar ubicación de alambrados (apotramamiento).
- Proporcionar alimentación suplementaria en aquellas áreas donde el ganado rehúye el pastoreo.

- Disponer saleros lejos de las aguadas en áreas menos pastoreadas. Los saleros deben colocarse alejados de las fuentes de agua de bebida (> 400 m) y ser reubicados periódicamente en aquellos sectores donde el forraje va quedando sin uso durante el periodo de pastoreo.

6. Formulación de raciones.

Existen diversos métodos para formular raciones completas que cumplan con los requerimientos de los animales. Una forma simple de poder establecer la proporción correcta de cada ingrediente es el método del **Cuadrado de Pearson**, también llamada “*método de la fórmula cruzada*”. Este procedimiento busca encontrar la proporción de dos ingredientes en una mezcla de alimentos. Una premisa para que este método proporcione el resultado esperado, con los nutrientes balanceados de forma correcta, es que uno de los ingredientes nutrientes debe tener una concentración de nutriente menor a la requerida y el otro ingrediente debe contenerla en mayor cantidad a lo necesario. Este método se ejemplifica a continuación:

Ejemplo 19. Utilización del cuadrado de Pearson para formular una ración compuesta por dos ingredientes.

Tenemos un grupo de corderos Suffolk que en promedio pesan 40 kg, slo que se requiere engordar en corral (feedlot), para lograr una ganancia de 250 g día⁻¹. El consumo de MS de estos corderos, se estima en un 3,75% del peso vivo y los requerimientos de energía metabolizable ascienden a 15,1 MJ día⁻¹. Se dispone de grano de avena y heno de alfalfa, por lo cual se desea saber las proporciones y la cantidad que se debe entregar de cada uno de estos alimentos, para que la mezcla supla los requerimientos energéticos de los corderos.

El consumo diario de MS de los corderos es del orden de 1,5 kg de MS (3,75%·40 kg) y como conocemos los requerimientos de EM (15,1 MJ día⁻¹), podemos calcular la concentración energética que debiese tener la ración que formularemos, lo que se calcula dividiendo el requerimiento de EM por el consumo diario de MS:

$$\frac{\text{Requerimiento de EM}}{\text{Consumo de MS}} = \frac{15,1 \text{ MJ}}{1,5 \text{ kg MS}} = 10,1 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ de MS.}$$

Para utilizar el cuadrado de Pearson, se debe colocar el valor de EM deseado en el centro del cuadrado (10,1 MJ kg⁻¹ en este ejemplo). Posteriormente, se debe colocar el valor concentración de EM de los dos alimentos en las esquinas de la izquierda del cuadrado (9,08 MJ kg⁻¹ MS en el caso de heno de alfalfa y 11,63 MJ kg⁻¹ de MS para el grano de avena).

A continuación se debe restar (en diagonal) los valores de EM de los alimentos, del valor de EM presente en el centro del cuadrado. Los resultados de las sustracciones, expresados en valores absolutos, se deben colocar en las esquinas de la derecha del cuadrado.

El resultado de la resta entre la concentración objetivo y la concentración del heno de alfalfa (10,1 – 9,08 = 1,02), se coloca en la esquina inferior derecha y la correspondiente al grano de avena (10,1 -

11,63 = 1,53), se coloca en la esquina superior derecha del cuadrado, de la forma como está esquematizado en la Figura 25.

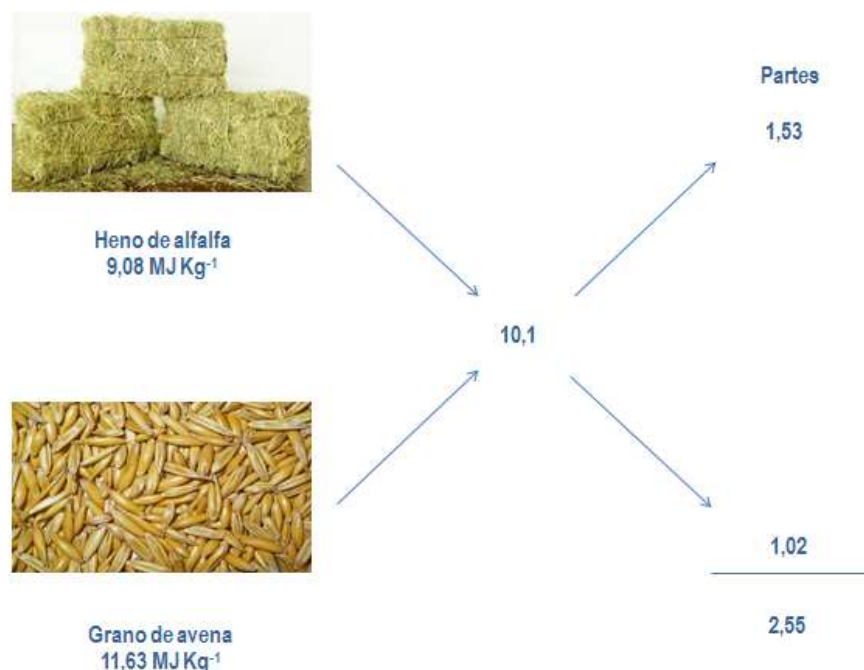


Figura 25. Ejemplo método de formulación de raciones con dos ingredientes mediante Cuadrado de Pearson.

Entonces, los valores obtenidos son 1,53 partes de heno de alfalfa y 1,02 partes de grano de avena. Las partes totales son 2,55 y resultan de la suma de las partes de heno de alfalfa y el grano de avena. Cada parte individual de cada alimento se expresará como porcentaje al ser divididas por las partes totales ($1,53 \div 2,55 = 60\%$ para el heno de alfalfa y $1,02 \div 2,55 = 40\%$ para el grano de avena).

Desprendemos del cálculo anterior que la mezcla a formular debe contener un 60% de heno de alfalfa y 40% de grano de avena. Como sabemos que el consumo diario promedio de cada cordero es de 1,5 kg de MS, este consumo estará compuesto de 0,9 kg de MS de heno de alfalfa ($1,5 \times 60\%$) y 0,6 kg de MS de grano de avena ($1,5 \times 40\%$).

Como todo el cálculo se hizo en base a MS, debemos transformar los valores antes calculados, considerando cada ingrediente "tal como ofrecido", tomando en cuenta el contenido de MS de cada alimento. El heno de alfalfa contiene 89% de MS, por lo tanto corresponde a 1,01 kg de heno "tal como ofrecido" ($0,90 \div 89\%$). Para el grano de avena el contenido de MS promedio es de 90%, de forma que "tal como ofrecido" será equivalente a 0,67 kg de grano ($0,60 \div 90\%$).

Al corregir estos valores, obtenemos una ración total de 1,68 kg que deberán ser entregadas a cada cordero diariamente, en forma "tal como ofrecida", la cual está constituida por 1,01 kg de heno de alfalfa más 0,67 kg de grano de avena. Al expresar la participación de los dos ingredientes, pero esta vez sobre la base del total "tal como ofrecido", tendremos un 60,1% de inclusión de heno de alfalfa ($1,01 \div 1,68$) y 39,90% de grano de avena ($0,67 \div 1,68$). Estos porcentajes son finalmente los que debemos utilizar para formular la ración que cumpla con los requerimientos de los corderos con las características antes mencionadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

ANRIQUE, R., MOLINA, X., ALFARO, M., SALDAÑA, R. 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. 4ta ed. Consorcio Lechero - Universidad Austral de Chile.

BALL, D., G. LACEFIELD, AND C. HOVELAND. 1999. Forage Pocket Guide

COURT, J.; WEBB-WARE, J. AND HIDES, S. 2010. Sheep Farming for Meat & Wool. CSIRO Publishing, Department of Primary Industries, Victoria, Australia. 322 p.

GEORGE, M. AND M. BELL. 2001. Using Stage of Maturity to Predict the Quality of Annual Range Forage. ANR Publ. 8019, Div. of Agric. And Nat. Res., Univ. of Calif., Oakland, Calif. 7 pgs.

HINTON, D. 2007. Supplementary feeding of sheep and beef cattle. 2da Ed. Collingwood, VIC Landlinks, Australia. 91 p.

HOLLAND, J.N; CHENG, W.; CROSSLEY, Jr. D.A. 1996. Herbivore-induced changes in plant carbon allocation: Assessment of below-ground carbon fluxes using C-14. *Oecologia* 107:87-94.

JARRIGE, J., 1989. INRAtion. Publishers CNERTA, Dijon, France.

MENESES, R. R. Y J. E. LÓPEZ. 1990. Sistema de pastoreo para zonas de secano. Investigación y Progreso Agropecuario (IPA). La Platina N° 57. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental La Platina. 28-33.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS: SHEEP, GOATS, CERVIDS, AND NEW WORLD CAMELIDS. 2007. National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press. Washington DC, USA. 106 p.

OSBOURNE, D. F. 1980. The feeding value of grass and grass production. In: Grass, its production and utilization. Ed. W. Holmes. P 70-124. British Grassland Society, Huerley, Berkshire, UK.

UNITED STATES (USDA)-NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS). 2003. National Range and Pasture Handbook, USDA Natural Resources Conservation Service Grazing Lands Technology Institute. Cap. 6

WAGHORN, G.C.; BARRY, T.N. 1987. Pasture as a nutrient source. Livestock Feeding on pasture. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publications 10: 31-38.