



InterSedes: Revista de las Sedes Regionales

ISSN: 2215-2458

intersed@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Cerdas Ramírez, Roberto

Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos y  
estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica

InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, vol. XIV, núm. 29, julio-diciembre, 2013, pp. 128-153

Universidad de Costa Rica

Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=66629448009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# INTERSEDES

## Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica



Puerto Viejo.  
Pintor: Luis Obregón

---

Formulación de raciones para carne y leche.  
desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de  
Guanacaste, Costa Rica

Roberto Cerdas Ramírez

[www.intersedes.ucr.ac.cr](http://www.intersedes.ucr.ac.cr)

ISSN 2215-2458

Vol. XIV, N°29 (2013)

### **Consejo Editorial Revista InterSedes**

Director de la Revista:  
Dr. Edgar Solano Muñoz. Sede de Guanacaste

### **Consejo Editorial:**

M.Sc. Jorge Bartels Villanueva. Sede del Pacífico. Economía  
M.L. Edwin Quesada Montiel. Abarca. Sede del Pacífico. Enseñanza del Inglés  
Dra. Ethel García. Sede de Occidente. Historia.  
Dra. Magdalena Vásquez. Sede Occidente. Literatura  
M.L. Guillermo González. Sede Atlántico. Filología  
M.Ph. Jimmy Washburn. Sede Atlántico. Filosofía. Bioética  
M.L. Mainor González Calvo. Sede Guanacaste. Filología  
Ing. Ivonne Lepe Jorquera. Sede Limón. Administración. Turismo  
Dra. Ligia Carvajal. Sede Limón. Historia

Editor Técnico: Bach. David Alonso Chavarría Gutiérrez. Sede Guanacaste.  
Editora: Guadalupe Ajún. Sede Guanacaste  
Pintura de caratula: “Puerto Viejo”. Autor: Luis Obregón

### **Consejo Científico Internacional**

Dr. Raúl Fornet-Betancourt. Universidad de Bremen, Alemania.  
Dra. Pilar J. García Saura. Universidad de Murcia.  
Dr. Werner Mackenbach. Universidad de Potsdam, Alemania. Universidad de Costa Rica.  
Dra. Gabriela Marín Raventós. Universidad de Costa Rica.  
Dr. Mario A. Nájera. Universidad de Guadalajara, México.  
Dr. Xulio Pardelles De Blas. Universidad de Vigo, España.  
M.Sc. Juan Manuel Villasuso. Universidad de Costa Rica.

Indexación: Latindex / Redalyc/ SciELO

Licencia de Creative Commons

Revista Electrónica de las Sedes Regionales de la Universidad de Costa Rica, todos los derechos reservados.

Intersedes por [intersedes.ucr.ac.cr](http://intersedes.ucr.ac.cr) está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica License.



Formulación de raciones para carne y leche.  
desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de  
Guanacaste, Costa Rica

Formulating rations for dairy and beef cattle.  
Development of a practical module for technician and livestock students of  
Guanacaste, Costa Rica

Roberto Cerdas-Ramírez <sup>1</sup>

Recibido: 02.09.13.

Aprobado: 09.12.13

#### Resumen

Este módulo es un producto del proyecto de investigación “Germoplasma forrajero para Guanacaste” y pretende aportar herramientas prácticas a los técnicos y estudiantes de los cursos de producción animal de Guanacaste, en la formulación de raciones para bovinos productores de carne y leche.

En Guanacaste la mayoría de las fincas producen bajo pastoreo. Pero, algunas fincas suplementan a los animales sin ningún balance. En la búsqueda de producir en forma intensiva, surgen opciones muy exigentes como el engorde y la producción de leche en establo, que incrementan el uso de alimentos y buscan más eficiencia en el proceso. Otro objetivo importante en la formulación de raciones balanceadas totales, es reducir la contaminación ambiental por efluentes de los sistemas intensivos de producción animal.

Más importante que el contenido de nutrientes es estimar, en la forma más precisa posible, el consumo máximo de alimento y nutrientes que el animal puede tener, de acuerdo con la condición fisiológica, la calidad del alimento y los efectos ambientales. Existen varios métodos para formular o balancear raciones totales para animales, como son: manual, por medio de ecuaciones algebraicas, cuadrado de Pearson, hojas de Excel, software programado, de mínimo costo usando el complemento Solver de Excel, entre otros.

#### Palabras clave:

raciones balanceadas, necesidades nutricionales, composición de alimentos, mínimo costo.

#### Abstract

This model for formulating rations was developed through the investigation project: "Forage Germplasm for Guanacaste." It is a practical tool for elaborating beef and dairy cattle feed ration programs for technicians and university students in the animal production course at the University of Costa Rica, in Guanacaste,.

In Guanacaste, most farms produce livestock on open rangeland. Although some farmers supplement animal feed throughout specific times of the year to compensate, this is done without regard for ration balance. In searching for intensive production, several strict constraints arise, such as the amount of production and growth required which increase the amount of feed used and

---

<sup>1</sup> Costarricense. Agrónomo. Docente e investigador de la Universidad de Costa Rica. Sede Guanacaste. Email: rcerdasucr@hotmail.com

demand for greater efficiency in the process. Another important objective in the formulation of total balanced rations is to reduce the amount of environmental contamination caused by effluents of intensive animal production systems.

More important than the nutrient content is to estimate, as precisely as possible, the maximum amount of feed and nutrients the cattle can intake considering their physiological condition, quality of feed and environmental effects. There are several methods to formulate total balanced rations for animals including manual calculations, algebraic equations, Pearson square, Excel spreadsheets, specific application software, and least-cost solutions applying Excel's Solver module.

Key words: balanced rations, nutrient requirements, feed composition, least-cost

## Módulo sobre formulación de raciones para rumiantes

### Introducción

En Guanacaste la mayoría de las fincas producen bajo pastoreo, pero algunas fincas suplementan a los animales sin ningún balance. En la búsqueda por producir en forma intensiva, surgen opciones muy exigentes como el engorde y la producción de leche en establo, que incrementan el uso de alimentos y buscan más eficiencia en el proceso. Otro objetivo importante, en la formulación de raciones balanceadas totales, es reducir la contaminación ambiental por efluentes de los sistemas intensivos de producción animal.

De los costos diarios en la producción animal, los alimentos representan el rubro más importante, tanto en los sistemas de producción de leche como en los de carne, por lo que es de vital importancia utilizarlos de forma óptima y balancearlos, de manera que sean bien orientados para un objetivo específico de producción (Gadberry, 2010).

Algunos términos que hay que definir, antes de empezar a hablar sobre formular raciones para animales, son: una ración es la cantidad de alimentación que un animal recibe en un período de 24 horas. Pero una ración balanceada es la cantidad de alimento que suministrará las proporciones de adecuadas de nutrientes necesarios para que un animal realice un propósito específico, como mantenimiento, actividad física, crecimiento, lactancia y gestación.

Los nutrientes son componentes de los alimentos para animales que ayudan en el soporte de la vida, y sus interacciones regulan la mayoría de los procesos de producción. Los principales son: agua, proteína (aminoácidos), carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas.

Los animales requieren de una cantidad de nutrientes para cada propósito específico. Estas necesidades se ven afectadas por el peso del animal, el sexo, la edad, el crecimiento deseado, la etapa de producción, la gestación, la lactancia, la actividad física y por el medio ambiente (Gadberry, 2011; García, 2007).

La cantidad de nutrientes específicos contenidos en un alimento se expresan en materia seca, para que el contenido de humedad no interfiera con los cálculos. Pero luego del balance alimentario, esta cantidad se lleva de nuevo a base húmeda, “como ofrecido”. La composición del alimento se puede obtener por un análisis químico directo en un laboratorio, o utilizando tablas con promedios del alimento, las cuales son menos precisas pero más baratas. Los parámetros más comunes analizados del alimento son: materia seca, proteína cruda, energía, fibra y minerales.

Más importante que el contenido de nutrientes es estimar, en la forma más exacta posible, el consumo máximo de alimento y nutrientes que el animal puede tener, de acuerdo con la condición fisiológica, la calidad del alimento y los efectos ambientales (Araujo-Febres, 2005).

Existen varios métodos para formular o balancear raciones totales para animales, como son: manual, por medio de ecuaciones simultáneas, cuadrado de Pearson, hojas de Excel, software programado, raciones de mínimo costo usando el complemento Solver de Excel, entre otros.

Este módulo es un producto del proyecto de investigación “Banco de germoplasma forrajero para Guanacaste” (Vega y Cerdas, 2012) y pretende aportar herramientas prácticas a los técnicos y estudiantes de los cursos de producción animal de la Sede de Guanacaste, en la formulación de raciones balanceadas para rumiantes.

### **Bases para el programa de formulación de raciones**

#### *Paso 1. Requisitos de nutrientes de los bovinos*

Los requerimientos nutricionales para el ganado están influenciados por dos factores principales: el animal y el medio ambiente en donde se desenvuelve. El objetivo de este tema debe ser el establecimiento de los requerimientos nutricionales para ganado de carne y leche basado en el tamaño del cuerpo (peso), la etapa de la producción, la tasa de crecimiento y la lactancia (Gadberry, 2005).

El establecimiento de los requerimientos nutricionales de un grupo de ganado va más allá de sólo buscar en una tabla y dar con alguna estimación de las necesidades. Se inicia con el desarrollo de una base de información acerca del hato (tamaños, edades, razas, crecimiento) que se pueden utilizar para definir mejor las necesidades de los animales. (Gadberry, 2005; Parish, 2009).

Los requerimientos nutricionales de las vacas adultas se basan en cuatro criterios básicos: el tamaño del cuerpo, la condición corporal, la etapa de producción y el nivel de producción de leche durante la lactancia; sin embargo, existen otros aspectos que modifican los requerimientos y que definen las necesidades totales en un hato.

**Requisitos nutricionales del ganado de leche:** un hato lechero está formado por tres tipos de animales: terneras y novillas de reemplazo, vacas en producción y vacas secas. Cada uno de estos grupos tiene distintas necesidades nutritivas, por lo tanto, deben recibir raciones diferentes. En algunas fincas de leche, las vacas en producción están, además, divididas por producción de leche. Pero en hatos homogéneos de alta productividad, se tiende a formular una ración única para todos los animales en lactación, una ración para los animales secos, una ración para terneras y novillas. Las raciones de las vacas de leche se formulan combinando uno o dos forrajes (que aportan fibra), concentrados (aportan energía y proteína), sales minerales, vitaminas, aditivos, tampones, probióticos y otros (Pritchard et al, 2010).

La alimentación tiene que cubrir las necesidades de mantenimiento. Una parte importante de los nutrientes ingeridos por las vacas los destinan al mantenimiento del estado corporal, como funciones vitales (respiración, circulación, digestión, excreción), actividad física, renovación de células y mantenimiento de la temperatura corporal.

Los requisitos para elaborar raciones, para terneras y novillas de reemplazo, se observan en el Cuadro 1; además de indicar las necesidades por categorías de edad en meses y peso en kilogramos, hace un estimado del consumo que la ternera o la novilla podría tener, como porcentaje del peso vivo y en kilogramos de la materia seca. Por otro lado, indica los porcentajes necesarios de proteína cruda de las raciones, que el animal debe ingerir para un crecimiento adecuado. En el manejo alimentario del hato de una finca lechera, las raciones para vacas secas y vacas en transición (alrededor del parto) son las más complicadas, por la variabilidad del consumo y el producto de los cambios en los microorganismos ruminales. El Cuadro 2 define parámetros por utilizar para formular raciones para vacas secas. Este cuadro divide las necesidades para vacas secas, iniciando con el descanso postlactancia (8 semanas antes de parir) y las prontas, que son aquellas a las que les faltan cerca de 3 semanas para el parto. También incorpora los conceptos de proteína soluble, proteína degradable y proteína indegradable (Martínez, 2002).

**Cuadro 1. Requisitos para raciones de terneras de reemplazo** (adaptado de Pond, Church y Pond, 1995)

EDAD; meses	3-6	7-12	13-18	19-22
PESO; kg	125	275	400	550
CONS. kgMS	3-5	5-7	7-9	9-12
CMS %PV	2.9	2.7	2.5	2.2
<i>Nutrientes; % Materia Seca</i>				

Proteína cruda	16	15	14	12
ENm; Mcal.kg <sup>-1</sup> MS	1,72	1,46	1,43	1,37
ENg; Mcal.kg <sup>-1</sup> MS	1,10	0,97	0,88	0,88
FAD	19	22	22	22
FND	23	25	25	25
Ca	0,5-0,6	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,5
P	0,38	0,34	0,30	0,28
Minerales	0,30	0,3	0,30	0,30
Vit. A; UI	2205	2205	2205	2205
Vit. D; UI	309	309	309	309
Vit. E; UI	24	24	24	24

**Cuadro 2. Requisitos para raciones de vacas secas** (adaptado de Pond,Church y Pond, 1995)

<b>Parámetro</b>	<b>Vacas Secas</b> 8-3 sem. ap.	<b>Vacas Prontas</b> 3 sem. ap.
Consumo esperado, %PV	1,8-2,1	1,6-1,8
Proteína cruda, %MS	<b>12-13</b>	<b>13-14</b>
SIP, %PC	40-50	35-45
DIP, %PC	65-70	62-67
UIP, %PC	30-35	33-38
NEL, Mcal.kg <sup>-1</sup> MS	<b>1,21-1,32</b>	<b>1,32-1,54</b>
ADF, %MS	35-40	25-35
NDF, %MS	45-55	35-45
Ca, %MS	0,5-0,6	0,6-0,7
P, %MS	0,25-0,30	0,3-0,35

Los objetivos principales en la alimentación de las vacas lecheras que no se encuentran en producción (vacas secas), deben ser: maximizar el consumo de alimento; adaptar los microorganismos ruminales y las papilas a una dieta alta en energía; realizar un buen balance de calcio , de minerales y vitaminas; evitar cambios bruscos en el peso del animal y minimizar los problemas al parto, como son fiebre de leche (hipocalcémia), cetosis (acetonemia), retención de placenta, desplazamiento abomasal y mastitis (Heinrichs et al, 1996). Las vacas lecheras deben tener un período de descanso luego de la lactancia, entre 45 y 70 días, debido al desgaste de la actividad.



Para balanceos más específicos de raciones, se deben tomar en cuenta los diferentes tipos de proteínas y cómo son afectadas por la digestión de la vaca, como la proteína que es degradable en el rumen (DIP) y la proteína que no es degradada en el rumen, pero es potencialmente degradable en el intestino delgado (UIP). Debe existir un equilibrio entre la producción microbiana óptima en el rumen, la cantidad de energía que se suministra y la cantidad de proteína que puede ser utilizada para apoyar el desarrollo de la población microbiana. Si la DIP es insuficiente en la dieta, el crecimiento microbiano limitará la ingesta y digestibilidad de la ración (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3. Requisitos para raciones de vacas en lactancia** (adaptado de Pond, Church y Pond, 1995)

	LACTANCIA		
	<i>Inicio</i> < 10 sem.	<i>Media</i> 10-20 sem.	<i>Final</i> > 20 sem.
Consumo estimado, %PV	> 4,0	3,5-4,0	3,0-3,5
PC, %MS	<b>17-18</b>	<b>16-17</b>	<b>14-16</b>
SIP, %PC	30-35	35-40	35-40
DIP, %PC	60-65	60-65	60-65
UIP, %PC	35-40	35-40	35-40
ENL, Mcal.kg <sup>-1</sup> MS	<b>1,65-1,76</b>	<b>1,60-1,65</b>	<b>1,50-1,60</b>
FAD, %MS	18-20	21-23	22-24
FND, %MS	26-30	32-34	34-36
FND forraje, %MS	20-22	23-25	25-27
CNE, %MS	35-40	35-40	35-40
Grasa máxima, %MS	6-8	4-6	4-5
Ca, %MS	0,70-0,90	0,65-0,75	0,60-0,70
P, %MS	0,45-0,50	0,40-0,45	0,35-0,40

El mismo Cuadro 3 presenta, además del fraccionamiento de la proteína, las necesidades de fibra ácida detergente (FAD), fibra neutra detergente (FND) fibra efectiva (FNDf), para regular la acidez del rumen y almidones o carbohidratos no estructurales (CNE), (Hoffman et al, 2007).

No todo el nitrógeno que contiene los alimentos son proteínas verdaderas. Estas se llaman fuentes de nitrógeno no proteico (NNP). Muchos de estos compuestos de NNP se puede convertir en proteína microbiana en el rumen bajo condiciones adecuadas. Generalmente, las fuentes de NNP tales como urea no se utilizan tan bien como la proteína natural, cuando el ganado se encuentra consumiendo raciones altas en forraje o tienen altas necesidades proteicas. Como es el caso del ganado joven con altas tasas de crecimiento, aquí se deben utilizar fuentes de proteína verdadera en los suplementos (Gadberry, 2005).

El modelo de la 7ª edición del NRC de 2001, sobre los requisitos de nutrientes del ganado vacuno lechero, predice las necesidades nutritivas de animales lecheros y evalúa las dietas en

función de su capacidad para cubrir esas necesidades. Es necesario alterar las necesidades nutritivas cuando cambia la composición de la dieta y su ingestión. Esta es una herramienta muy útil que proporciona a los nutricionistas información sobre la respuesta de los rendimientos a cambios en la dieta.

Para novillas en crecimiento y terneras, el modelo ilustra los efectos del ambiente y permite explicar por qué estos animales no crecen o se engordan fácilmente. La creciente sofisticación de las herramientas para resolver estos problemas, implica la necesidad de entender nuevos conceptos (Linn, 2013).

Sin embargo, en este artículo, para facilitar los cálculos de balance, se utilizará la tabla de requisitos nutricionales para ganado de leche NRC (1989). Lo anterior porque el objetivo es desarrollar un módulo práctico y fácil de manejar y porque las tablas de composición de alimentos en nuestros medios están carentes de algunos parámetros (especialmente los forrajes), necesarios para formular raciones con requisitos muy sofisticados.

El Cuadro 4, sobre los requisitos para vacas en lactancia y preñadas del NRC (NRC, 1989), está integrado por cuatro secciones: necesidades de mantenimiento, necesidades de gestación, necesidades de producción de leche y necesidades para cambio de peso. Para las novillas en crecimiento, se debe aumentar las necesidades de mantenimiento para todos los nutrientes en 20% durante la primera lactancia y, en 10%, para la segunda lactancia. Por actividad física, solo se incrementa el requisito de energía de mantenimiento de 5 a 15%.

**Cuadro 4. Requisitos de vacas en lactancia y preñadas (modificado de NRC,1989)**

<i>PESO VIVO</i> <i>kg</i>	<i>ENERGÍA</i>			<i>PROTEÍNA</i>	<i>MINERALES</i>	
	<i>ENL</i> <i>Mcal</i>	<i>EM</i> <i>Mcal</i>	<i>ED</i> <i>Mcal</i>	<i>RUDA</i> <i>gr</i>	<i>Ca</i> <i>gr</i>	<i>P</i> <i>gr</i>
<b>Mantenimiento de vacas en lactancia</b>						
400	7,16	12,01	13,80	318	16	11
450	7,82	13,12	15,08	341	18	13
500	8,46	14,20	16,32	364	20	14
550	9,09	15,25	17,53	386	22	16
600	9,70	16,28	18,71	406	24	17
650	10,30	17,29	19,86	428	26	19
700	10,89	18,28	21,00	449	28	20
<b>Gestación (solo 2 últimos meses)</b>						
400	2,14	3,25	4,43	572	10	5
450	2,37	3,54	4,83	632	12	5
500	2,54	3,84	5,23	689	13	6
550	2,72	4,12	5,61	745	14	6
600	2,91	4,40	6	801	15	7
650	3,09	4,67	6,37	853	17	7
700	3,26	4,93	6,73	901	18	8
<b>% Grasa Producción de leche (nutrientes por kg)</b>						
3.0	0,64	1,07	1,23	78	2,73	1,68
3.5	0,89	1,15	1,33	84	2,97	1,83
4.0	0,74	1,24	1,42	90	3,21	1,98
4.5	0,78	1,32	1,51	96	3,45	2,13
<b>Peso Cambio de peso en lactancia (nutrientes por kg)</b>						
PERDIÓ	- 4,92	- 8,25	- 9,55	- 320	-	-
GANÓ	+ 5,12	+ 8,55	+ 9,96	+ 320	-	-

**Requisitos nutricionales del ganado de carne:** El cuadro 5 indica las necesidades de ganado de engorde para razas pequeñas y medianas, con pesos vivos entre los 200 kg y 450 kg y rangos de ganancia de peso diaria de 0,500 kg a 2,000 kg. Se divide en seis secciones: necesidades de mantenimiento para los diferentes pesos, requisitos para ganancia diaria de energía neta (ENg), proteína metabolizable (PM), proteína cruda (PC) adicionada por el autor, al original de esta tabla, y calcio y fósforo.

**Cuadro 5. Requisitos nutricionales para crecimiento y engorde de ganado de carne**  
(modificado de NRC, 2000)

<b>Peso, kg</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>350</b>	<b>400</b>	<b>450</b>
<i>Requisitos para mantenimiento</i>						
ENm, Mcal.día <sup>-1</sup>	4,1	4,84	5,55	6,23	6,89	7,52
PM, g.día <sup>-1</sup>	202	239	274	307	340	371
PC, g.día <sup>-1</sup>	302	357	409	458	508	554
Ca, g.día <sup>-1</sup>	6	8	9	11	12	14
P, g.día <sup>-1</sup>	5	6	7	8	10	11
<i>Ganancia, kg.d<sup>-1</sup></i>	<i>Requisitos de energía para ganancia ENg, Mcal.día<sup>-1</sup></i>					
0,500	1,27	1,50	1,72	1,93	2,14	2,33
1,000	2,72	3,21	3,68	4,13	4,57	4,99
1,500	4,24	5,01	5,74	6,45	7,13	7,79
2,000	5,81	6,87	7,88	8,84	9,77	10,68
<i>Requisitos de proteína metabolizable para ganancia PM, g.día<sup>-1</sup></i>						
0,500	154	155	158	157	145	133
1,000	299	300	303	298	272	246
1,500	441	440	442	432	391	352
2,000	580	577	577	561	505	451
<i>Requisitos de proteína cruda para ganancia PC, g.día<sup>-1</sup></i>						
0,500	230	231	236	234	216	199
1,000	446	448	352	349	406	367
1,500	658	657	660	645	384	525
2,000	866	861	861	837	754	673
<i>Requisitos de calcio para ganancia Ca, g.día<sup>-1</sup></i>						
0,500	14	13	12	11	10	9
1,000	27	25	23	21	19	17
1,500	39	36	33	30	27	25
2,000	52	47	43	39	35	32
<i>Requisitos de fósforo para ganancia P, g.día<sup>-1</sup></i>						
0,500	6	5	5	4	4	4
1,000	11	10	9	8	8	7
1,500	16	15	13	12	11	10
2,000	21	19	18	16	14	13

---


$$ENm = 0,077 \text{ Mcal} \times \text{Peso}^{0,75} \quad PM \text{ gr.día}^{-1} = 3,8 \text{ gr} \times \text{Peso}^{0,75} \quad PC \text{ gr.día}^{-1} = PM / 0,67$$


---

Uno de los cambios más significativos de las nuevas tablas de requerimientos para el ganado de carne (NRC, 1996, 2000), es la forma de expresarlos. Se cambió de proteína cruda a proteína degradable y proteína metabolizable. Se debe entender como proteína degradable a la proteína disponible para los microorganismos ruminales, mientras que la proteína metabolizable es la proteína utilizada por el animal, y es la suma de la proteína bacteriana digestible producida en el rumen y la proteína no degradable digestible de los alimentos consumidos por el animal (Mejía y Mejía, 2007).

El requerimiento de proteína se puede dividir en dos: consumo de proteína degradable, el cual es utilizado para cubrir el requerimiento de los microorganismos y el consumo de proteína no degradable, como la proteína de escape ruminal, que es utilizada por el animal a nivel del intestino delgado junto con la proteína microbiana que llega del rumen. La eficiencia en la síntesis de proteína cruda bacteriana es clave para cubrir los requerimientos proteicos del bovino en forma económica. De esta manera la predicción de la síntesis de proteína cruda bacteriana es un importante componente del nuevo sistema de proteína metabolizable (MacLoughlin, 2005, 2009).

El mantenimiento y crecimiento de los bovinos requiere de proteína metabolizable (proteína verdadera absorbida en el intestino) y energía en los tejidos en proporciones adecuadas, según el tamaño y la composición de la ganancia de peso. Para el uso eficiente de los nutrientes, es primordial lograr el balance entre la proteína metabolizable y la energía a nivel tisular y entre proteína degradable y la energía en el rumen. Mientras el excedente de proteína metabolizable en los tejidos es degradado y utilizado como fuente de energía, lo que constituye un proceso ineficiente desde el punto de vista energético y económico, el déficit restringe el crecimiento del animal.

Bajos aportes de proteína degradable en el rumen, en relación con la energía en el rumen, limitan el desarrollo de los microorganismos, lo que disminuye la fermentación de la materia orgánica del alimento y el aporte de energía para el medio interno del bovino. En la medida que los animales avanzan en su crecimiento, la participación de la proteína en la composición química de la ganancia de peso disminuye, y el consumo de alimento por kilogramos producido, aumenta (McLoughlin, 2005).

## ***Paso 2. Consumo de alimentos de los bovinos***

Diariamente el animal dedica un tiempo limitado al pastoreo, para lo cual necesita lograr una alta tasa de consumo para que su ingesta total no esté restringida. La producción ganadera sobre pasturas, predominante en nuestro país, depende en gran medida de la cantidad y calidad del forraje

producido, de la capacidad del animal para cosecharlo y utilizarlo eficientemente y de la capacidad del productor para manejar los recursos a su disposición, siendo la cantidad de alimento consumido el principal factor que determina la productividad animal. El consumo diario de forraje puede analizarse como el producto de tres variables: el forraje consumido en un bocado durante el pastoreo, el tiempo diario dedicado al pastoreo y la tasa de consumo (Galli, 1996; Araujo-Febres, 2005).

Otro aspecto importante que se debe considerar es el gasto energético de los vacunos en pastoreo, Di Marco (1998) encontró que el pastoreo de alta tasa de bocados es el componente de la actividad de mayor costo energético, y es el que mayor incidencia tiene en el mantenimiento del animal en pastoreo (15%), debido a que es una actividad que los animales llevan a cabo durante varias horas al día (7-10 horas). El pastoreo a moderada tasa de bocado, así como la caminata en plano y en pendiente son actividades de bajo costo energético y, en consecuencia, no afectan en gran medida el costo en energía de mantenimiento (2-5%). El gasto extra de energía por caminar es bajo y puede ser compensado con un ligero aumento del consumo.

Algunos factores como el espacio de comedero (60 cm por vaca), el número y la localización de los bebederos, así como frecuencia de distribución del alimento, son esenciales para mejorar el consumo de materia seca. También los cambios de temperatura son responsables de fluctuaciones en la ingestión. Cuando la temperatura se encuentra entre 5 y 20 °C, la vaca no activa los mecanismos adicionales de generación de calor o refrigeración. Sin embargo, cuando la temperatura ambiental está fuera de este rango, las necesidades de energía y de consumo se modifican, resultando en una pérdida de producción. Los factores de ajuste de la ración pueden suponer un incremento o una reducción de la ingestión del 10 al 15% (Eastridge et al, 1998). Las ecuaciones de Eastridge, ajustan el valor medio de ingestión, pero las vacas adultas son más sensibles al calor (la reducen en 20%) que las primerizas, las cuales reducen la ingestión en 9%. (Calsamiglia, 2009).

La ecuación para estimar el consumo de materia seca (CMS) de las vacas lecheras se describe a continuación (NRC, 2001; Linn, 2001):

$$CMS_{\text{Leche}} = (0,372 \times LCG \text{ 4\%} + 0,0968 \times PV^{0,75} \times (1 - e^{(-0,192 \times (SL+3,67))}))$$

*LCG= leche corregida al 4% de grasa*      *PV= peso vivo de la vaca en kg*  
*e= 2,71828*      *SL= semanas en lactancia*

El término  $(1 - e^{(-0,192 \times (SL + 3,67))})$  corrige la disminución del consumo de materia seca (CMS) al principio de la lactación. Es muy sensible a la SL, especialmente durante las diez primeras semanas. Las diferencias en CMS entre la primera y la segunda o las lactaciones posteriores son

tenidas en cuenta a través del PV y de la LCG 4%. Una diferencia de 100 kg en PV supone un cambio de la CMS de 1,5 kg/día.

A pesar de la excelente predicción del consumo de materia seca en vacas lecheras, de la ecuación anterior, para este módulo específico se utilizarán los datos del Cuadro 6 debido a que, para calcular el consumo, con esta ecuación se debe hacer una hoja de Excel que contemple las diferentes situaciones que pueden ocurrir. Este Cuadro 6 fue calculado con las tablas y ecuaciones de NRC (1989) hechas por Wattiaux (1998) y presenta una predicción de la ingestión de materia seca por vacas de 400 hasta 700 kilogramos.

En cuanto a producción de leche esta tabla asume que vacas de 400, 500, 600 y 700 kg producen leche de 5,0, 4,5, 4,0, 3,5 y 3,5% de grasa, respectivamente. También se asume que las vacas aumentan su peso corporal 0,055% cada día. Por ejemplo, una vaca de 500 kg de peso que produce 16 kilogramos de leche por día, debe consumir cerca de 15,0 kg de materia seca por día. Por otro lado, en el mismo cuadro se puede observar que una vaca seca de 600 kg PV, consume casi la misma cantidad que una vaca en producción, con 4 kilogramos de leche por día.

Para el ganado de carne existen varias ecuaciones que describen el consumo de materia seca, e igual que con el ganado de leche estas ecuaciones han evolucionado y mejorado con el tiempo, siendo cada vez más precisas al estimar el consumo diario de los animales.

La siguiente ecuación para estimar el consumo diario de materia seca fue desarrollada por el NRC (2000):

$$CMS_{\text{Carne}} = 4,54 + 0,0125 \times iPV$$

*donde iPV = peso inicial de animal cuando inicia el engorde*

Esta ecuación predice el promedio de consumo de alimento durante un período de alimentación, y los resultados sugieren que el peso vivo inicial del animal (iPV), cuando este se inicia en un programa de alimentación, está relacionado linealmente con el promedio de consumo durante todo el período de alimentación.

El Cuadro 7 es un extracto y una modificación de las tablas presentes en el NRC (2000) y Gadberry (2010), e indican el consumo diario de animales en desarrollo, con varios pesos y ganancias de peso.

**Cuadro 6. Ingestión diaria de materia seca por vacas lecheras** (calculado de NRC,1989 por Wattiaux, 1998)

	Peso corporal, kg			
	400	500	600	700
	Ingestión de vacas preñadas - secas, kgMS.día <sup>-1</sup>			
	7,4	8,8	10,1	11,3
Producción de leche, kg.día <sup>-1</sup>	Ingestión de vacas en producción en las etapas media y final, kgMS.día <sup>-1</sup>			
2	7,0	8,1	8,9	10,0
4	8,2	9,2	9,9	11,0
6	9,4	10,3	10,9	12,0
8	10,5	11,4	12,0	12,9
10	11,7	12,5	13,0	13,9
12	12,6	13,3	13,9	14,7
14	13,5	14,2	14,7	15,5
16	14,3	15,0	15,5	16,2
18	15,1	15,8	16,2	17,0
20	15,9	16,6	17,0	17,7
22	16,6	17,3	17,7	18,4
24	17,3	18,1	18,5	19,1
26	18,0	18,8	19,2	19,8
28	18,7	19,4	19,8	20,5
30	19,3	20,1	20,5	21,1
32	19,9	20,7	21,2	21,8
34	20,5	21,4	21,8	22,4
36	21,1	22,0	22,4	23,0
38	21,6	22,5	23,0	23,6
40	22,2	23,1	23,6	24,2

*Al inicio de lactancia (primeras 10 semanas), los valores indicados de consumo de materia seca por día se deben reducir en 18% (multiplique por 0,82).*

A pesar de que el Cuadro 7, a diferencia de la ecuación, toma en cuenta las ganancias diarias de peso, se puede observar, en este mismo cuadro, que no existe una tendencia clara del consumo al aumentar la ganancia diaria. Este hecho refuerza el fundamento de la ecuación y parece que la ganancia tiene una gran influencia sobre los requisitos diarios del animal y por ende, sobre la densidad de la ración, pero no así sobre el consumo diario. El Cuadro 8 muestra los factores de ajuste para carne.



**Cuadro 7. Consumo diario de materia seca de novillos de engorde con diferentes pesos y ganancias** (modificado de Gadberry, 2010)

Peso kg	Ganancia kg	Consumo kg.día <sup>-1</sup>	Peso kg	Ganancia kg	Consumo kg.día <sup>-1</sup>
350	0,4	8,9	445	0,4	10,7
	1,0	9,4		1,0	11,3
	1,5	9,2		1,5	11,0
	1,9	8,7		1,9	10,4
381	0,4	9,5	476	0,4	11,2
	1,0	10,0		1,0	11,8
	1,5	9,8		1,5	11,6
	1,9	9,3		1,9	11,0
413	0,4	10,0	508	0,4	11,8
	1,0	10,7		1,0	12,4
	1,5	10,4		1,5	12,2
	1,9	9,8		1,9	11,5

**Cuadro 8. Factores de ajuste para el consumo de acuerdo con las condiciones del animal y el ambiente, y ajuste de la energía neta de mantenimiento para diferentes razas de ganado para carne** (NRC, 2000)

Factor de ajuste	Multiplique Consumo x	Raza	Multiplique ENm x	P.nace kg	P. leche, kg.día <sup>-1</sup>
<b>Raza:</b> Holstein	<b>1,08</b>	Angus	<b>1,00</b>	31	8,0
Holstein x carne	<b>1,04</b>	Braford	<b>0,95</b>	36	7,0
<b>Efecto grasa:</b>		Brahman	<b>0,90</b>	31	8,0
21,3 (350kg)	<b>1,00</b>	Brangus	<b>0,95</b>	33	8,0
23,8 (400kg)	<b>0,97</b>	Braunvieh	<b>1,20</b>	39	12,0
26,5 (450kg)	<b>0,90</b>	Charolais	<b>1,00</b>	39	9,0
29,0 (500kg)	<b>0,82</b>	Chianina	<b>1,00</b>	41	6,0
<b>Implante:</b> SÍ	<b>1,00</b>	Hereford	<b>1,00</b>	36	7,0
Implante: NO	<b>0,94</b>	Holstein	<b>1,20</b>	43	15,0
<b>Temperatura</b> °C		Jersey	<b>1,20</b>	31	12,0
> 35 noches cali.	<b>0,65</b>	Limousin	<b>1,00</b>	37	9,0
> 35 noches frías	<b>0,90</b>	Maine Anjou	<b>1,00</b>	40	9,0
25-35	<b>0,90</b>	Nelore	<b>0,90</b>	32	7,0
15-25	<b>1,00</b>	Piemontés	<b>1,00</b>	38	7,0
<b>Barro en patas</b>		Sahiwal	<b>0,90</b>	38	8,0
No hay barro	<b>1,00</b>	S. Gertudis	<b>0,95</b>	33	8,0
Medio, 10-20 cm	<b>0,85</b>	Gelbvieh	<b>1,10</b>	39	11,5
Alto, 30-60 cm	<b>0,70</b>	Simmental	<b>1,20</b>	39	12,0

### Paso 3. Composición de alimentos para ganado bovino

Uno de los mayores problemas en el balance de raciones es la disponibilidad de tablas locales de composición de alimentos y, cuando se obtienen, no cuentan con los parámetros modernos que requieren las tablas de necesidades nutricionales de los animales. Por ejemplo, para ganado de leche son pocos los alimentos con datos sobre energía neta de lactancia ( $EN_L$ ), proteína degradable en el rumen (DIP), proteína no degradable (UIP), entre otras. En ganado de carne, no se encuentran los datos disponibles de los alimentos ni subproductos, valores de proteína metabolizable (PM), energía neta de mantenimiento ( $EN_m$ ), ni energía neta de ganancia ( $EN_g$ ). Aunque algunos datos se pueden calcular, es un poco laborioso, cuando el avance en la investigación en requerimientos de los animales, no va a la misma velocidad de las tablas de alimentos. Por otro lado, el costo de los análisis de materias primas específicas es difícil de costear para los pequeños y medianos productores de Guanacaste.

A continuación, se presentan dos tablas de composición recopiladas en la región de proyectos de investigación, análisis locales (Vargas y Zumbado, 2003) y algunos datos calculados, para facilitar el desarrollo de este ejercicio. El Cuadro 9 indica la composición de fuentes forrajeras disponibles en la región, para uso del balance.

**Cuadro 9. Composición de fuentes forrajeras disponibles en Guanacaste**  
(recopilación propia)

<i>Alimento</i>	<i>MS</i> %	<i>PC</i> %	<i>EM</i> <i>Mcal.kg<sup>-1</sup></i>	<i>EN<sub>L</sub></i> <i>Mcal.kg<sup>-1</sup></i>	<i>FC</i> %	<i>Ca</i> %	<i>P</i> %	<i>Consumo</i> <i>kg ofrec.1/</i>
Estrella	28	11,0	1,8	1,30	34	0,40	0,30	18-11
Brachiaria	25	11,5	2,8	1,40	29	0,40	0,20	20-12
Brachipará	27	11,0	1,8	1,00	33	0,30	0,20	18-11
Guinea	21	12,0	1,9	1,30	30	0,40	0,30	23-14
Gigante	19	8,5	1,8	1,20	32	0,40	0,30	25-15
Maralfalfa	18	13,5	1,9	1,40	30	0,35	0,28	25-15
Silo maíz	33	8,0	2,5	1,40	28	0,38	0,30	< 8,0
Silo sorgo	28	8,5	1,9	1,30	33	0,46	0,20	< 8,0
H.Transvala	87	4,5	1,6	1,00	30	0,26	0,20	< 5,0
Bagazo	90	1,5	1,3	0,90	45	0,90	0,30	< 3,0
Caña azúc.	32	4,0	2,0	1,50	28	0,45	0,20	< 6,0
Bana. verde	21	5,5	2,8	1,80	5	0,06	0,08	< 6,5
Naranja fres	21	7,3	2,8	1,70	18	2,00	0,15	< 5,0
Naranja sec	90	6,5	2,8	1,60	13	1,80	0,12	< 2,0
Melaz caña	72	4,0	2,5	1,60	---	1,00	0,10	< 1,0
Pollinaza	84	17,0	1,8	1,20	18	3,10	1,50	< 3,0
Cratylia	31	18	1,8	1,20	34	0,58	0,39	< 5,0
Botón oro	20	24	2,0	1,30	18	2,14	0,35	< 8,0

1/ En kg fresco "como ofrecido", se sugiere el uso en raciones totales balanceadas, que permitan la inclusión de otros componentes o no afecten la salud del animal.

Algunas de los documentos consultados para la elaboración de los cuadros 9, 10 fueron: Cerdas y Vallejos (2010, 2011, 2012, 2013), Vallejos y Cerdas (2010) y Vega y Cerdas (2012).

El Cuadro 10 presenta las materias primas disponibles en Guanacaste para suplementar a bovinos y es una recopilación de varias referencias y varios análisis de fábricas de concentrados; además, se aportan los límites utilizados en raciones para rumiantes. Varios parámetros fueron calculados. La selección de cuáles utilizar se analiza de acuerdo con el precio, que será la meta principal cuando se buscan raciones de bajo precio.

**Cuadro 10. Subproductos de molinería y otros disponibles** (recopilación propia)

<i>Subproducto</i>	<i>MS</i>	<i>PC</i>	<i>EM</i>	<i>EN<sub>L</sub></i>	<i>FC</i>	<i>Ca</i>	<i>P</i>	% Límite 2/	
	%	%	Mcal.kg <sup>-1</sup>	Mcal.kg <sup>-1</sup>	%	%	%	Lech <sup>e</sup>	Carn <sup>e</sup>
Maíz molido	87	8,0	2,9	1,9	2,3	0,03	0,29	45	40
Harina de soya	88	46,0	2,9	1,8	5,0	0,29	0,62	SL	SL
Dest. maíz	88	23,0	2,8	1,8	8,0	0,07	0,78	12	10
Acemite trigo	88	15,0	2,2	1,4	10,0	0,13	0,97	18	14
Cascar. de soya	89	12	2,6	1,7	33,0	0,50	0,15	18	13
Semolina arroz	89	14,0	2,7	1,8	7,7	0,10	1,4	15	10
Harina coquito	93	16,0	2,8	1,8	19,0	0,27	0,58	8	8
Cascar. Coquito	90	16,0	2,5	1,6	20,0	0,25	0,59	10	10
Grasa sobrep.	---	---	5,5	4,4	---	---	---	4	3
H. pescado	93	70	3,3	2,2	0,4	2,6	2,0	4	4
H. se. Algodón	90	39,0	2,3	1,5	17,0	0,21	1,95	12	10
Urea + azufre	92	---	---	---	228	---	---	< 1	< 1

2/ Se refiere al máximo porcentaje en la ración o concentrado. SL significa sin límite.

#### **Paso 4. Formulación de raciones para bovinos**

Casi todos los balances actualmente se formulan con programas de cómputo, por lo que, para realizar esta práctica, se necesitan algunas adaptaciones y simplificar los procesos (Cooke y Bohnert, 2011; Gadberry, 2012). Se va a trabajar por casos enunciados con base teórica, pero que se puedan adaptar a cualquier situación de la vida real. También se tratará, en la medida de lo posible, de resolver los casos con diferentes métodos de formulación de raciones, especialmente los más simples y prácticos bajo las condiciones de la región.

**Caso 1:** Se requiere balancear una mezcla para unas vacas secas de lechería en Bijagua que, además de pastorear en un potrero de calidad baja (8%PC), se busca apoyar su alimentación con un mezcla suplementaria que contenga 20% de proteína cruda (PC). ¿Cuáles serían las proporciones de los

ingredientes, si solo se cuenta con maíz molido y harina de soya? Para iniciar, primero se deben revisar los Cuadros 1 y 10, con el fin de corroborar los requisitos nutricionales y la composición de los alimentos. Para esta mezcla, se usará el cuadrado de Pearson, a mano, o se calcula con un software (Excel spreadsheet), como el elaborado por el autor, RegistrU (Cerdas, 2009) el cual entre las herramientas, cuenta con Pearson. El cálculo se inicia con el siguiente esquema de composición y requisitos.

<i>Materia</i>	<i>PC</i> %	<i>EN<sub>L</sub></i> <i>Mcal.kg<sup>-1</sup></i>	<i>Ca</i> %	<i>P</i> %
Maíz Molido	8,0	1,9	0,03	0,29
H. Soya	46,0	1,8	0,29	0,62
Req. Vaca seca	<b>20</b>	---	---	---

La clave de Pearson es ordenar los ingredientes, de acuerdo con su contenido de proteína (u otro nutriente). Se debe observar si el valor buscado se encuentra entre los valores de los ingredientes (8 - 20 - 46).

Mezcla A				%
Maíz	8,0	26,0	0,684	68,4
		20,0		
Soya	46,0	12,0	0,316	31,6
		38		

Se debe restar en diagonal, sin importar el signo (46-20= 26; 8-20=12); luego se suman los dos residuos (26+12=38) y se calculan las proporciones (26/38= 0,684; 12/38= 0,316). Luego se verifica la composición de la mezcla, de la siguiente manera,

Cálculo de la cantidad y el contenido de la mezcla:

<i>Materia</i>	<i>Mezcla</i> %	<i>Cálculos</i>	<i>PC</i> %	<i>EN<sub>L</sub></i> <i>Mcal.kg<sup>-1</sup></i>
Maíz	68,4	0,684 x 8	5,47	1,292
Soya	31,6	0,316 x 46	14,53	0,569
	100,0		<b>20,0</b>	1,86

El porcentaje de cada ingrediente de la mezcla se multiplica por el contenido de nutrientes de cada materia prima, para comprobar la mezcla. Como asignación calcule el calcio y fósforo de la mezcla.

La respuesta sería que la mezcla debe llevar 68,4% de maíz y 31,6% de harina de soya, para conformar una mezcla de 20% de proteína cruda. Antes de hacer las mezclas, hay que llevar los ingredientes a base “como ofrecido”, ya que están en base de materia seca, dividiendo los ingredientes entre la materia seca del ingrediente dividido por 100. Los límites del maíz no aplican en este caso, porque las vacas secas están en pastoreo y la mezcla representa sólo una parte de la ración total.

**Caso 2:** Se desea balancear una mezcla para novillos de engorde en Nandayure de 350 kg de peso y que ganan 1,5 kg por día. Los animales pastorean en Brachiaria (11,5%PC) y reciben un suplemento al medio día “a voluntad”, esta mezcla es tan solo un complemento al pasto. Se desea elaborar una mezcla que contenga 15,0% de proteína cruda (PC) y 2,5 Mcal.kg<sup>-1</sup> de EM. ¿Cuáles serían las proporciones de los ingredientes, si sólo se cuenta con semolina de arroz, destilados de maíz, melaza y pollinaza?

<i>Materia</i>	<i>PC</i> %	<i>EM</i> Mcal.kg <sup>-1</sup>	<i>FC</i> %	<i>Ca</i> %	<i>P</i> %
Semolina	14,0	2,7	7,7	0,1	1,4
Destilados	23,0	2,8	8,0	0,07	0,78
Melaza	4,0	2,5	0	1,0	0,1
Pollinaza	17,0	1,8	18	3,1	1,5
Req. Novillos	<b>15,0</b>	<b>2,5</b>			

Lo primero que hay que ordenar son las materias primas, que entre los dos valores de proteína de cada par esté el valor que se busca (que siempre 15 se encuentre en medio de los valores de proteína). Se deben calcular dos mezclas con 15% PC; luego, una tercera mezcla, de las dos primeras, para calcular la energía, porque las dos mezclas tendrán 15% de PC.

Mezcla A	PC			Cálculo EM	EM
Destilados	23,0	11,0	<b>0,579</b>	0,579 x 2,8	1,62
	<b>15,0</b>				
Melaza	4,0	8,0	<b>0,421</b>	0,421 x 2,5	1,05
	19,0				
		1,0			<b>2,7</b>

Mezcla B	PC			Cálculo EM	EM
Semolina	14,0	2,0	<b>0,667</b>	0,667 x 2,7	1,8
	<b>15,0</b>				
Pollinaza	17,0	1,0	<b>0,333</b>	0,333 x 1,8	0,6
	3,0				
		1,0			<b>2,4</b>

La mezcla A tiene 15%PC y 2,7 Mcal.kg<sup>-1</sup>. La mezcla B tiene 15%PC y 2,4 Mcal.kg<sup>-1</sup>. Ahora, se deben mezclar, para obtener una mezcla C de 15%PC y 2,5 Mcal.kg<sup>-1</sup> como lo requiere la finca.

Mezcla C	EM			%
Mezcla A	2,7	0,10	<b>0,333</b>	33,3
	<b>2,5</b>			
Mezcla B	2,4	0,20	<b>0,667</b>	66,7
	0,30			
		1,0		100

Por último es necesario comprobar los valores finales de la mezcla, para ver si cumple con las especificaciones. Los cálculos deben seguir el mismo orden original de las parejas de ingredientes.

Materia	Cálculo mezcla	Mezcla, %	PC, %	EM, Mcal.kg <sup>-1</sup>
Destilados	0,333x 57,9	19,281	0,193x23=4,44	0,193x2,8=0,54
Melaza	0,333x42,1	14,019	0,140x4 =0,56	0,140x2,5=0,35
Semolina	0,667x66,7	44,489	0,445x14=6,23	0,445x2,7=1,20
Pollinaza	0,667x33,3	22,211	0,222x17=3,77	0,222x1,8=0,40
		100,0	<b>15,0</b>	<b>2,5</b>

El resultado del caso es que se deben mezclar los ingredientes de la siguiente manera destilados 19,28%, Melaza 14,02%, semolina 44,49% y pollinaza 22,21%, para ofrecer una mezcla con 15%PC y 2,5 Mcal.kg<sup>-1</sup>. Luego, se debe llevar cada ingrediente a “como ofrecido”.

**Caso 3:** En una finca en Santa Cruz, sembrada con pasto Guinea-Tanzania, con una rotación de 35 días, se desea formular una ración total mezclada (TMR), para novillos de engorde de 300kgPV que ganen 1,1 kg por día. La finca cuenta con suficiente pollinaza para toda la época seca y maíz quebrado producido en la finca. Este ejercicio se realizará a mano, pero como las tablas locales de alimentos no cuentan con valores de PM, ENm, ENg, se debe generar una pequeña tabla con valores de tablas anteriores de NRC para desarrollar este módulo.

<i>Peso</i> <i>kg</i>	<i>GPV</i> <i>kg.d<sup>-1</sup></i>	<i>PC</i> <i>kg</i>	<i>EM</i> <i>Mcal</i>	<i>Ca</i> <i>gr</i>	<i>P</i> <i>gr</i>
250	0,9	0,690	16,2	22	19
	1,1	0,730	17,0	26	21
	1,3	0,760	18,6	30	23
300	0,9	0,820	20,4	25	22
	1,1	0,930	21,6	29	23
	1,3	0,870	22,5	31	25
350	0,9	0,830	22,4	23	20
	1,1	0,870	24,2	26	22
	1,3	0,900	25,3	28	24

Entonces, los novillos de 300 kg PV requieren de 0,930 gr de PC, 21,6 Mcal EM, 29 gr Ca y 23 gr P, para ganar 1,1 kg por día. Y para el cálculo de consumo diario, se utiliza la ecuación para carne CMS= 4,54+0,0125(300)= 8,29 kg de materia seca por animal.

<i>Consumo past.</i> <i>23kg MV</i>	<i>MS kg</i>	<i>PC kg</i>	<i>EM</i> <i>Mcal</i>	<i>FC kg</i>	<i>Ca</i> <i>gr</i>	<i>P</i> <i>gr</i>
Guinea	4,83	0,580	9,2	1,45	19,3	14,5
Necesita	8,29	0,930	21,6	1,41-1,66	29	23
Balance	-3,46	-0,350	-12,4	+	-9,7	-8,5

Debido a que el pasto se considera de mediana calidad, los novillos pueden ingerir hasta el 2,0% del peso vivo, que corresponde a 23 kg de pasto Tanzania verde por día. Esta cantidad de pasto los animales la consumen en el potrero, no hay que aportarla al suplemento. Para compensar el desbalance, se deben aportar los suplementos como sigue:

Pollinaza	2,0 kg	←	Sales minerales	50 gr
Maíz quebrado	3,0 kg		Sal común	30 gr
Minerales	0,1 kg		Azufre flor	20 gr

Cuando se utiliza urea o pollinaza, es necesario aportar vitamina A y azufre a la ración. El cálculo adicional quedaría así:

Saldo	-3,46	-0,350	-12,4	+	-9,7	-8,5
	<i>MS kg</i>	<i>PC kg</i>	<i>EM Mcal</i>	<i>FC kg</i>	<i>Ca gr</i>	<i>P gr</i>
Pollinaza	1,68	0,286	3,02	0,302	52,1	25,2
Maíz quebrado	2,61	0,209	7,57	0,060	0,8	7,6
Minerales	0,1	---	---	---	11,5	9,0
Total	4,39	0,495	10,59	0,362	77,1	45,6
Balance	+0,93	+0,145	-1,8	+0,15	+67,4	+37,1
Melaza 1,0 kg	0,72	0,029	1,8	--	7,2	0,07
Balance	+1,65	+0,174	0,0	+0,15	+71,6	+37,2

En este caso, se les debe ofrecer a los novillos, además del pastoreo, una suplementación diaria por animal que incluya: 2,0 kg de pollinaza, 3,0 kg de maíz quebrado, 1,0 kg de melaza, 50 gr de minerales, 30 gr de sal común y 20 gr de azufre, para llenar los requerimientos solicitados. Posiblemente el animal en pastoreo reduzca el consumo de pasto para regular los límites de materia seca. El maíz (31,5%) y la pollinaza (2,0 kg) no superan los límites indicados en los Cuadros 9 y 10.

**Caso 4:** Una finca lechera en Tilarán, que pastorea en *Brachiaria brizantha*, desea una ración para las vacas del grupo A (primera etapa) con 8 semanas en lactancia, pesan 550 kg PV, en promedio y producen 22,0 kg de leche, con 3,0% de grasa. Para estos balances se utilizará un software (Excel spreadsheet), desarrollado por el autor para esta región, Balarum (Cerdas, 2008). Los resultados son los siguientes:

<div> <div> LECHE A. 8 sem.  550 kg PV, 2do parto  Leche 22 kg, 3,0%g </div> </div>		<i>Fresco</i>	<i>Parámetros Rac.</i>	
<i>Ración:</i>	kg. ani <sup>-1</sup>	Consumo kgMS		16,12
Pastoreo B. Brizantha	30,000	Forraje, %		47
Concent. 16%PC	7,000	Fibra C, %		19,0
Grasa sobrepasante	0,220	FAD, %		20,9
Harina Soya	2,500	FND, %		39,4
Minerales	0,075	PC, %		18,0
Sal común	0,050	EN <sub>L</sub> , Mcal.kg <sup>-1</sup>		1,69

Para calcular todos los nuevos parámetros, es indispensable utilizar al menos Excel; esta hoja de Excel no calcula el mínimo costo, aunque sí indica el costo de cada ración.

**Caso 5:** Una finca lechera en Guayabo de Bagaces, que pastorea en Estrella, desea una ración para las vacas del grupo C (tercera etapa) con 25 semanas en lactancia, pesan 575 kg PV en promedio y producen 14,0 kg de leche, con 3,5% de grasa. La solución al caso se indica a continuación:



<div> <p>LECHE C. 25 sem. 575 kg PV, 2do parto Leche 14 kg, 3,5%g</p> </div>			
<i>Ración:</i>	<i>Fresco</i> kg. ani <sup>-1</sup>	<i>Parámetros Rac.</i> Consumo kgMS	16,12
Pastoreo Estrella	28,750	Forraje, %	50
Concent. 16%PC	5,000	Fibra C, %	22,0
Semolina arroz	3,000	FAD, %	27,2
Harina Soya	1,000	FND, %	47,4
Minerales	0,060	PC, %	14,2
Sal común	0,050	EN <sub>L</sub> , Mcal.kg <sup>-1</sup>	1,55

**Caso 6:** En Nicoya, una finca de cría y engorde con pasto *Brachiaria brizantha*, desea una ración para suplementar novillos de engorde en pastoreo, con un peso inicial de 350 kg PV en promedio y que ganen 1,3 kg por día. No se quiere utilizar subproductos que atraigan moscas. Observe los resultados:

<div> <p>CARNE 1. 350 kg PV, inicial Ganancia 1,3 kg.día<sup>-1</sup></p> </div>			
<i>Ración:</i>	<i>Fresco</i> kg. ani <sup>-1</sup>	<i>Parámetros Rac.</i> Consumo kgMS	8,97
Pastoreo B. Brizantha	21,000	Forraje, %	59
Maíz	2,000	Fibra C, %	18,2
Grasa sobrepasante	0,250	FAD, %	21,7
Harina Soya	1,000	FND, %	41,0
Melaza	1,000	PC, %	14,4
Minerales	0,075	PM, gr	868
Sal común	0,030	EN <sub>m</sub> , Mcal.kg <sup>-1</sup>	1,57
		EN <sub>g</sub> , Mcal.kg <sup>-1</sup>	0,98

**Caso 7:** En Hojancha, una finca de cría y engorde elaboró un silo de maíz y desea una ración para suplementar novillos de engorde totalmente estabulados durante la época seca, con un peso inicial de 300 kg PV en promedio y que ganen 1,0 kg por día. Desean utilizar el ensilado y otros subproductos locales. Estos fueron los resultados:

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CARNE 2.  300 kg PV, inicial  Ganancia 1,0 kg.día<sup>-1</sup> </div>			
<i>Ración:</i>	<i>Fresco</i> kg. ani <sup>-1</sup>	<i>Parámetros Rac.</i> Consumo kgMS	8,38
Ensilado maíz	8,00	Forraje, %	44
Semolina arroz	2,00	Fibra, %	17,2
Pulpa naranja	5,00	FAD, %	19,1
Pollinaza	2,50	FND, %	28,8
Melaza	1,00	PC, %	11,1
Minerales	0,075	PM, gr	623
Sal común	0,030	ENm, Mcal.kg <sup>-1</sup>	1,31
Azufre flor	0,020	ENg, Mcal.kg <sup>-1</sup>	0,75

### Raciones de mínimo costo

En este documento no se desarrollarán ejemplos de las raciones de mínimo costo, que utilizan el “complemento Solver” de Excel, pero se aportarán algunos consejos para que empiece a utilizarlo.

Los modelos matemáticos lineales constan de una función objetivo lineal que puede servir para maximizar utilidades o producción de una empresa agropecuaria o industrial, o bien para minimizar costos (caso concreto de la formulación de raciones); constan, además, de un conjunto de igualdades o desigualdades lineales conocidas también como restricciones, a las cuales se sujeta la función objetivo. Es decir, la solución óptima, cuando es factible, tiene que darse en el marco de las restricciones (Zalapa, 2011).

### Activación de solver

1. Abra Excel y revise si en la pestaña de **Datos**, se encuentra arriba a la derecha el “complemento Solver”. De no ser así,
2. para instalar el complemento Solver desde la pestaña de Datos en Excel, vaya a inicio a la izquierda, al **Botón de Office** y a la izquierda seleccione **Complementos de Excel**. Abajo marque **Ir**, luego
3. seleccione **Solver**. A continuación marque **Aceptar** y, en la barra de Datos, podrá ver el complemento **Solver** arriba a la derecha, listo para ser usado.

Existen muchos videos y documentos para utilizar el complemento Solver de Excel, pero el mejor video y con la didáctica más sencilla para balancear raciones fue editado por el grupo Poli Virtual, y se encuentra en la siguiente dirección:[http://youtu.be/CmLk9v\\_Vilg](http://youtu.be/CmLk9v_Vilg)

Se recomienda realizar las prácticas indicadas y leer los artículos de la bibliografía que considere necesarios, para mejorar la habilidad y el conocimiento en la formulación de raciones para ganado bovino.

Por último, siempre hay que revisar varias veces una ración antes de ofrecerla y estar atento, una vez ofrecida para hacer las correcciones del caso inmediatamente. En la formulación de raciones siempre hay tres raciones: la que formula el nutricionista, la que el ganadero le da realmente al ganado y la que el animal se come. Toda la atención hay que ponerla en este trío.

#### Referencias bibliográficas

Araujo-Febres O. (2005) “Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales”. IX Seminario de pastos y forrajes. Universidad del Zulia, Venezuela. 12p.

Calsamiglia S. et al (2009) “Necesidades nutricionales para rumiantes de leche”. Normas FEDNA. Edi. Peninsulares, Madrid. 89p.

Cerdas R. (2008) “Balarum: balanceador de raciones para rumiantes”. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica. CD.

Cerdas R. (2009) “RegistrU: registros y herramientas para el manejo de animales de granja”. Sede de Guanacaste, Universidad de Costa Rica. CD.

Cerdas R. y Vallejos E. (2010) “Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica”. InterSedes. Vol. XI. (22): 180-195.

Cerdas R. y Vallejos E. (2011) “Disponibilidad de biomasa del pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) Tanzania con varias fuentes y dosis de nitrógeno en Guanacaste, Costa Rica”. InterSedes. Vol. XII. (23): 32-44.

Cerdas R. y Vallejos E. (2012) “Comportamiento productivo de varios pastos tropicales a diferentes edades de cosecha en Guanacaste, Costa Rica”. InterSedes. Vol. XIII. (26). 8-22.

Cerdas R. y Vallejos E. (2013) “Productividad del pasto Brachipará (*B. arrecta* x *B. mutica*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica”. InterSedes. Vol. XIV. (27): 28-50.

Cooke R.F. y Bohnert D.W. (2011) “Balancing diets for beef cattle”. Beef Cattle Library. Oregon State University, USA. 4p.

Di Marco O.N. (1998) “Gasto energético de los vacunos en pastoreo”. Sitio Argentino de Producción Animal. 4p.

Gadberry S. (2010) “Part 3: Nutrient requirement tables”. Beef cattle nutrition series. University of Arkansas, USA. 19p.

Gadberry S. (2011) "Part 1: Nutrition basics". Beef cattle nutrition series. University of Arkansas, USA. 24p.

Gadberry S. (2012) "Part 4: Formulating rations". Beef cattle nutrition series. University of Arkansas, USA. 4p.

Galli J.R., Cangiano C.A. y Fernández H.H. (1996) "Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo". Revista Argentina de Producción Animal. 16(2):119-142.

García A. (2007) "Efectos del medio ambiente sobre los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo". South Dakota State University, USA. 5p.

Heinrichs A.J., Ishler V.A. y Adams R.S. (1996) "Feeding and managing dry cows". Pennsylvania State University, USA. 16p.

Hoffman P., Combs D. y Contreras F, E. (2007) "Uso de la digestibilidad del FDN en la formulación de raciones". Focus on Forage Vol.6 No.3. 5p.

MacLoughlin R.J. (2009) "Tablas de requerimientos de nutrientes para recría y engorde de bovinos". Sitio Argentino de producción Animal. 9p.

MacLoughlin R.J. (2010) "Requerimientos de proteína y de raciones en bovinos de carne". Sitio Argentino de producción Animal. 6p.

Martínez A.L. (2002) "Necesidades proteicas y aportes de proteína en el ganado vacuno lechero". Sitio Argentino de Producción Animal. 20p.

Mejía J. y Mejía I. (2007) "Nutrición proteica de bovinos productores de carne en pastoreo". Guanajuato, México. Acta Universitaria 17(2):45-54.

NRC (1989) "Nutrient requirements of dairy cattle". 6th edition, National Academy Press, Washington, D.C. 215p.

NRC (1996) "Nutrient requirements of beef cattle". Seventh revised edition, National Academy Press, Washington, D.C. 233p.

NRC (2000) "Nutrient requirements of beef cattle". Update 7th revised edition, National Academy Press, Washington, D.C. 381p.

NRC (2001) "Nutrient requirements of dairy cattle". Seventh revised edition, National Academy Press, Washington, D.C. 381p.

Parish J. (2009) "Beef nutrient requirements". Mississippi State University, USA. 24p

Pond W.G., Church D.C. y Pond K.R. (1995) "Basic animal nutrition and feeding". 4 th edi. John Wiley & Sons, New York. 615 p.

Pritchard S., Rasby R. y Bauer D. (2010) "Formulación de la ración básica". Sitio Argentino de Producción Animal. 6p.

Vallejos E. y Cerdas R. (2010) “Control de malezas y recuperación de potreros”. Informe final. Vicerrectoría de Investigación, UCR, Costa Rica. 22p.

Vargas E, y Zumbado M. (2003) “Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica”. Agronomía Costarricense 27(1):07-18.

Vega V. y Cerdas R. (2012) “Bancos de germoplasma de bambú y forrajes”. Informe parcial. Vicerrectoría de Investigación, UCR, Costa Rica. 27p.

Wattiaux M. A. (1996) “Nutrición y alimentación”. Guía técnica lechera. Instituto Babcock, Universidad de Wisconsin, Madison, USA. 130p.

Zalapa A. (2011) “Balaceo de raciones a mínimo costo”. Sitio Argentino de Producción Animal. 7p.