

Trabajo final de carrera
Modalidad trabajo profesional
para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo

**ESTIMACIÓN DE RACIONES DE COSTO MÍNIMO UTILIZANDO
PROGRAMACIÓN LINEAL**



De Gaetano Fernandez Cynthia

Director: Ing. Agr. (Mg) Villegas Nigra, Héctor Mario

Co-directora: Ing. Agr. Garcilazo, María Gabriela

Comité evaluador

Ing. Agr. (Mg.) Marta Colabelli

Ing. Agr. (Mg.) Daniel P. Miñon

Lic. Daniel J. Miñon

Carrera Ingeniería Agronómica

UNRN Sede Atlántica

NOVIEMBRE 2018



INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	6
RESUMEN.....	7
ABREVIATURAS Y ACRONIMOS	8
I.- INTRODUCCIÓN.....	10
II.- METODOLOGÍA DE TRABAJO	12
III.- MARCO TEÓRICO.....	14
Función de producción	14
Tasa Marginal de sustitución	17
Aspectos básicos de nutrición animal	20
Requerimientos.....	21
Dietas en engordes a corral.....	25
Utilización de granos alternativos al maíz en dietas de engorde a corral	26
Composición de los alimentos.....	30
Alimentos comúnmente utilizados en la elaboración de raciones de engorde a corral	32
IV.- CONCEPTOS BASICOS DEL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL	34
Programación lineal a través del Solver	35
Modelo de ración para categoría novillo	36
Explicación grafica para utilizar el Solver	42
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
Síntesis de los resultados	58
Análisis de los resultados.....	61
VI.- CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES	62
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	63
VIII.- ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pag
1	Cantidad producida por las distintas combinaciones.....	15
2	Curva de isocuanta.....	16
3	Cantidad de producto por cada curva de isocuanta.....	16
4	Curva de isocosta.....	18
5	Curva de isocostas.....	18
6	Punto de equilibrio- Mínimo costo.....	19
7	Tasa de deposición de tejido en bovinos para carne.....	24
8	Paso 1: Hoja de cálculo Excel con la función Solver.....	43
9	Paso 2: Construcción de la tabla.....	44
10	Paso 3: Establecer restricciones.....	45
11	Paso 4: “Datos”, función Solver para establecer función de mínimo y agregar restricciones	46
12	Paso 5: Agregar las restricciones	47
13	Paso 6: Resolver.....	48
14	Paso 7: Resultados de Solver “Aceptar”.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Descripción	Pág.
1	Valores de referencia de agua para el ganado.....	22
2	Contenido de EM y PB de los cereales.....	26
3	GPD y costos del alimento. Engorde a corral de vacas de descarte.....	27
4	GPD y costo del alimento. Engorde a corral de vaquillonas...	28
5	GPD y costos del alimento. Engorde a corral de MEJ.....	29
6	GPD, EC y CEM. Engorde a corral de novillos.....	30
7	Precio de los alimentos (julio 2018).....	36
8	Composición de los alimentos para rumiantes.....	37
9	Requerimiento de la categoría Novillo en estudio.....	39
10	Restricciones de máximo y mínimo por razones nutricionales..	40
11	Limitaciones no nutricias.....	42
12	Alternativa 1.....	51
13	Alternativa 2.....	52
14	Alternativa 3.....	52
15	Alternativa 4.....	53
16	Alternativa 5.....	54
17	Alternativa 6.....	54
18	Alternativa 7.....	55
19	Alternativa 8.....	55
20	Alternativa 9.....	56
21	Alternativa 10.....	56

Nº	Descripción	Pág.
22	Alternativa 11.....	57
23	Alternativa 12.....	57
24	Ración de mínimo costo según alternativas propuestas.....	58
25	Composición de la ración según alternativas propuestas	59

AGRADECIMIENTOS

- A la oportunidad que me brindó la Universidad Nacional de Río Negro de estudiar una profesión y poder acceder a través de esta última instancia al título de Ingeniería Agronómica.
- A mi Director Ing. Agr. (Mg). Mario Héctor Villegas Nigra, Profesor Asociado en Gestión Agropecuaria en la carrera Ingeniería Agronómica -, quien me dio las pautas para llevar adelante mi trabajo final de carrera y a mi Codirectora Ing. Agr. Gabriela Garcilazo perteneciente al INTA Valle Inferior Convenio Provincia de Río Negro, con quien tuve las primeras experiencias en producción animal y que colaboró activamente con el armado y búsqueda de información del presente trabajo.
- A mi familia que siempre me motivó y acompañó durante toda la carrera.
- La colaboración del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Provincia de Río Negro, a los productores que compartieron sus experiencias productivas, a la Cooperativa Agrícola Ganadera e Industrial de Patagones y Viedma Ltda. y al Médico Veterinario Rodrigo Brusino por la información aportada.

Cynthia E.

De Gaetano Fernandez

RESUMEN

La producción ganadera utiliza el maíz como insumo prioritario en la preparación de las raciones destinadas a engordar novillos. En los últimos años en la Argentina se produjo un incremento en el precio del maíz por la quita de las retenciones, generando así un incremento en los costos de la producción.

Por ello, resulta necesario estudiar alternativas que sustituyan al maíz en la alimentación animal, como por ejemplo el grano de avena que reúne características similares y que se produce a nivel local.

La utilización de granos disponibles en el valle inferior de la Provincia de Río Negro, tales como el mencionado anteriormente, es una alternativa para la elaboración de raciones destinadas a la terminación de novillos a corral.

El presente trabajo tuvo como propósito generar información que ayude al productor en la toma de decisiones, especialmente cuando se producen cambios en el precio de los cereales. La herramienta que se utilizó para desarrollar este trabajo fue la sistematización de información técnica sobre la elaboración de dietas y la utilización de la programación lineal para obtener raciones de costo mínimo.

El grano de avena se comporta como un excelente sustituto del grano de maíz, especialmente cuando la relación de precios es favorable al primer grano.

Palabras claves: ración, engorde a corral, programación lineal, costo mínimo.

ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

Ca: Calcio

CEM: Consumo de Energía Metabolizable

EC: Energía de Conversión

EEA: Estación Experimental Agropecuaria

EM: Energía Metabolizable

ENg: Energía Neta para ganancia

EN: Energía Neta

ENm: Energía Neta para Mantenimiento

FDA: Fibra Detergente Ácida

FDN: Fibra Detergente Neutra

FO: Función Objetivo

G: Gramo

GDP: Ganancia Diaria de Peso

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Kg: Kilogramo

MEJ: Macho Entero Joven

MS: Materia Seca

NRC: Nutrient Requirements for Growing and Finishing Cattle

NM: Núcleo Mineral

NPM: Núcleo Proteico Mineral

PB: Proteína Bruta

PDR: Proteína Degradable en Rumen

PM: Proteína Metabolizable

Pmo: Proteína Microbiana

PND: Proteína No Degradable

PV: Peso Vivo

I.- INTRODUCCIÓN

Históricamente la Norpatagonia se abasteció de carne bovina con o sin hueso de la región central del país, al norte de la barrera zoofitosanitaria (Miñon *et al*, 2013) y de hacienda local que tradicionalmente se engordaba en los valles rionegrinos (La Rosa *et al*, 2010, citado en Plan Sectorial Bovino 2016,). Ésta tendencia de abastecimiento de carne se modificó luego de que el Estado Nacional, mediante Resolución N° 141 del año 2013 del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación, estableciera el estatus de “libre de aftosa sin vacunación” a la zona Patagonia Norte A¹; este corrimiento de la barrera zoofitosanitaria permite comercializar carnes con hueso y hacienda en pie hacia el sur del paralelo 42 impidiendo el ingreso de estos productos desde el norte de la barrera ubicada sobre el río Barrancas - río Colorado.

Este nuevo escenario incentivó a algunos productores ganaderos a incorporar sistemas intensivos de producción de carne denominados engordes a corral (feedlot), lo que permitiría cubrir el déficit de stock de hacienda para faena al posibilitar la terminación de animales con mayor peso (Disertación del Ing. Zootecnista Tabaré Bassi realizada en la ciudad de Gral. Conesa el día 8 de mayo de 2014).

Estos modelos de producción requieren dietas con alto valor energético por lo que es necesario disponer de granos de maíz, cebada, avena, trigo, etc. para la elaboración de las raciones. En tal sentido, Pordomingo (2005) afirma, “*la composición del alimento a utilizar es el componente central de la definición del costos*”, por lo que es necesario que los componentes de la dieta, en especial los cereales y otros derivados, estén disponibles en la zona y que puedan conseguirse a precios bajos.

¹ En los últimos años la región estuvo protegida por un sistema cuarentenario (Barreras Zoofitosanitarias) dentro del cual la Patagonia tenía tres estatus sanitarios definidos: en la zona norte la llamada zona “buffer” una Zona libre con vacunación (Patagonia Norte A); una Zona libre sin vacunación (Patagonia Norte B) y desde el paralelo 42° S la Patagonia Sur, Zona libre sin vacunación con reconocimiento de los organismos internacionales.

El grano es el componente mayoritario de las dietas en los corrales de engorde, ya que comúnmente excede el 65% del total de la dieta y define, además, la oferta de EM y las características físicas del alimento. Por ello, el maíz es el más utilizado de los granos (Pordomigo, 2005).

El incremento de la producción regional de carne estará ligado estrechamente a la producción de granos en cercanías, de manera de reducir costos por flete (Miñón *et al.*, 2015). En los últimos años, en los valles irrigados de la Provincia de Río Negro aumentó significativamente la superficie dedicada al cultivo de maíz para cosecha de granos, como consecuencia directa del incremento de la producción regional de carne (Viretto *et al.*, 2018). El precio del maíz ha sufrido aumentos a nivel nacional por la eliminación de las retenciones² y aún es escasa la oferta local por lo que se debe adquirir de la provincia de La Pampa.

En este contexto los productores buscan alternativas de producción que permitan la sustitución del maíz por otros granos. Algunos autores (Miñón *et al.*, 2015) afirman que *“existen además otros tipos de granos como avena o cebada, a los que se ha prestado poca atención y que reúnen características muy similares al maíz, y pueden reemplazarlo en las dietas de los rumiantes a costos similares y en muchas oportunidades se adquieren con mayores facilidades que el maíz”*.

El presente trabajo tiene por objetivo principal evaluar el grado de sustitución del grano de maíz por el grano de avena para engordar novillos en fase de terminación bajo un sistema de encierre a corral.

Para ello se propone la utilización de la programación lineal para estimar una ración de costo mínimo teniendo en cuenta las necesidades nutricionales de la categoría seleccionada, el aporte nutricional de los alimentos comúnmente utilizados en valle inferior de Río Negro y el precio de estos.

² Conforme se detalla en el gráfico de “Serie de precios del grano de Maíz” del Anexo II del presente trabajo, el maíz incremento sus valores desde septiembre/15.

II.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

En primer lugar, se construyó el marco teórico y conceptual sobre la que se asienta el presente trabajo. Se recurrió a la Teoría de la Producción (Mochón *et al*, 1997) que propone la forma en que las empresas pueden combinar los factores productivos de una manera eficiente para la obtención de productos o bienes.

A su vez, se recopiló información sobre conceptos y definiciones relacionadas con la alimentación de ganado bovino en sistemas a corral, tanto referida a los requerimientos como a la oferta de alimentos. Se abordaron conceptos básicos relacionados con la nutrición animal referidos a los requerimientos nutricionales (agua, EM, PB, vitaminas y minerales) para lograr el objetivo de producción y el aporte nutricional (MS, EM, PB, FDN y Ca) de los alimentos seleccionados para la elaboración de la ración de mínimo costo.

Por otro lado, se sistematizó y analizó información de precios de los insumos y productos a nivel regional. Se consultó la página web de la Bolsa de Cereales de Bahía Blanca para maíz, los Informes de Precios de Carne y Ganado de la Patagonia publicado por INTA para la categoría novillo y finalmente, en el caso de la avena, se recopiló información suministrada por el gerente de la sucursal de la Cooperativa de Patagones y Viedma con asiento en la localidad de Stroeder.

Para determinar la ración de costo mínimo se aplicó el modelo de programación lineal a través de una herramienta disponible en excel denominada Solver. Para ello, fue necesario definir una *función objetivo* que minimice los costos, las *alternativas* (insumos) para la preparación de la dieta y las *restricciones* a partir de los requerimientos de la mencionada categoría.

En cuanto a los requerimientos nutricionales de la categoría seleccionada se utilizaron como información de base las tablas publicadas por Nutrient Requirements for Growing and Finishing Cattle (NRC). Las mismas expresan los requerimientos en unidades de medida que necesitan ser modificadas (EN y PM) para poder utilizarlas a fin de comparar con la oferta de nutrientes de los alimentos

(EM y PB). Se recurrió entonces, a las formas de cálculo propuestas por Sampedro *et al* (2007). Estos cálculos se presentan el Anexo I del presente trabajo.

Para conocer el aporte nutricional de los alimentos se recurrió a los valores de la tabla de composición de alimentos de la base de datos de los programas RegnovPlus, Ración Plus, Regnov y Ración del INTA. Dichos datos provienen fundamentalmente de análisis realizados en la EEA Balcarce y EEA Rafaela (Fernández, 2010).

Adicionalmente, se buscó conocer cuáles son los principales granos que se utilizan para la elaboración de las raciones en la zona de interés. Para ello se contactó a propietarios de corrales de engorde de la zona, a quienes se les realizó unas entrevistas semiestructuradas y de carácter exploratorio.

III.- MARCO TEÓRICO

Según Bernard y Nix (1984), el productor a la hora de tomar decisiones para realizar el planeamiento de su explotación agropecuaria debe tener en cuenta tres preguntas básicas: ¿Qué producir? ¿Cómo producir? y ¿Cuánto producir?

Económicamente estas incógnitas propias de cualquier productor pueden ser resueltas por medio del estudio de las relaciones producto-producto, insumo-insumo, e insumo-producto respectivamente.

En este trabajo se busca conocer qué combinación de recursos (llamados factores o insumos) se debe utilizar en la actividad seleccionada, respondiendo la pregunta de cómo producir cuando la disponibilidad de estos recursos es limitada.

Si el productor se enfrenta al problema de que uno de sus insumos, base para lograr un determinado producto, es escaso debe sustituir éste por algún otro insumo similar que le permita obtener el mismo producto. Para ello es necesario realizar un análisis técnico y económico para conocer la factibilidad del reemplazo. El principio económico que permite resolver esta situación se denomina relación insumo-insumo. Al aplicar este principio es necesario definir algunos conceptos básicos, entre los que se destacan función de la producción, isocuantas, isocostos y tasa marginal de sustitución.

Función de producción

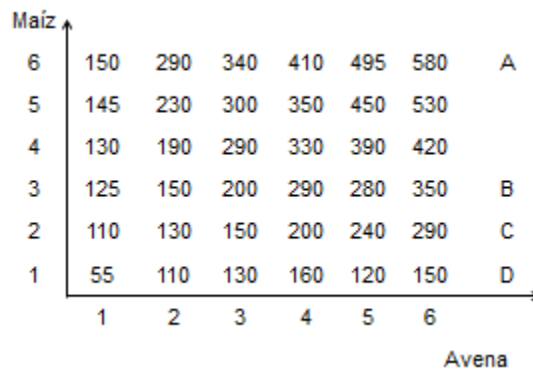
La función de producción (para cualquier producto y dada una determinada situación) es la relación que especifica la cantidad máxima que se puede producir de un producto teniendo una determinada cantidad de recursos (Gavidia *et al*, 1981).

$$Z = f (X_1, X_2, X_3... X_n) =$$

La función de la producción demuestra que existen múltiples y variadas combinaciones de factores productivos o insumos para obtener una misma cantidad de producto. Desde el punto de vista económico, se debe encontrar la combinación más conveniente que represente el mínimo costo, y sólo existe una combinación de este tipo.

A modo de ejemplo se muestran en el cuadro siguiente diferentes combinaciones de maíz y avena que permiten obtener diversas cantidades de producto.

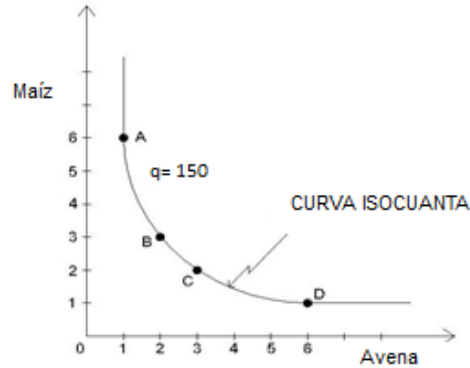
Figura N° 1: Cantidad producida por las distintas combinaciones.



Fuente: Gavidia, R. y Longo, L., 1981.

A partir de los datos observados en la figura 1 se establece la curva de igual producto, llamada curva de isoproducto o más comúnmente, curva isocuanta (Figura 2). Esta curva indica que para un determinado nivel de producción se podrían utilizar diferentes combinaciones de maíz y avena.

Figura N° 2: Curva de isocuanta.

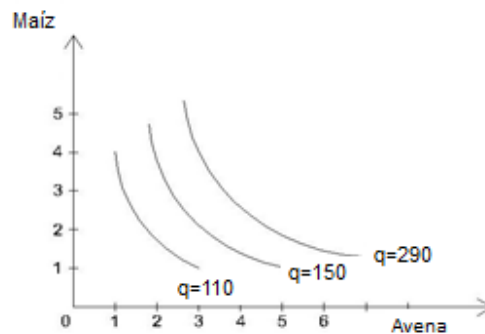


Fuente: Gavidia, R. y Longo, L. 1981.

En la curva de isocuanta hay una serie de infinita de combinaciones y todas obtienen la misma cantidad de producto.

En la Figura N° 3 se demuestra que es posible obtener múltiples curvas isocuanta que surgen de las distintas combinaciones de factores productivos y la cantidad (q) de producto.

Figura N° 3: Cantidad de producto por cada curva de isocuanta.



Fuente: Gavidia, R. y Longo, L., 1981.

En la figura anterior se observa, que cuando una curva se ubica a la derecha y arriba de otra indica mayor cantidad de producto, y una más baja y hacia la izquierda significa menor cantidad de producto. Las isocuantas tienen dos características esenciales: 1) Son convexas con respecto al origen, 2) Nunca se cortan unas con otras.

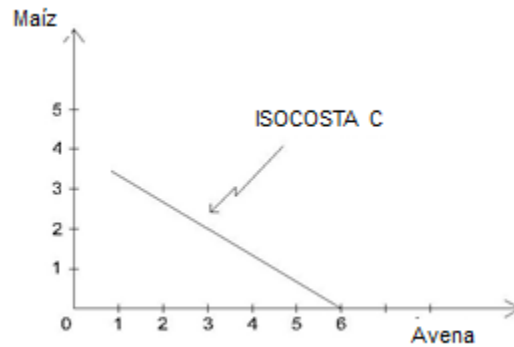
Tasa Marginal de sustitución

La tasa marginal de sustitución mide la tasa a la cual un factor o un producto reemplaza a otro.

Para nuestro caso, al ser una sustitución de tipo insumo-insumo, se supone que el nivel de producción continua siendo el mismo. Para ello, es necesario estudiar la tasa a la cual el insumo “X” reemplaza al insumo “Y”, es decir la cantidad de Y que es reemplazada por una unidad adicional de “X” sin afectar la producción. La unidad adicional implica una relación marginal (Bernard *et al.*, 1984).

La sustitución de un insumo por otro para obtener la misma cantidad de producto implica considerar el costo de tal reemplazo. El estudio a través de las curvas de isocostas que son rectas de igual costo en todo su largo, como se muestra en la Figura N° 4, indica las distintas combinaciones de dos insumos que puede comprar una empresa dado un determinado presupuesto y los precios unitarios de los insumos.

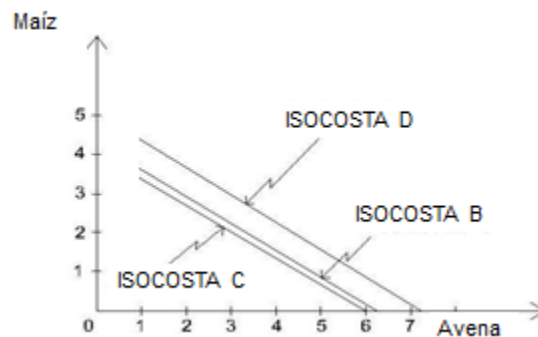
Figura N° 4: Curva de isocosta.



Fuente: Gavidia, R. y Longo, L., 1981.

Al igual que las isocuantas, es posible graficar distintas curvas de isocostas que se obtienen a partir de presupuestos diferentes (Figura N° 5). Las características de las isocostas son: 1) todas las líneas de isocostas son rectas, 2) todas las isocostas son paralelas

Figura N° 5: Curvas de isocostas.

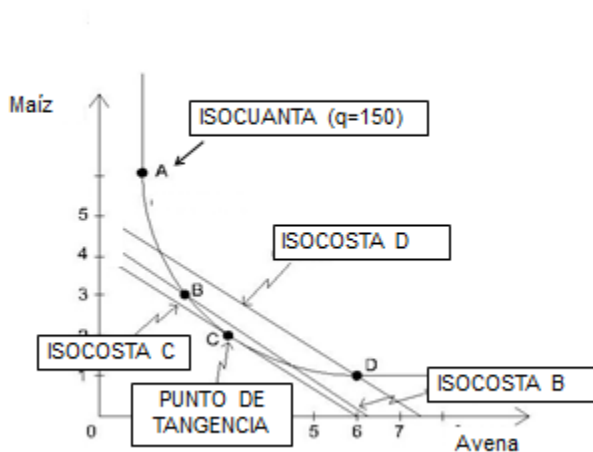


Fuente: Gavidia, R. y Longo, L., 1981.

En la Figura N° 5 se observa que cuando una isocosta se ubica por encima de otra, indica la necesidad de un presupuesto mayor.

Finalmente, para determinar gráficamente el punto de equilibrio del empresario, es decir la combinación entre los dos insumos que minimizan el costo, debemos superponer las isocuantas de la Figura N° 2, con las isocostas de la Figura N° 5, y así podemos graficar lo siguiente:

Figura N° 6. Punto de equilibrio – Mínimo costo



Fuente: Gavidia, R. y Longo, L., 1981.

Al analizar en su conjunto las curvas isocuantas e isocostas (Figura N° 6) se podrá observar que las isocuantas cortarán muchas isocostas, pero será tangente en un punto a una sola y determinada isocosta. Ésta es siempre la **de menor costo** para una cantidad de producto especificada por la isocuenta.

Según Bernard y Nix (1984), el punto donde la isocuanta es tangente a la isocosta (punto C de la Figura N° 6) indica la combinación óptima entre dos factores para alcanzar un producto con un mínimo costo.

Aspectos básicos de nutrición animal

Para proporcionar una dieta que permita lograr la terminación comercial del ganado es fundamental planificar una ración diaria con adecuado contenido proteico y alto contenido energético en interacción con alimentos fibrosos y el suministro de vitaminas y minerales. ¿Cuáles son estos componentes de la dieta, para qué sirven y qué nutrientes aportan a la dieta cada uno de ellos? Estas son preguntas básicas al momento de formular raciones balanceadas acorde a las necesidades nutricionales y productivas del bovino.

Para ello es necesario definir algunos conceptos básicos relacionados con la nutrición animal.

Sampedro *et al* (2007) denomina dieta a los ingredientes o mezcla de los mismos, incluyendo el agua, que son consumidos por el animal. A su vez, estos autores en su libro de Alimentación de Ganado Bovino para Carne sostienen que una ración es la cantidad (kg) de alimento que un animal recibe por día. A su vez ésta debe ser balanceada a los fines de suministrar las proporciones adecuadas de nutrientes.

Sampedro *et al* (2007) expresan que los nutrientes son componentes de origen natural o sintético de los alimentos que tienen como función cubrir las necesidades de mantenimiento³ y de producción⁴. Los más importantes son: agua, proteínas, carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas. Para satisfacer dichas necesidades se deben cubrir los mismos de acuerdo a los requerimientos

³ Necesidades de mantenimiento son todas aquellas relacionadas con el mantenimiento de la fisiología normal del animal (renovación celular, termorregulación, movimiento, etc.).

⁴ Necesidades de producción son todas aquellas que una vez cubiertas las necesidades de mantenimiento, permiten el incremento de peso del animal en forma diaria.

de energía, proteína, fibra, vitaminas y minerales de los bovinos que queramos alimentar.

Para que la cantidad de nutrientes aportados cubra los requerimientos del bovino se debe considerar el peso del animal, la edad, el sexo, el crecimiento deseado, el gasto energético, el estado fisiológico y el ambiente.

Requerimientos

1. Agua

La calidad del agua para los animales es muy importante. El agua que bebe el animal debe ser limpia, inodora e insípida. La ingesta de agua de baja calidad provoca pérdida de estado, falta de apetito, trastornos digestivos y en casos más extremos, puede provocar la muerte del animal (Sampedro *et al.*, 2007).

La salinidad del agua es uno de los factores determinantes a la hora de definir si es apta para el consumo del ganado. La mayoría de las sales disueltas en el agua son compuestos inorgánicos, como sulfatos (SO_4^-), cloruros (Cl^-), carbonatos (CO_3^-), bicarbonatos (HCO_3^-), Ca (calcio), Mg (magnesio) y Na (sodio) (Sampedro *et al.*, 2007).

Entre las sales contenidas en el agua, los SO_4^- son más perjudiciales que el Cl^- y las sales inorgánicas más perjudiciales que las orgánicas.

La tolerancia al exceso de sales es variable: los animales adultos son más tolerantes que los animales jóvenes (Sampedro *et al.*, 2007).

Por ello, es necesario, al momento de planificar un encierre, analizar el agua antes de ser consumida por el ganado.

A continuación se presenta una Tabla de referencia de los valores óptimos necesarios para el consumo del ganado (Tabla N° 1).

Tabla N° 1: Valores de referencia de agua para el ganado

Contenido de sales totales g/l	Observación
< 1	Insuficiente. Suplementar con mezclas minerales
2 – 4	Agua de buena calidad
4 – 5	Restricción voluntaria en el consumo de agua, sin embargo, los animales pueden acostumbrarse
5 – 7	Apta sólo para bovinos para carne y ovinos. No se lo recomienda para hembras preñadas o lactando, terneros o invernada
7 – 10	No apto para el consumo de rumiantes

Fuente: Bavera 2009.

En bovinos para carne el consumo diario de agua es 26 a 66 l/d, este valor depende de diversos factores como:

Edad: animales jóvenes consumen más agua que los adultos.

Tipo de alimento: a medida que aumenta el contenido de MS de los alimentos el consumo de agua de bebida se incrementa en proporción prácticamente lineal.

Ambientales: El consumo de agua se incrementa a medida que aumenta la temperatura. Este aumento puede ser entre 30% y 60% en los meses más calurosos.

2. Energía

Energía Neta para Mantenimiento (ENm): es la energía necesaria para mantener el balance energético del animal en equilibrio, sin pérdida ni ganancia de energía (ni ganancia ni pérdida de peso del animal). Esto implica la energía necesaria para sostener las funciones vitales del cuerpo, como respiración,

procesos digestivos, regulación de la temperatura, actividad física y otras actividades metabólicas.

Energía Neta para ganancia (ENg): es la energía ingerida que luego de haber logrado cubrir los requerimientos para mantenimiento es utilizada para producir ya sea carne o leche (Sampedro *et al*, 2007).

3. Proteínas

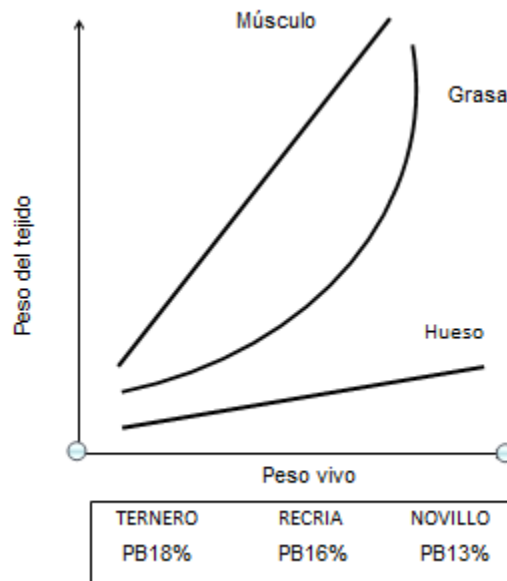
Para el mantenimiento y crecimiento de los bovinos se requiere Proteína Metabolizable (PM) que es la proteína en los tejidos en proporciones adecuadas según la edad.

El origen de la PM es la Proteína Microbiana (Pmo), resultado del crecimiento de los microorganismos ruminales a partir de la energía y la Proteína Degradable en Rumen (PDR) provista por el alimento. Por otro lado la Proteína No Degradable (PND) es la que pasa sin modificaciones por el rumen y es absorbida en el intestino. Ambas, Pmo y PND una vez en intestino delgado son degradadas por las enzimas a estructuras de menor complejidad (aminoácidos, péptidos) y absorbidas conformando la PM (Sampedro *et al*, 2007).

El contenido adecuado de proteínas en la dieta permite un buen funcionamiento del rumen y un óptimo desarrollo muscular (Fernández Mayer, 2016).

Los requerimientos de proteína decrecen con la edad, el peso del animal y la ganancia de peso (Pordomingo, 2005). En la Figura N° 7 se observa como varía la deposición de los tejidos (muscular, graso y óseo) de acuerdo a la edad de los bovinos. Esta variación determina las necesidades nutricias para cada etapa de crecimiento.

Figura N° 7: Tasa de deposición de tejido en bovinos para carne.



Fuente: Pordomingo 2005.

4. Fibra

El requerimiento de fibra en estos planteos productivos es bajo. La principal función que tiene la fibra es evitar trastornos digestivos, acidosis y diluir la concentración energética de la dieta para lograr una eficiencia de conversión determinada (Pordomingo, 2005).

5. Vitaminas y minerales

Los minerales cumplen numerosas funciones que afectan la totalidad de los procesos orgánicos del animal. De la misma manera las vitaminas son esenciales para el crecimiento, producción y mantenimiento de la salud animal.

Las dietas destinadas a engorde a corral están constituidas mayormente por granos y estos son pobres en macrominerales tales como calcio, magnesio y fósforo. Por lo que es fundamental incluir en la ración núcleos u otros oferentes minerales. A su vez, el mismo núcleo deberá aportar microminerales especialmente cobre, zinc, manganeso, selenio e hierro (Pordomingo, 2005).

Dietas en engordes a corral

Desde hace décadas en Argentina se utiliza el grano el maíz como principal insumo para terminar vacunos a corral, considerado como el grano más adecuado que existe para dicho fin. Este hecho se justifica, explica Pordomingo (2005), por la tasa de liberación del almidón contenido en los granos de cereal en el tracto digestivo.

Los granos de cereales de invierno como avena, cebada y trigo son fácilmente degradados por la flora microbiana del rumen, por lo que la fracción de almidón digerido es alta. Caso contrario ocurre con los cereales de verano como maíz y sorgo que son granos con cubierta dura que oponen mayor resistencia a la acción de la microflora ruminal y su degradabilidad es menor en el rumen y como consecuencia pasa una mayor proporción del almidón al intestino delgado donde es absorbido en mayor proporción que otros granos de cereales de invierno. La digestibilidad del maíz es mayor que la avena, cebada o trigo, que se degradan en mayor medida en el rumen y muy rápidamente, con el consiguiente riesgo de acidosis (Pordomingo 2005).

En el rumen se fermenta la mayor parte de la fracción del grano (60% – 85%) y la mayor proporción de almidón (90%). El grano o la fracción del grano que escapa de la fermentación ruminal se digiere en intestino delgado, por lo que aquí la digestión del almidón es casi completa del 92% al 99% (Pordomingo 2005).

Fernández Mayer (1998) sostienen que la proporción de almidón que llega al intestino delgado favorece una mayor tasa de engrasamiento producto de una mayor eficiencia energética (42%) que se logra respecto del almidón fermentado en el rumen.

Por lo mencionado anteriormente, el grano de maíz es el más utilizado. Sin embargo en los últimos años se están utilizando otros granos con resultados productivos y económicos que merece que se haga una evaluación de ellos. Fernández Mayer (2016), comparó la composición nutricional del grano de maíz

con la de los otros granos, como el sorgo, la cebada, la avena, incluso el trigo (Tabla N° 2).

Tabla N° 2: Contenido de EM y PB

Grano	Maíz	Sorgo	Cebada	Avena	Trigo
EM (Mcal/kg)	3,25	3,11	3,29	2,98	3,51
PB (%)	9	10,8	10,6	12	14

Fuente: Fernández Mayer (2016).

Como se observa en la Tabla N° 2, el grano de avena es el que menos energía contiene mientras que los granos de trigo, maíz y cebada se ubican en los niveles más altos; valores intermedios corresponden al grano de sorgo.

Utilización de granos alternativos al maíz en dietas de engorde a corral

Para ilustrar trabajos en los que se evaluó el uso de otros granos en sistemas de engorde a corral se sintetizan algunos trabajos de investigación, de los cuales uno corresponde a una experiencia local.

Fernández Mayer (2008) evaluó la respuesta productiva y económica a la suplementación con urea en una dieta, con grano de avena, pellets o raicilla de cebada y heno (rollo) de rastrojo de maíz de baja calidad como alternativas para elaborar raciones con recursos disponibles. Para la evaluación se comparó la dieta con un testigo (misma dieta sin urea) como se observa en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. GPD y costo del alimento. Engorde a corral de vacas de descarte

Dieta	Urea	GPD (kg/cab/día)	Costo (animal/día)
Grano de avena (entero) + de pellets o raicilla de cebada + heno(rollo) de rastrojo de maíz	Sin	0,812	1,25 u\$s/día
	Con	1,01	1,31 u\$s/día

Fuente: Fernández Mayer (2008)

La respuesta productiva y económica al incorporar urea a la dieta de baja calidad fue favorable. La ganancia de peso fue superior en 200 gramos/vaca/día y se logró a un menor costo de producción 1.3 u\$s/kg producido respecto a la dieta sin urea.

A pesar de la mejora producida por el agregado de urea, las ganancias diarias de peso logradas en la dieta SIN son altas en relación a las que otros autores reportan para esa categoría (Garcilazo, *et al.* 2009) lo cual permitiría resaltar al grano de avena como suplemento energético que también aporta proteína a la ración.

Fernández Mayer (2010) también estudio la respuesta productiva y económica del grano de cebada que en muchas ocasiones es rechazado por las malterías. Para su análisis comparó una dieta “clásica” (Tratamiento 1) de engorde a corral compuesta por grano de maíz, pellets o harina de girasol y una dieta (Tratamiento 2) compuesta por grano de cebada entero y a voluntad. Ambas dietas tenían como aporte de fibra rollo de flor amarilla (*Diploaxis tenuifolia*).

TRATAMIENTO 1 (T1):

Dieta: grano de maíz 85% del total del concentrado, pellet de girasol 15% del total del concentrado y fardo de flor amarilla 1 kg/cab/día.

TRATAMIENTO 2 (T2):

Dieta: Grano de cebada (entero) +/- 2,80 % del peso vivo, fardo de flor amarilla 1 kg/cab/día.

Con ambas dietas se pudo terminar adecuadamente los animales en estudio. Sin embargo, se observó que con la dieta clásica es mayor la ganancia de peso que con la dieta a base de grano de cebada (Tabla N° 4).

Tabla N° 4: GPD y costo del alimento. Engorde a corral de vaquillonas

Dieta	GPD (kg/cab/día)	Costo (animal/ día)
T1	1,732	1,755 u\$s
T2	1,204	1,04 u\$s

Fuente: Fernández Mayer (2010)

Según los resultados obtenidos por Fernández Mayer (2016) con la dieta de grano de cebada se logra un menor costo de producción lo que represento un 15% menos de costo por kg de carne producido.

Por último, Fernández Mayer (2011) midió el resultado productivo y económico en MEJ (machos enteros jóvenes) alimentados con una dieta sencilla a base de granos de avena “entero”.

La dieta se conformó por grano de avena (entera y a voluntad) 90% de la dieta, torta de soja 10% de la dietan y rollo de cola de Avena, a voluntad. En la Tabla 5 se describen los resultados de esta experiencia.

Tabla 5: GPD y costo del alimento. Engorde a corral de MEJ

Dieta	GPD (kg/cab/día)	Costo (animal/día) u\$/cab/día
Grano de avena + torta de soja + rollo de cola de avena	1,75	1,19 u\$/día

Fuente: Fernández Mayer (2011)

El autor concluyo que posible a partir de una dieta sencilla, de granos de avena “entero” + fibra a voluntad, al alcance de muchos productores se pueden terminar exitosamente machos enteros, arrojando resultados productivos y económicos muy interesante

A nivel local, en el Área de Producción Animal de la Estación Experimental INTA Valle Inferior Convenio Provincia de Río Negro se evaluó la GDP de novillos alimentados a corral con dietas formuladas como iso energéticas a base de grano entero de avena en comparación con otra a base de grano entero de maíz, con el objetivo de determinar la respuesta productiva de cada uno de ellos.

En la Tabla N° 6, que se observa a continuación, se exponen los resultados obtenidos por Kugler *et al*, (2004) en donde se puede observar que no hubieron diferencias en cuanto a ganancia de peso a pesar de que el consumo de EM fue mayor para la dieta base maíz.

Dieta 1: 77% grano entero de avena (GA), 21% heno (festuca, cebadilla y alfalfa), 1,75% núcleo, 0% expeller de girasol y 0,2% urea.

Dieta 2: 72% grano entero de maíz, 21% heno, 1,9% núcleo, 3,5% expeller y 0,6 urea

Tabla N° 6. GPD, EC y CEM. Engorde a corral de novillos

Dieta	GPD (kg/día)	EC (kg:kg)	CT Kg/100kgPV)
1	1,17	9,95	6,75
2	1,186	7,59	7,04

Fuente: Adaptado de Kugler *et al.*, (2004)

En términos productivos se comprobó que es conveniente la utilización del grano de maíz porque se traduce en una mejor eficiencia de conversión del alimento.

Composición de los alimentos

Para formular una ración que cubra los requerimientos nutricionales de los animales es necesario conocer la composición nutritiva de los alimentos disponibles. Estos datos pueden obtenerse por medio de análisis de laboratorios especializados o a través de tablas de donde se obtiene la composición de la gran mayoría de los elementos.

A continuación se definen algunos conceptos básicos necesarios al momento de preparar una ración según Sampedro *et al*, (2007):

Materia seca

Representa la fracción de un alimento sin el agua, el mismo se expresa en porcentaje de MS. Este valor es importante ya que en la fracción seca del alimento se encuentran los nutrientes. Su valor permite comparar el contenido de nutrientes entre alimentos.

Energía bruta

Es la energía total que proporciona un alimento. Es el calor liberado de un alimento cuando se quema por completo hasta sus últimos productos (CO_2 , H_2O y otros gases). Su valor se expresa en calorías (cal).

Energía metabolizable

Cuando a la energía bruta se le resta la energía digestible (que es la diferencia entre la energía bruta ingerida y la energía que se pierde en las heces), y la energía de los gases (EG) y la energía que se pierde en la orina (EU), se obtiene la energía metabolizable (EM), que corresponde a la energía que dispone el animal para su metabolismo.

Proteína bruta

Es el valor del contenido de nitrógeno obtenido de análisis de laboratorio (método de Kjeldahl), multiplicado por el factor 6,25. El valor obtenido se expresa en %.

$$\text{PB} = \text{N} \times 6,25$$

Dicho factor se utiliza porque expresa que los compuestos proteicos contienen un promedio un 16% de Nitrógeno. La concentración de proteína resulta del supuesto que cada kg de proteína contiene 160 gramos de nitrógeno. Por lo tanto $1000\text{g} / 160\text{g} = 6,25$. Para calcular el contenido de proteína bruta o cruda se multiplica el contenido de N por el factor 6,25.

$$x = 1000\text{g} / 160\text{g} = 6,25$$

Fibra detergente neutra

Es la fracción de pared celular compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. De esta fracción los rumiantes tienen la capacidad de digerir estos carbohidratos estructurales de los que obtienen energía. Los valores de FDN puede ser expresarse en % o en Kg.

Fibra detergente ácida

Es la cantidad de celulosa y lignina que contiene un alimento. Esta fracción se obtiene luego de someter a una solución ácida al contenido de FDN. Este valor puede ser expresado en % o en Kg.

Alimentos comúnmente utilizados en la elaboración de raciones de engorde a corral

Como se mencionó con anterioridad, las dietas destinadas a engordar hacienda están compuestas por alimentos energéticos, proteicos, fibrosos y vitaminas y minerales.

La fracción energética de la dieta se obtiene básicamente a partir del almidón almacenado en los granos de cereales como maíz, sorgo, trigo, cebada y avena definen la oferta de EM y las características físicas del alimento. El tipo de grano, su procesado o presentación definen el grado de aprovechamiento (Pordomingo, 2005). Los granos son los componente mayoritario de las dietas clásicas de los encierres a corral en Argentina superando en muchos casos el 65% de la dieta.

La proteína se obtiene a partir de concentrados proteicos como el pellets de girasol y de soja. También, la semilla de algodón y el gluten feed (sub-producto proteico de la industria del maíz). Una alternativa muy utilizada son los concentrados proteicos comerciales, los que por su alto contenido de PB (generalmente por encima del 40%), permiten reducir la cantidad de este insumo a un mínimo y permiten la entrega de una mayor cantidad de grano alcanzando al máximo tolerable (Pordomingo, 2005).

El oferente de fibra más común utilizado en la mayoría de los sistemas alimentación en confinamiento es el heno (rollo o fardos) procesado picado o molido grueso y de calidad intermedia a baja. La calidad y tipo de fibra es de escasa relevancia en las dietas de alto grano pero existen recursos fibrosos que se adaptan mejor que otros, dependiendo del tipo de grano en que se basa la dieta (Pordomingo 2005). Otros oferentes de fibra son los silajes de planta entera (ej. silaje de maíz, silaje de pasturas o alfalfa, silajes de ryegrass, avena o cebada). Algunos de éstos son también buenos oferentes de energía por su contenido de grano (silajes de maíz, sorgo, avena o cebada).

Según Pordomingo (2005), en toda dieta de engordes a corral donde los animales no tienen acceso al pastoreo directo, se requiere de otros componentes como el agregado de vitaminas, minerales y si el nivel de grano de cereal es alto, se deben adicionar ionóforos. Los ionoforos son antibióticos que selectivamente deprimen o inhiben el crecimiento de microorganismos del rumen. Productos como Monensina y Lasalocid cumplen la función de evitar el sobre-consumo y la acidosis. De esta manera se homogeiniza y regula el consumo reduciendo el riesgo de acidosis subclínica.

IV.- CONCEPTOS BASICOS DEL MODELO DE PROGRAMACION LINEAL

El modelo de programación lineal para el cálculo de raciones consta de un conjunto de actividades o variables p_1, p_2, \dots, p_n que para nuestro estudio son los diferentes alimentos que pueden construir la ración. Los coeficientes de la función objetivo C_1, C_2, \dots, C_n son los respectivos precios de estos alimentos.

La función objetivo (Z) que se debe minimizar es la suma de los productos de los precios por las cantidades de los alimentos ($C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$) o sea el costo de la ración.

Las restricciones son las condiciones que debe cumplir la ración en lo referente a nutrientes, mínimos y máximo de determinados elementos químicos, etc.

El primer miembro de la matriz está compuesto por los datos referentes a la composición de los alimentos. Cada coeficiente a_{ij} es la cantidad de nutrientes contenida en la unidad de alimento.

El segundo miembro son las restricciones constituidas por los requerimientos del animal, o necesidades nutricionales. Estas restricciones corresponden al coeficiente b_i .

El problema consiste en la minimización del costo Z . Donde Z corresponde a la función objetivo.

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Sujeto a las restricciones de mínimo y a las de máximo

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

Debiendo ser, además

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

Necesaria condición de no negativo de $X_i \geq 0$ (no hay cantidades negativas de alimentos).

Programación lineal a través del Solver⁵

Para realizar estimaciones mediante programación lineal y resolver el problema de mínimo basta con disponer de una hoja de cálculo de Excel y acceder a la herramienta denominada SOLVER.

Para ello, y como se describió en el apartado de conceptos básicos de programación lineal, para construir el modelo deben cumplirse los siguientes requisitos.

1. Función Objetivo (F.O).

Expresión para la cual se busca alcanzar un valor óptimo. En este caso de mínimo.

2. Restricciones

Imponen límites a las variables intervinientes en el problema. Determinan un conjunto de valores posibles

3. La F.O y las restricciones son lineales.

Deben utilizarse solamente ecuaciones lineales o desigualdades lineales.

⁵ El solver es una herramienta de Microsoft Excel que, entre otras funcionalidades, sirve para resolver problemas de programación lineal utilizando el método Simplex. Antes de utilizar el solver se debe tener claro cuál es problema por resolver. Es decir, cuál es la función objetivo y cuáles son las restricciones

Modelo de ración para categoría novillo

A continuación se definen las variables, las restricciones, las necesidades alimenticias mínimas, límites máximos por razones nutricias y limitaciones no nutricias.

Variables

Las variables del modelo de cálculo de raciones son los alimentos que pueden componer la mezcla, es decir las alternativas que dispone el productor en el valle inferior del río Negro para preparar la ración. En la Tabla N° 7, se observan los principales alimentos disponibles y sus precios que fueron tomados de proveedores locales (Cooperativa Agrícola Ganadera de Patagones y Viedma Ltda., BioFarma y Quequen S.A, a Julio 2.018.) y corresponde al valor puesto en la ciudad de Viedma.

Tabla N° 7. Precio de los alimentos (julio 2018)

Alimentos	\$/kg
Maíz grano	5
Avena grano	4,5
Trigo grano	5,40
Rollo base alfalfa	4
Pellets de soja	15
Pellets de girasol	8
Núcleo proteico	11,66
Núcleo mineral	12,95

Fuente: Cooperativa de Patagones y Viedma y Biofarma.

Como se puede observar en la Tabla N° 7 el grano de trigo forma parte de la lista de alimentos seleccionados. Si bien, el presente trabajo trata de estudiar la sustitución del grano de avena por el maíz se someterá también a evaluación de la misma forma al grano de trigo.

Estos alimentos ofrecen una serie de aportes a la dieta en términos de EM, PB, PDR, FDN y Calcio, según se observa en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8: Composición de alimentos para rumiantes

Grupo	Nombre	%MS	EM (Mcal/kg MS)	%PB	%FDN	%Ca
Grano	Avena	91,1	2,48	11,5	31	0,02
Grano	Trigo	87,6	3,17	15,2	30	0,04
Grano	Maíz	88	3,25	9,8	12	0,02
Rollo	Pastura	88,4	1,94	9,7	72,3	0,20
Pellets	Girasol	90,5	2,52	32	40	0,4
Pellets	Soja	88,1	3,27	45,4	23	0,30
Pellets*	Núcleo proteico	89	1,6	29,5	34	1,95
Harina*	Núcleo mineral					22

Fuente: Fernández Héctor (2010). *Datos extraídos de rotulo.

Restricciones

Las restricciones son fundamentalmente las condiciones que debe cumplir la ración que se quiere calcular. Cada restricción es una condición dada. Ejemplo, si un animal necesita la cantidad b_1 de Mcal de energía metabolizable y el alimento P1 contiene a_{11} Mcal/Kg, el alimento P2 a 12 Mcal/kg y así sucesivamente, se tiene que esta restricción es:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n \geq b_1$$

Donde x_1, x_2, \dots, x_n son las respectivas cantidades de P1, P2, ..., Pn. En este caso se trata de una típica condición de mínimo, o sea que los aportes de los alimentos que componen la ración (primer miembro de la inecuación) deben ser mayores o a lo sumo iguales al requerimiento de energía del animal (segundo miembro).

Una restricción de máxima es básicamente similar a una de mínima, con la única diferencia que la condición del vínculo está invertida, es decir que será "menor o igual". Estas restricciones se dan cuando no se pueden sobrepasar ciertas cantidades, por ejemplo la cantidad de materia seca que puede ingerir el animal.

Un modelo para cubrir las necesidades diarias incluye generalmente las siguientes restricciones:

1. Necesidades alimenticias mínimas a cubrir
2. Límites máximos y mínimos por razones nutricias
3. Limitaciones no nutricias
4. Control del peso

1. Necesidades alimenticias mínimas para cubrir

Las necesidades alimenticias mínimas para cubrir se refieren fundamentalmente a la energía, la proteína, los minerales y las vitaminas. El primer miembro de cada restricción es la cantidad aportada por cada alimento (Tabla 8). El segundo miembro está compuesto por los requerimientos mínimos del animal (Tabla 9).

Para este cálculo de los requerimientos se seleccionó la categoría novillito, peso promedio inicial 230 Kg, objetivo productivo ganancia diaria de peso (GDP) de 1kg, tiempo de encierre 90 días, peso final de 320 kg. Se consideró un consumo del 3% PV (peso vivo).

Tabla N° 9. Requerimiento para la categoría novillo en estudio

EM (Mcal/día)	PB (g/día)	FDN (kg/día)	Ca (g/día)
16,75	670,43	0,413	33

Fuente: Sampedro, *et al*, 2007.

2. Límites máximos y mínimos por razones nutricias

Los límites (restricciones) de máximo son aquellas que no pueden sobrepasar cierto porcentaje de la dieta, ya que pueden ocasionar pérdida de peso por problemas gastrointestinales por ejemplo aumentos negativos de ganancia de peso y acidosis subclínica producto de no respetar las proporciones de cada componente de la dieta.

Por lo general, las limitantes de máximo se obtienen de tablas anexas a los requerimientos diarios. Por otra parte, pueden darse situaciones en las que un mismo nutriente tiene requerimientos mínimos y también de máximo como es el caso de los concentrados proteicos y los núcleos minerales. En cambio, existen otros casos, como el heno, que si se diera en exceso no provocarían daños en la salud del animal.

Tabla N° 10. Restricciones de máximo y mínimo por razones nutricionales

Alimento	Restricciones de máximo		Restricciones de mínimo	
	Kg/día	% Dieta	Kg/día	% Dieta
Grano de avena	4,125	50	2	25
Grano de maíz	7,425	90	5	62
Grano trigo	3,3	40	2	24
Pellet de girasol	4,125	50	1,65	20
Pellet de soja	4,125	50	1,65	20
Núcleo proteico	0,825	10	0,83	10
Núcleo mineral	0,165	2	0,17	2
Rollo	0,4125	5	0,08	1

Fuente: Sampedro *et al.*, (2007) y Pordomingo (2005)

Para las estimaciones de mínimo, los cálculos se basaron para la categoría seleccionada que consume el 3%PV (8,25 kg/día).

Para estimar las restricciones de mínimo de los pellets de soja y girasol se establecieron los valores respetando la relación proteína digestible en rumen (PDR) y EM, siguiendo los cálculos de Sampedro *et al.* (2007).

Para el grano de maíz, se estimó la restricción de mínimo según la cantidad mínima de EM que cubra las necesidades de energía (Mcal/día) del animal.

En cambio, para el grano de avena se consideró la mitad de dicha energía, con el fin de limitar el consumo de fibra en función del cálculo de FDN realizado (Anexo I). Si bien el animal consume la cantidad de alimento diario necesario, no logra el engrasamiento requerido (Kugler *et al.*, 2004).

En cuanto al grano de trigo, su estimación fue similar al resto de los grano, con la particularidad que se debe tener en cuenta menos de la mitad de la energía (Mcal/día) para disminuir el riesgo de acidosis. El trigo libera rápidamente la

energía en el rúmen. Es por ello que es alto el riesgo de acidosis, por lo que se debe controlar la cantidad que se suministra. Por otro lado se debe facilitar proteína rápidamente disponible para que se acople a esa energía, evitándose desacoples que produzcan bruscas caídas de pH.

Las restricciones de máximo se establecieron según recomendaciones de Pordomingo (2005). Este punto es importante ya que limitar la cantidad de kg por insumo garantiza el control de enfermedades por trastornos gastrointestinales o intoxicación por ingesta. Todos los insumos a excepción del heno pueden provocar en caso de excesos pérdida de peso y en ocasiones extremas la muerte del animal.

3. Limitaciones no nutricias

Se refiere a ciertos límites máximo o mínimos que hay que respetar porque sobrepasarlos puede producir consecuencias indeseables. Los máximos se pueden deber a razones de palatabilidad, trastornos digestivos ocasionados por principios tóxicos, efecto sobre los animales (gusto de la carne, consistencia de la grasa, color de la yema, etc.). Los mínimos se dan en ciertos alimentos cuyo efecto no se conoce bien pero que su presencia en la ración no se puede prescindir, productos que facilitan la preparación de la mezcla (por ej. Sebo para el peleteado), etc.

A continuación se presentan en la Tabla N° 11 las restricciones no nutricias que pueden presentarse y deben ser tenidas en cuenta para elaborar la ración de mínimo costo.

Tabla N° 11. Limitaciones no nutricias.

EXCESO					DEFICIT
Grano avena	Grano maíz	Grano cebada	Grano trigo	Núcleo proteico	Suplemento vitamínico mineral
Trastornos gastrointestinales				Toxicidad por MONENSINA ⁶	Reducción del crecimiento

Fuente: Pordomigo (2005)

4. Control del peso

Se refiere a una restricción de máximo que asegura que el peso total de la ración no sobrepase la cantidad que puede ingerir el animal. Esta retracción es necesaria para mantener una concentración adecuada de los principios nutritivos de la ración.

Se puede utilizar cualquier unidad en una restricción, pero una vez elegida se debe mantener en toda la fila. Las unidades que se tomaron fueron: Mcal para EM, kg para PB y g para el calcio. Estas unidades se utilizaron para expresar las necesidades nutricionales del animal como los aportes de los alimentos.

Para el control del peso se formula como una restricción de máximo y se expresa en kg de MS. Este valor es de 8,25 kg MS/día.

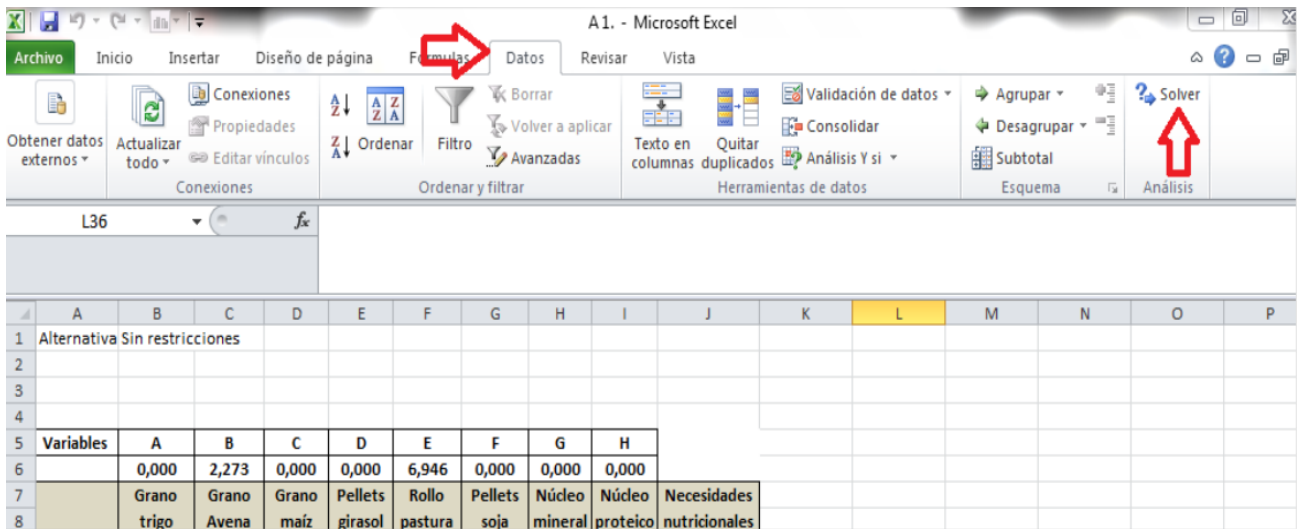
Explicación grafica para utilizar el Solver

Luego de establecer todos los criterios se podrá completar una tabla con dicha información para luego establecer la ración de costo mínimo.

A continuación se detalla gráficamente como hacerlo.

⁶ La Monensina cumple la función de evitar el sobreconsumo y la acidosis. De esta manera, homogeniza y regula el consumo reduciendo el riesgo de acidosis subclínica (Pordomingo, 2005). Los excesos en el consumo conducen a una intoxicación, teniendo como consecuencias, diarrea, disnea, anorexia, entre otras (Odriozola, 2004).

Figura N° 8. PASO 1: hoja de cálculo Excel con la función Solver en la barra de herramientas.



Para realizar la tabla vamos a necesitar los alimentos expuestos en la Tabla N° 8. Estos valores conformaran una columna de la matriz del sistema de ecuaciones y debajo de cada uno de ellos se deberá incluir los componentes nutricionales en materia de: EM, MS, PB, FDN y minerales como calcio (Ca) ubicados a la izquierda del cuadro.

Figura N° 9. PASO 2: Construcción de la tabla

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	Necesidades nutricionales
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	
\$/kg	5,40	4,50	5,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
$= +B9*B6 + C9*C6 + D9*D6 + E9*E6 + F9*F6 + G9*G6 + H9*H6 + I9*I6$									

F.O

Una vez completa la tabla debemos definir las restricciones, que aparecerán en la primera columna a la derecha de la Figura 8 (pág. 44) que corresponden a las necesidades nutritivas de la categoría novillo.

Para poder establecer las restricciones se elaboran otras tablas de manera de dar correctamente las restricciones, para este caso de mínimo que respetan las necesidades nutricias del animal y de condición mayor igual a cero para evitar negativos en el sistema.

Figura N° 10. PASO 3: Establecer restricciones

Restricciones de mínimo

EM (Mcal)	27,68									16,75
MS (kg)		8,25								8,25
PB (kg)			1,14							0,67
FDN (kg)				2,01						0,41
Ca (kg)					46,66					0,03

Restricciones de NO negativo

A	0,00									0
B		0,00								0
C			7,425							0
D				0						0
E					1,93026					0
F						0				0
G							0,825			0
H								0		0

Para poder dar la orden a Solver de establecer restricciones hay que ir a la barra de herramientas "DATOS" e identificar la función "Solver" en la misma para comenzar a trabajar con el programa e incluir lo que nosotros pretendemos hacer para lograr nuestro FO.

Como se puede observar en el ítem "Establecer objetivo" (Figura N° 11), corresponde a la celda FO de la Tabla como se muestra en la Figura N° 9.

El trabajo consiste en solucionar un problema de mínimo, por lo que debemos elegir la opción "MIN" que figura debajo del ítem "Establecer objetivo". Luego se podrá comenzar a incluir cada una de las restricciones, haciendo click en "AGREGAR".

Figura N° 11. PASO 4: “Datos”, “Función Solver” para establecer función de mínimo para agregar restricciones

Variables	A	B
	0,000	7,124
Grano trigo	5,00	4,50
S/kg	3,17	2,48
EM (Mcal)	0,88	0,91
MS (kg)	0,15	0,12
FDN (kg)	0,10	0,31
Ca (kg)	0,04	0,02
Función Objetivo	48,84	
EM (Mcal)	24,57	
MS (kg)		8,

Parámetros de Solver

Establecer objetivo: **\$B\$15**

Para: Máx. Min Valor de: 0

Cambiando las celdas de variables: \$B\$6:\$I\$6

Sujeto a las restricciones:

- \$B\$24 >= \$K\$24
- \$B\$34 <= \$K\$34
- \$B\$18 >= \$K\$18
- \$B\$40 <= \$K\$40
- \$B\$39 <= \$K\$39
- \$G\$29 >= \$K\$29
- \$C\$25 >= \$K\$25
- \$B\$42 = \$K\$42

Botones: Agregar, Cambiar, Eliminar

Quando se agregan las restricciones es importante colocar bien los signos de la condición respetando nuestros criterios.

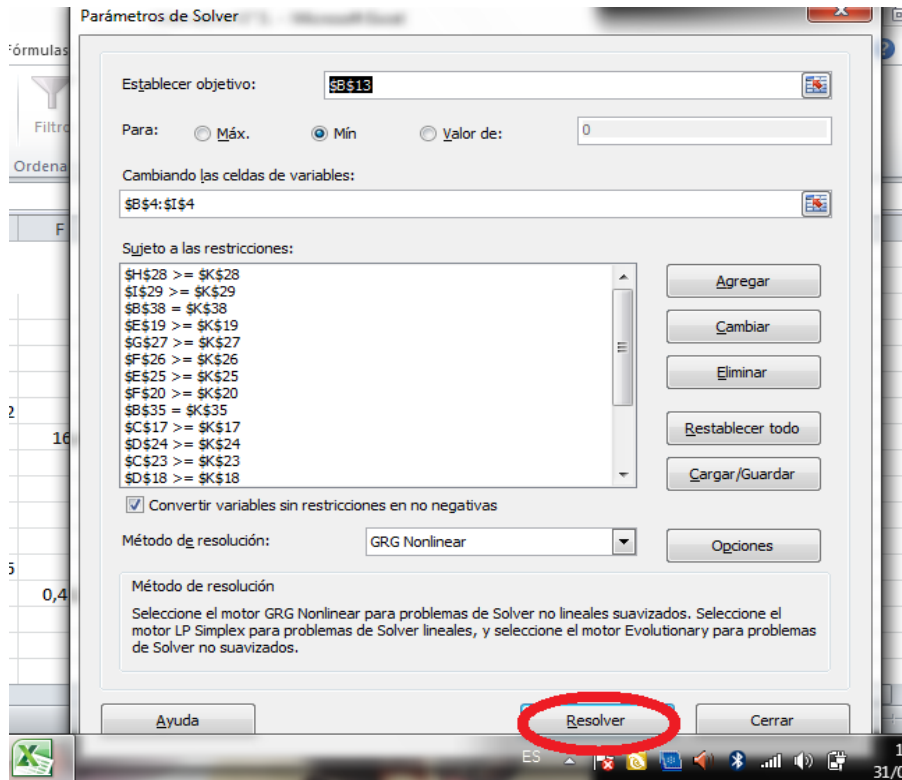
Figura N° 12. PASO 5: Agregar las restricciones de acuerdo al objetivo buscado

Restricciones de mínima

7											
8	EM (Mcal)	17,98								16,75	
9	MS (kg)		5,35							6,25	
10	PB (kg)			1,63						0,67	
11	FON (kg)				2,17					0,21	
12	Ca (kg)					43,60				0,06	
13											
14	A	1									
15	B		1								
16	C			1							
17	D				1						
18	E					1					
19	F										
20	G										
21	H										
22											
23											
24											

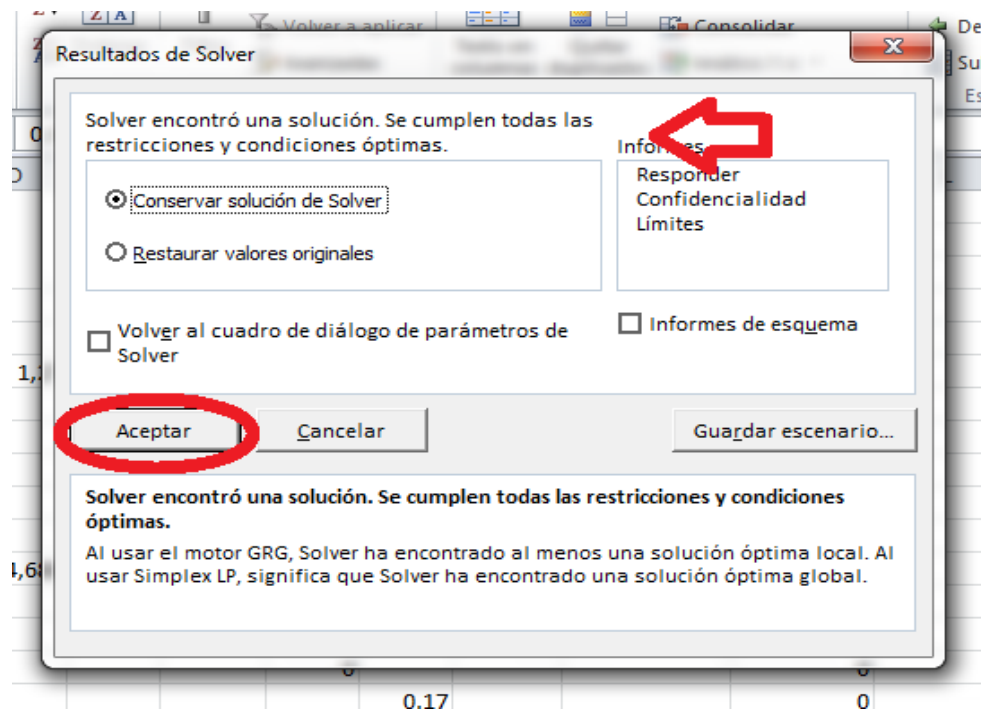
Una vez establecidas todas las restricciones se da la orden de “Resolver” ubicada al margen inferior de la Figura N° 13.

Figura 13. PASO 6: “Resolver”



En el último paso, si Solver ha encontrado una solución, se podrá hacer click en “aceptar” para conocer el valor de la ración y de los componentes de la misma.

Figura N° 14. PASO 7: Resultados de Solver “Aceptar” para obtener el valor de la FO.



V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de completar cada uno de los pasos anteriores y en búsqueda de una solución, se presentan las siguientes alternativas para evaluar la sustitución del grano de maíz por el de avena. Para ello, se tomó como restricción el consumo máximo y mínimo de avena, el del rollo de pastura y varios escenarios simulando diferentes relaciones de precio entre maíz y avena.

Las alternativas se definieron de la siguiente manera:

1. En la primera alternativa el programa solo recibió la orden de incluir el núcleo proteico mineral al 2%.
2. Restricción del 5% en el rollo de pastura.
3. Restricción avena hasta 25%, maíz hasta el 60%, rollo pastura al 5% y núcleo proteico mineral al 10%.
4. Restricción avena hasta 50%, de maíz hasta 40%, rollo de pastura al 5% y núcleo proteico al 10%.

Para estudiar la sustitución el grado de sustitución entre avena y maíz y el impacto en el costo de las raciones, se reduce el precio actual (julio 2018) del maíz en un 10 y 20 %.

De esta manera quedan conformados los siguientes escenarios:

- A. Precios a julio 2018: avena 4,5\$/kg y maíz 5\$/kg. Alternativas 1, 2, 3 y 4.
- B. Baja en un 10% el precio del maíz: avena 4,5\$/kg y maíz 4,5\$/kg. Alternativa 5, 6, 7 y 8.
- C. Baja un 20% el precio del maíz: avena 4,5\$/kg y maíz 4\$/kg. Alternativa 9, 10, 11 y 12.

ESCENARIO A

Precios de los alimentos a Julio 2018

Tabla N° 12: Alternativa 1

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	2,273	0,000	0,000	6,946	0,000	0,170	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	5,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	40,21								

Como se observa, el programa resolvió que la ración diaria está constituida por el grano de avena 2,273kg, rollo de pastura 6,94kg y núcleo mineral 170gr a un costo de 40,21\$/día. Para ello, se tuvo en cuenta los precios actuales de los insumos a julio del 2018, más las necesidades nutricionales expuestas a la derecha de la Tabla N°15.

Tabla N° 13: Alternativa 2

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	8,663	0,000	0,000	0,413	0,000	0,165	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	5,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	42,77								

Aquí se toma como base los supuestos de Pordomigo (2005), quien sostiene que la mezcla de granos genera mejor conversión del alimento al aumento de peso, debido a la mezcla de almidones de distinta tasa de degradabilidad, generando un ambiente ruminal de fermentación más estable.

Tabla N° 14: Alternativa 3

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	2,063	5,934	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	5,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	50,22								

En este supuesto se trata de establecer el consumo máximo de avena en una dieta para sustituir el maíz, respetando los objetivos productivos.

Como resultado, obtenemos una ración con un costo diario de \$50,22. La misma se constituye por 2,063kg de avena, 5,93kg de maíz, 412gr de pastura y 825gr de núcleo proteico.

Tabla N° 15. Alternativa 4

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	4,125	3,802	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	5,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	48,84								

La ración queda compuesta por 4,12kg de avena, 3.8kg de maíz, 413grs de rollo de pastura y 825gr de núcleo proteico, con un costo de \$ 48,84 por día.

Se puede observar que esta ración es más económica que la Alternativa 3 ya que se incluye mayor proporción de grano de avena.

ESCENARIO B

Precios de los alimentos con baja al 10% respecto de julio 2018

Tabla N° 16: Alternativa 5

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	2,273	0,000	0,000	6,946	0,000	0,170	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,50	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	40,21								

Tabla N° 17: Alternativa 6

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	8,662	0,000	0,000	0,413	0,000	0,165	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,50	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	42,77								

Tabla N° 18. Alternativa 7

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	2,063	5,934	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,50	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	47,26								

Tabla N° 19: Alternativa 8

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	4,125	3,802	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,50	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	46,94								

ESCENARIO C

Precios de los alimentos bajan un 20% respecto de Julio 2018

Tabla Nº 20: Alternativa 9

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	0,000	1,150	0,000	8,132	0,000	0,170	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	39,33								

Tabla 21: Alternativa 10

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	0,000	8,958	0,000	0,413	0,000	0,165	0,000	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	39,62								

Tabla N° 22: Alternativa 11

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	0,000	8,067	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	43,54								

Tabla N° 23: Alternativa 12

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H	
	0,000	0,000	8,067	0,000	0,413	0,000	0,000	0,825	
	Grano trigo	Grano Avena	Grano maíz	Pellets girasol	Rollo pastura	Pellets soja	Núcleo mineral	Núcleo proteico	Necesidades nutricionales
\$/kg	5,40	4,50	4,00	8,00	4,00	15,09	12,95	11,66	
EM (Mcal)	3,17	2,48	3,25	2,52	1,60	3,27	0,00	1,60	16,75
MS (kg)	0,88	0,91	0,88	0,91	0,89	0,88	0,00	0,95	8,25
PB (kg)	0,15	0,12	0,10	0,31	0,10	0,41	0,00	0,42	0,67
FDN (kg)	0,30	0,31	0,12	0,40	0,66	0,23	0,00	0,32	0,41
Ca (kg)	0,04	0,02	0,02	0,004	0,01	0,003	0,22	0,036	0,03
fo	43,54								

A continuación, en la Tabla N° 24 y Tabla N° 25 se presentan los resultados de las diferentes alternativas y escenarios.

Síntesis de los resultados

Tabla N° 24: Ración de mínimo costo expresado en \$/día por cabeza según las alternativas propuestas.

Precios Julio 2018	Situación	Precios bajan 10%	Situación	Precios bajan 20%	Situación
	\$ avena < \$ maíz		\$ avena = \$ maíz		\$ avena > \$ maíz
A.1	CR: \$40,21	A.5	CR: \$40,21	A.9	CR: \$39,33
A.2	CR: \$42,77	A.6	CR: \$42,77	A.10	CR: \$39,62
A.3	CR: \$50,22	A.7	CR: \$47,26	A.11	CR: \$43,54
A.4	CR: \$48,84	A.8	CR: \$46, 94	A.12	CR: \$43,54

A: alternativa, CR: costo de la ración.

Tabla N° 25: Composición de la ración según alternativas propuestas.

Altn.	Combinación	Altn.	Combinación	Altn.	Combinación
A.1	A 2,27kg , R 6,94kg y NM 170grs.	A.5	A 2,27kg , R 6,94kg y NM 170grs.	A.9	M 1,15kg, R 8,13kg y NM 170grs.
A.2	A 8,66kg, R 413grs y NM 165grs.	A.6	A 8,66kg, R 413grs y MN 165grs.	A.10	M 8,95kg, R 413grs y NM 165grs.
A.3	A 2,06kg, M 5,93kg, R 413grs y NM 825grs.	A.7	A 2,06kg, M 5,93kg, R 413grs y NP 825grs.	A.11	M 8,06kg, R 413grs y NP 825grs.
A.4	A 4,12kg, M 3,8kg, R 413grs y NP 825grs.	A.8	A 4,12kg, M 3,8kg, R 413grs y NP 825grs.	A.12	M 8,06kg, R 413grs y NP 825grs.

A: avena, M: maíz, R: rollo, NM: núcleo mineral, NP: núcleo proteico

El programa considera a los alimentos secos para conformar la matriz que nos lleva a la resolución del problema. Cuando el programa formula (calcula) las raciones éste considera el nivel de humedad natural que tienen los alimentos, razón por la cual las raciones pueden superar el límite establecido de MS.

Por otro lado, si bien se estudió la sustitución del grano de maíz por la avena se sumó otro grano como el trigo (disponible localmente) para observar si ante el cambio del precio del maíz y las restricciones al maíz y la avena el programa seleccionaba al mismo para constituir la ración de mínimo costo. Como se observó, en ninguna de las alternativas el programa escogió al grano de trigo⁷.

⁷ Se tomó el trigo de mejor calidad debido a que es el que está disponible en la zona; el trigo descarte, si bien tiene un costo menor, su valor nutricional es inferior al trigo pan.

Análisis de los resultados

En la alternativa 1 sólo se limitó sólo el núcleo mineral pudiendo el programa optar entre varias alternativas sin restricciones. El resultado obtenido en esta alternativa implica utilizar una gran proporción de rollo de heno. En la alternativa 2 se restringió la posibilidad de usar heno de alfalfa al 5% de la ración por lo que el programa optó por una mayor cantidad de grano, en este caso avena (en ambos casos a precios de julio 2018).

Bajo este esquema y consideraron los dichos de Pordomingo (2005) sobre la eficiencia que tienen los granos al ser mezclados se decidió utilizar la mezcla grano de avena hasta el 25% y maíz hasta el 60% quedando así conformada la alternativa 3.

Para continuar con el objetivo propuesto de evaluar el grado de sustitución del grano de maíz por el de avena, se propuso en la alternativa 4 incluir la avena hasta un 50%.

De estas alternativas se observa que con los precios actuales (julio 2018), la avena aparece en todas las alternativas siendo la de menor costo la alternativa 1 donde supera al maíz (a precios actuales, el precio del maíz es un 10 % superior al precio de la avena). Algo similar sucede en la alternativa 2 cuando se limita la participación del rollo de heno; en este caso aumenta la participación de la avena aunque los costos se elevan en un 6,3%.

En las alternativas 5 a 8, se ha simulado que los precios de avena y maíz son similares. Se observa que no hay un desplazamiento de la avena por el maíz en las alternativas 1 y 2 si, en las alternativas 3 y 4, al utilizar el maíz con un costo menor, se abaratan ambas posibilidades.

En las alternativas 9 a 12 se ha simulado que el precio del maíz es inferior en un 11 %; en este caso se observó un cambio en la composición de la ración para cada alternativa y su costo, por lo que las alternativas de este grupo son las más económicas y es donde aparece el maíz reemplazando a la avena. Esta situación

se podría tomar como la existente antes de que el Estado nacional eliminara las retenciones a las exportaciones del grano de maíz.

VI.- CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, la sustitución del maíz por la avena resulta apropiada del punto de vista técnico como económico a determinados niveles de precios. Se observa que es posible reemplazar al maíz por la avena con

los precios referenciados a Julio 2018, aunque esta situación se revierte si el precio del maíz es inferior al de la avena (situación previa con retenciones).

Al evaluar los costos de las diferentes opciones y el precio por kilogramo del novillo a julio 2018 (\$/kg 44,07), se concluye que las alternativas 1, 5, 9 y 10, son las más convenientes, ya que el costo por ración es inferior al precio por kilogramo del novillo. Luego existen las alternativas 2, 6, 11 y 12, que si bien el costo de la ración es inferior, estarían muy cerca del precio del novillo por lo que podrían no ser del todo interesante para el productor. Finalmente, las alternativas 3, 4, 7 y 8 no son convenientes ya que el costo de la ración supera el precio por kilogramo del novillo.

Finalmente, y mencionando a Pena y Beger (2006), *“Existen diversas metodologías corrientemente utilizadas para el balance de raciones. Sin embargo, y cuando el factor económico es crítico, el problema no pasa solamente por determinar cuál suplemento suministrar para satisfacer los requerimientos del animal, sino por alimentar con el balanceado cuya composición al mismo tiempo presente el mínimo costo factible, para lograr el mayor rendimiento económico”*.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

- Barnard, C.S y Nix,J.S. 1984. Planeamiento y control agropecuario. Editorial el Ateneo Buenos Aires.
- Bavera, G.A. 2009. Aguas y Aguadas para el ganado, 3ª Ed. del autor, Río Cuarto.
- Fernández, H. 2010. Tabla de composición de alimentos para rumiantes. Nutrición animal, INTA EEA Balcarce.
- Fernández Mayer, A. 1998. Fisiología de la producción de carne. INTA Bordenave.
- Fernández Mayer, A. 2008. Engorde a corral de vacas de descarte con urea. INTA Bordenave.
- Fernández Mayer, A. 2010. Engorde a corral de vaquillonas angus con grano de cebada vs grano de maíz, harina de girasol y fardos de flor amarilla. INTA Bordenave.
- Fernández Mayer, A. 2011. Engorde a corral de toros jóvenes con alimentos no tradicionales. INTA Bordenave.
- Fernández Mayer, A. 2016. El grano de maíz, ¿es el mejor de todos similitudes y diferencias entre los granos de cereal. INTA Bordenave.
- Garcilazo, M.G., Alvarado, P.I., Barbarossa, R.A., Bolla, D.A. y Angelicchio, C.P. 2009. Engorde a corral de vacas de refugio. Revista Argentina de Producción Animal 29 (1): 280.
- Gavidia R. y Longo L.1981. Principios de Economía. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
- Kugler, N.; Garcilazo, G. y Barbarossa, R. 2004. El engorde en los valles Norpatagónicos. . EEA Valle Inferior del Río Negro-convenio provincia de Río Negro-INTA. Información técnica N°22 Año 2 – N° 4. INTA.
- Miñón, D. P.; Alvarez, M.; Gallego, J. J.; Garcilazo, G.; Barbarossa, R. A. y García Vinent; J. C. 2014. Recursos forrajeros para intensificar la producción de carnes en los valles regados patagónicos. EEA Valle Inferior

del Río Negro-convenio provincia de Río Negro-INTA. Información técnica n°35 año 8 n° 17.

- Miñon, D.P.; Bolla, D.; Martínez, J.; Garcilazo, G.; Lascano, O.; Enrique, M. 2013. Fortalecimiento de la ganadería vacuna en la nueva zona libre de aftosa patagónica. EEAA valle Inferior-Convenio Provincia de Río Negro-INTA.
- Mochón, F. y Beker, Víctor A. M. 1997. Economía, principios y aplicaciones. Segunda Edición. Ediciones Mc Graw Hill. Buenos Aires
- Odriozola, N. 2004. Intoxicación por Monensina. EEA INTA Balcarce.
- Pena de Ladaga, S y Beger, A. 2006. Toma de decisiones en el sector Agropecuario. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.
- Plan Sectorial Bovino. Provincia de Río Negro. 2016. Trabajo no publicado.
- Pordomingo, A. 2005. Feedlot: alimentación, diseño y manejo. EEA. INTA Anguil.
- Resolución N°141. 2013. Expediente N° S05:0508851/2013 del registro del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación.
- Sampedro, D.; Garcarena, D.; Kloster, A.; Latimori, N.; Monje, A.; Peruchena, C. y Somma de Feré, G. 2007. Alimentación de Ganado Bovino para carne. Módulo 1. Ediciones INTA.
- Viretto, P.E.; Miñon, D.P.; Villegas Nigra, E.M. 2018. El maíz en la comarca Viedma- Patagones ¿cadena de valor o eslabón de la cadena pecuaria? En Villegas Nigra, H.M. y Miñon, D. (2018); Territorios y producción en el norte de la Patagonia; Editorial HMVN.

Fuentes electrónicas

- Bolsa de cereales de Bahía Blanca. www.bcp.org.ar
- Dólarsi. <https://www.dolarsi.com>

- Informe de Precios de Carne y Ganado de la Patagonia <https://inta.gob.ar/documentos/informe-de-precios-de-carne-y-ganado-de-la-patagonia>.

Disertación

- Bassi, T. “Disertación sobre la “Situación regional de la ganadería ganadera”, realizada en la ciudad de Gral. Conesa el día 8 de mayo de 2014.

VIII.- ANEXOS

Anexo I: Determinación de los requerimientos de la categoría novillo en función de su peso y producción de carne

Peso inicio kg	230
peso final kg	320
Peso promedio ciclo kg	275
Consumo Kg MS/día	
3%	8,25

Ganancia de peso kg/día	1
-------------------------	---

Peso Metabolico expo. 0,75	67,53
----------------------------	-------

Ciclo 90 días

Ganancia de peso (GDP)

<i>Requerimiento de Proteína</i>	
Mantenimiento	GDP
256,62	226,09
PB g/día	670,43

<i>Requerimiento de Energía</i>	
Mantenimiento	GDP
7,23	9,52
Energía Mcal	16,75

<i>Calcio (Ca)</i>	
Mantenimiento	GDP
8	25
Ca g/día	33

<i>Foforo (P)</i>	
Mantenimiento	GDP
6	10
P g/día	16

<i>Fibra FDN</i>	
5%	del consumo
kg/día	0,413

Anexo II: Serie de precios del grano de maíz, avena y novillo para faena

Fue necesario para realizar una interpretación correcta de la serie de precios indexar cada valor mensual para corregir el efecto inflacionario y poder comparar los valores.

Serie de precios del dólar

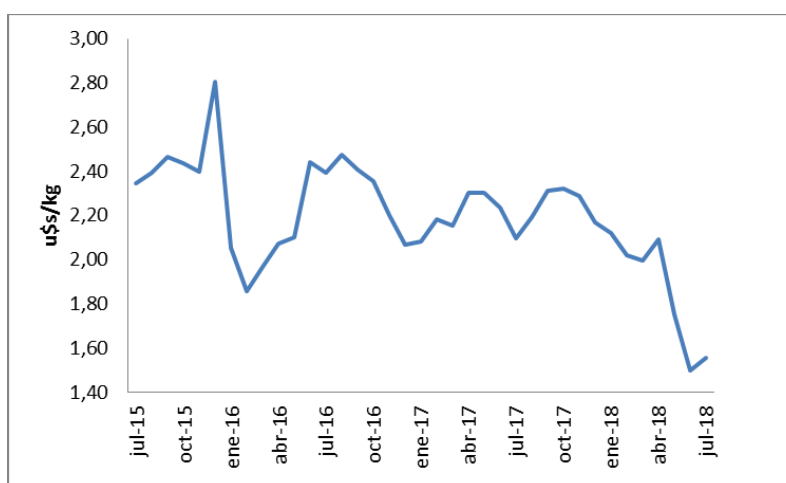
Julio 2015 a Julio 2018

2015							Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
u\$s							9,13	9,2	9,37	9,48	9,64	9,8
2016	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
u\$s	13,4	14,8	14,52	14,05	14,15	13,74	14,95	14,67	15,07	15,17	15,5	15,96
2017	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
u\$s	15,85	15,36	15,57	15,19	15,53	15,98	16,95	16,86	17,29	17,67	17,93	18,45
2018	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul					
u\$s	19,27	20,05	20,52	20,06	23,42	27,4	28,25					

Fuente: www.dolarsi.com

Serie de precios novillo para faena >320Kg

Julio 2015 a Julio 2018

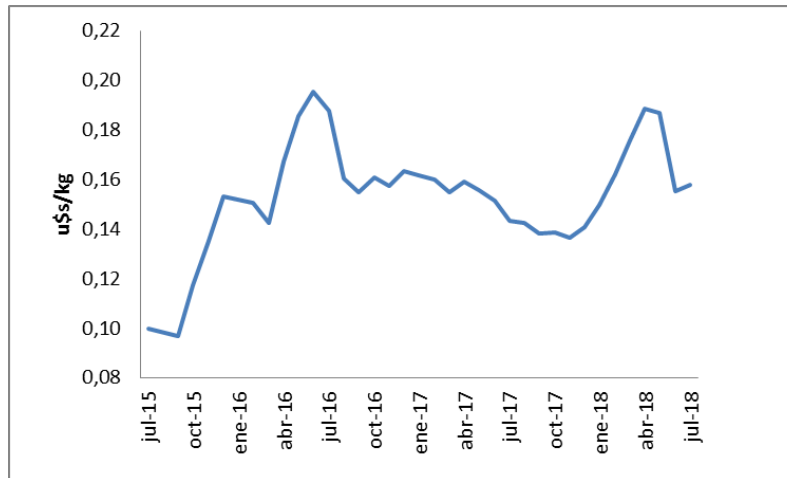


Fuente: Informe de precios de carne y ganado de la Patagonia publicado mensualmente por INTA

Del gráfico se observa un pico de máxima el mes de Diciembre 2015 con un valor de 2,81 u\$s/kg y uno de mínima en el mes de Julio 2018 1,56 u\$s/kg. Se calculó el valor promedio de la serie siendo este de 2,19 u\$s/kg

Serie de precios del grano de maíz

Julio 2015 a Julio 2018.



Fuente: Bolsa de Cereales de Bahía Blanca.

De la serie en estudio se obtuvo que el valor promedio del grano de maíz fue de 0,15u\$S/kg. En el mes de Septiembre del 2015 se percibió el precio más bajo de la serie 0,09 u\$s/kg y un pico de máxima en el mes de Junio del 2016 con un valor histórico de 0,20 u\$s/kg.

Durante el año 2017 el precio se mantuvo estable. Los valores de máxima y de mínima fueron de 0,16 u\$s/kg y 0,32 u\$s/kg en Enero y Noviembre, respectivamente.

Para el año 2018, comenzó incrementarse de manera constante, partiendo en Enero con un precio de 0,15 u\$s/kg siendo su pico de máxima en el mes de Abril con un precio de 0,18 u\$s/kg.

Precios referenciales de la avena

Mayo 2015 a mayo 2018

Fecha	u\$s
Julio 2015	0,15
Julio 2016	0,11
Julio 2017	0,13
Julio 2018	0,15

Fuente: Cooperativa Agrícola Ganadera de Stroeder.

SINTESIS

A continuación se presentan el precio en dólares al mes Julio 2018 del grano de maíz, avena y novillo. Para expresar los mismos en \$/kg se indexó a un precio de \$28,25. Dicho valor corresponde al precio del dólar a julio 2018.

Precio Julio 2018	U\$s/kg	\$/kg
Maíz	0,15	4,65
Avena	0,15	4,23
Novillo	1,56	44,07

*4,23 +10% por gastos de flete.

Anexo III: Visita a establecimiento de engorde a corral de la zona

Caso 1. Engorde a corral de novillos- comedero lleno. (Moran Parcela C22 IDEVI)

Esta modalidad de brindar el alimento *ad-libitum* es una práctica adoptada por los encierres que no cuentan con personal continuo.

La dieta estaba constituida por grano de maíz entero más un concentrado proteico al 10 % y heno a discreción

En mi opinión, la utilización de comederos llenos independientemente de la composición de la dieta, es una modalidad que no recomendaría ya que cambia la textura del alimento por la humedad contenida en cada partícula del mismo y la humedad del ambiente. Cuando más tiempo el alimento este en el comedero disminuye las probabilidades de ingesta por parte del ganado vacuno por la formación de toscas y olor desagradable.

Caso 2: Engorde a corral de terneros/as de Simón Soubrie. Parcela C10 IDEVI)

Este engorde tiene la particularidad de ofrecer el servicio de hotelería. Tal servicio consiste en recibir hacienda de terceros para engordar y los kilogramos ganados desde que ingresan hasta que se retiran los animales del área en confinamiento, son repartidos según porcentaje previamente acordado. Este valor en algunos casos es del 70% para el propietario del establecimiento y 30% para el dueño de la hacienda.

Bajo este esquema de producción de carne y según la demanda del mercado local, el dueño de la hotelería toma para engordar la categoría ternero/a. Para esta categoría el productor elabora una dieta a base de grano de maíz partido (60-70%) y rollo de alfalfa de excelente calidad (38-28%), más un núcleo vitaminado mineral (2%). El grano de maíz partido es ofrecido a los animales en el periodo

marzo-diciembre, y posteriormente, entre diciembre y marzo, utiliza como cereal el grano de cebada entero.

El alimento es producido en el mismo establecimiento para abastecer la demanda de 600 animales, solo compra el núcleo vitamínico mineral. Cuenta con maquinaria propia y personal continuo que le permite desarrollar la actividad agrícola ganadera todo el año.

El dueño del establecimiento toma preferentemente para engordar la categoría ternero de 280 kg de peso promedio. Considera que es más eficiente terminar un ternero que un novillo. Simón Soubrie dice: *“Me lleva más de tres meses terminar un novillo cuando un ternero lo saco antes y come menos”*.

El padre de Simón Soubrie al respecto comentó: *“Al sector del engorde le cuesta terminar el animal con más kilos para exportación porque el precio no se ajusta para que alguien lo retenga más tiempo”*.

Caso 3: Engorde a corral con silos de autoconsumo de la familia Correndo (Stroeder)

Por la cercanía al valle inferior del río Negro y por los lazos que siempre existieron entre este y el partido de Patagones, se visitó un engorde a corral en la localidad de Stroeder.

Al igual que el caso anterior el productor elabora la dieta de los animales con alimentos que proviene del mismo campo.

La familia Correndo durante años sembró trigo hasta el año 2005 cuando una sequía afectó la zona patagónica. En el año 2010 volvieron a implantar trigo pero, a partir del año pasado tomaron la decisión de reemplazar estas hectáreas definitivamente por cebada con el objetivo de cosechar este grano alimento primario para los novillos en engorde.

Luciano Correndo sostiene que *“la cebada es una alternativa al maíz porque éste cereal es muy errático en esta zona. La porción norte tiene influencia con el Río Colorado donde hay sectores con regadíos pero nosotros estamos al sur*

produciendo en seco donde no hay alternativas para regar. Por lo que los cultivos de verano son muy arriesgados de producir”.

En el establecimiento realizan ciclo completo (cría, recria y terminación). Este es el segundo año que utilizan suplementación del ternero al pie de la madre (creep feeding). Esto genera que se adelante el destete un mes. No obstante, los mismos salen con la misma cantidad de kilos, con 240 a 250 kilos, hecho que luego se ve relegado en las siguientes etapas (recria y terminación) acortando los días de cada una de éstas.

La dieta para terminar los novillos es a base de grano de cebada más un concentrado proteico al 10%, 15% hasta 30%, *“lo que se encuentre en el mercado”* aclara Luciano Correndo. Previo al ingreso de los animales a los corrales de engorde se separan según la condición corporal (CC). Novillos que ingresan con buena CC se terminan entre 70 a 80 días. Los que ingresan con CC menor necesitan, más tiempo en el corral este puede ser mayor a 90 días