

**UTILIZACIÓN DE MASILLA Y/O LEVADURA DE CERVECERÍA EN LA  
ALIMENTACIÓN DE TORETES CHAROLAIS**

**ALBERTO GUERRERO RODRÍGUEZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial  
para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN ZOOTECNIA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIRECCIÓN DE POSGRADO  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México  
Diciembre, 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UTILIZACIÓN DE MASILLA Y/O LEVADURA DE CERVECERÍA EN LA  
ALIMENTACIÓN DE TORETES CHAROLAIS**

**TESIS**

**POR:**

**ALBERTO GUERRERO RODRÍGUEZ**

**Elaborada bajo supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para optar al grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN ZOOTECNIA**

**COMITÉ PARTICULAR:**

**Asesor principal:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. José Eduardo García Martínez**

**Asesor:**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Ramiro López Trujillo**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Jerónimo Landeros Flores**  
**Director de Posgrado**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**  
**Diciembre, 2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta nueva etapa de mi vida y por permitir la presencia de todas esas personas que siempre me han apoyado.

A mis padres nuevamente: Lucía Imelda Rodríguez Bustos y Alberto Guerrero Hernández, por todos sus sacrificios y apoyo incondicional para la culminación de este trabajo.

A mi asesor principal el Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez por el apoyo y principalmente por la confianza depositada en mí para realizar este trabajo.

Al Dr. Eduardo García Martínez por compartir sus conocimientos y por su colaboración en la elaboración de este proyecto.

Al Dr. Ramiro López Trujillo por sus atinadas observaciones en el transcurso de mi formación.

Agradezco la preciada colaboración de los laboratoristas Laura Maricela Lara López y Carlos, quienes permitieron los análisis químicos de las diferentes muestras generadas en esta investigación.

A mis compañeros de trabajo Hugo Casco, Juan Llamas, Adrian, Germán y Orbelio.

A las instituciones participantes Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma, CONACYT y UAAAN.

## **COMPENDIO**

### **UTILIZACIÓN DE MASILLA Y/O LEVADURA DE CERVECERÍA EN LA ALIMENTACIÓN DE TORETES CHAROLAIS**

**TESIS**

**POR:**

**ALBERTO GUERRERO RODRÍGUEZ**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ZOOTECNIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**Buenavista, Saltillo Coahuila, México, Diciembre 2009**

**Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez –Asesor-**

Palabras clave: masilla, levadura cervecera, toretes, producción, metabolitos, ácidos grasos volátiles

La alimentación de bovinos en corral de engorda representa un factor de gran impacto sobre los costos de producción, en ocasiones puede representar hasta el 70 % de ellos. Así, los productores buscan utilizar subproductos agroindustriales alimenticios con precios accesibles. Las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una serie muy amplia de esquilmos y subproductos que se pueden emplear de diversas maneras para formular alimentos para los animales. Algunos de estos subproductos son aquellos generados por la industria cervecera como la masilla y la levadura de cerveza, los cuales, pueden ser utilizados en forma seca o húmeda. Por lo anterior, se utilizaron 18 toretes de la

raza Charolais, con el objeto de evaluar seis dietas experimentales, mismas que contaron con tres repeticiones para las variables consumo de materia seca (CDMS), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), metabolitos y ácidos grasos volátiles (AGV's). Se utilizaron tres niveles de masilla (M) húmeda (0, 10 y 20%) y dos niveles de levadura (L) inactiva (0 y 10%). El periodo de prueba fue de 96 días y se dividió en tres etapas. El contenido de forraje para cada una de las etapas fue de 30, 20 y 15 %. El alimento se sirvió a los ocho a.m. y a las cinco p.m. El alimento ofrecido fue ajustado al consumo de los animales. La cantidad de alimento rechazado de los animales se retiraba de los comederos, recibiendo así alimento "fresco" en su mayor parte. En la primera etapa se encontró un efecto de interacción M x L sobre el CDMS ( $P < 0.05$ ), observándose un decremento con la combinación 20%M-10%L. La GDP y la CA al igual que las concentraciones séricas de glucosa, proteínas totales, creatinina y urea no se vieron afectadas durante esta etapa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, se observó un decremento en las concentraciones de colesterol al adicionar levadura ( $P < 0.05$ ). Durante la segunda etapa se observó un efecto de interacción sobre el CDMS y sobre la GDP registrándose decrementos del CDMS y de la GDP para la combinación 20%M-10%L ( $P < 0.05$ ). La CA y perfil sanguíneo no se afectaron con la adición de los subproductos durante la segunda y tercera etapa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, en la tercera etapa se registró un mayor CDMS al adicionar 10% de levadura en la ración ( $P < 0.05$ ). Por su parte, se observó un efecto de interacción M x L sobre las concentraciones de AGV's, dichas concentraciones aumentaron con la adición de los subproductos, principalmente con la masilla ( $P < 0.05$ ). A pesar de que los beneficios en cuanto al comportamiento productivo generados por la adición de los subproductos no son muy marcados, es posible la utilización de los mismos en la alimentación de ganado de engorda, debido a que no producen efectos adversos sobre el metabolismo, crecimiento y desarrollo de los animales cuando se utilizan de forma adecuada.

## ABSTRACT

An experiment was conducted with 18 yearling Charolais bulls in a factorial design (3 x 2) to determine the effect of adding wet brewers grains (M) and brewer's yeast (L) on productive performance of beef cattle. Three levels of wet brewers grains (0, 10 and 20%) and two levels of inactive brewer's yeast (0 and 10%) were used during three feeding periods. The variables analyzed were daily dry matter intake (CDMS), daily weight gain (GDP) and feed conversion (CA). Also was analyzed blood profile (metabolites) on each stage and volatile fatty acids concentrations at the end of the feeding test. In the first period it was just found an interaction effect (M x L) on CDMS ( $P < 0.05$ ), showing a decrease with the combination 20%M-10%L. The cholesterol concentrations decreased with brewer's yeast addition ( $P < 0.05$ ). During the second period it was observed an interaction effect on CDMS and GDP, it was found a decrease in both with the combination 20%M-10%L ( $P < 0.05$ ). The CA and blood profile were not affected with byproducts addition during the second and third periods ( $P > 0.05$ ). However, in the third period it was observed a bigger CDMS with 10% of brewer's yeast in the diet ( $P < 0.05$ ). On the other hand, it was observed an interaction effect on the volatile fatty acids concentrations ( $P < 0.05$ ); mainly an increase in the total concentrations of volatile fatty acids with byproducts addition, specially with wet brewers grain addition was found. The possible associative effect between byproducts is based in the regulator effect of brewer's yeast on the decrease of CDMS caused by the wet brewers grains addition. The few positive effects caused by the brewery byproducts addition on productive performance is compensated with the lower costs of the wet brewers grain and brewer's yeast, so they can be use as a viable alternative in feedlots.

**Key words:** wet brewers grain, brewer's yeast, yearling bulls, production, metabolites, volatile fatty acids.

## ÍNDICE

	Pág.
I INTRODUCCIÓN.....	1
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Parámetros productivos en sistemas intensivos.....	2
2.1.1 Consumo de alimento.....	2
2.1.1.1 Controles sobre el consumo.....	4
2.1.1.2 Factores que influyen sobre el consumo de forrajes.....	5
2.1.1.3 Controles de consumo con dietas mixtas.....	6
2.1.1.4 Señales de saciedad.....	7
2.1.1.5 Sapidéz.....	7
2.1.1.6 Grasa corporal y consumo de alimentos.....	8
2.1.1.7 Efecto del ambiente sobre el consumo de alimento.....	9
2.1.2 Incrementos de peso.....	10
2.1.2.1 Factores que influyen sobre la ganancia de peso.....	10
2.1.2.1.1 Efectos Genéticos.....	11
2.1.2.1.2 Fecha de destete.....	12
2.1.2.1.3 Hormonas.....	12
2.1.2.1.4 Crecimiento Compensatorio.....	13
2.1.3 Conversión alimenticia.....	13
2.1.3.1 Factores que afectan la conversión alimenticia.....	13
2.1.3.1.1 Factores relacionados al tipo de animal.....	14
2.1.3.1.2 Factores relacionados a la dieta.....	16
2.2 Efecto del manejo alimenticio sobre el comportamiento productivo.....	16
2.2.1 El grano.....	16
2.2.1.1 Procesamiento del grano.....	18

2.2.2 La fibra.....	20
2.2.2.1 La fibra y la función ruminal.....	20
2.2.2.2 Digestión de la fibra en rumiantes.....	21
2.2.3 El concentrado proteico.....	21
2.2.4 Minerales y vitaminas.....	23
2.2.5 Aditivos alimenticios.....	25
2.3 Fermentación ruminal.....	26
2.3.1 Digestibilidad ruminal.....	27
2.3.2 Producción de ácidos grasos volátiles.....	28
2.3.3 Producción de ácido acético.....	29
2.3.4 Producción de ácido propiónico.....	29
2.3.5 Producción de ácido butírico.....	30
2.3.6 Factores que afectan la producción de AGV's.....	30
2.3.7 Absorción de los AGV's.....	32
2.3.8 Utilización de AGV's.....	34
2.4 Metabolitos sanguíneos.....	36
2.4.1 Glucosa.....	36
2.4.2 Colesterol.....	37
2.4.3 Proteínas totales.....	40
2.4.4 Creatinina.....	41
2.4.5 Urea.....	42
2.5 Subproductos de la industria cervecera.....	43
2.5.1 Masilla.....	43
2.5.1.1 Aspectos nutricionales de la masilla.....	44
2.5.1.2 Proceso de obtención.....	45
2.5.2 Levadura.....	47
2.5.2.1 Tipos de levadura.....	47
2.5.2.1.1 Levadura activa.....	47
2.5.2.1.2 Levadura inactiva.....	47
2.5.2.1.3 Levadura inactiva enriquecida.....	48



2.5.2.2 Levadura como subproducto de la industria cervecera.....	48
2.5.3 Utilización de los subproductos en la alimentación de bovino de carne.....	50
2.5.4 Resultados en otras especies rumiantes.....	54
 III MATERIALES Y MÉTODOS.....	 55
3.1 Descripción del área de estudio.....	55
3.2 Animales utilizados.....	55
3.3 Tratamientos.....	55
3.4 Instalaciones y equipo.....	56
3.5 Prueba de alimentación.....	56
3.5.1 Adaptación de los animales.....	56
3.5.2 Servicio de alimento.....	57
3.5.3 Etapas de la prueba de alimentación.....	57
3.5.3.1 Primera etapa.....	57
3.5.3.2 Segunda etapa.....	58
3.5.3.3 Tercera etapa.....	58
3.6 Variables determinadas en el experimento.....	61
3.6.1 Comportamiento productivo.....	61
3.6.2 Determinación de metabolitos.....	62
3.6.3 Determinación de AGV's.....	62
3.7 Análisis estadístico.....	62
 IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 63
4.1 Primera etapa.....	63
4.1.1 Comportamiento productivo.....	63
4.1.2 Perfil sanguíneo.....	65
4.2 Segunda etapa.....	68
4.2.1 Comportamiento productivo.....	68
4.2.2 Perfil sanguíneo.....	71

4.3 Tercera etapa.....	73
4.3.1 Comportamiento productivo.....	73
4.3.2 Perfil sanguíneo.....	76
4.4 Comportamiento productivo para la prueba completa.....	77
4.5 Concentración de AGV´s.....	78
4.6 Tendencias de costos.....	83
V CONCLUSIONES.....	85
VI RESUMEN.....	86
VII LITERATURA CITADA.....	87
APÉNDICE.....	105

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1. Efecto del nivel de grano sobre el aumento diario de peso (ADPV), el consumo diario de materia seca (CMS) y la conversión (EC) de novillos, vaquillonas y terneros alimentados a corral.....	17
Cuadro 2.2. Efecto del consumo de fósforo (P) sobre el consumo (CMS), el aumento de peso (APV), la conversión y la terminación de novillos alimentados a corral.....	24
Cuadro 2.3. Concentraciones del colesterol en el suero de bovino.....	39
Cuadro 2.4. Valores normales de proteínas séricas en bovinos dependiendo del sexo y edad.....	40
Cuadro 2.5. Características químicas y nutritivas de la levadura de cerveza.....	49
Cuadro 2.6. Concentración ruminal de AGV`s, porcentajes molares y pH de líquido ruminal de vacas alimentadas con diferentes niveles de levadura en la ración.....	54
Cuadro 3.1. Niveles de masilla (M) y levadura (L) para cada tratamiento utilizados en la prueba de alimentación.....	55
Cuadro 3.2. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la primera etapa de la prueba de alimentación.....	57
Cuadro 3.3. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la segunda etapa de la prueba de alimentación.....	58
Cuadro 3.4. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la tercera etapa de la prueba de alimentación.....	59
Cuadro 3.5. Composición nutricional de las fórmulas alimenticias utilizadas durante la prueba.....	60

Cuadro 4.1. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la primera etapa de alimentación.....	63
Cuadro 4.2. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la primera etapa de alimentación.....	66
Cuadro 4.3. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la segunda etapa de alimentación.....	69
Cuadro 4.4. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la segunda etapa de alimentación.....	72
Cuadro 4.5. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la tercera etapa de alimentación.....	73
Cuadro 4.6. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la tercera etapa de alimentación.....	76
Cuadro 4.7. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante el periodo total de prueba.....	78
Cuadro 4.8. Perfil de AGV's de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Factores que determinan el consumo de alimentos en rumiantes.....	3
Figura 2.2. Eficiencia de conversión en función del peso de ingreso al corral y la categoría. ....	15
Figura 2.3. Proceso de síntesis de colesterol a partir de acetil-CoA.....	38
Figura 2.4. Proceso de elaboración de la cerveza y etapas donde se generan los subproductos.....	46
Figura 4.1. Interacción de los factores masilla y levadura para CDMS dentro de la primer etapa de alimentación.....	64
Figura 4.2. Variación del contenido de FDN para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la primera etapa.....	64
Figura 4.3.Variación del contenido de EE para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la primera etapa.....	67
Figura 4.4.Variación del contenido de MS para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la segunda etapa.....	70
Figura 4.5.Variación del contenido de FDN en cada una de las tres etapas.....	74
Figura 4.6.Variación del contenido de EE en cada una de las tres etapas.....	77
Figura 4.7. Concentración molar de acetato, en líquido ruminal de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.....	80
Figura 4.8. Concentración molar de propionato, en líquido ruminal de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.....	82

Figura 4.9. Costo por kg de alimento (\$/kg) de las dietas utilizadas durante el periodo total de la prueba de alimentación (promedio de las tres etapas).....	83
Figura 4.10. Costo por kg de peso vivo (\$/kg) correspondiente a cada uno de los tratamientos utilizados dentro de la prueba de alimentación (promedio de las tres etapas).....	84

## INTRODUCCIÓN

La alimentación de bovinos en corral de engorda representa un factor de gran impacto sobre los costos de producción, en ocasiones puede representar hasta el 70 % de ellos. Así, los productores buscan utilizar subproductos agroindustriales alimenticios con precios accesibles.

En la industria cervecera se generan subproductos como la masilla y la levadura que pueden ser utilizados, secos o húmedos en la alimentación de rumiantes (Besong *et al.*, 1996). Estos subproductos, además de apetecibles al animal, son, por el proceso a que es sometida la materia prima, buena fuente de proteína no degradable en el rumen (Satter y Whitlow, 1997; Miazzo y Kraft, 1998), relevante en animales con altos niveles de producción.

En ganado de engorda, existen pocos reportes sobre el efecto nutricional asociativo entre la masilla y la levadura. Preston *et al.* (1973) reportaron evidencias de que estos subproductos promueven buen desarrollo muscular en toretes de engorda y Monje *et al.* (1992) le atribuyeron, a la adición de masilla en la dieta de ganado de engorda, efectos productivos muy aceptables.

Por lo anterior se planteó el siguiente objetivo:

Evaluar el efecto de la adición de masilla y levadura sobre los principales indicadores productivos en toretes de engorda:

- Parámetros productivos (ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento y conversión alimenticia).
- Metabolitos sanguíneos (glucosa, colesterol, urea, proteínas totales y creatinina).

- Concentración de ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico).

## II REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Parámetros productivos en sistemas intensivos

En las explotaciones intensivas de bovinos de carne es de gran importancia que el ganado incremente rápidamente de peso en cada una de las diferentes etapas productivas tales como crecimiento, desarrollo, engorda y finalización. Preston y Willis (1983) mencionan que las características productivas a evaluar y de mayor importancia económica para bovino de carne en sistemas intensivos son:

- Consumo de alimento.
- Incrementos diarios de peso.
- Eficiencia alimenticia.

#### 2.1.1 Consumo de alimento

La producción animal puede ser mejorada mediante el aumento del consumo de alimento o logrando que sean más eficientes la digestión y el metabolismo (Church, 1993).

El consumo de alimentos suele posponerse a pesar de padecer hambre, por actividades competitivas que favorecen la supervivencia en situaciones extremas de estrés termorregulador, y en otras situaciones que suponen una amenaza para la vida. El consumo de alimentos suele quedar suprimido también por enfermedades o heridas, aunque suponiendo que no se presentan ninguna de estas circunstancias, la sazón es el primer determinante de los productos que



consumirá un animal moderadamente hambriento cuando son abundantes las fuentes de alimentos (Church, 1993) (figura 2.1).

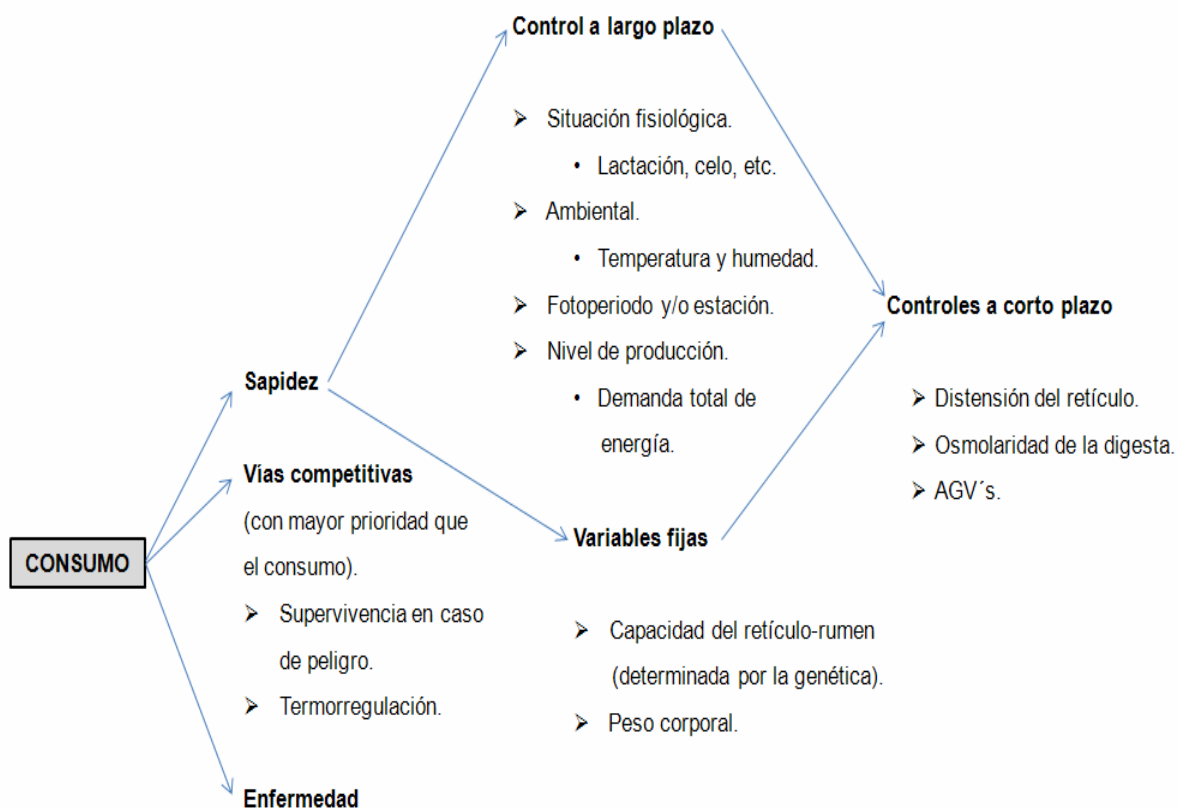


Figura 2.1. Factores que determinan el consumo de alimentos en rumiantes (Church, 1993).

El consumo es el primer factor y el más directamente asociado al crecimiento y al aumento de peso. Altos consumos en forma sostenida (mayores al 2,5% del peso vivo) se correlacionan con altos aumentos de peso (NRC, 2002).

El nivel de consumo diario voluntario de bovinos para carne sobre dietas de alta calidad se aproxima al 3% del peso vivo. En las categorías jóvenes el consumo será equivalente al 2,8 a 3,2% del peso vivo o algo superior. En las

categorías más grandes (novillos de 350 kg para arriba) el consumo diario puede variar entre el 2,6 al 2,8% del peso vivo (Pordomingo, 2005).

En términos absolutos, un novillo de 300 kg de peso vivo estaría dispuesto a comer entre 8 y 9 kg de materia seca en alimento total por día. Los terneros, en relación a su peso, comen más que los animales de mayor edad, por lo que en un terneros de 200 kg de peso podría esperarse un consumo ad libitum de 3% de su peso o superior, o sea 6 a 6,5 kg de materia seca/día (Pordomingo, 2005).

### **2.1.1.1 Controles sobre el consumo**

El consumo diario de alimento puede ser aumentado o disminuido mediante controles a largo plazo. A pesar de su importancia aparente para la producción, se sabe muy poco sobre como funcionan, excepto que los efectos de la estación del año (bajos consumos en invierno, consumos altos en verano) pueden reflejar el fotoperiodo (Blaxer y Boyne, 1982; Blaxter *et al.* 1982).

Con dietas de alta concentración de energía metabolizable (superiores a 80% de concentrado), el consumo puede deprimirse con respecto a los niveles logrados con concentración energética menor debido al efecto de la concentración energética sobre el metabolismo y los mecanismos quimiostáticos sobre la saciedad. Por el contrario, con el incremento del contenido de componentes fibrosos (henos, silajes y cáscaras) por encima del 50% puede deprimir el consumo voluntario diario (Pordomingo *et al.*, 2004).

El consumo diario de alimento, con independencia de que se trate de un nivel alto o bajo de consumo por controles a largo plazo, es ingerido normalmente en forma de varias tomas espontáneas y separadas. Los factores que determinan el comienzo y el final de cada toma son denominados controles a largo plazo sobre el consumo. Deben funcionar modificando la actividad de los centros encefálicos del hambre y la saciedad (Church, 1971).

### **2.1.1.2 Factores que influyen sobre el consumo de forrajes**

El consumo de forraje es controlado por la distensión del retículo y del saco craneal. Sin embargo, cualquier circunstancia que aumente la tasa de descomposición del material vegetal del retículo-rumen (aumento de la actividad microbiana, incremento del tiempo destinado a la rumia o tratamiento del forraje con NH<sub>3</sub>) cabe esperar que aumente la tasa de producción de partículas pequeñas y en consecuencia el consumo o ingestión que podría alcanzarse para un determinado nivel de distensión que pondría en marcha la señal de saciedad (Grovm, 1984).

Por el contrario las influencias que inhiben la tasa de degradación (antibióticos, un pH bajo como consecuencia de la presencia de carbohidratos fácilmente disponibles en la dieta o heno rico en lignina) cabe esperar frenen la tasa de degradación de materias vegetales y reduzcan el consumo para un determinado nivel de distensión (Church, 1993).

La saliva representa otro factor que tiene influencia positiva sobre el consumo a pesar de su contribución al llenado del retículo rumen. Esto se debe principalmente a que su actividad tampón y el contenido de urea estimulan la fermentación, en parte a que diluye ácidos grasos volátiles y los transporta hacia la pared del retículo-rumen durante y después de la toma de alimentos. La saliva contribuye también de forma sustancial al contenido líquido del rumen que a su vez, transporta pequeñas partículas solidas de la digesta fuera del retículo-rumen. Esto favorecería el consumo al reducir la distensión. De igual forma, cabe esperar que las frecuentes e intensas contracciones del retículo-rumen ejerzan una influencia positiva sobre el consumo por la misma razón (Church, 1993).

Por otro lado, la densidad de los alimentos influirá probablemente en el consumo como consecuencia de la importancia de la distención como señal de saciedad. Existen asociaciones inversas entre los consumos de materia seca así como también entre los consumos de forrajes (gramíneos y leguminosos) y su fibra detergente neutro (FDN) o contenido de membranas celulares (Mertens, 1980).

Los niveles de FDN están a su vez asociados negativamente con la digestibilidad y positivamente con el tiempo dedicado a la rumia (Mertens, 1980). Esto se consideró como indicativo de que las membranas celulares influían sobre el consumo a través de la influencia en el retículo-rumen (Van Soest, 1982). Mertens (1980) señaló la existencia de FDN con densidad alta y baja, aunque con cualquiera de ambas clases de fibra, el consumo de alimentos mantiene una relación negativa con el contenido de FDN de los mismos.

La velocidad de paso de la digesta a través del retículo-rumen no tiene efecto sobre el consumo excepto quizás, por su influencia en la digestibilidad y aporte de proteína al intestino delgado (Church, 1993).

### **2.1.1.3 Controles de consumo con dietas mixtas**

Los argumentos expuestos anteriormente sobre actividades competitivas, sapidez y controles a largo y corto plazo sobre el consumo de forraje es probable que se aplique también a dietas mixtas de concentrado y forraje (Church, 1993).

Aunque no está demostrado es posible que la distención del retículo y del saco craneal pueda limitar, al menos en parte, los consumos de dietas en base a concentrados. Actualmente no se dispone de datos para valorar este concepto excepto la observación de que los alimentos densos caen en el retículo del ganado vacuno tras ser deglutidos (Schalk y Amadon, 1928) e informes en el sentido de que el consumo de dietas concentradas se asocia con menores niveles

de llenado en el retículo-rumen que cuando se ingieren forrajes (Balch y Campling, 1962).

Por otro lado existe un debate sobre si los consumos de dietas que contienen elevadas proporciones de concentrados son limitados por las concentraciones de ácidos grasos volátiles en el fluido ruminal (ácido acético) y en el hígado (ácido propiónico) (Forbes, 1982); o por factores endócrinos como insulina y glucagón (Deetz y Wanganess, 1981). Sin embargo DeJong (1982) consideró como improbable que los ácidos grasos volátiles desempeñan algo más que un papel mínimo sobre la cuantía o frecuencia de las tomas espontaneas que realizan los rumiantes.

#### **2.1.1.4 Señales de saciedad**

Un aumento en el nivel de producción suele ir asociado con un incremento en el consumo voluntario de alimentos dependientes de controles a largo plazo sobre el consumo. El consumo extra se manifiesta en tomas más abundantes, más frecuentes o una combinación de ambos hechos (Church, 1993).

Un consumo extra de alimento puede ser el resultado de una mayor demanda de nutrientes, inducida por la hormona de crecimiento, o podría actuar posiblemente tanto para controlar el metabolismo como para aumentar el consumo en apoyo a una mayor demanda de nutrientes (Church, 1993).

Existe otra posibilidad respecto al fotoperiodo desde que Blaxter y Boyne (1982) informaron que el efecto estacional sobre el consumo de ovejas estabuladas estaba asociado con una variación estacional en la tasa de metabolismo basal, de forma que los consumos bajos coincidían con tasas bajas (invierno) y los consumos altos con tasas altas (verano).

#### **2.1.1.5 Sapidez**

La atención prestada a la sapidez resulta escasa si se considera su importancia en la producción animal. La sapidez ha sido definida como la respuesta hedonista de un animal frente a su alimento dependiendo del sabor, olor y textura (Campling, 1970) y como la atracción que muestra un animal a ingerir un determinado alimento o ración (Church, 1971).

Resulta claro que la productividad y los beneficios descenderán si los animales rechazan los alimentos total o parcialmente como resultado de la presencia de polvo, enranciamiento, sabores olores o textura. Church (1993) menciona importante la investigación para encontrar productos que estimulen el consumo, ya que tales productos resultarían útiles para acortar los periodos de adaptación a nuevos alimentos o al mismo alimento con otra presentación. También pueden resultar útiles para enmascarar olores o sabores menos agradables derivados de aditivos o concentrados tales como gérmenes de malta o granos secos de destilería.

La sapidez por lo tanto, es un determinante importante en el consumo de alimentos. Sin embargo suponiendo que la sapidez no limita el consumo, entonces el consumo de la mayoría de las dietas es limitado probablemente por una mezcla de factores físicos, hormonales y químicos (Church, 1993).

#### **2.1.1.6 Grasa corporal y consumo de alimentos**

Blaxter *et al.* (1982) estudiaron la cuestión sobre la grasa corporal y consumo de energía con ovejas mantenidas hasta los 4.5 años. Demostraron de forma concluyente que no puede mantenerse el concepto de que la grasa es capaz de generar señales que limitan posteriormente el consumo de alimentos.

Una forma en que la grasa parece limitar el consumo en los rumiantes es al reducir la capacidad del retículo-rumen, lo que puede disminuir la eficacia del movimiento de la digesta por parte del rumen (Church, 1993).

#### **2.1.1.7 Efecto del ambiente sobre el consumo de alimento**

Además de los factores citados anteriormente, existen algunos otros que directa o indirectamente pueden influir o verse reflejados en el comportamiento productivo del ganado de engorda. Precisamente los factores referentes a temperatura ambiental, duración del día, parásitos, enfermedades, competencia, y ejercicio tienen influencia sobre el crecimiento y desarrollo de órganos específicos (Owens *et al.*, 1993).

Algunos de los factores mencionados podrían actuar mediante el control del consumo de alimento y el suministro de nutrientes por encima de mantenimiento; algunos otros podrían alterar la concentración de hormonas sanguíneas, flujo sanguíneo, e incorporación de nutrientes a órganos específicos del cuerpo o localidades (Church, 1993).

Episodios de altas temperaturas ambientales, junto con alta humedad relativa, radiación solar, y bajas velocidades del viento puede disminuir el rendimiento de los sistemas de engorda (Hahn, 1995; Hubbard *et al.*, 1999; Mader *et al.*, 1999).

Otros factores que afectan el desempeño productivo del ganado son la lluvia, la que disminuye temporalmente el consumo de alimento en un 10 a 30%; y el barro, el que disminuye el consumo de alimento en un rango de 5 a 30% según la profundidad del mismo (NRC 1981). Bond *et al.* (1970) reportaron que el barro reduce la ganancia diaria de peso de los animales en un 25 a 37% y que incrementa la cantidad de alimento requerido por kilo de peso aumentado en un 20 a 33%.

Por su parte, Barra (2005) menciona al respecto que en días de lluvia los toretes no comen el 100 % de la dieta que venían consumiendo hasta el día anterior y que el decremento del consumo depende de la cantidad de las precipitaciones caídas. Los consumos declinan entre un 20 % para los días poco lluviosos hasta un 50 % para los días que aparecen en forma de temporal con largos períodos de precipitaciones.

### **2.1.2 Incrementos diarios de peso**

La velocidad de crecimiento y eficiencia de ganancia diaria en ganado vacuno de carne son de importancia económica primaria para la industria de la carne. El ganado vacuno con más rápida velocidad de crecimiento requiere de menor alimento por unidad de ganancia, primeramente porque ellos requieren menos días y menos alimento para mantenerse en un peso constante (BIF, 1986).

#### **2.1.2.1 Factores que influyen sobre la ganancia de peso**

Elizalde *et al.* (2003) mencionan que la ganancia de peso se ve afectada por un gran número de factores dentro los que pueden destacar el tipo de dieta y la categoría animal. Con respecto a la dieta, los puntos principales se discutirán en el punto 2.2 de este capítulo.

En sus estudios Elizalde *et al.* (2003) encontraron que vaquillonas ganaron en promedio 1,07 kg/día, mientras que los novillos y los terneros, 1,31 y 1,11 kg/an.día respectivamente, siendo significativa ( $P < 0,05$ ) sólo la diferencia entre vaquillonas y novillos.

Por su parte, Tong (1982) señala que sobre la ganancia diaria de peso pueden influir factores como la altura a la cadera, semental, sexo, época, año, efecto de la madre, e interacciones de sexo x época, sexo x año, semental x procedencia y raza x prueba x año de nacimiento.



Cain y Wilson (1983) hacen referencia al peso inicial, raza, estación de prueba, e interacción raza x estación como los responsables en .2228, 1.09, .8939 y .0936, respectivamente (cuadrados medios,  $P < .05$ ) de la variación en el promedio diario de ganancia de toretes bajo prueba de comportamiento.

Otros investigadores (Liu y Makarechian, 1993) al evaluar el efecto que tiene el peso inicial en el ritmo de crecimiento, pero en una forma relativa (PGR) encontraron significancia ( $P > 0.001$ ) en los coeficientes de determinación primeramente para animales de la raza Hereford ( $R^2 = 2.60$  por ciento) y posteriormente en Charolais ( $R^2 = 4.63\%$ ).

De manera que la dieta, medio ambiente, lugar de procedencia, época, semental, año, altura a la cadera, sistema de pastoreo antes del destete y raza, influyen en el ritmo de crecimiento de un animal (Polanski *et al.*, 1992; Johnston *et al.*, 1993; Arthur *et al.*, 1994).

#### **2.1.2.1.1 Efectos Genéticos**

Brown *et al.* (1993) así como Guerrero (1993) y Janacua (1993), mencionan a la raza como unos de los principales factores que influyen sobre el comportamiento productivo de los corrales de engorda. Indican que los efectos genéticos pueden variar con el medio ambiente, y que deben darse consideraciones a los efectos ambientales cuando se desarrollan sistemas de cruzamiento.

En investigaciones realizadas por Barber y Almquist (1975) donde se estudio el crecimiento y la eficiencia alimenticia en toros Charolais de 265 a 550 días de edad reportaron una ganancia diaria promedio y una eficiencia alimenticia durante una prueba de 285 días de  $1.35 \pm .03$  y  $8.09 \pm .16$  kg respectivamente.

En otro periodo (1977-1986) los mismos autores encontraron en las razas Charolais y Simmental las mas altas ganancias  $1.66 \pm .01$  y  $1.64 \pm .01$  kg/día y

conversiones alimenticias de 6.68 y 7.10 kg, respectivamente. La raza Beefmaster obtuvo una ganancia baja ( $P < .05$ ) diaria promedio de 1.28 kg/día, una conversión alimenticia de 7.59 y un consumo de alimento de 9.65 kg/día en este periodo (Chewning *et al.*, 1990).

#### **2.1.2.1.2 Fecha de destete**

Grimes y Turner (1991) encontraron que la velocidad de ganancia postdestete fue más alta en becerros destetados a 168 días de edad que en aquellos destetados cerca de 56 y 112 días de edad.

Harvey *et al.* (1975) encontraron una alta velocidad de crecimiento postdestete para becerros con destete tardío en comparación con sus contemporáneos de destete precoz.

Brown *et al.* (1991), al evaluar la ganancia diaria promedio y la conversión alimenticia en becerros postdestete de cinco diferentes razas observaron que los toros Charolais tuvieron la más alta ( $P < 0.05$ ) ganancia (1.51 ± .01 kg/día), una conversión alimenticia de 7.30 y un consumo por día de 10.83 kg. La raza Angus obtuvo la más baja ganancia (1.27 ± .01 kg/día), una conversión alimenticia de 7.81 y un consumo por día de 9.82 kg.

#### **2.1.2.1.3 Hormonas**

Hormonas específicas o factores de crecimiento estimulan el ritmo de crecimiento o la composición del cuerpo. Hormonas endógenas (insulina, somatotropina, IGF-1 e IGF-II) y exógenas promueven la traslación, transcripción y absorción de aminoácidos (Fuentes, 1997).

Con una deficiencia de insulina, el número de polisomas en el músculo es disminuido, mientras que con una deficiencia en hormona de crecimiento, el número y la actividad de los ribosomas son disminuidas y la producción de DNA por tejido muscular se suspende. La suspensión de crecimiento proteico ocurre simultáneamente con disminución en ARN ribosomal y total (Fuentes, 1997).

La respuesta a la administración hormonal puede diferir entre especies y órganos del cuerpo. La administración directa de la hormona de crecimiento (somatotropina) ha mejorado la tasa de crecimiento y la conversión de ovejas y ganado de carne y ha disminuido el contenido de grasa en canales de cerdos y ovejas. En toretes la administración de hormonas de crecimiento ha expandido el tamaño de los órganos internos (Early *et al.*, 1990) e incrementado el consumo de alimento.

#### **2.1.2.1.4 Crecimiento Compensatorio**

Si el consumo de nutrientes de animales en crecimiento es restringido, el posterior ritmo de crecimiento será subnormal (Drouillard *et al.*, 1991).

Para estos animales el ritmo de ganancia de peso durante la realimentación usualmente es más grande que para compañeros que nunca fueron restringidos. El crecimiento compensatorio es llamado al crecimiento de rebote que presumiblemente representa una rápida hipertrofia del tejido muscular. La dimensión del crecimiento compensatorio es más amplia cuando sigue de una restricción en energía antes que una restricción en proteína (Drouillard *et al.*, 1991).

Moran y Holmes (1978) y Hogg (1991) mencionan que la magnitud del crecimiento compensatorio depende de un número de factores. Estos incluyen la edad, la severidad, duración, y naturaleza de la subnutrición; el tiempo y la dieta de reglamentación y el tipo racial.

#### **2.1.3 Conversión alimenticia**

La eficiencia de la conversión alimenticia es expresada como los kilogramos de alimento requeridos para obtener un kilogramo de peso vivo. Afortunadamente, la velocidad de crecimiento y la ganancia por unidad de alimento están altamente correlacionadas. (BIF, 1986).

##### **2.1.3.1 Factores que afectan la conversión alimenticia**

Elizalde *et al.*, (2003) mencionan que dentro de las principales variables que afectan la eficiencia de conversión se encuentran el tipo de dieta, la categoría y el peso inicial (todos en forma individual) y el efecto conjunto entre la categoría y el peso inicial. Los animales que consumen dietas más concentradas tienen mejores ganancias de peso y eficiencias de conversión. Esta última característica es consecuencia de que la eficiencia de conversión es el cociente entre el consumo de MS y la ganancia de peso.

Elizalde *et al.* (2003) observaron en su experimento que al no diferir el consumo entre las diversas dietas utilizadas, aquella que generó mayor aumento de peso (dieta con más de 60 % de grano), tuvo mejor eficiencia de conversión (menor valor numérico expresado en kg/kg).

#### **2.1.3.1.1 Factores relacionados al tipo de animal**

La eficiencia de conversión está condicionada, entre otras cosas, por la categoría, el sexo y por las combinaciones de estas. Cuando se habla de eficiencia de conversión, hay una interacción muy fuerte entre la categoría (peso o edad del animal al momento de ingresar al corral) y el sexo. En corrales de terneros, si bien existen, las diferencias en eficiencia de conversión entre machos y hembras no son muy marcadas antes de la pubertad (Pordomingo *et al.*, 2003).

A medida que el animal madura, las diferencias comienzan a sentirse cada vez más, teniendo las hembras una eficiencia de conversión cada vez más desfavorable con respecto al macho. Este punto tiene dos aspectos importantes. A un determinado peso, las vaquillonas siempre van a tener peor eficiencia de conversión que un novillo y esto está relacionado con la mayor capacidad de engrasamiento temprano que tienen las hembras (Pordomingo *et al.*, 2003).

A su vez, la velocidad con la que empeora la eficiencia de conversión con el tiempo de corral, es más alta en una hembra que en un macho. Es decir, ingresar 100 kg más pesada a una hembra a un corral implica partir de una eficiencia de conversión 21 % peor, respecto al mismo animal más liviano. En el caso del

macho, esos 100 kg de atraso significan partir de una eficiencia 6 % peor (Pordomingo *et al.*, 2003).

Por lo tanto, es más crítico controlar el momento de inicio del corral en las hembras que en los machos. En general, comparando novillos con vaquillonas, las hembras se terminan antes, pero tienen una ganancia de peso, en promedio, 13 % más baja y una eficiencia de conversión 7 % peor (Pordomingo *et al.*, 2003).

En otros estudios (Elizalde *et al.*, 2003) se observó que la eficiencia de conversión promedio por categoría fue de 7,1 kg/kg para vaquillonas, 6,8 kg/kg para novillos y 6 kg/kg para terneros/as.

En cuanto al efecto conjunto de la categoría y el peso inicial se puede observar (figura 2.2) que a medida que los animales ingresan más pesados la eficiencia de conversión empeora. Sin embargo, este deterioro es más importante ( $P < 0,05$ ) en vaquillonas que en novillos y es menos importante en terneros. Por cada 100 kg de aumento del peso de entrada al corral, las hembras empeoran su conversión en 1,23 kg/kg, los machos en 1,11 kg/kg y los terneros 1,05 kg/kg. Esto se debe a que comparados a un mismo peso, las hembras deponen más grasa que los novillos.

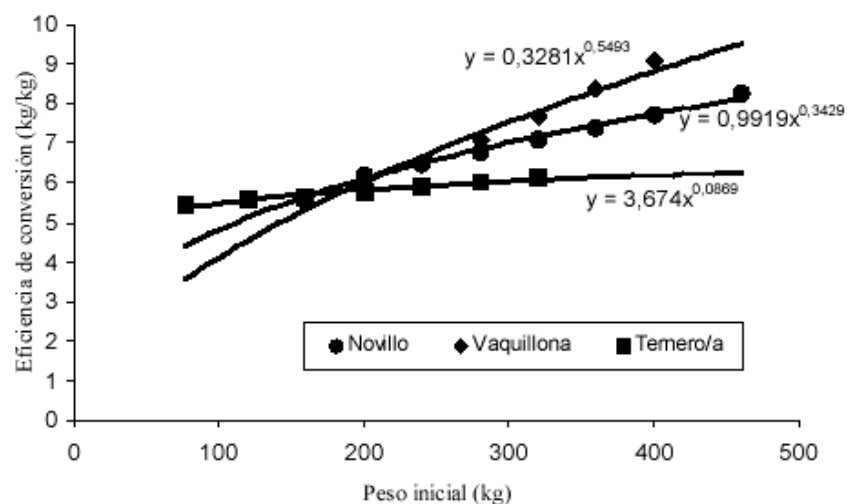


Figura 2.2. Eficiencia de conversión en función del peso de ingreso al corral y categoría (Elizalde *et al.*, 2003).

#### **2.1.3.1.2 Factores relacionados a la dieta**

Los aspectos más relevantes se relacionan con la concentración energética y con la fermentabilidad de la ración. En general, al mejorar la concentración energética de la ración, se mejora la eficiencia de conversión (Pordomingo *et al.*, 2003).

Elizalde *et al.*, (2003) mencionan que la eficiencia de conversión de animales en corrales de terminación mejoró, en promedio, un 20 % comparando dietas poco concentradas (más de 60 % de silo) con dietas con más de 60 % de participación de grano de maíz, porque el aumento de la concentración energética tiene más impacto en aumentar la ganancia de peso que en disminuir el consumo de materia seca. Es decir que, con dietas concentradas se necesitó un 20 % menos de ración para obtener la misma producción de carne.

### **2.2 Efecto de la alimentación sobre el comportamiento productivo**

La composición del alimento a utilizar es el componente central de la definición del costo. Las dietas pueden variar en su grado de complejidad pasando de las más simples que sólo son ingredientes utilizados como ingresan al campo y mezclados por el mismo productor, hasta aquellas en las que el productor procesa los ingredientes (comúnmente los granos) e incluso compone su propio núcleo vitamínico y mineral (Pordomingo, 2004).

#### **2.2.1 El grano**

El grano es el componente mayoritario en las dietas de corrales de engorda, comúnmente excede el 65% del total del alimento y define la oferta de energía metabolizable y las características físicas del alimento. El tipo de grano

(McCollough y Brent, 1972; Perry, 1976) y el procesado o la presentación (Rooney y Pflugfelder, 1986; Stock *et al.*, 1987) definen el grado de aprovechamiento.

Elizalde *et al.* (2003) detectaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) obteniendo mayores ganancias con dietas que incluían niveles mayores a 60 % de concentrado que aquellas con niveles inferiores a 60 % de concentrado (1,29 vs 1,04 kg/día respectivamente).

El rumen es aún, el sitio principal de utilización del grano. La fermentación ruminal es el proceso fundamental para generar la energía necesaria para el crecimiento y engorde (Owens *et al.*, 1997). En ese sitio se fermenta la mayor parte de la fracción digestible del grano (60 al 85%) y la mayor proporción del almidón (más del 90%) si ha sido expuesto (Owens *et al.*, 1997; Huck *et al.*, 1998; Philippeau *et al.*, 1999; Cooper *et al.*, 2002b).

	CMS kg	ADPV kg	EC CMS/ADPV
Nivel de grano			
más del 60%	5,73b	1,28a	5,99b
menos del 60%	7,55a	1,04b	7,31a
Categoría <sup>2</sup>			
Novillo	-	1,30a	6,81ab
Vaquillona	-	1,07b	7,15a
Ternero/a	-	1,11ab	6,02b
Promedio	7,65	-	-

<sup>1</sup> Parra *et al.* (2002)

<sup>2</sup> Peso medio de ingreso a corral de novillos, vaquillonas y terneros 338, 245 y 166 kg, respectivamente

<sup>a,b</sup> Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas  $p < 0,05$

Cuadro 2.1. Efecto del nivel de grano sobre el aumento diario de peso (ADPV), el consumo diario de materia seca (CMS) y la conversión (EC) de novillos, vaquillonas y terneros alimentados a corral (Parra *et al.*, 2002).

Existe siempre, en mayor o menor medida, una fracción de almidón que escapa a la fermentación ruminal y que alcanza el intestino delgado donde puede

ser digerida enzimáticamente y absorbida directamente como monómeros o dímeros de glucosa. El escape de almidón hacia el intestino delgado puede incluso mejorar la eficiencia de utilización de la dieta por su digestión directa (Waldo, 1973; Philippeau *et al.*, 1999), afectar el sitio de digestión del nitrógeno, y mejorar la eficiencia de conversión de la materia seca (Russell *et al.*, 1981; Streeter *et al.*, 1989). Este mecanismo, sin embargo, es limitado porque la capacidad intestinal para remover almidón de la ingesta es inferior a la de los monogástricos (Huck *et al.*, 1998; Owens *et al.*, 1986; Russell *et al.*, 1981; Swanson *et al.*, 2002).

### **2.2.1.1 Procesamiento del grano**

El procesado de los granos mejora la digestibilidad de la materia seca (del grano) y del almidón (Brenttheurer, 1986), incrementa la tasa de pasaje de la ingesta a lo largo del tracto digestivo (Galyean *et al.*, 1976; McNeill *et al.*, 1976), y mejora el aprovechamiento, en particular de granos pequeños o duros (Perry, 1976; Ewing *et al.*, 1986; Philippeau *et al.*, 1999). Las formas de procesado son diversas y tienen resultados diferentes según se trate de granos secos o húmedos.

Las eficiencias de conversión logradas en engordas comerciales con grano de buena calidad (buen tamaño) son similares o escasamente peores (8 a 10%) a las logradas con grano molido o aplastado seco, aún en categorías de buen tamaño corporal (novillos). En el mismo ensayo citado de Elizalde *et al.* (2003) un tratamiento adicional con grano entero de maíz generó un aumento de 1,6 kg/día y una eficiencia de conversión de 5,3:1.

Experimentos comparativos de las formas de procesamiento del grano de maíz han encontrado respuestas similares en aumento de peso al comparar dietas basadas en grano de maíz entero versus molido, partido, aplastado o procesado en copos (Guthrie *et al.*, 1992). En algunos casos se han detectado mejoras en la eficiencia de conversión (Secrist *et al.*, 1996 a, b), y en otros un mayor consumo de materia seca en dietas ofrecidas ad libitum (Guthrie *et al.*, 1992; Bartle y Preston, 1992; Murphy *et al.*, 1994b).



En un análisis conjunto de 605 ensayos de alimentación en confinamiento que incluyó información de 22, 834 animales, Owens *et al.* (1997) concluyeron que el potencial del maíz entero para aumento de peso es equivalente al del maíz aplastado en seco o en húmedo, incluso superior al del silaje de grano húmedo, con buenas eficiencias de conversión. Surgió también que la eficiencia energética (estimada como energía metabolizable) del grano de maíz ofrecido entero es superior al ofrecido aplastado.

Entre las explicaciones, se argumentó que:

- a) El menor contenido de fibra de las dietas de corral de engorda que incluyen maíz entero, comparadas con las que utilizan maíz aplastado podría inflar el valor del grano entero por transferir al grano una cualidad propia de toda la dieta, menos fibra (Owens *et al.*, 1997).
- b) El grano entero promueve una mayor salivación (mayor efecto fibra efectiva) y mayor pH ruminal con lo que se esperaría una reducción de la acidosis subclínica y un mayor consumo (Britton y Stock, 1986; Stock *et al.*, 1995).
- c) Los efectos asociativos negativos entre el almidón y la fibra en el rumen podrían ser inferiores en dietas con maíz entero que en dietas con grano aplastado o molido, consecuencia de una mayor estabilidad ruminal (Zinn y Owens, 1983).
- d) Si la digestión grano no se afecta, el uso de grano entero promueve a un mayor pasaje de partículas de almidón sin fermentar en el rumen hacia el tracto inferior con una consecuente mejora en la eficiencia de utilización del almidón (Owens *et al.*, 1986).

## **2.2.2 La fibra**

El principal objeto de la fibra en estos casos es el de reducir la tasa de consumo y promover la rumia, la salivación y la consecuente producción de buffer ruminal para disminuir el riesgo de acidosis (Kreikemeier *et al.*, 1990).

Dependiendo del contenido de fracciones fibrosas en los otros componentes de la dieta, la cantidad mínima del recurso fibroso a incorporar en se ubica comúnmente entre el 5 y el 10% de la dieta (base seca).

Para sostener una actividad fermentativa adecuada se sugiere un aporte tal de elementos fibrosos que aseguren un mínimo de 10% de fibra detergente ácido (FDA), y al menos la mitad de ese aporte provenga de una fuente de “fibra efectiva” o larga tal como los henos o los silajes. Sin embargo, el efecto de “fibra efectiva” deseado no radica en el aporte energético de esa fracción sino en el efecto mecánico por lo que también se usan sustitutos de menor costo que el heno que cumplen funciones similares como las cáscaras de semillas y residuos fibrosos de la industria de los alimentos.

### **2.2.2.1 La fibra y la función ruminal**

La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia; (Nocek, 1997). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra.

Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el

mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de FND y FAD).

### **2.2.2.2 Digestión de la fibra en rumiantes**

Los dos primeros estómagos de los rumiantes son asiento de una importante población microbiana, en su mayor parte anaerobia, constituida principalmente por diferentes especies de bacterias, protozoos y hongos (de Blas, 1993).

El rumen proporciona un medio muy adecuado para la proliferación microbiana, al asegurar un flujo regular de nutrientes y unas condiciones relativamente estables y aproximadamente ideales de medio en cuanto a acidez (gracias al flujo de entrada de saliva y a la absorción de los productos finales de la degradación), temperatura, movimientos continuos de mezcla y anaerobiosis (de Blas, 1993).

Finalmente, el gran volumen relativo del rumen (cuyo contenido representa aproximadamente 1/6 del peso total del animal) y los mecanismos de retención de las partículas del alimento, permiten (y obligan) a un elevado tiempo de permanencia en el mismo de los forrajes, facilitando la degradación de prácticamente todos sus constituyentes solubles y de una parte de los componentes de su pared celular (de Blas, 1993).

### **2.2.3 El concentrado proteico**

El oferente proteico participa en las dietas de corrales de engorda en el mínimo necesario para lograr el aporte de proteína que la categoría animal requiere. En el cálculo debe tenerse en cuenta el contenido de proteína de cada insumo, incluido el del grano, el que aunque bajo si se trata de maíz o sorgo (7 a 9%), es importante por la fracción mayoritaria que ocupa de toda la dieta (Pordomingo, 2005).

Pordomingo *et al.* (2003) encontraron que la adición de las fuentes proteicas de baja degradabilidad no mejoraba el aumento de peso. Detectaron una leve depresión del consumo que resultó en una eficiencia de conversión superior. Pero, se destacan los aumentos de peso obtenidos (superiores a 1,5 kg/día) en animales jóvenes (200 kg de peso inicial y 340 a 359 de peso final).

El potencial de las dietas de alta energía que no incluyen fuentes proteicas de baja degradabilidad ruminal, pero que cubren los requerimientos de proteína metabolizable, se corrobora también en los trabajos de Elizalde *et al.* (2003) y Pordomingo *et al.* (2004).

El requerimiento de proteína bruta y metabolizable decrece con el incremento de la edad, del peso del animal y del nivel de engorde. Terneros al destete (más de 5 meses) tienen requerimientos de 14 o 16% de proteína bruta y los novillos de más de 400 kg de 11 a 13% (Pordomingo *et al.*, 2002).

El requerimiento de proteína bruta, sin embargo, depende también de la metabolicidad de la proteína. Si la calidad de la proteína es baja y una fracción alta de la misma (superior al 35%) proviene de una fuente nitrogenada no proteica, los requerimientos de proteína bruta se incrementan para alcanzar los mínimos de metabolizable (Sainz *et al.*, 1995).

La historia nutricional previa al ingreso a los corrales de engorda también tiene efectos sobre los requerimientos proteicos y la respuesta a la proteína de la dieta (Sainz *et al.*, 1995).

El requerimiento de proteína se incrementa con el aumento compensatorio en el animal (Pordomingo *et al.*, 2002). Recrias muy restrictivas generan efectos compensatorios en la fase de corral, donde los requerimientos proteicos se elevan en 1 o 2 puntos (ej. 14 a 16 % en terneros y de 12 a 14 % en novillos). Desde el punto de vista de la calidad también es mayor el requerimiento en animales jóvenes donde el aporte de formas nitrogenadas no proteicas (ej. urea) debería ser tal que su aporte equivalente en proteína bruta no supere el 33% del total de

proteína bruta ofrecida. En terneros de destete precoz y anticipado (60 a 120 días) no sería conveniente incorporar fuentes de nitrógeno no proteico (ej. urea) debido a la limitada capacidad de producción de biomasa microbiana en el rumen (Pordomingo *et al.*, 2002).

Por su parte, la inclusión de urea en dietas de rumiantes requiere de buena capacidad fermentativa en rumen y actividad ruminal desarrollada, de lo contrario se convierte en un tóxico que puede generar amoniosis (intoxicación por circulación de amoníaco en sangre) (Pordomingo *et al.*, 2002). Fluharty *et al.* (2000) demostraron que terneros de 3 meses al destete toleran dietas de alta energía con un contenido de urea de 0.4% de la dieta (base seca).

En novillos, Cooper *et al.* (2002a) demostraron que con la adición de urea hasta el 1.2% de la dieta la respuesta en aumento de peso fue lineal. La evidencia experimental indica que la respuesta a la inclusión de urea existe en la medida en que se logra y mantiene un balance de proteína metabolizable positivo, siempre que no aparezcan limitaciones en la oferta de energía.

#### **2.2.4 Minerales y vitaminas**

Para garantizar la conversión de alimento a carne en los corrales de engorda no debe subestimarse el rol del suplemento mineral y vitamínico para evitar carencias y deterioro de la conversión. Debe asegurarse en ese suplemento la presencia de sal común, calcio, fósforo y magnesio, sumamente necesarios para animales jóvenes en crecimiento (Pordomingo, 2005).

Los animales grandes, próximos a la terminación (ej. más de 380 kg en razas británicas) tienen en términos relativos menos requerimientos de minerales y vitaminas que los terneros o vaquillonas y podría evitarse el uso de minerales y vitaminas si la fase de terminación no supera los 60 días. En categorías más jóvenes (terneros y vaquillonas) el uso de estos elementos es inevitable ya que los requerimientos superan los aportes de minerales que pueden hacer los granos y los concentrados proteicos por sí solos (Pordomingo, 2005).

Los requerimientos de fósforo de acuerdo a NRC (1996) asumen un requerimiento diario de mantenimiento de 16 mg/kg peso vivo y de 3,9 g por cada 100 g de proteína retenida, con una absorción media del 68%. Aunque el aporte de fósforo a través del grano puede ser suficiente (Erickson *et al.*, 2002).

Por su parte, Erickson *et al.* (2002) han probado que los modelos actuales sobredimensionan los requerimientos reales, pudiendo reducirse entre un 40 a un 50% sin afectar factores de crecimiento o terminación. Ello implica que de formulaciones con 0,35% de fósforo (NRC, 1996), podría formularse con 0,16 a 0,22% de fósforo (cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Efecto del consumo de fósforo (P) sobre el consumo (CMS), el aumento de peso (APV), la conversión y la terminación de novillos alimentados a corral (Erickson *et al.*, 2002).

	Fósforo, % MS				
	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40
Consumo P, g/día	14,2	20,2	23,4	31,7	35,5
Peso vivo inicial, kg	268	265	264	264	264
Peso vivo final, kg	579	578	538	592	564
CMS, kg/día	8,9	9	8,2	9,3	8,8
APV, kg/día	1,52	1,53	1,34	1,61	1,47
ADPV/CMS	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17
Conversión	5,8	5,8	6,1	5,7	6,0
Grasa dorsal cm	0,97	1,28	1,16	1,17	1,17
AOB, cm <sup>2</sup>	112	110	105,4	106	108,1
Marbling	529	533	516	566	571

<sup>1</sup>Erickson *et al.* (2002)

Marbling score: ligero 50 = 450, escaso = 550

Respuestas lineal y cuadrática no significativas

Los requerimientos de calcio tabulados por NRC (1996) exigen una concentración de al menos 0.35% de la dieta (base seca). Erickson *et al.* (1999) detectaron una menor eficiencia en dietas con 0.70% de calcio, comparadas con las de 0.35%.

De manera similar, Dowe *et al.* (1957) observaron un deterioro del aumento de peso cuando el Ca se incrementó de 0.4 a 2.6%. Varner and Woods (1972)

observaron una mejora lineal en el aumento de peso cuando contenido de Ca incrementó de 0.20 a 0.41% , pero no detectaron mejoras cuando se superó el nivel del 0.50% en novillos sobre dietas de alto concentrado energético.

Huntington (1983) alimentaron con 0.3, 0.6, 0.9, y 1.2 % de Ca en la forma de carbonato de calcio y observaron que la concentración óptima de Ca se encontraba entre 0.3 y 0.6% en dietas de novillos que recibían una dieta con 85% concentrado.

En dietas con aporte graso (que contienen aceites o grasa animal), la interacción entre la grasa y el calcio en exceso podría resultar en una depresión de la absorción de grasas y una menor ganancia de peso (Bock *et al.*, 1991).

Ricketts *et al.* (1970) evaluaron 3 relaciones entre calcio y fósforo (Ca/P): 1:1, 4:1 y 8:1 con terneros y concluyeron que la desarrollo era inferior en los que fueron alimentados con la relación 8:1.

### **2.2.5 Aditivos alimenticios**

El uso de aditivos es una de las alternativas de manejo más importante para reducir los costos de alimentación y para obtener mayor eficiencia alimenticia. Algunos de ellos tienen efectos secundarios positivos como la reducción de acidosis, coccidiosis y timpanismo de grano, mientras que otros suprimen la actividad estral (para el caso del engorde de vaquillas) o reducen la incidencia de absesos hepáticos y los problemas de gabarro (Mendoza *et al.*, 2003).

Los aditivos alimenticios se han dividido en cinco grupos (Ricalde *et al.*, 1998):

- Ionóforos.
- Antibióticos.
- Supresores de estros.
- Amortiguadores.
- Otros (levaduras).

Un nuevo grupo que se puede añadir a esta clasificación son los probióticos o cultivos microbianos. El uso de cualquier aditivo debe basarse en el conocimiento de sus efectos descritos en la literatura científica, los mecanismos de acción y en las dosis adecuadas (Ricalde *et al.*, 1998).

### **2.3 Fermentación ruminal**

El patrón de fermentación en los rumiantes se lleva a cabo en el ambiente ruminal que está influenciado por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal (Allen y Mertens 1988). Dos aspectos importantes en el rumen para la fermentación, son las condiciones para una eficiente actividad celulolítica y las necesidades para una síntesis óptima de proteína microbial. Sin embargo, la importancia relativa de estos procesos varía de acuerdo con las características del alimento y los sistemas de producción animal (Williams 1989). La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se relaciona con la producción de metano en el rumen y debe mantenerse el balance fermentativo en todo momento; debido a que el metano y el propionato sirven como captosres del exceso de equivalentes reductores que se producen a nivel ruminal (Rodríguez y Llamas 1990).

En dietas con alto contenido de forraje, el patrón de AGV en la fermentación ruminal fluctúa entre 65:25:10 a 70:20:10 (acetato: propionato: butirato, en porcentaje molar), por otra parte cuando la cantidad de concentrado en la ración se eleva por encima de 70%, las proporciones de AGV varían entre 45:40:15 a 50:40:10 (Shimada 1991). Dietas compuestas únicamente de forrajes dan una mezcla en proporción molar de 65-74% acético, 15-20% propiónico y 8-16% butírico (Thomas y Rook 1977); sin embargo, forrajes de alta calidad y una molienda final pueden causar reducción en la proporción de acético e incremento en propiónico, butírico o ambos.

Debe considerarse que la concentración de AGV en el fluido ruminal no necesariamente reflejan su tasa de producción y absorción, no se ha dilucidado



completamente el eslabón entre la concentración de AGV a nivel ruminal y la composición química de la dieta, debido a que la concentración de la mezcla de AGV producidos no solamente refleja la composición de los sustratos fermentados sino que también la actividad metabólica de los microorganismos ruminales. En experimentos donde se han estudiado dietas bajas y altas en concentrado, se ha observado que aún cuando la concentración de ácido acético se reduce con el nivel alto de concentrado, su nivel de producción no cambia considerablemente, esto es posible ya que al mismo tiempo que se incrementa la producción de propionato, se incrementa considerablemente la tasa de absorción de todos los ácidos grasos (Rodríguez y Llamas 1990).

El butirato se absorbe a mayor velocidad que el propionato, siendo el acetato el de más lento transporte; durante el proceso de absorción de los AGV a través de la pared ruminal, el acetato no sufre cambios aparentes; parte del propionato se transforma a lactato y el butirato se convierte casi totalmente en cuerpos cetónicos. Una parte de los ácidos grasos volátiles son empleados in situ como sustratos para la síntesis de otros ácidos grasos volátiles o en la formación de proteína microbiana, siendo este hecho más importante en el caso de acetato. El incremento de propionato en el rumen produce mayor eficiencia energética, y reducción en la pérdida calórica, disminución en el empleo de aminoácidos para gluconeogénesis e incremento en la síntesis de proteína corporal (Shimada 1991).

### **2.3.1 Digestibilidad ruminal**

El análisis de la digestibilidad de los alimentos es de gran importancia, ya que existen diferentes moléculas que son fácilmente absorbibles y otras que son resistentes a la degradación (Minson 1982). La digestión de un ingrediente depende de los siguientes factores importantes: 1) La cantidad del ingrediente, 2) Las propiedades intrínsecas del mismo y 3) La interacción entre los ingredientes. La tasa de digestión es la interpretación de las curvas de la degradación acumulativa y se refiere a la cantidad de alimento que puede ser digerido por

unidad de tiempo (Singh *et al.*, 1992). En dietas a base de pajas, más del 60% de la digestión se lleva a cabo en el rumen (Jouany, 1994).

Ushida *et al.*, (1990) mencionan que el efecto de los protozoarios sobre la digestión de la pared celular de los vegetales son más marcados en dietas suplementadas con almidón, con cierta disminución en la digestión de los carbohidratos de la pared celular. Los protozoarios tienen mayor efecto sobre la digestión de la hemicelulosa en comparación con la celulosa (+53 para hemicelulosa vs +23 % celulosa). La cantidad de fibra detergente neutro (FDN) en el forraje no está directamente relacionada al contenido de FDN degradable en rumen, los factores físicos y químicos que limitan la digestión de la pared celular de los forrajes pueden ser diferentes a los asociados con los granos.

### **2.3.2 Producción de ácidos grasos volátiles**

Cuando los microorganismos del rumen fermentan carbohidratos solubles, utilizan una parte de la glucosa para la síntesis de compuestos de almacenamiento de energía, los cuales pueden ser aprovechados cuando las bacterias encuentran como sustratos principales la celulosa y hemicelulosas.

Los productos que se obtienen al final del proceso fermentativo dependen, en parte, del tipo de microorganismos presentes en un momento dado en el rumen, ya que los compuestos que algunas bacterias tienen como productos finales pueden ser utilizados por otros para su metabolismo. Sin embargo, los que resultan más importantes son el ácido acético, el propiónico y el butírico, entre los ácidos grasos volátiles, además del láctico, el succínico, el etanol, el metano, CO<sub>2</sub>, hidrógeno y ácido sulfhídrico. Todos ellos se obtienen a partir de la glucosa o fructosa que se liberan de los distintos carbohidratos y que fermentan las bacterias siguiendo la vía catabólica de la glucólisis.

Durante la fermentación en el rumen, los ácidos grasos que se producen sufren procesos de interconversión, lo cual puede explicarse tomando en cuenta que un ácido determinado, que es producto final de la actividad de algunos microorganismos, es utilizado a su vez como sustrato para la actividad de otros (Weston y Hogan, 1968). Así podemos observar que 40 a 80% del ácido butírico deriva del acético y de 6 a 20% del acético proviene del butírico.

### **2.3.3 Producción de ácido acético**

Las reacciones que predominan en la producción de este ácido y lo mismo del butírico, son reacciones fosfoclasticas, en las que el ácido pirúvico es convertido en fosfato de acetilo y ácido fórmico o hidrógeno y CO<sub>2</sub>. Los hidrógenos que se desprenden en el proceso oxidativo son utilizados de distintas maneras según las bacterias que realicen la fermentación, los Clostridios transfieren los electrones liberados a protones que se separan como hidrógeno molecular, otras los transfieren al CO<sub>2</sub> produciendo ácido fórmico y otras más los utilizan para hidrogenar ácidos grasos (Zavaleta, 2002).

Además hay bacterias, como las propionibacterias que al oxidar el ácido pirúvico hasta acético no liberan hidrógeno, sino que éste es utilizado para formar ácido propiónico simultáneamente (Allen, 1964). A su vez el ácido fórmico sufre oxidación rápida en el rumen, en la que interviene una deshidrogenasa fórmica asociada a ferredoxina. Esta oxidación produce hidrogeno y CO<sub>2</sub> (Allen, 1964).

### **2.3.4 Producción de ácido propiónico**

El ácido propiónico es producido en el rumen a partir del ácido pirúvico o del ácido láctico, siguiendo dos vías diferentes, aún cuando las dos son funcionales, una de ellas es la predominante y se lleva a cabo con la formación de oxaloacetato y succinato. La segunda vía requiere de la formación de acrilato y se presenta en el rumen de animales en los que la ración alimenticia es deficiente en

azufre, quizá debido a un cambio en la población bacteriana, o bien cuando es a base de granos (Whanger y Matrone, 1967; Wallnofer *et al.*, 1967).

### **2.3.5 Producción de ácido butírico**

En el rumen se puede sintetizar este ácido a partir del acético o de sustancias capaces de formar Acetil-CoA, como el ácido pirúvico (Barker, 1961).

### **2.3.6 Factores que afectan la producción de ácidos grasos volátiles**

En el rumen, la producción de los ácidos grasos volátiles depende de la composición de la dieta, la actividad microbiana, el pH del medio y la frecuencia de ingestión de los alimentos. En general, las dietas a base de forrajes producen menos cantidad de ácidos grasos volátiles, en contraposición con aquellas a base de concentrados de alto contenido de proteínas o de carbohidratos fácilmente fermentables (Zavaleta, 2002).

La mayor concentración de ácidos grasos volátiles en el rumen se observa después de que han transcurrido de 3 a 6 horas de la ingestión del alimento, si este es ofrecido una sola vez al día (Balch y Rowlan, 1957).

La producción de ácidos grasos volátiles disminuye conforme aumenta el pH del rumen. La cantidad de ácidos grasos volátiles presentes en el líquido ruminal en un momento dado depende, además de los factores anteriores, de la absorción de los ácidos a través de la pared del rumen, o de su paso a los otros compartimentos (Zavaleta, 2002).

La proporción de cada uno de los ácidos grasos volátiles en la mezcla varía con la calidad, cantidad y aún con la textura de los componentes de la dieta; el sustrato predominante en la dieta tiene una influencia marcada (Balch y Rowlan, 1957).

La proporción molar de ácido acético es elevada, entre 60-75%, cuando se suministra dietas a base de forrajes o pastos sin picar o en trozos grandes, la variación dependerá del tipo de forraje o pasto, estado de madurez del mismo, la fertilización de la tierra en la que creció, etc. (Balch, y Rowlan, 1957). El ácido propiónico varía entre 15 y 19% y el butírico sufre variaciones más amplias, 6 a 16%. Además con estas raciones hay una pérdida considerable de la energía consumida, energía que se pierde bajo la forma de metano (Armstrong, 1960).

Si el forraje se da al animal finalmente picado, la proporción de ácido acético se ve disminuida en relación a los otros ácidos. En aquellos casos en que la dieta es modificada por la introducción de una gran cantidad de concentrado, sin un período previo de adaptación, se puede provocar una acumulación de ácido láctico en el rumen (Zavaleta, 2002). Esto es el resultado de la incapacidad de las bacterias existentes para metabolizarlo a la velocidad en que es producido y por la falta de una concentración adecuada de bacterias capaces de hacerla. La producción excesiva de ácido láctico puede llevar a provocar una acidosis en el animal, y aún su muerte (Annison, 1965).

Por lo general, la adición de concentrados a las raciones a base de forraje causa una disminución en la concentración de ácido acético, que es compensada con un aumento en la de propiónico o de butírico. Este efecto no es constante, ya que se presentan variaciones entre animales y de un concentrado a otro. El aumento en ácido propiónico se observa cuando la cantidad de concentrado adicionada es elevada y su composición es a base de granos con gran cantidad de almidón, especialmente si han sido tratados previamente con calor. La adición de concentrados disminuye la producción de metano (Bath y Rook, 1965).

Los concentrados a base de granos en cuya preparación se incluye el tratamiento con calor y presión son fermentados con mayor rapidez y favorecen la producción de ácido propiónico. Este aumento en la digestibilidad puede deberse a que durante el tratamiento previo llega a haber un cierto grado de fragmentación

de los gránulos de almidón e hidrólisis parcial de las moléculas del mismo (Trei *et al.*, 1966).

Es posible aumentar la producción de ácido butírico hasta un 25-35% de los ácidos grasos volátiles totales (en base a molaridad) utilizando raciones con un alto contenido en miel y urea, logrando también en el proceso un aumento en la concentración de ácido valérico y caproico. Este incremento se realiza, por lo general, a expensas del ácido acético (Marty y Preston, 1970). Además algunos investigadores han observado cambios en las proporciones molares de ácidos grasos volátiles cuando se varía la frecuencia del suministro de alimento (Zavaleta, 2002).

La actividad microbiana en el rumen, que es la responsable de la digestión a este nivel y finalmente de la producción de los distintos ácidos grasos, depende de la adaptación de los microorganismos a la ración alimenticia del animal (Church, 1960). Esta adaptación ayuda a determinar la digestibilidad de las diferentes raciones.

Por otro lado, se acepta que existe una relación estrecha entre la cantidad de células bacterianas presentes en el rumen, los carbohidratos fermentados y la producción de ácidos grasos volátiles. Por su parte, la fragmentación de los forrajes facilita la digestión porque hay mayor superficie para la acción enzimática bacteriana, sin embargo, el moler finamente el forraje disminuye su acción, ya que el tránsito a través del rumen se hace más rápido (Moore, 1964).

### **2.3.7 Absorción de los ácidos grasos volátiles**

Los ácidos grasos que se liberan en el rumen son aprovechados en parte por las bacterias, que los utilizan para sintetizar algunos de sus componentes estructurales. La síntesis de proteína se realiza principalmente a partir del ácido

acético, algunas bacterias sintetizan los ácidos grasos de cadena larga a partir del isobutírico, n-valérico y n-caproico, principalmente (Wegner y Foster, 1963).

El resto es absorbido en su mayoría a través de la pared del rumen realizándose por medio de difusión simple, aquellos que no son absorbidos a este nivel pasan al omaso y abomaso en donde también hay absorción (Tweedie *et al.*, 1966). Weston y Hogan (1968) comprobaron que cerca de 76% de los ácidos presentes en el rumen se absorbían a este nivel, 19% en omaso y abomaso y tan sólo un 4-5% llegaba a pasar al intestino.

Se ha observado que la absorción a través de la pared del rumen es más efectiva en aquellas superficies que poseen un gran número de papilas y ha habido investigadores que han establecido que existe una correlación entre la longitud relativa de las papilas en el saco ventral del rumen y la ganancia de peso por el animal (Sellers, 1955).

La absorción de los ácidos grasos es afectada por el pH en el medio. Si se alcaliniza el contenido ruminal, la absorción se reduce, en cambio cuando el medio es acidificado la absorción se aumenta (Sellers, 1955).

Otro de los factores que tiene una gran influencia sobre la velocidad de absorción de los ácidos, es el metabolismo de los mismos a nivel de la célula epitelial del rumen. El hecho de que estos ácidos sean metabolizados en el epitelio que recubre el rumen ha sido estudiado por diferentes investigadores y aun cuando no se conoce bien el grado de modificación de cada uno de los ácidos, es posible afirmar que el acético es absorbido y pasa al torrente sanguíneo prácticamente sin ningún cambio; el propiónico se absorbe y en el epitelio una parte se convierte en láctico; en cambio el butírico es transformado casi totalmente a cuerpos cetónicos (Pennington y Pfander, 1967; Leng, 1969).

### 2.3.8 Utilización de los ácidos grasos volátiles

En la sangre que proviene de las paredes del rumen aparecen los ácidos: acético, propiónico, láctico y pequeña cantidad de butírico, así como cuerpos cetónicos; todos estos productos son llevados en la sangre portal hasta el hígado, sin que haya entrada de dichos productos al sistema linfático (Annison, 1957).

En el hígado el ácido propiónico es el único que interviene en la gluconeogénesis, por ello, bajo ciertas condiciones alimenticias se puede producir un déficit de glucosa. La proporción de glucosa que se puede obtener a partir del ácido propiónico varía entre 19 y 62% (Steel y Leng, 1973), esto ha sido estudiado en borregas, tanto vacías como cargadas; demostrando que la velocidad de conversión del ácido propiónico en glucosa depende directamente de la velocidad de producción del ácido en el rumen. Por lo tanto, las necesidades de glucosa tienen que ser cubiertas por medio de la gluconeogénesis a partir de ácidos aminados de tipo glucogénico.

Ahora bien, la utilización de glucosa por unidad de tejido resulta menor en los rumiantes que en otros animales, ya que se encuentra presente una gran cantidad de ácido acético y cuerpos cetónicos (Rook y Thomas, 1969). Además, una gran proporción del ácido propiónico es oxidado hasta CO<sub>2</sub> y energía, haciéndolo entrar a ciclo de Krebs (Leng y Steele, 1967; Judson *et al.*, 1968), bajo la forma de Succinil-CoA.

La pequeña cantidad de ácido butírico que logra escapar el metabolismo en el epitelio ruminal es utilizado en el hígado, junto con los ácidos grasos de cadena más larga que se originaron en rumen durante la digestión fermentativa, para la síntesis de grasas más complejas, o bien es oxidado produciendo radicales acetil que se utilizan en el ciclo de Krebs para la producción de CO<sub>2</sub> y energía.



Por su parte el ácido acético, el láctico y los cuerpos cetónicos, especialmente el ácido  $\beta$  hidroxibutírico, salen del hígado prácticamente sin haber sufrido ningún cambio y constituyen los sustratos utilizables por los tejidos extrahepáticos.

Ahora bien, la eficiencia en el aprovechamiento de la energía proveniente de los ácidos grasos volátiles aplicada a la producción es mucho menor que la de glucosa. Es decir, cuando se han realizado experimentos en los que a los animales en estado de ayuno se les suministra por infusión directa al rumen los distintos ácidos, se ha observado que el ácido acético solo, se utiliza hasta un 60% y el propiónico o el butírico tienen una utilización hasta del 80% (Armstrong y Blaxter, 1957).

Si en lugar de darse solos los ácidos, se mezclan, la eficiencia en su utilización se mejorará (Armstrong y Blaxter, 1957). En comparación, la glucosa administrada por vía intra-abdominal o intravenosa, es decir, de manera que no sufra fermentación, se utiliza con una eficiencia del 100%.

En la engorda de animales el aprovechamiento de la energía tiene una eficiencia menor cuanto mayor sea la proporción de ácido acético producido. Las mezclas con 68% de ácido acético (en base a molaridad) tienen una eficiencia aproximada de 33%, si se reduce el ácido acético a 45%, la eficiencia de utilización se eleva hasta 60%; en cambio la glucosa suministrada por vía intravenosa o infusión en abomaso tiene una eficiencia de 70% (Zavaleta, 2002).

El aumento en la proporción molar de ácido propiónico generalmente se traduce en ganancia de peso y aumento de producción láctea (Judson *et al.*, 1968 y Clanton y Woods, 1966). Sin embargo, bajo ciertas condiciones, una proporción elevada de ácido acético en el rumen actúa como estimulante en la retención de nitrógeno en el animal en crecimiento (Orskov y Allen, 1966).

## **2.4 Metabolitos sanguíneos**

En el plasma sanguíneo, algunos nutrientes se encuentran en libre solución, como la glucosa o los aminoácidos, así mismo los glóbulos rojos en la sangre contienen sustancias de importancia nutricional cuyos niveles se van a ver determinados según la especie animal, estado individual y etapa de desarrollo (Rook, 1983).

La composición celular es influenciada por la relación existente entre el volumen celular y el volumen plasmático, pero es la concentración de nutrientes en el plasma quien aportara mayor información sobre el metabolismo del animal. Es por esto que la mayoría de los perfiles metabólicos se obtienen a través del suero sanguíneo (Rook, 1983).

Con la determinación de metabolitos sanguíneos puede ser posible predecir el estado nutricional del animal en diferentes estados fisiológicos, lactancia, preñez, crecimiento, etc. (Roberts *et al.*, 1997), en diferentes épocas del año (Park *et al.*, 1994) y en diferentes genotipos de ganado bovino (Grimaud *et al.*, 1998).

### **2.4.1 Glucosa**

La glucosa es en los mamíferos y probablemente en todos los vertebrados, la principal forma de transporte de carbohidratos. En los mamíferos, los tejidos que utilizan mayor cantidad de glucosa son los músculos y después el cerebro, siendo los primeros quienes aventajan la mayor demanda de glucosa (Bradley, 1969). La concentración sérica de glucosa oscila entre de 45 a 75 mg/dl para rumiantes adultos (Kaneko, 1997).

En general, la fermentación microbiana de los carbohidratos en el rumen determina que sea muy escasa la glucosa absorbida directamente desde el conducto gastrointestinal, obteniéndose la mayor parte de la glucosa a partir de vías glucogénicas. Sin embargo, puede presentarse una excepción a esta regla

cuando los animales consumen grandes cantidades de almidón que es degradado lentamente, o bien cuando los animales reciben dietas ricas en concentrados con niveles elevados de consumo; en tales casos hasta un 50 % del almidón de la dieta puede escapar a la fermentación y aparecer en el intestino delgado para su digestión (Church, 1993).

En circunstancias como las anteriores, pueden ser absorbidas cantidades considerables de glucosa. La glucosa y otros monosacáridos atraviesan las membranas de las células mucosas mediante su unión a una molécula portadora específica que fija también Na. El cotransporte de Na por la molécula portadora facilita la absorción de glucosa contra un gradiente de concentración, ya que el transporte hacia el interior de portador-Na fijado con gradiente favorable origina el transporte de glucosa unida al mismo portador (Church, 1993).

Por lo tanto pueden existir dos vías principales que determinan las concentraciones de glucosa en la sangre, una de ellas está representado por el proceso glucogénico llevado a cabo principalmente por el hígado a partir de propionato, aminoácidos glicerina y lactato. Por otro lado altas cantidades de concentrado en la dieta pueden incrementar el escape de estos carbohidratos a la digestión ruminal, provocando que en la parte baja del tracto digestivo sean digeridas cantidades importantes de almidón y por lo tanto absorbidas mayores cantidades de glucosa con lo que pueden aumentar las concentraciones de este metabolito en la sangre.

#### **2.4.2 Colesterol**

El colesterol está presente en cantidades variables en todos los tejidos, células y porciones celulares. Esta sustancia se sintetiza en cierta cantidad por todos los tejidos, de preferencia el hígado, el intestino y la piel (Coles, 1968).

Las concentraciones de colesterol están notablemente influidas por el régimen alimenticio del animal; las grasas por ejemplo si se encuentran en forma de

ácidos grasos saturados, elevarían el colesterol de la sangre en bovino de carne. Es importante que para analizar los resultados relacionados con el colesterol, siempre hay que tener en cuenta el régimen alimenticio del ganado (Coles, 1968).

En la regulación del nivel de colesterol tienen importancia las hormonas tiroideas ya que afectan a todos los aspectos del metabolismo de los lípidos, su efecto más acentuado es en la lipólisis. Uno de los efectos particulares de las hormonas tiroideas es la tendencia a disminuir el colesterol del plasma. Esto incluye dos efectos: por un lado hay un aumento en la absorción celular de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) con las moléculas de colesterol relacionadas y por otro una tendencia para incrementar la degradación del colesterol y las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Aranda *et al.*, 2002).

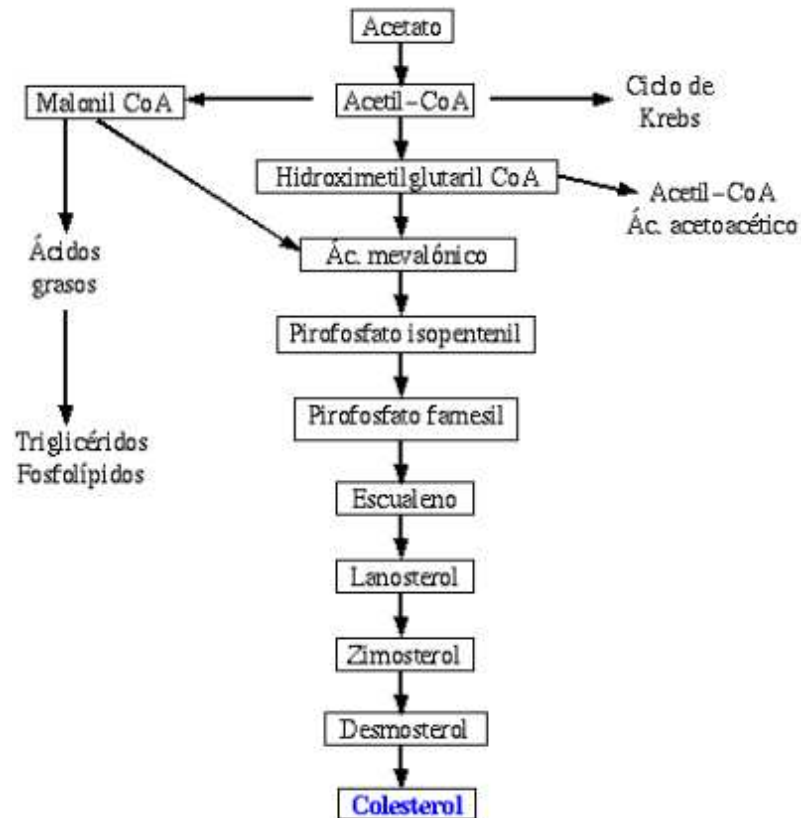


Figura 2.3. Proceso de síntesis de colesterol a partir de acetil-CoA (Aranda *et al.*, 2002)

Es usual que estos efectos sobre el metabolismo de los lípidos se observen en situaciones fisiopatológicas relacionadas con una hipersecreción de hormonas tiroideas o en estado de deficiencia tiroidea, en los cuales la hipercolesterolemia es una de las características de la misma (Aranda *et al.*, 2002).

El aumento de las concentraciones de colesterol puede relacionarse con una lesión obstructiva del conducto biliar, asimismo el colesterol del plasma se modifica por la actividad tiroidea, de modo que las concentraciones se elevan a veces sorprendentemente en los casos de hipotiroidismo (Coles, 1968).

En la sangre, el colesterol total (CT) existe en forma libre o esterificado con ácidos grasos, siendo esta última la predominante (Fruchart, 1991). Para ser transportado en plasma o linfa, el colesterol se une a lipoproteínas que lo solubilizan en el agua intravascular (Cirio y Tebot, 2000).

Las lipoproteínas son macromoléculas que incluyen un núcleo de lípidos hidrófobos (triglicéridos, ésteres de colesterol) y una zona superficial hidrofílica (fosfolípidos, colesterol no esterificado y apoproteínas). Las apoproteínas, elaboradas por hepatocitos y enterocitos, son proteínas especializadas necesarias para la formación de lipoproteínas y para la unión de éstas con los receptores celulares (Cirio y Tebot, 2000).

Cuadro 2.3. Concentraciones del colesterol en el suero de bovino (Boyd, 1942).

Total (mg/100 ml)	Libre (mg/100 ml)	Esterificado (mg/100 ml)
110 ± 32	37 ± 15	73 ± 15

En base a su densidad de ultracentrifugación, las lipoproteínas se clasifican en HDL (lipoproteínas de alta densidad,  $\alpha$ ), LDL (baja densidad,  $\beta$ ), VLDL (muy baja densidad, pre- $\beta$ ) e IDL (densidad intermedia,  $\beta$ -flotadora), las dos últimas muy escasas en animales adultos (Coppo *et al.*, 2003).

Las HDL se forman en intestino e hígado, ubicándose como  $\alpha_1$  globulinas en la corrida electroforética. Son las más pequeñas y densas. Su rol es el *transporte reverso de colesterol*, desde los tejidos hacia el emuntorio biliar, por lo que son consideradas como “factor de protección” del riesgo aterogénico (Coppo *et al.*, 2003).

Las LDL son los productos finales de las VLDL (sintetizadas por enterocitos y hepatocitos); electroforéticamente corren con las  $\beta$  globulinas y están involucradas en el denominado *transporte directo del colesterol*, que lo distribuye y deposita en los tejidos, incluyendo las paredes vasculares (Coppo *et al.*, 2003).

### 2.4.3 Proteínas totales

Una proteína es un compuesto de gran peso molecular, cuya molécula consiste principalmente en cadenas de aminoácidos con unión péptida. Por métodos de precipitación salina se recuperaron del suero dos porciones, clasificadas según sus solubilidades características en albumina y globulina. Se considera que las proteínas plasmáticas son las proteínas de más fácil obtención de todas las del cuerpo animal. Por la relación íntima entre proteínas del plasma y las de los tejidos (Coles, 1968).

Cuadro 2.4. Valores normales de proteínas séricas en bovinos dependiendo del sexo y edad (Bradish *et al.*, 1954).

Sexo	Edad	Concentración absoluta en g / 100 ml				
		T.P.	Albumina	Alfa	Beta	Gamma
M	18 a 30 meses	6.97 ± 0.53	3.2	0.98	0.61	2.18
H	5 a 9 años	7.56 ± 0.5	3.4	0.85	1.08	2.16

La mayoría de las proteínas plasmáticas son sintetizadas en el hígado y la principal excepción son las inmunoglobulinas, que son producidas por las células plasmáticas. Se miden en suero como parte de casi todos los análisis de química

sanguínea. El contenido en proteínas totales del suero depende del estado nutricional, funcionamiento hepático y funcionamiento renal del animal (de Larrea y Gonzales, 1998).

Las alteraciones en las proteínas totales del plasma con toda frecuencia se deben al descenso de la albumina, muchas veces acompañado de hiperglobulinemia. Sin embargo, la coexistencia de la misma no es factor suficiente para asegurar que las concentraciones proteínicas totales sean resultado de la hipoproteïnemia (Reece y Swenson, 2004).

Otra de las funciones de las proteínas del suero es ayudar a mantener la presión normal de la sangre contribuyendo en su viscosidad al influenciar la estabilidad de los eritrocitos en suspensión, lo cual ayudara en la regulación del balance ácido - base de la sangre, pudiendo afectar la solubilidad de los carbohidratos, lípidos y otras sustancias, así como el transporte de sustancias como nutrientes, hormonas bilirrubinas, enzimas y otros por acción de las proteínas en el suero según información ofrecida por Reece y Swenson (2004).

#### **2.4.4 Creatinina**

Dentro del metabolismo proteico se diferencian dos tipos de proteínas metabólicas, una es una constante del metabolismo endógeno, y la otra es una variable del metabolismo exógeno. Por lo tanto el metabolismo endógeno está representado por la excreción de la creatinina (Bailey, 2004).

Friedemann *et al.* (1948) confirmo la existencia de una relación muy cercana entre los valores de creatina y el metabolismo proteico, sin embargo Hunter (1922) indica que la creatinina es un metabolito independiente del consumo de proteína en la dieta.

La concentración de creatinina es considerada una medida de la masa muscular ya que se correlaciona positivamente, es decir que las concentraciones de creatinina en la sangre irán de la mano con el peso de la canal, apariencia y la proporción de carne magra de la misma (Istasse *et al.*, 1990).

Dentro del musculo, bajo condiciones anaeróbicas la creatina fosfatada produce un fosfato de alta energía, el cual es transferido a un adenosin difosfato (ADP), regenerando inmediatamente las cantidades de adenosin trifosfato (ATP) para su uso en el musculo. Siendo una reacción catalizada por la enzima creatina fosfokinasa (Bailey, 2004).

El desdoblamiento de la creatina fosfatada eventualmente crea creatinina, la cual se considera un producto de desecho que es excretado por la orina (Beitz, 2004).

Coles (1968) ha sugerido que la elevada concentración de creatinina es de más precisión en el diagnostico de la uremia, puesta que no se afecta por las proteínas del régimen, ni por la edad, sexo o ejercicio. El mismo autor menciona que los valores normales en sangre de bovinos oscila entre 1.0 y 2.07 mg/100ml.

La creatinina solo se eleva si la función renal esta perturbada, pues las concentraciones en la sangre se relacionan con la formación y eliminación por la orina. El aumento de 5 a 18 mg/ 100 ml señala trastornos renales importantes, de pronóstico reservado a grave (Coles, 1968). No obstante DeGroot y Aafjes (1960) relacionaron los niveles de creatinina con el desarrollo muscular del animal.

#### **2.4.5 Urea**

Cuando el consumo de proteína degradable es alto, o el consumo de carbohidratos degradables es bajo, el nivel de amonio en el rumen aumenta y sobrepasa la cantidad que pueden utilizar las bacterias; cuando existe exceso de amonio, pasa al hígado a través de la sangre, donde es transformado y eliminado,



y trae como consecuencia un incremento de los niveles de urea en la sangre (Arias y Nesti, 1999). Los niveles de urea obtenidos están dentro de los rangos de referencia 6-22 mg/dl reportados para bovinos adultos (Radostitis *et al.*, 2002).

Esta respuesta coincide con lo señalado por Hess *et al.* (1999) quienes indicaron que uno de los factores que determinan los niveles de urea en la sangre es la dieta que se le suministra al animal y el grado de degradabilidad de la proteína a nivel ruminal. Asimismo, sugieren que el contenido de urea en sangre es un buen indicador del estado de nutrición de los animales y sirve como herramienta para ajustar el suministro de proteína y energía en la dieta de vacas en sistemas de doble propósito en pastoreo.

## **2.5 Subproductos de la industria cervecera**

Existen distintos subproductos provenientes de esta industria, siendo los más comunes la levadura (seca y húmeda) y los granos de destilería, principalmente cebada con mezclas de maíz y en algunos casos arroz (seco, húmedo o ensilado) (Calsamiglia, 2004).

Estos subproductos son en general muy apetecibles, ricos en proteína con una degradabilidad intermedia y son considerados, desde un punto de vista nutricional, como un muy interesante ingrediente en raciones para vacas lecheras (Miazzo y Kraft, 1998).

### **2.5.1 Masilla**

Los residuos de granos de cervecería (masilla) representan uno de los subproductos más importantes de la industria cervecera. Se estima que por cada 100 lts de cerveza elaborada se producen en promedio 20 kg de este subproducto (Reinold, 1997).

Estos residuos de cervecería pueden comercializarse en forma seca o en forma húmeda. El contenido de humedad en los residuos húmedos oscila entre 650-800 gr/kg (Grasser *et al.*, 1995). Los residuos secos se pueden comercializar más fácilmente debido a su bajo contenido de humedad, sin embargo la utilización de los residuos en forma húmeda se ha incrementado considerablemente, considerando que el secado de los residuos implica un manejo que incrementa los costos de producción. El contenido de proteína cruda es similar o un poco superior al de la harina de germen de maíz, pero el TDN se presenta en menor cantidad para la masilla (Grasser *et al.*, 1995).

La proteína en este subproducto ha sido reportada como resistente a la degradación ruminal (Satter y Whitlow, 1997), lo que proporciona dos potenciales ventajas como fuente de proteína para rumiantes:

- **Eficiente uso de nitrógeno:** Una combinación de una proteína de baja degradabilidad con urea, provee a los microorganismos del rumen suficiente nitrógeno para cubrir sus requerimientos y al mismo tiempo se minimiza la pérdida de nitrógeno como lo es la absorción de amonio en el rumen (Krause, 1973).
- **Proteína de sobrepaso (by-pass):** Estos productos son una fuente importante de proteína poco degradable en el rumen, ya que el proceso de fermentación usado en la elaboración de cerveza, hace que la proteína sea menos soluble en el rumen y por lo tanto más disponible para el proceso digestivo y absorción en la parte baja del tracto digestivo, lo cual es sumamente importante en los animales con altos niveles de producción (Krause, 1973).

#### **2.5.1.1 Aspectos nutricionales de la masilla**

La masilla contiene de 75 a 80 % de agua al finalizar el filtrado. Debido entonces a su elevado contenido de humedad deberá ser usada inmediatamente o

almacenado en un ambiente anaerobio pues se descompone rápidamente (Kayouli y Lee, 1998).

Calsamiglia (2004) caracteriza el contenido nutricional de la masilla, mencionando que es un subproducto rico en proteína, siendo su contenido proteico medio de un 24-26% sobre materia seca. El extracto etéreo representa un 6%. Es un subproducto rico también en fibra, con un contenido en FND del 44% y en FAD del 20%, aunque se trata de una fibra muy poco efectiva (18%). El contenido en lignina es de un 5% y el de cenizas de un 7%. En el residuo mineral destaca el contenido en P (6 g/kg), siendo más bajo (3 g/kg) el contenido en Ca.

La degradabilidad efectiva de la proteína es baja (50%), siendo la velocidad de degradación de un 7 %/h. Se trata pues de un alimento de elevado contenido proteico, siendo ésta una proteína que escapa, en buena parte, de la degradación ruminal (Calsamiglia 2004).

El contenido de proteína de la masilla puede considerarse como una porción significativa de suplemento proteico, además aporta fibra con lo cual se aumenta el volumen de las dietas para rumiantes (Westendorf and Wohlt, 2002). En base seca, este subproducto contiene en promedio de 220 a 280 g/kg de PC y 2.5 Mcal de EM (NRC, 2001).

#### **2.5.1.2 Proceso de obtención**

La masilla o cebadilla de cerveza es un producto resultante de la elaboración de mosto de cerveza con el empleo de malta de cereales después de la solubilización de los almidones (Stone, 1998).

Por su alto grado de digestibilidad y por la función reguladora que explica su fermentación ruminal es considerado un óptimo alimento para bovino de leche o carne. Su empleo permite un aumento de la ingestión de sustancia seca y mejora de la digestibilidad de la ración entera (Stone, 1998).

El proceso actual de producción de cerveza utiliza los carbohidratos solubles presentes en el grano de cebada, por lo que los materiales restantes (cascarilla) constituyen el residuo lignocelulósico generado por esta industria (Aguilar y Canilazes. 2005).

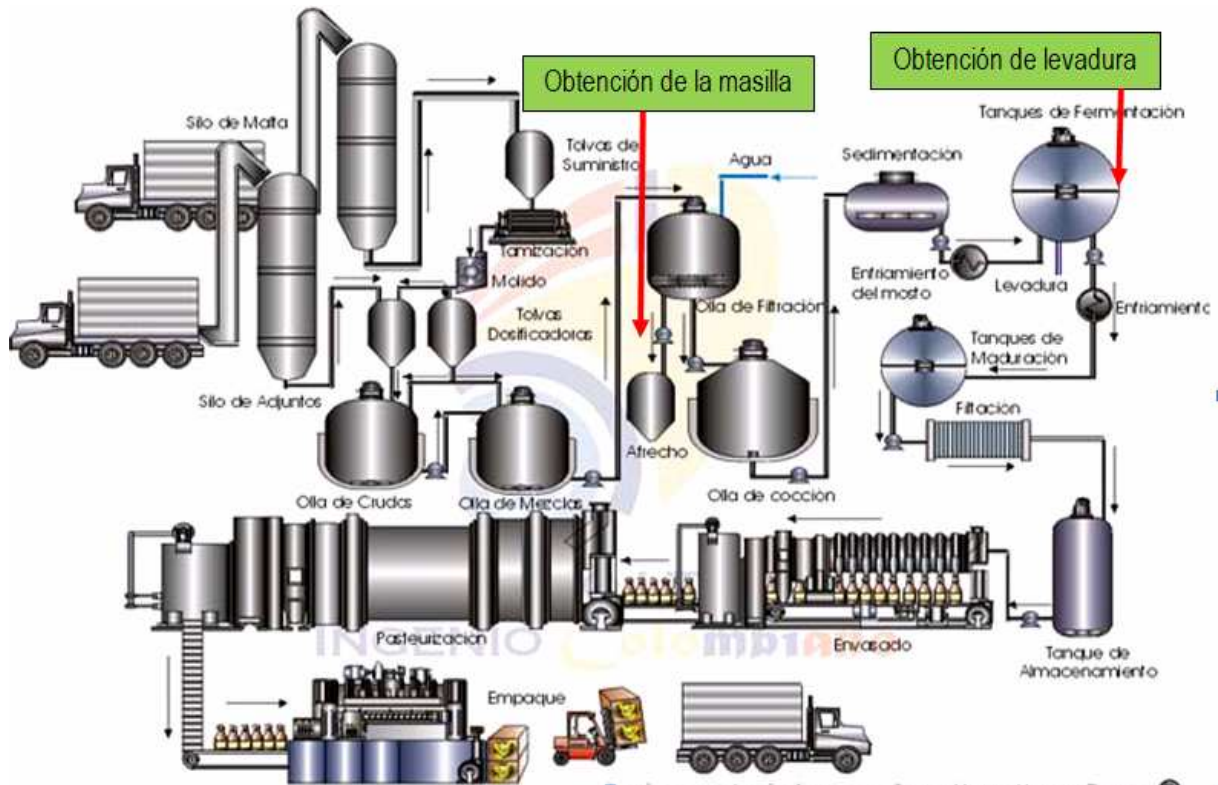


Figura 2.4. Proceso de elaboración de la cerveza y etapas donde se generan los subproductos (adaptado de Reinold, 1997).

La masilla contiene de 75 a 80 por ciento de agua al finalizar el filtrado. Debe ser usado inmediatamente o almacenado en un ambiente sin aire pues se descompone rápidamente. Se puede almacenar hasta por dos semanas en una parva compactada y cubierta con sacos o una cubierta plástica.

## **2.5.2 Levadura**

La levadura se ha administrado a los animales en el alimento durante más de 100 años, ya sea en la forma de una masa fermentada producida en algunas explotaciones pecuarias, o como subproductos de levaduras de cervecería y destilería (García, 2007).

### **2.5.2.1 Tipos de levadura**

Según Bruning y Yokoyama (1988) la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, puede tener 3 variantes, es decir, que sea activa, inactiva o enriquecida.

#### **2.5.2.1.1 Levadura activa**

Levadura viable con un conteo de 10 mil a 20 mil millones de células vivas por gramo, esta levadura se utiliza principalmente como probiótico, algunas de sus funciones son:

- Promotor de crecimiento
- Mayor ganancia de peso.
- Cambio de alimentos más rápidos.
- Acción estimulante de la inmunidad.
- Mejora la asimilación de nutrientes.
- Corrige el balance de la población microbiana.

#### **2.5.2.1.2 Levadura inactiva**

Esta levadura, tiene casi nula viabilidad, prácticamente  $1.0 \times 10^2$  células vivas por gramo. El hecho de hacerse inactiva es para aprovechar otras bondades cuando es fermentada a pH bajo, como es el ser apetecible por ciertas especies que no toleran fácilmente consumir alimentos de origen vegetal.

Cuando ha sido fermentada a pH bajo es un excelente potenciador de sabor.

- Fuente natural rica en proteínas - Mejora la palatabilidad del alimento.
- Una fuente natural de vitaminas B.
- Buen equilibrio de aminoácidos esencial, con niveles altos de lisina.
- Es un buen complemento del alimento balanceado
- Aumenta la calidad cuando se mezcla en la fabricación de Pellets, que induce las siguientes ventajas:
  - Reduce pérdida de alimento.
  - Reduce la pérdida de energía por animales.
  - Aumenta la digestibilidad de los nutrientes.

#### **2.5.2.1.3 Levadura inactiva enriquecida**

En esta levadura lo que se trata de aprovechar principalmente, es que esta enriquecida orgánicamente con algún micro mineral, lo que se traduce, es una mejor biodisponibilidad de éste. En estas levaduras se pueden encontrar las enriquecidas con selenio, cromo, hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, etc.

#### **2.5.2.2 Levadura como subproducto de la industria cervecera**

La levadura constituye otro de los importantes subproductos de la industria cervecera, la cual puede ser usada como fuente alternativa de energía y proteína en animales domésticos. Este producto es rico en proteínas y contiene considerables cantidades de macro y micro minerales (Miazzo y Kraft, 1998).

Su importancia se basa en que aporta un 40% de proteína bruta con excelente valor biológico y ninguna sustancia tóxica ni alergénica si se maneja en adecuadas condiciones ambientales (Stone, 1998). Además se ha observado que mejora la digestibilidad y absorción de los nutrientes e inhibe la colonización de bacterias patógenas (Perdomo *et al.*, 2004). Sin embargo, el valor nutritivo de la levadura

varía dependiendo del sustrato utilizado para su crecimiento y, también del proceso industrial al cual es sometida (Álvarez y Valdivie, 1980).

Cuadro 2.5. Características químicas y nutritivas de la levadura de cerveza (Álvarez y Valdivie, 1980).

En Base a Materia Seca	
Materia Seca	15 %
Energía Bruta	4.623 Kcal/Kg.
Energía Digestible	3.795 Kcal/Kg.
Energía Metabolizable	3.392 Kcal/Kg
Grasa Bruta	1.90 %
Fibra Bruta	3.00 %
Azúcares	7.40 %
Proteína Bruta	47.00 %
Lisina	3.60 %
Metionina	0.75 %
MET-CIS	1.30 %
Triptófano	0.59 %
Treonina	2.37 %
Calcio	0.15 %
Fósforo Total	1.50 %
Proteína Degradable	24.44 %
Proteína By Pass	22.56 %
Fibra Neutro Detergente	7 %

### 2.5.3 Utilización de los subproductos en la alimentación de bovino de carne

Se ha estudiado la inclusión de grano húmedo de cervecería (GHC) y la crema final de levadura (CFL) en dietas integrales conteniendo 55 a 60 % de forraje y 6 % de pollinaza. Se ha encontrado que el uso de 30 por ciento de GHC y 6 por ciento de CFL permite ganancias de peso de 700 a 850 gramos por día (Clark *et al.*, 1976).

Preston *et al.* (1973) mencionan en su investigación que las características de la pared ruminal de toretes de engorda y la calidad de la canal son muy aceptables cuando se utilizan entre 25 y 50 % de masilla en el total de la ración.

Clark *et al.* (1976) señalan que el valor nutritivo del GHC disminuye a medida que los novillos alcanzan el peso al mercado, debido a la falta de energía en la dieta. La adición en su caso de melaza o sorgo debe hacerse durante la última fase de la engorda, disminuyendo el forraje y cuando los animales tienen un peso de 390 a 410 kg. Con la adición de melaza pueden esperarse ganancias diarias de peso de 1.0 a 1.15 kg. y con la adición de sorgo hasta de 1.3 kg

Hatch *et al.* (1972); estudiaron el efecto del uso de granos de destilería, maíz y granos desecados de cervecería con levadura en raciones que contenían urea, en el comportamiento productivo de novillos de la raza Hereford; y determinaron que la inclusión en un 5% de los granos de destilería resultó en un aumento significativo en la retención de nitrógeno ( $P < 0.05$ ). También hubo una disminución de amoníaco en el rumen ( $P < 0.10$ ) y en las concentraciones de urea plasmática ( $P < 0.05$ ). Estos resultados apuntan a un aumento de utilización de urea y la conversión de ella en proteína por los animales.

Preston *et al.* (1973) al evaluar la adición de diferentes niveles de masilla (forma seca) en novillos, encontraron ganancias de pesos significativos ( $P < 0.05$ )



en comparación con novillos que no recibieron en su alimentación dietas con inclusión de masilla.

Monje *et al.* (1992) llevaron a cabo un ensayo bajo condiciones de corral utilizando raciones con alto contenido de malta húmeda en la alimentación de novillos de uno y dos años. Los animales se alojaron en corrales grupales imponiéndose los siguientes tratamientos (raciones expresadas en MS): **T1**: Novillos de dos años con acceso a una ración compuesta por 50% de malta húmeda, 20% de afrecho de arroz, 10% de heno de moha (*Setaria itálica*) y 20% de grano de sorgo; **T2**: Novillos de dos años con una ración compuesta por 50% de malta húmeda; 30% de afrecho de arroz y 20% de grano de sorgo; **T3**: Novillos de un año con igual ración a T1, **T4**: Novillos de un año con igual ración a T2. La experiencia tuvo una duración de 62 días y durante este período los animales fueron manejados exclusivamente a corral.

Los resultados obtenidos fueron para consumo 11.7 para los novillos de 2 años y 6.5 para los novillos de 1 año. En cuanto a ganancia de peso se obtuvieron los siguientes resultados, T1=1.22 kg/día, T2=0.92kg/día, T3=1.25kg/día, T4=1.91kg/día. El análisis de los datos no detectó interacción significativa (categoría x ración) ( $p>0.05$ ).

Crickenberger y Johnson (1982) realizaron un estudio para evaluar el efecto de los granos húmedos de cervecería (GHC) en la dieta de novillas de la raza Angus. Para el efecto utilizaron 36 animales con una edad y peso promedio de 10 meses de 201 kg respectivamente, asignados en 9 corrales de en grupos de 4 animales en cada corral. Durante el periodo de evaluación, las novillas recibieron los siguientes tratamientos: **T1**: Ensilado de maíz sin suplemento proteico, 6.7% PC. **T2**: Ensilado de maíz adicionado con 33.8% de GHC en base a MS, 14.6% PC. **T3**: 62.2% (BMS) de GHC, 10.8% (BMS) de maíz y 26.1% (BMS) de heno fresco; 22.1% PC.

Al final del periodo de evaluación, 112 días, la GDP fue mayor ( $P < 0.05$ ) en los animales del T2 quienes obtuvieron ganancias diarias de peso de 0.730 kg/día, sobre el T1 donde se reporta una GDP de 0.500 kg/día y el T3 donde se reportan 0.560 kg/día de GDP. En cuanto al consumo diario reportan un consumo similar entre el T1 y T2, 35% más ( $P < 0.05$ ) que el T3 y una conversión alimenticia de 9.52:1 para el T1, 6.34:1 para el T2 y 6.13:1 para el T3 ( $P < 0.05$ ).

Lara (1976) llevó a cabo un experimento utilizando 24 becerros de la raza Holstein, de los cuales 21 eran puros y 3 cruzados con razas cebuinas; con una edad promedio de 3 a 9 meses de edad y un peso promedio de 108.33 kg. Los mismos fueron alimentados durante 112 días (4 periodos de 28 días), con los siguientes tratamientos: **T1**: 15 kg de residuo de cervecería (masilla), 1kg de concentrado con 14% de proteína y forraje a libre acceso **T2**: 11.7 kg de residuo de cervecería (masilla), 1kg de concentrado con 14% de proteína y forraje a libre acceso **T3**: 8.3 kg de residuo de cervecería (masilla), 1kg de concentrado con 14% de proteína y forraje a libre acceso **T4**: 5.0 kg de residuo de cervecería (masilla), 1kg de concentrado con 14% de proteína y forraje a libre acceso

Durante la primera etapa obtuvo una GDP de 0.39 kg para el T1, 0.315 kg para T2, -0.060 kg para T3, y 0.183 kg para T4. Lo que respecta a la segunda etapa obtuvo GDP para el T1: 0.799 kg, T2: 0.667 kg, T3: 0.671 kg, T4: 0.660 kg, los aumentos de los tratamientos 2, 3 y 4 son similares sobresaliendo el tratamiento 1 al igual que en la primera etapa. El tratamiento 3 que en la primera etapa reportó pérdidas en peso de los animales durante esta etapa mostro un comportamiento similar a los tratamientos 2 y 4, el autor atribuye esto a los aumentos de peso compensatorio.

En la tercera etapa reporta aumento de peso diarios para el T1: 0.580 kg, T2: 0.466 kg, T3: 0.207 kg, T4: 0.121 kg; comparando esta etapa con la segunda, se registró una disminución en la GDP debido a que hubo un cambio en la alimentación (forraje) aunado al mal tiempo que prevaleció en esos días. En la

cuarta etapa se obtuvieron GDP para el T1: 0.928 kg, T2: 0.839 kg, T3: 0.883 kg, T4: 0.811 kg.

Garciarena *et al.* (1992), en un ensayo realizado para determinar el efecto de la suplementación con malta húmeda sobre el ambiente ruminal y la dinámica de digestión utilizaron 3 novillos de la raza Hereford fistulados. Los mismos fueron alimentados con raciones de 0, 30 y 60% de malta húmeda complementada con heno picado durante tres periodos experimentales de 20 días cada uno. Se registró una leve aumento en el consumo con mayores niveles de malta húmeda ( $P < 0.05$ ).

Hofer *et al.* (1992), evaluaron el efecto de la malta húmeda en la dieta de terneros destetados precozmente en condiciones de confinamiento. Para el estudio utilizó diez terneros de la raza Hereford los cuales fueron alimentados con dos tratamientos durante setenta días con frecuencia quincenal en el que se evaluó la ganancia diaria de peso. Los tratamientos utilizados fueron **T1**: 50% de malta húmeda. 30% de salvado de arroz y 20% de grano de sorgo; y **T2**: 50% de malta húmeda. 20% de salvado de arroz. 20% de grano de sorgo y 10% de heno de moha (*Setaria itálica*).

Los valores de ganancia de peso no difirieron entre tratamientos ( $P = 0.273$ ). En términos productivos, ambas raciones posibilitaron lograr sostenidos incrementos de peso, exhibiendo además favorables relaciones de eficiencia. Al respecto, los registros promedios de consumo voluntario fueron similares en ambos tratamientos (datos grupales, no analizados estadísticamente), del orden del 4,2 kg MS/animal/día, resultando relaciones de conversión de 5.47:1 y 4.74:1 para T1 y T2, respectivamente.

## 2.5.4 Resultados en otras especies ruminantes

En cuanto a perfil ruminal se refiere, Besong *et al.* (1996) realizaron un estudio donde utilizaron 0, 20 y 40 % de levadura líquida en la ración de vacas lecheras, concluyeron que el uso de la levadura esta asociado con un decremento en la producción de acetato, y un decremento en la relación acetato:propionato.

Cuadro 2.6. Concentración ruminal de AGV's, porcentajes molares y pH de líquido ruminal de vacas alimentadas con diferentes niveles de levadura en la ración (Besong *et al.*, 1996).

Item	0% YP <sup>1</sup>	20% YP	40% YP	SE	P	
					L	Q
Ruminal pH	6.23	6.14	6.13	0.06	NS <sup>3</sup>	NS
VFA, mol/100 mol						
Acetate (A)	65.38	64.09	61.33	1.08	0.06	NS
Propionate (P)	18.16	19.21	21.36	0.68	0.03	NS
Isobutyrate	1.67	1.68	1.62	0.66	NS	NS
Butyrate	11.87	11.80	12.69	0.53	NS	NS
Isovalerate	1.12	1.24	0.92	0.07	NS	0.07
Valerate	1.83	1.99	2.09	0.12	NS	NS
VFA, mmol/L						
Total	117.7	124.0	125.8	9.7	NS	NS
A:P	3.62	3.34	2.93	0.13	0.02	NS

<sup>1</sup>Percentage of total ration (as-fed basis).

<sup>2</sup>L = Linear effect; Q = quadratic effect.

<sup>3</sup>P > 0.10.

Aguilera *et al.* (2007) mencionan que raciones con niveles elevados de masilla, no se afecta el crecimiento, fermentación ruminal ni los parámetros digestivos de corderos de engorda, aunque el contenido de materia seca, FDN, FDA y EE tiene una gran variación cuando se aumentan los niveles de masilla en la dieta.

### III MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en los corrales de alimentación y evaluación de sementales propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizados sobre la carretera Saltillo-Concepción del Oro, Zacatecas, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a ocho kilómetros de la ciudad. Las coordenadas geográficas son 25°20' latitud norte y 101°26' de longitud oeste, con una altura promedio de 1 742 msnm. Su tipo de clima es BS1 hwx (e') según Koppen modificado por García (1973). La precipitación media anual es de 298.5 mm y la temperatura media anual es de 14.8 C.

#### 3.2 Animales utilizados

Se utilizaron 18 toretes prospectos a sementales recién destetados (con un promedio de 7 meses de edad), nacidos en primavera y verano del 2007 de la raza Charolais procedentes del rancho "Los Ángeles" Municipio de Saltillo, Coahuila, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### 3.3 Tratamientos

En el experimento se evaluaron seis tratamientos, los cuales contaron con tres niveles de masilla húmeda y dos niveles de levadura inactiva en la ración (cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Niveles de masilla (M) y levadura (L) para cada tratamiento utilizados en la prueba de alimentación.

T1		T2		T3		T4		T5		T6	
%											
M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L
0	0	10	0	20	0	0	10	10	10	20	10

### **3.4 Instalaciones y equipo**

La estación de prueba cuenta con corraletas individuales de 3x8 m construidos de tubo galvanizado con techo de lámina en la parte frontal. Las corraletas cuentan con comederos fijos y bebederos automáticos, ambos de concreto, las corraletas se dividen en dos partes: el área cercana a los comederos la cual presenta piso firme de concreto y el resto de suelo comúnmente pedregoso. Para realizar las diferentes actividades de manejo de los animales se cuenta con embudo "shute", prensa y báscula con capacidad de 2000 kg.

### **3.5 Prueba de alimentación**

La prueba de alimentación tuvo una duración total de 96 días. Al inicio de la prueba los animales alcanzaron un peso promedio de 311.5 kg. La prueba estuvo dividida en tres etapas, las cuales tuvieron una duración de 37, 28 y 31 días respectivamente.

En cada etapa se utilizó una dieta diferente, en correspondencia al peso corporal alcanzado por los animales; sin embargo, los niveles de masilla y levadura se mantuvieron constantes en cada tratamiento. Para cada etapa, los niveles de forraje fueron de 30 % para la primera etapa, 20 % para la segunda y 15 % para la tercera.

#### **3.5.1 Adaptación de los animales**

Los animales alcanzaron un peso promedio de 244 kg al arribar a los corrales de prueba. Los animales fueron sometidos primeramente a un periodo de adaptación. La duración del periodo de adaptación fue de 31 días. En el primer día los animales solo recibieron forraje (heno de avena molido) y los días restantes (30 días) recibieron una dieta formulada correspondiente a la primera etapa de la prueba de alimentación.

### 3.5.2 Servicio de alimento

El alimento se sirvió a los ocho a.m. y a las cinco p.m. El alimento ofrecido fue ajustado al consumo de los animales. La cantidad de alimento rechazado de los animales se retiraba de los comederos, recibiendo así alimento “fresco” en su mayor parte.

### 3.5.3 Etapas de la prueba de alimentación

#### 3.5.3.1 Primera etapa

Esta etapa tuvo una duración de 37 días, desde el 23 de junio al 29 de julio de 2008. La relación forraje:concentrado para esta etapa fue de 30:70 (cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la primera etapa de la prueba de alimentación.

Ingrediente <sup>1</sup>	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Maíz (grano molido)	49.75	46.00	30.15	43.96	39.62	23.17
Heno de avena	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Harinolina	8.50	4.0	0.00	5.60	0.95	0.00
Grasa animal	5.49	5.49	5.53	5.04	5.04	5.92
Fosfato monodivale	2.81	1.21	0.04	2.19	0.24	0.00
Carbonato de calcio	1.22	1.04	1.45	1.03	1.31	1.35
Bicarbonato de sodio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Megamín 3	0.71	0.71	0.71	0.65	0.65	0.66
Sal común	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Semilla de algodón	0.00	0.00	10.61	0.00	0.69	7.40
<b>Masilla</b>	<b>0.0</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>
<b>Levadura</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

<sup>1</sup> Contenido en %.

### 3.5.3.2 Segunda etapa

Esta etapa tuvo una duración de 28 días, desde el 30 de julio al 26 de agosto de 2008. La relación forraje:concentrado para esta etapa fue de 20:70 (cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la segunda etapa de la prueba de alimentación.

Ingrediente <sup>1</sup>	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Maíz (grano molido)	60.13	57.15	46.63	58.98	47.65	36.38
Heno de avena	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Harinolina	7.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grasa animal	3.66	4.41	5.53	3.11	4.53	5.91
Fosfato monodivalente	3.23	3.31	3.15	3.11	2.97	2.82
Carbonato de Ca	3.22	3.18	2.75	2.90	2.95	2.99
Bicarbonato de sodio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Megamín 3	0.43	0.44	0.44	0.39	0.41	0.39
Sal común	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Semilla de algodón	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Masilla</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>
<b>Levadura</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

<sup>1</sup> Contenido en %.

### 3.5.4.4 Tercera etapa

Esta etapa tuvo una duración de 31 días, desde el 27 de agosto al 26 de septiembre de 2008. La relación forraje:concentrado para esta etapa fue de 15:85 (cuadro 3.4).



Cuadro 3.4. Fórmulas alimenticias para los diferentes tratamientos utilizadas durante la tercera etapa de la prueba de alimentación.

Ingrediente <sup>1</sup>	Tratamiento					
	1	2	3	4	5	6
Maíz (grano molido)	65.15	61.26	50.61	61.15	51.77	40.49
Heno de avena	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Harinolina	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Grasa animal	3.54	4.37	5.53	3.28	4.48	5.87
Fosfato monodivale	3.20	3.30	3.10	3.00	2.90	2.80
Carbonato de Ca	3.20	3.20	2.80	2.90	2.90	3.00
Bicarbonato de sodio	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Megamín 3	0.38	0.40	0.41	0.36	0.37	0.35
Sal común	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Semilla de algodón	0.00	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00
<b>Masilla</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>20.00</b>
<b>Levadura</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

<sup>1</sup> Contenido en %.

El contenido nutricional de las fórmulas alimenticias de cada tratamiento se calculó en base a las tablas de NRC (2000). La información se presenta en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Caracterización nutricional de las fórmulas alimenticias.

<b>E</b>	<b>T</b>	<b>MS (%)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>ED<sup>1</sup></b>	<b>EM<sup>2</sup></b>	<b>ENm (Mcal/kg)</b>	<b>ENg (Mcal/kg)</b>	<b>NDT (%)</b>
1	1	90,7	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	77,52
1	2	83,6	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	77,76
1	3	77,0	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	78,89
1	4	83,1	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	77,81
1	5	76,1	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	78,09
1	6	69,5	16,3	3,63	3,03	2,06	1,39	78,82
2	1	90,6	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	74,85
2	2	83,8	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	74,53
2	3	77,0	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	74,69
2	4	83,0	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	74,99
2	5	76,3	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	75,03
2	6	69,6	14,0	3,52	2,93	1,99	1,35	75,08
3	1	90,7	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,42
3	2	83,8	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,14
3	3	77,1	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,28
3	4	83,0	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,66
3	5	76,4	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,64
3	6	69,7	13,4	3,52	2,92	2,00	1,35	74,69
<b>E</b>	<b>T</b>	<b>FC (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>EE (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>	
1	1	10,59	12,84	23,07	8,53	0,96	0,82	
1	2	11,67	14,58	26,31	8,95	0,66	0,48	
1	3	15,01	19,61	33,18	11,00	0,68	0,27	
1	4	10,55	12,38	22,14	7,87	0,81	0,79	
1	5	11,76	14,32	25,60	8,39	0,63	0,39	
1	6	14,37	18,31	31,14	10,54	0,65	0,38	
2	1	7,91	9,59	18,11	6,88	1,82	0,93	
2	2	8,78	11,01	20,94	8,02	1,83	0,92	
2	3	9,99	13,00	24,20	9,33	1,67	0,91	
2	4	7,64	8,77	16,91	6,24	1,69	0,98	
2	5	8,84	10,73	20,09	7,81	1,71	0,97	
2	6	10,04	12,69	23,27	9,36	1,73	0,96	
3	1	6,53	7,90	15,54	6,83	1,82	0,93	
3	2	7,43	9,39	18,41	8,02	1,83	0,92	
3	3	8,65	11,37	21,65	9,37	1,70	0,91	
3	4	6,25	7,08	14,20	6,45	1,67	0,98	
3	5	7,50	9,10	17,56	7,81	1,71	0,97	
3	6	8,69	11,06	20,74	9,37	1,74	0,96	

E = Etapa, T = Tratamiento, MS = Materia seca, PC = Proteína cruda, <sup>1</sup>ED = Energía digestible (Mcal/kg), <sup>2</sup>EM = Energía metabolizable (Mcal/kg), NDT = Nutrientes digestibles totales, FC = Fibra cruda, FDN = Fibra detergente neutro, EE = Extracto etéreo, Ca = Calcio, P = Fósforo.

### **3.6 Variables determinadas en el experimento**

Las variables que se midieron se pueden agrupar de la siguiente manera:

- ✓ Comportamiento productivo
  - Consumo diario de materia seca (CDMS)
  - Ganancia diaria de peso (GDP)
  - Conversión alimenticia (CA)
  
- ✓ Metabolitos en suero sanguíneo
  - Glucosa
  - Urea
  - Creatinina
  - Colesterol
  - Proteínas totales
  
- ✓ Concentración de AGV's
  - Acético
  - Propiónico
  - Butírico
  - Relación acetato:propionato

#### **3.6.1 Comportamiento productivo**

Debido a que la preparación de alimentos se realizaba cada semana, la variable CDMS se ajustó en base al alimento preparado por semana menos la cantidad de alimento consumido, dividiendo la cantidad entre siete para obtener los valores correspondientes a consumo diario.

Los animales fueron pesados al inicio y al final de cada etapa y en base a la duración de las mismas se determinó la ganancia diaria de peso. Los valores de

conversión alimenticia se determinaron en base a las variables anteriores (CDMS/GDP).

### **3.6.2 Determinación de metabolitos**

Para la determinación de los metabolitos sanguíneos, se obtuvieron tres juegos de muestras de sangre, las cuales se obtuvieron en tres fechas diferentes correspondiendo al término de cada etapa de alimentación, al final de cada etapa se obtenían muestras a través de la vena de la cola. Para cada muestra se utilizaron técnicas recomendadas por los laboratorios RANDOX, Y WIENER LAB.

### **3.6.3 Determinación de AGV's**

Para la determinación de la concentración de ácidos grasos se tomaron muestras de líquido ruminal de cada uno de los animales al final de la prueba. La metodología correspondió a técnicas según Tejada (1992) y Castellanos *et al.* (1990).

## **3.7 Análisis estadístico**

Las variables correspondientes a comportamiento productivo (CDMS, GDP y CA) y a metabolitos sanguíneos (glucosa, colesterol, proteínas totales, creatinina y urea) se analizaron conforme a un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 (3 niveles de masilla y 2 niveles de levadura) para cada una de las tres etapas. Para el análisis de las variables de comportamiento productivo se utilizó como covariable el peso inicial (Pi) de los animales. La producción de AGV's (acético, propiónico y butírico) se analizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial (3 x 2). Todas las variables fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM mediante el paquete MINITAB (versión MES3.3.0).

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Primera etapa

#### 4.1.1 Comportamiento productivo

La inclusión de masilla y levadura durante la primera etapa no produjo efectos sobre la GDP ni sobre la CA ( $P > 0.05$ ), esta situación se mantuvo tanto para efectos principales (masilla y levadura) como para la interacción masilla x levadura (cuadro 4.1), sin embargo, se registró efecto de interacción masilla x levadura sobre el CDMS ( $P < 0.05$ ). La covariable Pi no mostró efecto significativo para ninguna de las variables dentro de esta etapa ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 4.1. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la primera etapa de alimentación.

		Masilla (%)			
		0	10	20	Total
		CDMS (kg)*			
Levadura (%)	0	10,99 <sup>a</sup>	10,10 <sup>ab</sup>	9,36 <sup>b</sup>	10,15
	10	10,16 <sup>ab</sup>	9,75 <sup>ab</sup>	10,98 <sup>a</sup>	10,30
	Total	10,58	9,93	10,17	
		GDP (kg)			
Levadura (%)	0	2,38	2,82	2,61	2,60
	10	2,69	2,63	2,92	2,75
	Total	2,53	2,72	2,76	
		CA			
Levadura (%)	0	4,68	3,58	3,60	3,95
	10	3,80	3,71	3,82	3,78
	Total	4,24	3,65	3,71	

\* a, b Literales diferentes muestran diferencia significativa entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

Se puede observar que conforme aumentan los niveles de masilla en la ración el CDMS tiende a disminuir, encontrándose un decremento significativo cuando se agrega 20 % de masilla (cuadro 4.1). Lo anterior difiere con lo mencionado por Miazzi y Kraft (1998), estos autores caracterizan a los subproductos cerveceros como ingredientes muy apetecibles por los rumiantes, situación que

eventualmente puede influir sobre la sapidez o bien sobre la atracción que muestran los animales a ingerir este tipo de alimentos.

Es importante observar como el efecto “negativo” provocado por la masilla sobre el CDMS, cambia conforme se adiciona levadura en la ración. Lo anterior es muy marcado cuando se agrega 10% de levadura a la dieta que contienen 20% de masilla (figura 4.1). Esto supone un efecto asociativo entre los subproductos.

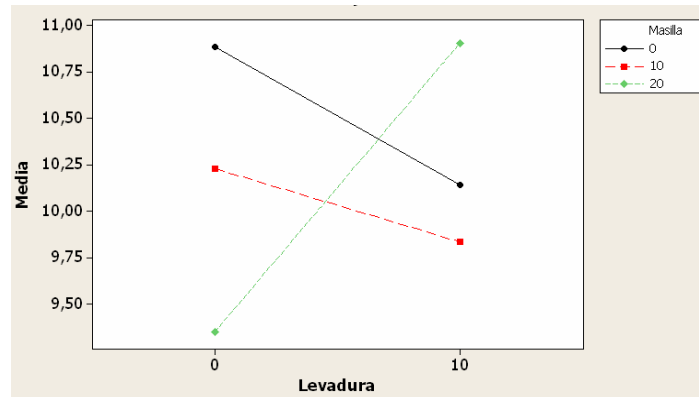


Figura 4.1. Interacción de los factores masilla y levadura para CDMS dentro de la primer etapa de alimentación.

Aspectos nutricionales pueden estar muy relacionados con los anteriores efectos. Se puede observar que el hecho de adicionar masilla, ingrediente con alto contenido de FDN (42%) (NRC, 2002), genera incrementos en el contenido total de FDN de la dieta (figura 4.2).

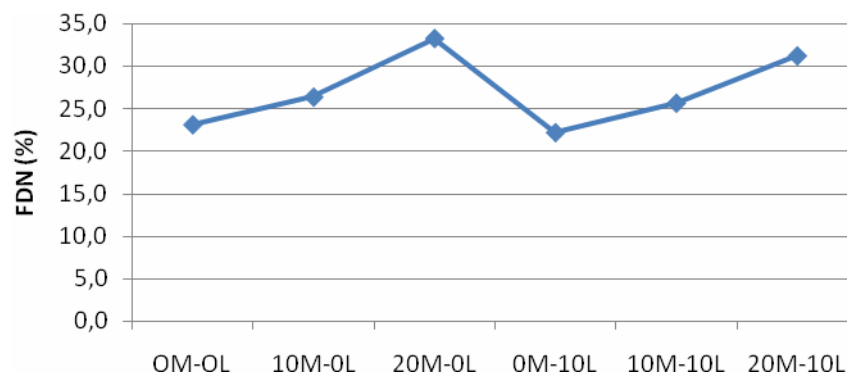


Figura 4.2. Variación del contenido de FDN para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la primera etapa.

Estos resultados coinciden con Aguilera *et al.* (2007), quienes encontraron incrementos en las fracciones de fibra (FDN y FDA) y EE (extracto etéreo) en las dietas de corderos conforme se agrega masilla en forma húmeda en la ración, y aún cuando no encontraron diferencia significativa en el CDMS, pudieron observar una tendencia decreciente en comportamiento de la ingesta de alimentos. Tales aumentos en el contenido de FDN pudieron provocar en este caso los decrementos en los valores de CDMS, situación que coincide con Araujo (2005) quien menciona que el contenido de FDN está relacionado positivamente con el llenado del rumen lo que provoca una disminución del CDMS. Por su parte Mertens y Loften (1980) señalan que el consumo de alimentos mantiene una relación negativa con el contenido de FDN debido a factores asociados negativamente con la digestibilidad y tiempo dedicado a la rumia.

Sin embargo al combinar levadura (ingrediente que carece de FDN) con diferentes niveles de masilla, se genera un efecto de regulación respecto al contenido de FDN, lo que provoca un aumento del CDMS de las dietas que contienen masilla cuando se agrega levadura.

Estas aseveraciones pueden explicar por que difieren los actuales resultados con los señalamientos de otros autores. La masilla puede ser un alimento apetecible por los animales sin embargo, el contenido de FDN de este ingrediente puede representar una limitante del CDMS en determinadas condiciones, por lo que si se regula el contenido de fibra, en este caso con levadura, se pueden mejorar el CDMS. Estos efectos pudieran variar conforme se cambia de etapa, ya que los diferentes contenidos de forraje utilizados representan cambios en el contenido de FDN.

#### **4.1.2 Perfil sanguíneo**

En cuanto al perfil sanguíneo no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las concentraciones séricas de glucosa, proteínas totales, creatinina ni urea, esto se

mantuvo tanto para efectos principales como para interacción. Sin embargo, las concentraciones séricas de colesterol disminuyeron ( $P < 0.05$ ), cuando se adicionó 10 % de levadura en la ración. Los resultados se muestran en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la primera etapa de alimentación.

		Masilla (%)			Total
		0	10	20	
		Glucosa (mg/dl)			
Levadura (%)	0	95,77	82,63	95,57	91,32
	10	87,27	93,83	96,43	92,51
	Total	91,52	88,23	96,0	
		Colesterol (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	250,73	254,63	262,77	256,04a
	10	189,57	242,93	245,73	226,08b
	Total	220,15	248,78	254,25	
		Proteínas totales (mg/dl)			
Levadura (%)	0	6,04	8,54	6,90	7,16
	10	8,37	9,03	8,30	8,57
	Total	7,21	8,79	7,60	
		Creatinina (mg/dl)			
Levadura (%)	0	2,13	2,63	1,71	2,16
	10	2,32	2,91	4,17	3,13
	Total	2,23	2,77	2,94	
		Urea (mg/dl)			
Levadura (%)	0	21,67	21,63	16,27	19,86
	10	28,40	16,07	19,87	21,45
	Total	25,04	18,85	18,07	

\* a, b Promedios con diferente literal dentro de hilera muestran diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Las concentraciones de colesterol encontradas sobrepasan los valores de 62-200 mg/dl para animales adultos reportados Merck (2000). Sin embargo las altas concentraciones encontradas se pueden justificar con aspectos relacionados a condiciones alimenticias del actual experimento y posiblemente con el transporte del colesterol dentro del torrente sanguíneo.



Coppo *et al.* (2003) señalan que para ser transportado en plasma o linfa, el colesterol se encuentra principalmente formando lipoproteína de alta densidad o HDL (relacionada con el transporte reverso de colesterol), y lipoproteína de baja densidad o LDL (correspondiente al transporte directo del colesterol) junto a la apoproteína B-100 y la HDL con las proteínas Apo-A (I II), Apo-C, Apo-D y Apo-E. Este mismo autor, al estudiar el porcentaje de colesterol total ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos encontró que la tasa sérica de colesterol total dependerá del contenido de colesterol de los alimentos ingeridos elevándose ante ingestas ricas en grasas, con aumentos de HDL, lo cual coincide con Márquez *et al.* (1998) quienes encontraron aumentos en los niveles séricos de colesterol en becerras mestizas al aumentar el porcentaje de grasa en la dieta. Estas aseveraciones coinciden con la adición de grasa animal en las dietas utilizadas de la presente investigación.

A pesar de que se aprecian efectos del factor levadura sobre los niveles de colesterol, la clave en el cambio de las concentraciones pudiera estar en los niveles de masilla en la ración. La masilla contiene 6.5 % de extracto etéreo (EE) (NRC 2002). En la presente investigación el hecho de adicionar 10% de masilla en la dieta resultaba en un incremento en la cantidad de EE respecto a los tratamientos que no incluían masilla, este aumento se refleja aun más al agregar 20% de masilla (Figura 4.3).

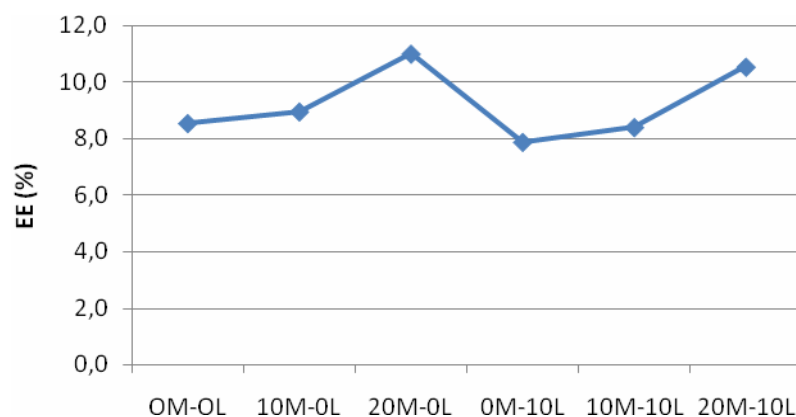


Figura 4.3. Variación del contenido de EE para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la primera etapa.

El hecho de que la interacción 0% masilla-0%levadura no muestra los valores más bajos de EE, puede deberse a que la cantidad de EE no aportada por la masilla, es sustituida por una mayor porción de EE correspondiente a mayores niveles de maíz en la ración. Por lo tanto la levadura pudo actuar como regulador en el contenido de EE de la dieta, generando diferencias en dicho contenido al adicionar 0 y 10% de levadura, que a su vez se reflejó en variaciones en las concentraciones séricas de colesterol.

Por otro lado, al observar los resultados de las concentraciones de colesterol en el cuadro 4.2, se percibe la posibilidad de un error en la determinación de las concentraciones del tratamiento 4 (0% de masilla, 10% de levadura), debido a que en los demás tratamientos donde se incluye también un 10 % de levadura, no se observa un decremento tan marcado en las concentraciones de colesterol, aunque a pesar de ello, se mantiene la tendencia decreciente en los valores séricos de colesterol al adicionar levadura.

## **4.2 Segunda etapa**

### **4.2.1 Comportamiento productivo**

La inclusión de masilla y levadura durante la segunda etapa no produjo efectos sobre la CA ( $P > 0.05$ ), esta situación se mantuvo tanto para efectos principales, como para la interacción masilla x levadura. Sin embargo, se registró efecto para el factor masilla y para la interacción masilla x levadura sobre el CDMS ( $P < 0.05$ ). La GDP solo registró efectos para la interacción masilla x levadura ( $P < 0.05$ ). La covariable Pi mostró efecto significativo solo para la variable CDMS ( $P < 0.05$ ). Los resultados se muestran en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la segunda etapa de alimentación.

		Masilla (%)			Total
		0	10	20	
		CDMS (kg)*			
Levadura (%)	0	10,02a	7,59b	5,31c	7,64
	10	6,60bc	9,12a	7,02b	7,58
	Total	8,31a	8,36a	6,17b	
		GDP (kg)*			
Levadura (%)	0	1,84a	1,59a	0,92b	1,45
	10	1,10ab	1,89a	1,51a	1,50
	Total	1,47	1,74	1,22	
		CA			
Levadura (%)	0	5,48	5,07	5,78	5,44
	10	6,88	4,95	4,87	5,57
	Total	6,18	5,01	5,33	

\* a, b, c Literales diferentes muestran diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

Independientemente del uso de los subproductos se puede observar que existe una marcada disminución del CDMS de esta etapa, respecto a la primera etapa. El crecimiento compensatorio sin duda es un factor determinante para la interpretación de estos resultados, sin embargo, se puede señalar la elevada humedad en los corrales como principal factor de impacto sobre el CDMS dentro de la segunda etapa.

NRC (1981) y Mader *et al.* (1999) sostienen que dentro de los factores ambientales que afectan el desempeño productivo del ganado son la lluvia, la cual disminuye temporalmente el consumo de alimento en un 10 a 30%; y el barro, el cual disminuye el consumo de alimento en un rango de 5 a 30% según la profundidad del mismo. A pesar de que el factor humedad fue constante en esta etapa, no se puede asegurar que esta condición afectó con la misma intensidad a todos los tratamientos ( $R^2=.63$ ), ya que el diseño de las instalaciones (principalmente inclinación) propiciaron variaciones en el contenido de humedad de las corraletas.

Ahora bien, relacionando lo anterior con la adición de subproductos de cervecería, se puede observar que conforme se agrega masilla y/o levadura el CDMS tiende a disminuir. Sin embargo, la combinación de 10% de masilla y 10% de levadura parece ser la que se comporta de forma similar al testigo.

Es importante señalar que el posible efecto de atracción al consumo de la dieta que generan los subproductos, puede cambiar drásticamente de una forma negativa, ya que el contenido de humedad tanto de la masilla como de la levadura, cambian la presentación física, visual, olfativa y de textura cuando la dieta es almacenada o cuando no es ofrecida a los animales de una forma que no asegure su reciente preparación. En este caso al disminuir el número de tomas y frecuencia de ingestión de los alimentos causada por las condiciones ambientales, pudo provocar un efecto similar, ya que aquellos alimentos con mayor contenido de humedad conforme transcurría el tiempo (hr/d) disminuían la sápidéz o bien la atracción para ser consumidos, generando decrementos en el CDMS conforme incrementaba el contenido de humedad de las dietas. El efecto de la adición de los subproductos sobre el contenido de MS se observa en la figura 4.4.

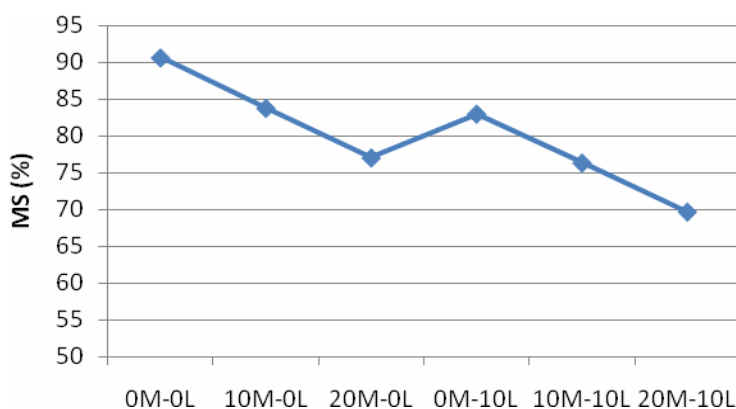


Figura 4.4. Variación del contenido de MS para cada una de las combinaciones de masilla y levadura dentro de la segunda etapa.

Kayouli y Lee (1998) señalan que el alto contenido de humedad de la masilla, provoca que el uso de la misma en la alimentación animal sea inmediato, o bien

que sea necesario almacenarla en un ambiente anaerobio debido a su fácil descomposición.

En cuanto a los incrementos de peso se puede observar que solo la combinación 20% masilla-0% levadura, influye de forma negativa sobre la GDP. Este resultado es de esperarse, debido a que el CDMS fue muy bajo para esta combinación. Se asevera entonces, que la utilización de los subproductos en dietas integrales no afectan ni alteran los procesos metabólicos relacionados con el incremento de peso de los animales, ya que la variación en la GDP se basa principalmente en las condiciones ambientales ya mencionados que provocaron un decremento en el CDMS, el cual es muy marcado para la combinación 20% masilla-0% levadura. La similitud en las tendencias encontrados en metabolitos sanguíneos apoyan estas aseveraciones.

#### 4.2.2 Perfil sanguíneo

En cuanto al perfil sanguíneo no se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) en las concentraciones séricas de glucosa, colesterol, proteínas totales, creatinina ni urea, esto se mantuvo tanto para efectos principales como para interacción masilla x levadura. Los resultados se muestran en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la segunda etapa de alimentación.

	Masilla (%)			
	0	10	20	Total

		Glucosa (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	78,83	90,33	91,60	86,92
	10	92,87	89,53	88,47	90,29
	Total	85,85	89,93	90,04	
		Colesterol (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	265,43	259,17	269,80	264,80
	10	250,73	240,50	272,40	254,54
	Total	258,08	249,84	271,10	
		Proteínas totales (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	9,57	8,38	8,56	8,84
	10	9,21	8,95	8,50	8,89
	Total	9,39	8,67	8,53	
		Creatinina (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	2,22	2,90	2,06	2,39
	10	3,42	2,90	2,63	2,98
	Total	2,82	2,9	2,35	
		Urea (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	20,57	18,73	26,20	21,83
	10	21,63	20,33	23,23	21,73
	Total	21,10	19,53	24,72	

\* No existe diferencia significativa entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

Los resultados difieren con los señalamientos de algunos autores. Hatch *et al.* (1972) observaron que la concentración de urea plasmática disminuye al adicionar granos desecados de cervecería con levadura en raciones de novillos hereford que contenían urea, apuntando a un aumento en la conversión de urea a proteína por los animales. Sin embargo, cabe señalar que las condiciones tanto de manejo, nutricionales y ambientales juegan un papel muy importante en cuanto a los resultados obtenidos.

### 4.3 Tercera etapa

#### 4.3.1 Comportamiento productivo

La inclusión de masilla y levadura durante la tercera etapa no produjo efectos sobre la GDP ni sobre la CA ( $P > 0.05$ ), esta situación se mantuvo tanto para efectos principales como para la interacción masilla x levadura. Sin embargo, como se observa en el cuadro 4.5, el CDMS aumentó con la adición de levadura ( $P < 0.05$ ). La covariable Pi no mostró efecto significativo para ninguna de las variables correspondientes a esta etapa ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 4.5. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la tercera etapa de alimentación.

\* a, b Promedios con diferente literal dentro de hilera muestran diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Se puede observar, que la adición de masilla no genera aumentos en el CDMS, sin embargo, al adicionar levadura se mejora el CDMS. Esto coincide en

		Masilla (%)			
		0	10	20	Total
		CDMS (kg)*			
Levadura (%)	0	10,54	10,81	10,22	10,52b
	10	11,18	11,08	11,31	11,19a
	Total	10,86	10,95	10,77	
		GDP (kg)			
Levadura (%)	0	1,48	1,37	1,75	1,53
	10	1,22	1,18	1,24	1,21
	Total	1,35	1,28	1,50	
		CA			
Levadura (%)	0	7,46	8,43	6,02	7,30
	10	9,42	9,64	9,32	9,46
	Total	8,44	9,04	7,67	

parte con Miazza y Kraft (1998) quienes mencionan que los subproductos cerveceros son en general, muy apetecibles al animal por lo que pueden llegar a mejorar el CDMS.

Yoon y Stern (1995) proponen la existencia probable de un mecanismo de acción para la levadura y hongos mediante el cual el aumento del pH ruminal y/o

la disminución de la disponibilidad de oxígeno estimulan el aumento del crecimiento de las bacterias celulolíticas. Como consecuencia, aumenta la degradabilidad de la fibra, disminuye el llenado ruminal, y aumenta la ingestión de materia seca y la producción, sin que mejore necesariamente la eficacia de utilización de nutrientes.

Por otro lado, se puede señalar que el efecto del contenido de FDN de la dieta sobre el CDMS causado por la adición de masilla en la primera etapa y posiblemente también en la segunda, puede ya no ser tan importante dentro de la tercera etapa, ya que a pesar de que la tendencia en el contenido de FDN se mantiene similar en cada una de las etapas (figura 4.5), el contenido total de FDN disminuye conforme se reducen los contenidos de forraje de cada una de ellas, generando que el efecto negativo de FDN en relación al CDMS sea menor.

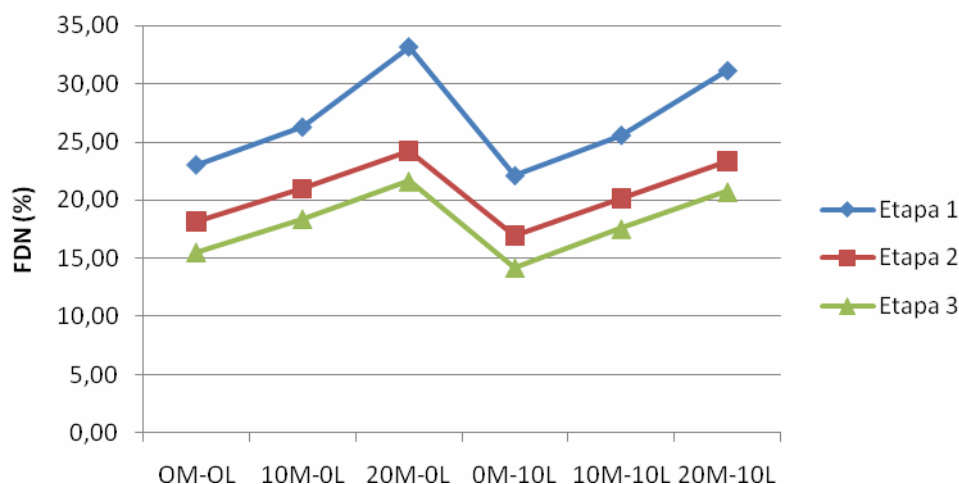


Figura 4.5. Variación del contenido de FDN en cada una de las tres etapas.

En relación a la GDP no se observaron efectos de la adición de los subproductos en relación al testigo. Lo anterior no coincide con lo señalado por Satter y Whitlow (1977). Estos autores consideran a los subproductos de cervecería como fuentes de proteína de baja degradabilidad, lo que pudiera ocasionar cierta ventaja sobre aquellos productos que se degradan con facilidad. Esta potencial ventaja se basa principalmente a que la digestión y absorción de



proteína en forma de aminoácidos post-ruminal, elimina las pérdidas generadas en el proceso de transformación de la proteína de la dieta a proteína de origen microbiano (Black, 1971). Las proteínas que escapan a la degradación ruminal proporcionan más aminoácidos para la absorción en el parte baja del sistema digestivo, provocando mayores incrementos de peso.

Sin embargo Church (1993) asegura que la eficacia de la proteína de baja degradabilidad varía considerablemente en base a la alimentación, origen de la proteína y condiciones del rumen. Si la proteína de origen microbiano es suficiente para cubrir las necesidades del animal, la proteína adicional que escapa a la digestión en el rumen puede resultar inútil si no perjudicial, debido a un descenso de la digestión en el rumen y en totalidad del conducto digestivo. Por otra parte, con proteínas dietéticas que son degradadas lentamente puede ser necesario incorporar a la dieta NNP (nitrógeno no proteico) adicional para cubrir las necesidades de amoníaco de los microbios del rumen.

Lo anterior podría expresar mayormente las ventajas de la proteína de baja degradabilidad, tal como lo reportan Preston *et al.* (1973), quienes al evaluar la adición de diferentes niveles de masilla (forma seca) en las dietas de novillos que contenían urea, encontraron GDP significativos ( $P < 0.05$ ) en comparación con novillos que no recibieron en su alimentación dietas con inclusión de masilla.

#### **4.3.2 Perfil sanguíneo**

Al igual que en la segunda etapa no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las concentraciones séricas de glucosa, colesterol, proteínas totales, creatinina ni urea, esto se mantuvo tanto para efectos principales como para interacción masilla x levadura. Los resultados se muestran en el cuadro 4.6.

Cuadro 4.6. Concentración de metabolitos sanguíneos de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante la tercera etapa de alimentación.

\* No existe diferencia significativa entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

El hecho de que no se observen efectos similares en relación a la primera etapa en cuanto a las variaciones en las concentraciones de colesterol, puede atribuirse a que las variaciones de EE en la dieta no son tan marcadas dentro de la segunda y tercera etapa (figura 4.6).

		Masilla (%)			Total
		0	10	20	
		Glucosa (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	87,07	85,03	91,70	87,93
	10	91,97	89,27	87,97	89,74
	Total	89,52	87,15	89,84	
		Colesterol (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	248,63	263,03	269,23	260,30
	10	227,33	272,87	262,70	254,30
	Total	237,98	268,09	265,97	
		Proteínas totales (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	6,04	8,54	6,90	7,16
	10	8,37	9,03	8,30	8,57
	Total	7,21	8,79	7,60	
		Creatinina (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	3,23	3,38	2,74	3,12
	10	3,42	3,38	3,17	3,32
	Total	3,33	3,38	2,96	
		Urea (mg/dl)*			
Levadura (%)	0	13,73	22,00	26,70	20,81
	10	20,40	17,83	14,33	17,52
	Total	17,07	19,92	20,52	

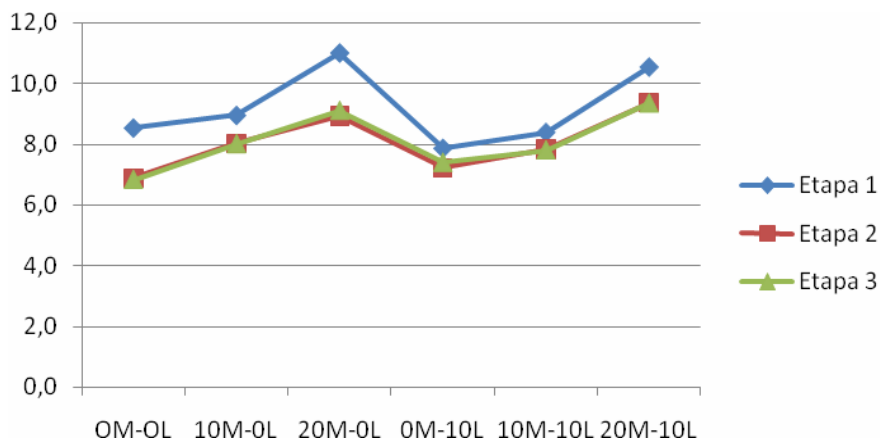


Figura 4.6. Variación del contenido de EE en cada una de las tres etapas.

#### 4.4 Comportamiento productivo para la prueba completa

Al analizar los datos correspondientes a toda la prueba, se observó que la inclusión de masilla y levadura no produjo efectos sobre la GDP ni sobre la CA ( $P > 0.05$ ), esta situación se mantuvo tanto para efectos principales (masilla y levadura) como para la interacción masilla x levadura. Sin embargo, se puede observar una tendencia decreciente sobre el CDMS al adicionar masilla, registrándose un decremento significativo al adicionar 20% de este subproducto ( $P < 0.05$ ) (cuadro 4.7). La covariable Pi no mostró efecto significativo para ninguna de las variables ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 4.7. Comportamiento productivo de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración durante el periodo total de prueba.

		Masilla (%)			
		0	10	20	Total
		CDMS (kg)*			
Levadura (%)	0	10.52a	9.50b	8.30c	9.44
	10	9.31b	9.98ab	9.77ab	9.69
	Total	9.92a	9.74 <sup>a</sup>	9.04b	
		GDP (kg)			
Levadura (%)	0	1.32	1,42	1,17	1,30
	10	1,26	1,43	1,41	1,37
	Total	1,29	1,43	1,29	
		CA			
Levadura (%)	0	8.05	6.72	7.18	7,31
	10	7.39	7.01	6.92	7.10
	Total	7,72	8.87	7,05	

\* Literales diferentes muestran diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05).

En general, los efectos por etapas causados por los subproductos se reflejan en la totalidad de la prueba de alimentación, ya que se sigue observando un efecto principalmente sobre el CDMS. La tendencia se mantiene, conforme se adiciona masilla el CDMS disminuye, sin embargo, la adición de la levadura permite que estos decrementos no sean tan marcados. A pesar de ello, no se registran diferencias en la GDP ni en la CA, lo que indica que a nivel de la prueba completa la disminución del CDMS provocado por la masilla, no representa necesariamente un efecto negativo, ya que aún con la disminución del consumo de alimentos, el comportamiento productivo en general de los animales no se ve afectado.

#### 4.5 Concentración de AGV's

Con la adición de masilla y levadura en la ración se encontraron diferencias en las concentraciones molares de acetato, propionato y butirato (P<0.05), esto ocurrió tanto para efectos principales como para interacción masilla x levadura. Por otro lado la relación acetato:propionato no se afectó con la adición de los

subproductos ( $P>0.05$ ). Los resultados de las concentraciones de AGV's se presentan en el cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Perfil de AGV's de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.

		Masilla (%)			
		0	10	20	Total
		Acetato ( $\mu\text{M}/\text{dl}$ )*			
Levadura (%)	0	2,770b	4,357a	4,367a	3,831a
	10	2,827b	2,670b	2,910b	2,802b
	Total	2,799b	3,514ab	3,639a	
		Propionato ( $\mu\text{M}/\text{dl}$ )*			
Levadura (%)	0	1,640b	2,263a	2,573a	2,159a
	10	1,777b	1,327b	1,587b	1,564b
	Total	1,709b	1,795b	2,080a	
		Butirato ( $\mu\text{M}/\text{dl}$ )*			
Levadura (%)	0	0,130b	0,313a	0,240ab	0,228a
	10	0,163b	0,170b	0,167b	0,167b
	Total	0,147b	0,242a	0,204ab	
		Acetato:Propionato			
Levadura (%)	0	1,689	1,943	1,704	1,779
	10	1,597	2,022	1,819	1,813
	Total	1,643	1,983	1,761	

\* Literales diferentes muestran diferencia significativa entre tratamientos ( $P<0.05$ ).

Se puede observar que conforme se adiciona masilla en la ración las concentraciones molares de acetato, propionato y butirato aumentan, aunque al parecer, este incremento se estabiliza entre niveles de 10 y 20 % de masilla. Estos resultados no coinciden con lo reportado por Aguilera *et al.* (2007), quienes reportan que las concentraciones de AGV's no se ven afectadas al adicionar masilla en las dietas de corderos en crecimiento. Sin embargo, estos autores ajustaron el contenido de forraje (alfalfa y avena) conforme aumentaban los niveles de masilla en la dieta, lo que pudo generar un mayor equilibrio de la fermentación, que conlleva a similares concentraciones de AGV's en el rumen a pesar de utilizar diferentes niveles de masilla. Al respecto, Allen y Mertens (1988)

señalan que el patrón de fermentación que se lleva a cabo en el ambiente ruminal está influenciado ampliamente por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal.

El incremento en las concentraciones molares de acetato en el líquido ruminal al adicionar masilla (figura 4.7), puede atribuirse al efecto ya mencionado, basado en el aumento de la fibra en la dieta al agregar masilla. La fibra, como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia) (Nocek, 1994). Estas condiciones benefician el desarrollo de las bacterias fibrolíticas.

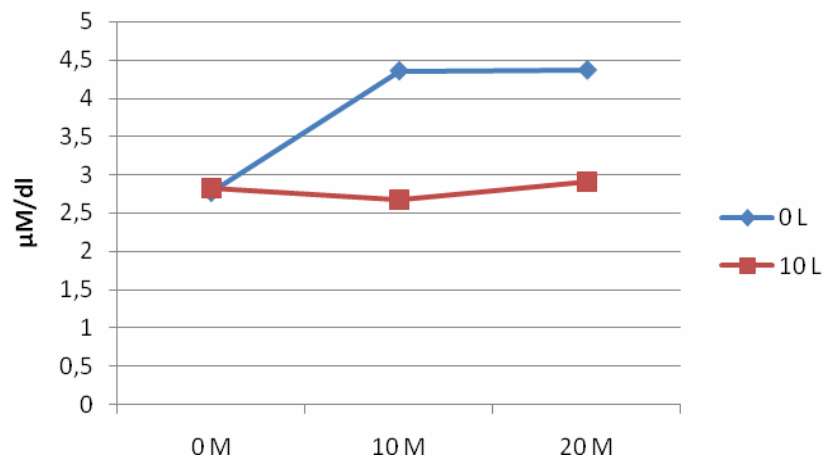


Figura 4.7. Concentración molar de acetato, en líquido ruminal de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.

Las bacterias fibrolíticas producen glucosa o pentosas como productos intermedios, y utilizan mayoritariamente vías fermentativas que conducen a la producción de acetato como producto final (Calsamiglia, 1997).

Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987), esto pudo repercutir para que la concentración de AGV's se mantuviera estable para niveles de 10 y 20 % de masilla.

Sin embargo, es perceptible que al combinar la masilla con la levadura el efecto anterior se pierde. Es posible que el desarrollo bacteriano provocado por la adición de la masilla se vea afectado por un factor relacionado con la tasa de dilución de las bacterias y/o del contenido ruminal. Aguilera (1988) señala que la tasa de crecimiento bacteriano puede estar en función a la tasa de dilución del líquido, debido a que las bacterias en el rumen están asociadas a los sólidos alimenticios, al líquido y a la pared ruminal. Lo anterior puede representar otro efecto regulador de la levadura sobre los efectos generados por la masilla, al disminuir la tasa de crecimiento de las bacterias o bien diluyendo las concentraciones de AGV's. A pesar de esto, la disminución de las concentraciones molares de los distintos AGV's al adicionar levadura no necesariamente representa un efecto negativo sobre la tasa de producción. Rodríguez y Llamas (1990) señalan que al mismo tiempo que se incrementa la producción de AGV's, se incrementa considerablemente la tasa de absorción, lo que puede generar disminuciones en las concentraciones de AGV's

Williams (1989) y Dawson (1993), proponen que los efectos provocados sobre fermentación ruminal con el uso de levadura, dependerán del contenido activo de *S. cerevisiae*. Las características de *S. cerevisiae* permiten eliminar el oxígeno del ambiente ruminal, con lo que se facilita el crecimiento de bacterias anaeróbicas estrictas, es decir de bacterias celulolíticas (Semptey y Devisscher, 1991; McLeod *et al.*, 1991); que promueven la degradación de la pared celular (Fallon y Harle, 1987; Wicdmeie *et al.*, 1987; Galloway *et al.*, 1991; Dawson, 1992); y estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato y digieren celulosa (Callaway y Martín, 1997); por lo tanto, incrementan la digestibilidad de la dieta, así como la relación acético-propiónico (Plata y Mendoza, 1993). En este caso, la escasa actividad de la levadura no permitió la expresión de dichos efectos, provocando resultados diferentes con el uso de la misma.

Por su parte, las concentraciones de propionato y butirato mantienen un patrón similar a la concentración de acetato, esto en parte es de esperarse debido a la

relación que mantiene la producción de los distintos AGV's cuando la dieta se basa en forrajes o bien cuando se basa en concentrados como en el caso actual. Sin embargo, en esta ocasión, el aumento ocasionado por la adición de la masilla sobre el aumento del propionato (figura 4.8) será aun más importante, debido a la relación que mantiene la producción de ácido propiónico con la producción de carne en los corrales de engorda. Esto se confirma con la tendencia creciente de los incrementos de peso de la tercera etapa conforme aumentan las concentraciones de propionato en el líquido ruminal.

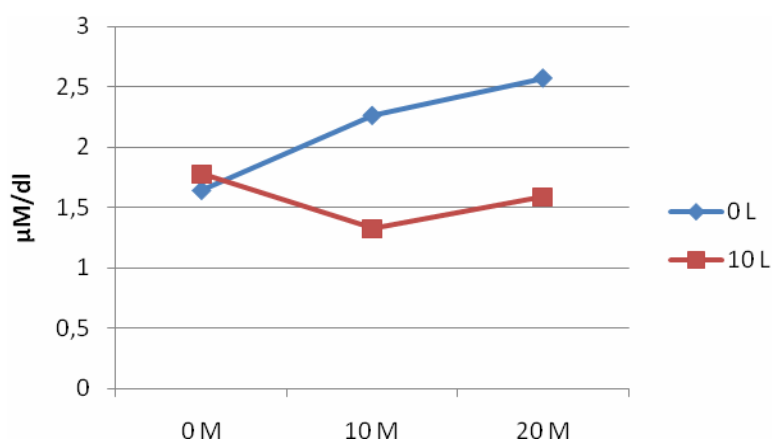


Figura 4.8. Concentración molar de propionato, en líquido ruminal de toretes Charolais alimentados con diferentes niveles de masilla y levadura en la ración.

La relación de acetato:propionato no mostró diferencias al adicionar los subproductos, lo que explica el comportamiento similar de las concentraciones de acetato y butirato al adicionar masilla y levadura. La relación acetato:propionato bajo las condiciones del actual experimento coinciden con Anison y Armstrong (1970), quienes señalan que para una concentración de 85% de concentrado y 15% de forraje la proporción molar de acetato:propionato oscilará entre 1.78 y 2.1.

Por otro lado, las relaciones anteriores pueden dan un indicio sobre las producciones de metano. (Church, 1993) señala que al disminuir la formación de metano normalmente se produce un aumento paralelo en la producción de propionato, disminuyendo la relación acetato:propionato en la fermentación



ruminal. Este perfil de fermentación se basa en que el exceso de hidrógenos metabólicos generados por la inhibición directa de la metanogénesis debe incorporarse a otros productos finales de la fermentación como el propiónico y el butírico. Por lo tanto al no existir diferencias significativas en la relación acetato:propionato se asevera que la producción de metano se mantiene constante para cada uno de los tratamientos.

### Tendencias de costos

Aún cuando los beneficios en cuanto al comportamiento productivo de los animales no fueron tan marcados con la adición de los subproductos, se puede apreciar una tendencia positiva en la reducción de costos cuando se agrega masilla y/o levadura en la ración.

En primer lugar, el costo por kg de alimento (\$/kg) mantiene un decremento constante al adicionar cualquiera de los subproductos, por lo que la combinación 20% de masilla y 10% de levadura representa el menor costo (figura 4.9)

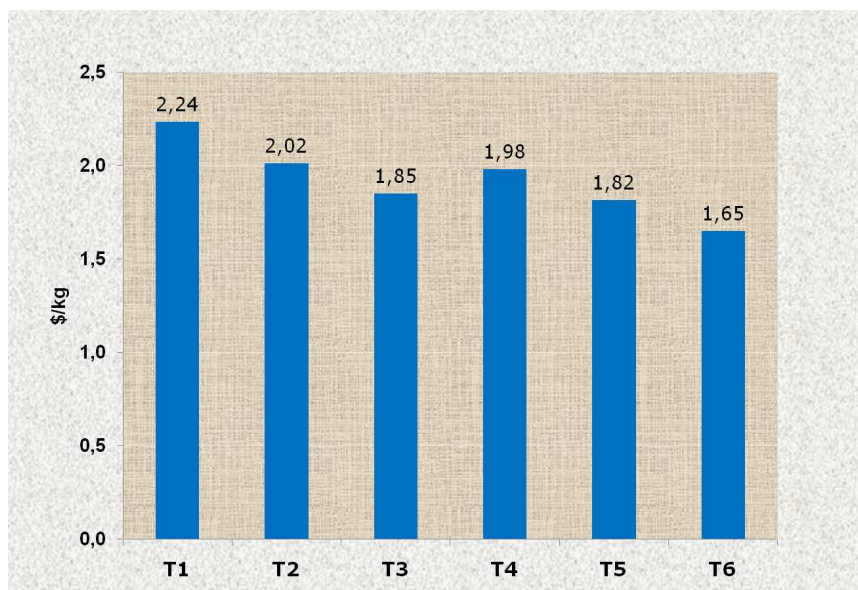


Figura 4.9. Costo por kg de alimento (\$/kg) de las dietas utilizadas durante el periodo total de la prueba de alimentación (promedio de las tres etapas).

Por su parte la relación costo-producto (\$/kg peso vivo) disminuye considerablemente al adicionar cualquiera de los subproductos (figura 4.10), dicho comportamiento refleja aún más los beneficios desde el punto de vista económico que se generan al utilizar subproductos de bajo precio (masilla: \$ 0.40 y levadura \$ 0.25).

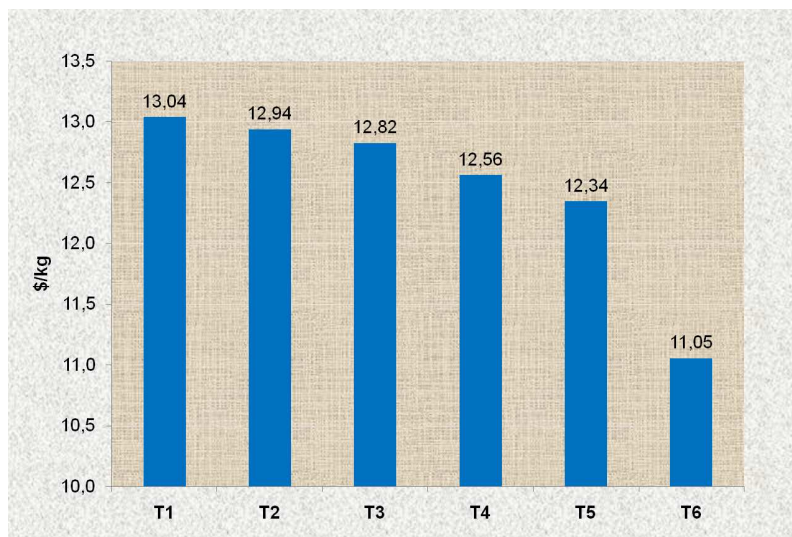


Figura 4.10. Costo por kg de peso vivo (\$/kg) correspondiente a cada uno de los tratamientos utilizados dentro de la prueba de alimentación (promedio de las tres etapas).

Los comportamientos anteriores refuerzan una potencial ventaja del uso de los subproductos, ya que si bien la eficiencia biológica de las dietas no se modifica con la adición de masilla y/o levadura (bajo un buen manejo), la eficiencia económica se ve mejorada considerablemente, situación que eventualmente representa una atracción para el uso de los subproductos en la alimentación de corrales de engorda.

## V CONCLUSIONES

La adición de masilla húmeda y levadura de cerveza inactiva en dietas integrales de ganado de engorda aumentan el consumo de materia seca pero solo cuando coinciden con niveles bajos de fibra en la ración, como lo son las últimas etapas del periodo de engorda. Estos aumentos en el consumo provocan mejores incrementos de peso, sin embargo, la conversión alimenticia no se modifica con la adición de los subproductos. Por su parte, un inadecuado manejo de los subproductos puede provocar efectos negativos sobre la productividad de los animales, debido a la fácil descomposición de los mismos.

El posible efecto asociativo de ambos subproductos se basa en el efecto regulador que ejerce la levadura diluyendo ciertos nutrientes que se ven aumentados con el uso de la masilla como lo es el contenido de FDN.

A pesar de que los beneficios en cuanto al comportamiento productivo generados por la adición de los subproductos no son muy marcados, es posible la utilización de los mismos en la alimentación de ganado de engorda, debido a que no producen efectos adversos sobre el metabolismo, crecimiento y desarrollo de los animales cuando se utilizan de forma adecuada.

Por último, los pocos efectos positivos causados por de la adición de los subproductos sobre el comportamiento productivo se compensan con el bajo costo de los mismos, representando una opción viable para la reducción de los costos en la alimentación de corrales de engorda.

## VI RESUMEN

A efecto de probar la hipótesis de que la adición de masilla (M) y levadura de cervecería (L) en la ración mejora el comportamiento productivo de bovinos de carne, se realizó un experimento con 18 toretes Charolais, aplicando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2. Se utilizaron tres niveles de masilla húmeda (0, 10 y 20%) y dos niveles de levadura inactiva (0 y 10%). La prueba se dividió en tres etapas. Las variables analizadas fueron consumo diario de materia seca (CDMS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA). También se analizaron metabolitos en suero sanguíneo, y se determinaron las concentraciones de AGV's (acético, propiónico y butírico). En la primera etapa se encontró un efecto de interacción M x L sobre el CDMS ( $P < 0.05$ ), observándose un decremento con la combinación 20%M-10%L. La GDP y la CA al igual que las concentraciones séricas de glucosa, proteínas totales, creatinina y urea no se vieron afectadas durante esta etapa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, se observó un decremento en las concentraciones de colesterol al adicionar levadura ( $P < 0.05$ ). Durante la segunda etapa se observó un efecto de interacción sobre el CDMS y sobre la GDP registrándose decrementos del CDMS y de la GDP para la combinación 20%M-10%L ( $P < 0.05$ ). La CA y perfil sanguíneo no se afectaron con la adición de los subproductos durante la segunda y tercera etapa ( $P > 0.05$ ), sin embargo, en la tercera etapa se registró un mayor CDMS al adicionar 10% de levadura en la ración ( $P < 0.05$ ). Por su parte, se observó un efecto de interacción M x L sobre las concentraciones de AGV's, dichas concentraciones aumentaron con la adición de los subproductos, principalmente con la masilla ( $P < 0.05$ ). El posible efecto asociativo de ambos subproductos se basa en el efecto regulador que ejerce la levadura sobre los decrementos en el consumo de alimento provocado por la masilla. Los pocos efectos positivos generados por la adición de los subproductos se compensan en gran parte con el bajo costo de los mismos. Por otra parte los subproductos no producen efectos adversos sobre el metabolismo, crecimiento y desarrollo del ganado de engorda cuando se utilizan de forma adecuada, por lo que representan una opción viable como ingredientes en la alimentación de toretes de engorda.

## VII LITERATURA CITADA

- Aguilar, R. N., M.J. Canilazes. 2005. Resíduo lignocelulósico cervecero. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Veracruzanas. ISSN. 0300-4481, N°. 168, pags. 37-41
- Aguilera, B. A. 1988. Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniato sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos pelibuey. Tesis de Maestría. FES-C, UNAM., México, D.F
- Aguilera, J. I., R. G. Ramírez y C. F. Arechiga. 2007. Influence of wet brewers grains on rumen fermentation, digestion and performance in growing lambs. *Journal of Animal Veterinary Advances* 6 (5): 641-645.
- Allen, M. S., Mertens, M. 1988. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118:261-270.
- Allen, S. H. G., R. W. Kellermeyer, R. L. Sto Jernholm and F. G. Wood. 1964, Purification and properties of enzymes involved in the propionic acid fermentation *J. Bact.* 87: 171-178.
- Álvarez, R. J. y M. Valdivie. 1980. Energía metabolizable y retención de nitrógeno en dietas con levadura torula para pollos de engorde. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 14:55.
- Annison, E. F. 1965, *Physiology and digestion in the ruminant.* Buterworth, London 1ra. Edición, p. 185.
- Annison, E. F., K. J. Hill and D. Lewis. 1957, Studies on the portal blood of sheeps. 2 Absorption of volatile fatty acids form the rumen of the sheep. *Biochem J.* 66:592-599.
- Annison, E.F. and D.G. Armstrong. 1970. Volatile fatty acid metabolism and energy supply. In : A.T. Phillipson (Ed). *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.* Oriel Press. Newcastle, England. Pag. 422-437.

- Aranda, M.V., N. Brave, R. Casagrande.2002. Colesterol en bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal. Carne y subproductos bovinos INTA.
- Arias, J. y A.A. Nesti Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. Rev. Fac. Agron. LUZ. 16: 553-561.
- Armstrong, D. G. 1960, Colorimetric determination of the net energy value of dried S-23 ryegrass at four stages of growth. Proc 8th Intl. Grassland Congr p. 485.
- Armstrong, D. G. and K. L. Blaxter. 1957, The heat increments of mixtures of steam volatile fatty acids in fasting sheep. Brit. J. Nutr. 11: 247-272.
- Arthur, P. F., H. Heasshaw, P. J. Kohun, and R. Barlow. 1994. Evaluation of *Bos indicus* and *Bos taurus* straight breeds and crosses. 1. Post weaning growth of steers in different environments. Anim. Breeding Abst. 62:680-861.
- Bailey, J. G. 2004. Muscle Physiology. In: Dukes' Physiology of Domestic Animals (12th Ed.).Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Balch, C.C.; Campling, R.C.1962. Regulation of voluntary Food Intake in Ruminants. Nutrition Abt. Rev. 32 (3): 669 - 686.
- Barber, K. A. y J. O. Alquist. 1975. Growth and feed efficiency and their relationship to puberal traits of charolais bulls. J. Anim. Sci. 40: 288-301.
- Barker, H. A. 1961. The Bacteria 2: 151 1ra. Edición, Academic Press, New York.
- Barra, F. 2005. Manejo de la alimentación de animales a corral. Acaecer, Bs. As., 30(346):26-32.
- Bartle, S.J. y Preston, R.L. 1992. Roughage level and limited maximum intake regimens for feedlot steers. J. Anim. Sci. 70:3293-3303.
- Bath, L. H. and J. A. F. Rook. 1965. The evaluation of the cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids. II. Roughages and succulents. J. Agr. 64: 67-75.
- Beitz, D. C. 2004. Protein and Amino Acid Metabolism. In: Dukes' Physiology of Domestic Animals (12th Ed.). Cornell University Press, Ithaca, NY.

- Besong, J. A S., C. L., Hicks, and R. W. Hemken. 1996. Effects of a supplemental liquid yeast product on feed intake, ruminal profiles, and yield, composition, and organoleptic characteristics of milk from lactating holstein cows. *J Dairy Sci* 79:1654-1668.
- BIF, 1986. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs Fifth Ed. Beef Improvement Federation. North Caroline State Univ. Raleigh, USA.
- Black, J. L. 1971. A theoretical consideration of the effect of preventing rumen fermentation of the efficiency of utilization of dietary energy and protein in lambs. *Brit. J. Nutr.* 25:31.
- Blaxter KL, Boyne AW (1982) Fasting and maintenance metabolism in sheep. *J Agric Sci* 99:611-620.
- Blaxter**, K.L., V.R. **Fowler** and J.C. Gill. **1982**. A study of the growth of sheep to maturity. *J. Agric. Sci., Cambr.* 98, pp. 405–420.
- Bock, B.J., Brandt, R.T., Jr., Harmon, D.L., Anderson, S.J., Elliott, J.K., y Avery, T.B. 1991. Mixtures of wheat and high- moisture corn in finishing diets: Feedlot performance and in situ rate of starch digestion in steers. *J. Anim. Sci.* 69:2703-2710.
- Bond T.E., W.N. Garrett, R.L. Givens, S.R. Morrisson. 1970. Comparative effects of mud, wind and rain on beef cattle performance. Paper N° 70-406. Annual Meeting, American Society of Agricultural Engineers (ASAE).
- Boyd, E. M. Species Variation in Normal Plasma lipids estimated by Oxidative Micromethods. *J. Biol. Cham.* 143 131-132.
- Bradish, C.J., Henderson, W.M., Brooksby, J.B. 1954. Electrophoretic studies of ox serum. 1. the sera of normal cattle. *Biochem. J.*, v.56, p.329-335.
- Bradley, T.S. 1969. Fisiología animal. Ediciones Omega, S.A., Casanova, 220 - Barcelona. Pp 271 - 272.
- Brenttheurer, C. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.* 63:1649-1662.

- Britton, R.A., y Stock, R.A. 1986. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle. F. N. Owens, Ed. Okla. Agric. Exp. Stn. MP-121. Pg. 25.
- Brown, A. H. Jr., J. J. Chewning, Z. B. Johnson, W. C. Loe, and C. J. Brown. 1991. Effects of 84-, 112- and 140 day postweaning feedlot performance test for beef bulls. *J. Anim. Sci.* 69:451-461.
- Brown, M. A., A. H. Jr. Brown, W. g. Jackson, and J. R. Miesner. 1993. Genotype x environment interactions in postweaning performance to yearling in Angus, Brahman, and reciprocal – cross calves. *J. Anim. Sci.* 71:3273-3279.
- Bruning, C. L. and M. T. Yokoyama 1988. Yokoyama. Characteristics of live and killed brewer's yeast slurries and intoxication by intraruminal administration to cattle. *J. Anita. Sci.* 66:585-591.
- Cain, M. F., and L. L. Wilson. 1983. Factors influencing individual bull performance in central test stations. *J. Anim. Sci.* 57:1059-1067.
- Callaway, E.S., S. A. Martín. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80:2035-2044.
- Calsamiglia, S., A. Bach y A. Ferret. 2004. Subproductos Húmedos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Madrid, España. 28 pp.
- Campling, R.C. 1970. Physical regulation of voluntary intake. En: *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant.* pp. 226 - 234. Ed. A.T. Phillipson, Oriel Press. England.
- Castellanos, A. Llamas, G. Shimada A. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología. Primera Edición. Sistema de Educación Continua en Producción animal en México A.C. México, D.F pp 144.
- Chewning, J.J., A.H. Brown, Z.B. Johnson, C.J. Brown. 1990. Breed means for average daily gain, feed conversion and intake of beef bulls during postweaning feedlot performance tests. *J. Anim. Sci.* 68: 1550 – 1504.USA.



- Church D.C. 1993. El Rumiante. Fisiología Digestiva y Nutrición. Ed. Acriba S.A., Zaragoza, España, 652 páginas.
- Church, D. C., G. E. Smith, J. P. Fontenot and A. T. Ralston. 1971. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants (Vol. II). O.S.U. Bookstores, Inc., Corvallis, Oregon.
- Cirio A. y I. Tebot. 2000. Fisiología Metabólica de los Rumiantes, Ed. CSIC, Montevideo.
- Clanton, D. C. and W. Woods. 1966, Performance of steers and rumen fermentation as influenced by physical form of ingredients and alfalfa: corn ratio. *J. Anim. Sci.* 25: 102-106.
- Clark, J. L., H. B. Hedrick and G. B. Thompson. 1976. Determination of body composition of steers by 40K. *J Anim Sci* 1976. 42:352-356.
- Cooper, R.J., C.T. Milton, T.J. Klopfenstein and D.J. Jordon. 2002a. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 242.
- Cooper, R.J., Milton, C.T., Klopfenstein, T.J., Scott,T.L., Wilson, C.B., y Mass, R.A. 2002b. Effect of corn processing on starch digestion and bacterial crude protein flow in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 80:797-804.
- Coppo, N.B., J.A. Coppo, M.A. Lazarte. 2003. Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. *Rev. Vet.* 14: 1.
- Crickenberger, R.G., B.H. Johnson. 1982. Effect of feeding wet brewers grains to beef heifers on wintering performance, serum selenium and reproductive performance. *J. Anim. Sci.* 54:18-22. North Caroline, USA.
- Dawson, K. A.1993 Current and future role of yeast culture in animal production: A Review of Research over the last Seven Years. In: E. Lyons Ed. *Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium.* Nicholasville, KY. USA. p. 269-291.

- de Blas, B. C y P. García R. 1993. Tamaño de partícula de los forrajes en la alimentación de vacas lecheras y conejos. Bases fisiológicas y recomendaciones Departamento de Producción Animal. IX Curso de Especialización. FEDNA.
- de Larrea L. B. y J. M. González. 1998. Proteínas del plasma sanguíneo. En González de Buitrago JM, Arilla E, Rodríguez-Segade M, Sánchez A (eds.): Bioquímica Clínica, 1ª Ed. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana (Madrid, España), pp. 191 - 204.
- Deetz, L. E. and P. J. Wangsness. 1981. Influence of intrajugular administration of insulin, glucagon and propionate on voluntary feed intake of sheep. *J. Anim. Sci.* 53:427.
- DeGroot, T. and J. H. Aafjes. 1960. On the constancy of creatinine excretion in the urine of the dairy cow. *Brit. Vet. Journal.* 116:409
- DeJong, A. 1982. Patterns of plasma concentrations of insulin and glucagon after intravascular and intraruminal administration of volatile fatty acids in the goat. *J. Endocrinol.* 92: 357.
- Dowe, T. W., J. Matsushima and V. H. Arthaud 1957 The effects of adequate and excessive calcium when fed with adequate phosphorus in growing rations for beef calves. *J. Animal Sci.*, 16: 811.
- Drouillard, J. S, C. L . Ferrell, T. J. Klopfenstein, and R. A. Britton. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *J. Anim. Sci.*69:811-818.
- Early, R. J., B. W. McBride, and R. O. Ball. 1990. Growth and metabolism in somatotropin – treated steers: II. Carcass and noncarcass tissue components and chemical composition. *J. Anim. Sci.* 68:4144-4150.
- Elizalde, J.C., C.A. Franchone y V.F. Parra. 2003. Ganancia de peso y eficiencia de conversión en vacunos alimentados a corral con dietas basadas en granos de maíz entero, cebada entera o aplastada y afrechillo de trigo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 23(1):55.

- Erickson, G.E., T. J. Klopfenstein, C. T. Milton, D. Brink, M. W. Orth and K. M. Whittet. 2002. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 80:1690-1695.
- Erickson, G.E., T.J. Klopfenstein, C. T. Milton, D. Hanson and C. Calkins. 1999. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. *J. Anim. Sci.* 77:2832-2836.
- Ewing, D.L., Jhonson, D.E. y Rumpler, W.V. 1986. Corn particle passage and size reduction in the rumen of beef steers. *J. Anim. Sci.* 63:1509-1515
- Fluharty, F.L., S. C. Loerch, T.B. Turner, S.J. Moeller y G. D. Lowe. 2000. Effects of weaning age and diet on growth and carcass characteristics in steers. *J. Anim. Sci.* 78:1759-1767.
- Fallon, R. J. and F. Harle. 1987. The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *J. Dairy Sci.* 70:2051-2062.
- Forbes, J. M. 1982. The role of the liver in the control of food intake. *Proc. Nutr. Soc.* (1982), 41, 123.
- Friedemann, T. E., V. M. Kimey. G. H. Berryman, C. R. Henderson and J. B. Younans. 1948. The effect of dietary restriction of B-complex vitamins and protein on the excretion of creatinine by human subjects. *J. Nutr.* 35:117.
- Fruchart J.C. y G. Sézille. 1981. Lípidos y lipoproteínas. *Acta Bioq. Clin. Lat.* 15: 97-159.
- Fuentes, G. J. R. 1997. Factores que afectan el crecimiento de toretes de diferentes grupos raciales en prueba de comportamiento bajo condiciones de corral. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. Méx.
- Galloway, D.L., A. L. Goetsch, W. S. Forester. 1991 Effect of addition of sodium bicarbonate salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine or phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion by Holstein steers consuming Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) hay. *Animal Feed Sci. and Technology.* 32:261-273.

- Galyean, M.L., Wagner, D.G. y R. R. Jhonson. 1976. Site y extent of starch digestion in steers fed processed corn rations. *J. Anim. Sci.* 43:1088-1101.
- García R. S., 2007 Artículo Técnico “Las Levaduras para la Alimentación de los porcinos (*Saccharomyces Cerevisiae*)” Engormix, México.
- Garciarena, A.C., C.C Hofer, A.R. Monje, M. Gomez. 1992. Efecto de la suplementación con malta húmeda sobre el ambiente ruminal y la dinámica de digestión. INTA. Concepción, Uruguay.
- Grasser, L. A., J.G. Fadel, I. Garnett y E. J. De Peters. 1995. Quantity and economic of nine selected byproducts used in California dairy rations. *J. Dairy*
- Grimaud, P., D. Richard, A. Kanwe, C. Durier y M Doreau. 1998. Effect of under nutrition and refeeding on digestion in *Bos Taurus* and *Bos indicus* in a tropical environment. *J. Anim. Sci.* 67: 49.Sci., 78: 962-969.
- Grimes, J. F., and T. B. Turner. 1991. Early weaning of fall-born beef calves: I. Prewaning calf and cow performance. *J. Prod. Agric.* 4:464–468.
- Grovum, W. L. 1984. Integration of digestion and digesta kinetics with control of feed intake—a physiological framework for a model of rumen function. In: F.M.C. Gilchrist and R. I. Mackie (Ed.) *Herbivore Nutrition in the Subtropics and Tropics.* pp 244-268. The Science Press, Pretoria, Republic of South Africa.
- Guerrero, Q. M., 1993, Caracterización de Toretas de la Raza Charolais, Beefmaster, Hereford y Cruzados en dos pruebas de comportamiento. Tesis de Maestro en Ciencias en Producción Animal, Programa de Graduados, UAAAN, México, p. 40-41.
- Guthrie, M.J., Galyean, M.L., Malcom, K.J., Kloppenburg, J.H. y Wallace, J.D. 1992. Effect of method of corn processing and roughage source on feedlot performance and ruminal fermentation in beef steers. *Proc. Western Sec., Amer. Soc. Anim. Sci.* 43:19-22.
- Hahn, J., R. H. Foote and G. E. Seidel, Jr., 1969, Testicular growth and related sperm output in dairy bulls, *J. Anim. Sci.*, 29:41.

- Harvey, R.W., J.C. Burns, T.N. Blumer and A.C. Linnerud. 1975. Influence of early weaning on calf and pasture productivity. *J. Anim. Sci.* 41: 740 – 746.USA.
- Hatch, C. F., T. W. Perry, M. T. Mohler and W. M. Beeson, 1972. Effect of corn distillers solubles and brewers dried grains with yeast in urea-containing rations on steer performance. *J. Anim. Sci.* 34: 326. USA.
- Hess, H.D.; Flores, H.; Lascano, C.E.; Baquero, L.A.; Becerra, A.; Ramos, J. 1999. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de urea en sangre y leche en vacas en sistemas de doble propósito en el trópico bajo de Colombia. *Past. Trop.* 21(1):33-42
- Hoffer C.C., A.R. Monje, A.D. Garciarena. 1992. Evaluación de la malta húmeda en la dieta de terneros destetados Precozmente en Condiciones de Confinamiento. INTA. Concepción Uruguay.
- Hogg, B. W. 1991. Compensatory growth in ruminants. Elsevier Science Publishers, New York. 7: 103-134.
- Hubbard, K.G., D.E. Stooksbury, G.L. Hahn, and T.L. Mader. 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature-humidity index. *J. Prod. Agric.* 12:650–653. USA.
- Huck, G.L., Kreikemeier, K.K., Kuhl, G.L., Eck T.P. y Bolsen, K.K. 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2984-2990.
- Hunter, A. 1922. The physiology of creatine and creatinine. *Physiol. Rev.* 2:586.
- Huntington, G., M. Poore, B. Hopkins, and J. Spears. 2001. Effect of ruminal protein degradability on growth and N metabolism in growing beef steers. *J. Anim. Sci.* 79:533-541.
- Istasse, L., C. Van Eenaeme, A. Gabriel, A. Clinquart, G. Maghuin - Rogister, and J. M. Bienfait. 1990. The relationship between carcass characteristics, plasma hormones and metabolites in young fattening bulls. *Vet. Res. Commun.* 14:19.

- Janacua, V. H. 1993. Evaluación de toretes de diferentes grupos raciales en base a su comportamiento pos- destete bajo condiciones de corral. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo. Coahuila. México. 65 pp.
- Johnston, D.J., J. M. Thompson and K. Hammond. 1993. Additive and non additive differences in postweaning growth and carcass characteristics of Devon, Hereford and reciprocal cross stress. *Anim. Breeding Abstr.* 61:13.
- Jouany, J.P. 1988 Effects of diet on populations of rumen protozoa in relation to fibre digestion. In: Nolan, J. V., Leng, R.A. and Demeyer, D.I. Armidale Eds. *The roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion.* : Penambul Books p 59-74.
- Judson, G. J., E. Anderson, J. R. Luick and R. A. Leng. 1968, The contribution of propionate to glucose synthesis in sheep given diets of different grain content. *Brit. J. Nutr.* 22: 69-75.
- Kaneko, J. J., J. W, Harvey y M. L. Bruss. 1997. *Clinical biochemistry of domestic animals.* Fifth edition. San Diego California. ed. Academic press. P. 901.
- Kayouli, C., & Lee, S. 1998. Supplementary feeding for dairy smallholders in Pacific Island Countries: Fiji, Samoa, Vanuatu, Cook Islands, Solomon Islands and Tonga. p. 67-101, *in*: S. Lee, R. Kennard & C. Kayouli (eds) *Manual of Smallholder Milk Production in the South Pacific.* FAO Sub-Regional Office for the Pacific, Apia, Samoa.
- Krause, V. E. 1973. Dehydrated alfalfa as a protein source in ruminant rations. Ph.D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln.
- Kreikemeier, K.K., Harmon, D.L., Brandt, R.T., Jr., Nagaraja, T.G. y Cochran, R.C. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 68:2130-2141.
- Lara, S.R. 1976. Cuatro niveles de residuo de cervecería (masilla) en la engorda de becerros Holstein. Tesis Licenciatura. Facultad de Agronomía – UANL. Marín, Nuevo León. pp. 9-13, 21-33.

- Leng, R. A., J. N. Steele and J. R. Luick. 1967 Contribution of propionate to glucose synthesis in sheep. *Biochem. J.* 103: 785-790.
- Liu, M. F., and Markarechian. 1993. Factors influencing growth performance of beef bulls in a test station. *J. Anim. Sci.* 71:1123-1127.
- Mader TL, JM Dahlquist, GL Hahn, JB Gaughan. 1999. Shade and wind barrier effects on summer-time feedlot cattle performance. *J Anim Sci* 77, 2065-2072.
- Marquez Y. C, C. Mendoza. A. O. López. 1998. Niveles plasmáticos de colesterol total, HDL y LDL en becerras mestizas lactantes. *Anales del XVI Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Comunicación TLb 21.
- Marty, R. J. y T. R. Preston. 1970, Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles de cadena corta (AGV) producidas en el rumen de ganado vacuno alimentados con dietas altas en miel. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 4: 189-192.
- McCullough, R. L. y Brent, B. E. 1972. Digestibility of eight hybrid sorghum grains and three hybrid corns. *Kansas Agric. Exp. Sta. Bull.* 557:27.
- McLeod, K. R., K. J. Karry, K. A. Dawson, G. E. Mitchell. 1991 Influence of yeast culture and monensin on ruminal metabolic end products and feedlot performance, In:T.P. Lyons Ed. *Biotechnology in the feed Industry*. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- McNeill, J.W., Potter, G.D. y Riggs, J. K. 1976. Ruminal and posruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. *J. Anim. Sci.* 33:1371-1388.
- Mendoza GD, JM Pinos, R Ricalde, EM Aranda, R Rojo. 2003. Modelo de simulación para estimar el balance calórico de bovinos en pastoreo. *Interciencia.* 28, 202-207.
- Merck. 2000. *Manual Merck de Veterinaria*. Quinta edición. Océano Grupo Editorial Barcelona, España. pp: 2454-2456.

- Mertens, D. R. 1980. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. U. S. Dairy Forage Research Center, USDA-ARS, Madison, WI 53706.
- Mertens, D.R. 1987. Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Ruminal Function. *J Anim Sci* 1987 64: 1548-1558.
- Miazzo, R.D. and S.Kraft. 1998. Yeast growth promoter for broilers. 10<sup>th</sup> European Poultry Conference. *Rev. Arg. Prod. Animal* 18 (Supl. 1):20-21, 1998.
- Minson, J.D. 1982 Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutr. Abstr. Rev. series B.* 52:591-615.
- Monje A.R., A.D. Garcarena y C.C. Hofer. 1992. Engorde a corral de novillos y novillitos con raciones de alto contenido de malta húmeda. 4<sup>o</sup> Seminario "Del potrero a la góndola". *Carnes y lácteos. Producción Animal & Agromarketing.*
- Moore, L. A. 1964, Nutritive value of forage as affected by physical form. General principles involved with ruminants and effects of feeding pelleted or wafered forage to dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 23: 230-238
- Moran, J. B., and W Holmes. 1978. The application of compensatory growth in grass/cereal beef production systems in the United Kingdom. *Anim. Prod.* 14:65.
- Murphy, T.A. y Loerch, S.C. 1994. Effects of restricted feeding of growing steers on performance, carcass, characteristics, and composition. *J. Anim. Sci.* 72:2497-2507.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80: 1005-10028.
- NRC. 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington D.C, USA.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, D.C. pp 48-85.
- NRC. 2001. Nutrient requeriments of dairy cattle: (7th Revised Edn.) pp17.



- NRC. 2002. Definition of Pain and Distress and Reporting Requirements for Laboratory Animals: Proceedings of the Workshop Held June 22, 2000. Washington DC: National Academy Press. p 179-198.
- Orskov, E. R. and D. M. Allen. 1966, Utilization of salts of volatile fatty acids by growing sheep. 3. Effect of frequency of feeding on the utilization of acetate and propionate by young growing lambs. *Brit. J. Nutr.* 20: 519-527.
- Owens, F. N., P. Dubenski, and C. F. Hanson. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71:3138-3150.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J. y Gill, D.R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75:868-879.
- Owens, F.N., Zin, R.A. y Kim, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1652.
- Park, K. K., L. J. Krysl, B. A. McCracken, M. B. Judkins y D. W. Holcombe. 1994. Steers grazing intermediate wheatgrass at various stages of maturity: Effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, and serum hormones and metabolites. *J. Anim. Sci.* 72:478.
- Parra, V.F., J.C. Elizalde y G.A. Duarte. 2002. Resultados de engordes a corral de vacunos en diferentes sistemas de producción de carne. *Rev. Arg. Prod. Anim.*, 22(1): 60.
- Pennington, R. J. and W. H. Pfander. 1967, The metabolism of short -chain fatty acids in the sheep. Some interrelationships in the metabolism of fatty acids and glucose by sheep-rumen epithelial tissue. *Biochem. J.* 65: 109-111.
- Perdomo, M., R.Vargas, y G. Campos. 2004. Valor nutritivo de la levadura de cervecía (*Saccharomyces cerevisiae*) y sus derivados, extracto y pared celular, en la alimentación animal. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12 (3): 89-95.
- Perry, T.W. 1976. The feeding value of high-moisture grains for beef cattle. *High Moisture Grains Symp. Oklahoma State Univ., Stillwater.*

- Philippeau, C., C. Martin y B. Michalet-Doreau. 1999a. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 77:1587-1596
- Plata, P.F. y M. G. Mendoza. 1993 Efectos principales de los probióticos en los rumiantes. Memorias del curso internacional de nutrición de rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Polanski, S., J. Krszewski, J. Trela, and J. Kupa. 1992. Genetic and environmental effects on growth of Simmental bulls. *Anim. Breeding Abstr.* 70:933-948.
- Pordomingo, A. J. 2002. La edad al destete, la fuente y el nivel de fibra en la dieta del ternero de destete precoz. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 22:1-13
- Pordomingo, A.J. 2005. El feed lot en Argentina. *Producción Animal*. EEA. INTA Anguil. Fac. Ciencias Veterinarias UNLPam,
- Pordomingo, A.J. y G. Volpi Lagreca. 2004. Efectos de la concentración vitamínica y mineral de la dieta, el enriquecimiento con metionina y la presentación del grano de maíz sobre el crecimiento de terneros destetados precozmente y alimentados a corral con dietas de alta energía. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24(1):65.
- Pordomingo, A.J., N.A. Juan y M.P. Azcarate. 2003. Effect of condensed-tannins addition to a corn-sunflower meal based feedlot diet. *J. Anim. Sci.* 81(1):215.
- Preston, R. L., R. D. Vance and V. R. Cahill. 1973. Energy Evaluation of Brewers Grains for Growing and Finishing Cattle. *J Anim Sci.* 1973. 37:174-178.
- Preston, T. R. y M. B. Willis. 1986. *Producción intensiva de carne*. Ed. Diana. México, 175 p.
- Radostits, O.M., C.G. Clive, C.B. Douglas, W.H. and Kenneth. 2002. *Medicina Veterinaria*. McGraw - Hill. Interamericana. Vol. 2. México, D.F. pp. 1685 - 1687

- Reece, W. O., and M. J. Swenson. 2004. The Composition and Functions of Blood. In: Dukes' Physiology of Domestic Animals (12th Ed.). Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Reece, W. O., and M. J. Swenson. 2004. The Composition and Functions of Blood. In: Dukes' Physiology of Domestic Animals (12th Ed.). Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Reinold, M. R. 1997. Manual practico de cervecería. Aden Ed. Sao Pablo, Brazil, pp: 123.
- Ricalde, R. V., G. D. Mendoza M., M. M. Crosby G. y E. Sandoval C. 1998. Manejo nutricional en corral de engorda. Vet. Méx., 29 (3) 1998.
- Ricketts, R. E., D. E. Weinman, J. R. Campbell, and M. E. Tumbleson. 1970. Effects of three calcium to phosphorus ratios on calcium and phosphorus metabolism in steers, as measured by radiophosphorus (P32) and radiocalcium Ca45. Vet Res. 31:1023- 1026.
- Roberts, A. J., R. A. Nugent, J. Klindt y T. G. Jenkins. 1997. Circulating insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and reseption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. J. Anim. Sci. 75(7):1909.
- Rodríguez, G.F., Llamas, L.G. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. In: R.A. Castellanos, L.G. Llamas y S. A. Shima, Eds. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C. México, D.F. pp. 95-126.
- Rook, J. A. F. and P. C. Thomas. 1969. The significance of rumen activity. Proc. of the III Nutrition Conference of Feed Manufactures. 1a edición. J. & A. Churchill, Ltd.
- Rook, J.A.F and P.C. Thomas. 1983. Nutritional Physiology of Farm Animals. Longman edition. London and New York. Pp. 115 - 122 .

- Rooney L.W., Pflugfelder R.L., 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63:1607-1623.
- Russell, J R., Young A.W. y Jorgensen, N. A. 1981. Effect of dietary cornstarch intake on pancreatic amylase, intestinal maltase and pH in cattle. *J. Anim. Sci.* 52:1177-1196.
- Sainz, M.L., De la Torre, F., y Oltjen, J. W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and reved beef steers. *J. Anim. Sci.* 73:2971-2979.
- Satter, L. D. and L. W. Whitlow. 1977. Resistance of protein in brewers dried grains to microbial degradation in the rumen. *U.S. Brewers Assoc. Feed Conf. Proc. Distillers Feed Res. Conf.* 32, 63-72.
- Schalk. A. F. y R. S. Amadon. 1928. Physiology of the ruminant stomach (bovine). Study of the dynamic factor. *N. Dakota Agr. Exp. Sta. Bul.* 216.
- Secrist, D.S., Owens, F.N., Hill, W.J. y Welty, S.D. 1996b. Rolled versus whole corn: Effects on ruminal fermentation of feedlot steers. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Pub. P-951*, 181-188.
- Sellers, A. 1955, 1. Physiology of digestion in the ruminant. Butterworth, Lonterworth, London. la edición. p. 390.
- Semptey, F. y A. Devisscher. 1991 A french approach to optimizing rumen utilization of forage. In: T. P. Lyons Eds. *Biotechnology in the Feed Industry.* Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- Shimada, Y. A.1991. Metabolismo de los carbohidratos. En: Pérez D.M. Ed. *Manual sobre ganado productor de leche.* Ed. Diana México. pp. 44-63.
- Singh, B., Makkar, H.P.S., Negi, S.S. 1992 The kinetics of digestion in ruminants. A review. *Indian J. Dairy Sci.* 46,3:90-99.
- Steel, J. W. and R. A. Leng. 1973 Effects of plane of nutrition and pregnancy on gluconeogenesis in sheep. 2. Synthesis of glucose from ruminal propionic. *Brit. J. Nutr.* 30: 475-489.

- Stock R. A., Brink, D. R., Britton R. A., Goedeken, F. K., Sindt, M. H. Kkreikemeier, K. K., Bauer, M. L. y Smith, K. K. 1987. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled grain sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 65:290-302.
- Stock, R.A., Klopfenstein, T. y Shain, D. 1995. Feed intake variation. *Okla. Agric. Exp. Sta. Misc. Publ. P-942:56-59.*
- Stone, C.1998. Yeast products in the feed industry. Ed. By Mills, D. Inc. Cedar Rapids, Iowa., p 10-11.
- Streeter, M.N., Wagner, D.G., Owens, F.N. y Hibberd, C.A. 1989. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 67:1623-1633.
- Swanson, K.C., Richards, C.J. y Harmon, D.L. 2002. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch Swick, R. W., and H. Song. 1974. Turnover rates of various muscle proteins. *J. Anim. Sci.* 38:1150-1157.
- Tejada, I. 1992. Control de Calidad y Análisis de Alimentos para Animales. México, DF.
- Thomas, P.C., Rook, J.A.F. 1977 Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William, H. y Dyfed L. p 83-109.
- Tong, A. K. W., J. A Newman, and G.W. Rahnefeld. 1986. Pretest herd effects on station performance test. *Can. J. Anim. Sci.* 66:925-935.
- Trei, J. E., W. J. Hale and B. Theurer. 1966, Influence of grain processing factors on in vitro fermentation rate. *J. Anim. Sci.* 25: 910.
- Tweedie, J. W., M. G. Rurnsby and J. C. Hawke. 1966, Studies in rumen metabolism. V. Formation of branched long-chain fatty acids in cultures of rumen bacteria. *J. Sci. Food Agric.* 17: 241-244.
- Ushida, K., Kayouli C, De Smet S., Jouany, J.P.1990. Effect of defaunation on protein and fibre digestion in sheep fed ammonia-treated straw-based diets with or without maize. *Br. J. Nutr.* 64:765-775.

- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. 2d. ed., O and B Books, Inc., Corvallis, Oregon .
- Varner, L. W. and W. Woods. 1972. Effect of calcium and starch additions upon ration digestibility by steers. J. Anita. Sci. 35:40.
- Waldo, D. R. 1973. Extent and partition of cereal grains starch digestion in ruminants. J. Anim. Sci. 37:1062-1083.
- Wallnofer, P. and R. L. Baldwin. Pathway. 1967. Enzymatic of propionate formation in bacteroides Ruminococcola J. Bact. 93: 503-504.
- Wegner, G. H. and E. M. Foster. 1963 Incorporation of isobutyrate and valerate into cellular plasmalogen by Bacteroides succinogenes. J. Bact. 85: 53-61.
- Westendorf, M.L. and J. E. Wohlt,. 2002. Brewing byproducts: their use as animal feeds. Vet. Clin North. Am. Food. Anim. Practice., 18: 233-252.
- Weston, R. H. and J. P. Hogan. 1968, The digestion of pasture plants by sheep. I. Ruminal production of volatile fatty acids by sheep offered diets of rye grass and forage oats. Aust. J. Agr. Res. 19: 419- 432.
- Whanger, P. D. and G. Matrone. 1967, Metabolism of lactic, succinic and acrylic acids by rumen microorganisms from sheep fed sulfur adequate and sulfur deficient diet. Biochem. Biophys Acta. 136: 27-35.
- Wiedmeier, R. D., Arambel, J. L. Welters, J.L. 1987 Effect of yeast culture and Aspergillus oryzae fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 70: 2063 –2068.
- Williams P.E.V. 1989. The mode of action of yeast culture ruminants diets: review of the effect on rumen fermentation patterns. In: T.P. Lyons Eds. Alltech's 5th Annual symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville. K.Y.
- Zavaleta E. 2002. Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. Ciencia Veterinaria. 4: 189-192.
- Zin, R.A. y Owens, F.N. 1983. Influence of feed intake level on site of digestion in steers fen a high concentrate diet. J. Anim. Sci. 56:471.

## APÉNDICE

## Primera etapa

### Modelo lineal general: CDMS vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CDMS, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	1,8214	0,4418	0,4418	2,33	0,155
Masilla	2	0,5413	0,6940	0,3470	1,83	0,206
Levadura	1	0,0821	0,0872	0,0872	0,46	0,512
Masilla*Levadura	2	4,4833	4,4833	2,2417	11,80	0,002
Error	11	2,0890	2,0890	0,1899		
Total	17	9,0171				

S = 0,435787 R-cuad. = 76,83% R-cuad.(ajustado) = 64,20%

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	8,446	1,171	7,21	0,000
Pi	0,005722	0,003752	1,53	0,155

Comparación de medias CDMS(Interacción Masilla x Levadura)

Pruebas simultáneas de Tukey Variable de respuesta CDMS

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Masilla\*Levadura

Masilla = 0

Levadura = 0 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
0	10	-0,743	0,3602	-2,063	0,3696
10	0	-0,656	0,3876	-1,692	0,5625
10	10	-1,050	0,3780	-2,777	0,1354
20	0	-1,533	0,3622	-4,233	0,0134
20	10	0,022	0,3565	0,060	1,0000

Masilla = 0

Levadura = 10 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
10	0	0,0873	0,3689	0,237	0,9999
10	10	-0,3063	0,3629	-0,844	0,9523
20	0	-0,7899	0,3560	-2,219	0,3023
20	10	0,7648	0,3575	2,139	0,3356

Masilla = 10

Levadura = 0 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
10	10	-0,3936	0,3568	-1,103	0,8703
20	0	-0,8772	0,3661	-2,396	0,2371
20	10	0,6775	0,3797	1,784	0,5113

Masilla = 10

Levadura = 10 restado a:



		Diferencia	SE de	Valor T	Valor P
Masilla	Levadura	de medias	diferencia		ajustado
20	0	-0,4835	0,3608	-1,340	0,7589
20	10	1,0711	0,3714	2,884	0,1148

Masilla = 20

Levadura = 0 restado a:

		Diferencia	SE de	Valor T	Valor P
Masilla	Levadura	de medias	diferencia		ajustado
20	10	1,555	0,3588	4,333	0,0114

### Modelo lineal general: GDP vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para GDP, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	0,04730	0,13877	0,13877	1,76	0,211
Masilla	2	0,24553	0,25764	0,12882	1,64	0,239
Levadura	1	0,08835	0,08753	0,08753	1,11	0,314
Masilla*Levadura	2	0,28157	0,28157	0,14079	1,79	0,212
Error	11	0,86537	0,86537	0,07867		
Total	17	1,52812				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	1,6781	0,7540	2,23	0,048
Pi	0,003207	0,002415	1,33	0,211

### Modelo lineal general: CA vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CA, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	0,0506	0,1140	0,1140	0,60	0,453
Masilla	2	1,2434	1,3926	0,6963	3,69	0,060
Levadura	1	0,1393	0,1347	0,1347	0,71	0,416
Masilla*Levadura	2	1,2056	1,2056	0,6028	3,20	0,081
Error	11	2,0753	2,0753	0,1887		
Total	17	4,7141				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	4,770	1,168	4,09	0,002
Pi	-0,002907	0,003739	-0,78	0,453

### Modelo lineal general: Glucosa vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Gluc, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	182,40	182,40	91,20	2,15	0,160
Levadura	1	6,36	6,36	6,36	0,15	0,706
Masilla*Levadura	2	291,30	291,30	145,65	3,43	0,066
Error	12	509,72	509,72	42,48		
Total	17	989,78				

### Modelo lineal general: Col vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Col, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	4025,1	4025,1	2012,6	3,11	0,082
Levadura	1	4041,0	4041,0	4041,0	6,24	0,028
Masilla*Levadura	2	2211,6	2211,6	1105,8	1,71	0,223
Error	12	7774,2	7774,2	647,9		

Pruebas simultáneas de Tukey

Variable de respuesta Col

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Levadura

Levadura = 0 restado a:

	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Levadura 10	-29,97	12,00	-2,498	0,0281

### Modelo lineal general: PT vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para PT, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	8,108	8,108	4,054	1,05	0,380
Levadura	1	8,904	8,904	8,904	2,31	0,155
Masilla*Levadura	2	2,558	2,558	1,279	0,33	0,724
Error	12	46,336	46,336	3,861		
Total	17	65,906				

### Modelo lineal general: Creat vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Creat, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	1,698	1,698	0,849	0,43	0,658

Levadura	1	4,292	4,292	4,292	2,19	0,165
Masilla*Levadura	2	4,957	4,957	2,478	1,26	0,318
Error	12	23,546	23,546	1,962		
Total	17	34,493				

### Modelo lineal general: Urea vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Urea, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	174,76	174,76	87,38	2,64	0,112
Levadura	1	11,36	11,36	11,36	0,34	0,569
Masilla*Levadura	2	122,57	122,57	61,28	1,85	0,199
Error	12	397,33	397,33	33,11		
Total	17	706,03				

### Estadísticas descriptivas: CDMS; GDP; CA; Pi; Gluc; Urea; Creat; Col; PT

#### Resultados de Masilla = 0

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	10,994	0,234	0,406	0,164	3,69
	10	10,165	0,484	0,837	0,701	8,24
GDP	0	2,378	0,164	0,285	0,081	11,97
	10	2,694	0,230	0,398	0,159	14,79
CA	0	4,678	0,416	0,721	0,520	15,42
	10	3,803	0,185	0,320	0,102	8,41
Gluc	0	95,77	4,02	6,96	48,50	7,27
	10	87,27	1,76	3,04	9,26	3,49
Urea	0	21,67	2,76	4,77	22,77	22,03
	10	28,40	3,21	5,57	31,00	19,60
Creat	0	2,1267	0,0961	0,1665	0,0277	7,83
	10	2,317	0,194	0,336	0,113	14,49
Col	0	250,73	7,93	13,74	188,66	5,48
	10	189,6	31,8	55,1	3038,6	29,08
PT	0	6,04	1,05	1,81	3,28	29,98
	10	8,37	1,24	2,16	4,65	25,75

#### Resultados de Masilla = 10

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	10,103	0,182	0,316	0,100	3,12
	10	9,750	0,280	0,485	0,236	4,98

GDP	0	2,8198	0,0180	0,0312	0,0010	1,11
	10	2,6306	0,0721	0,1248	0,0156	4,75
CA	0	3,5826	0,0486	0,0841	0,0071	2,35
	10	3,7070	0,0610	0,1057	0,0112	2,85
Gluc	0	82,63	1,49	2,58	6,66	3,12
	10	93,83	6,42	11,12	123,62	11,85
Urea	0	21,63	5,16	8,93	79,76	41,28
	10	16,07	1,16	2,01	4,04	12,52
Creat	0	2,627	0,500	0,866	0,750	32,96
	10	2,907	0,373	0,646	0,417	22,22
Col	0	254,63	6,54	11,34	128,50	4,45
	10	242,93	6,78	11,75	138,10	4,84
PT	0	8,543	0,963	1,668	2,782	19,52
	10	9,030	0,155	0,269	0,072	2,97

### Resultados de Masilla = 20

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	9,3577	0,0791	0,1370	0,0188	1,46
	10	10,983	0,123	0,213	0,046	1,94
GDP	0	2,613	0,126	0,218	0,048	8,36
	10	2,919	0,257	0,445	0,198	15,24
CA	0	3,602	0,205	0,355	0,126	9,86
	10	3,821	0,330	0,572	0,328	14,98
Gluc	0	95,57	3,16	5,47	29,90	5,72
	10	96,43	3,51	6,07	36,90	6,30
Urea	0	16,27	2,95	5,10	26,02	31,36
	10	19,87	3,42	5,92	35,06	29,81
Creat	0	1,713	0,120	0,208	0,043	12,14
	10	4,17	1,86	3,23	10,42	77,36
Col	0	262,77	9,86	17,07	291,50	6,50
	10	245,73	5,82	10,08	101,70	4,10
PT	0	6,90	1,49	2,58	6,68	37,44
	10	8,30	1,38	2,39	5,71	28,77

## Segunda etapa

### Modelo lineal general: CDMS vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CDMS, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	3,4413	2,1465	2,1465	6,88	0,024
Masilla	2	16,5032	16,0356	8,0178	25,70	0,000
Levadura	1	0,0079	0,0052	0,0052	0,02	0,900
Masilla*Levadura	2	26,4271	26,4271	13,2136	42,36	0,000
Error	11	3,4314	3,4314	0,3119		
Total	17	49,8108				

S = 0,558521 R-cuad. = 63,11% R-cuad.(ajustado) = 89,35%

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	12,141	1,732	7,01	0,000
Pi	-0,011072	0,004221	-2,62	0,024

Pruebas simultáneas de Tukey

Variable de respuesta CDMS

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Masilla\*Levadura

Masilla = 0

Levadura = 0 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
0	10	-3,466	0,4562	-7,60	0,0001
10	0	-2,708	0,4678	-5,79	0,0013
10	10	-1,181	0,4678	-2,52	0,1971
20	0	-4,777	0,4567	-10,46	0,0000
20	10	-2,940	0,4567	-6,44	0,0005

Masilla = 0

Levadura = 10 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
10	0	0,758	0,4648	1,630	0,5978
10	10	2,285	0,4648	4,915	0,0046
20	0	-1,311	0,4562	-2,874	0,1167
20	10	0,526	0,4576	1,149	0,8512

Masilla = 10

Levadura = 0 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
10	10	1,527	0,4560	3,349	0,0552
20	0	-2,068	0,4628	-4,470	0,0092
20	10	-0,232	0,4737	-0,490	0,9956

Masilla = 10

Levadura = 10 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
20	0	-3,596	0,4628	-7,769	0,0001
20	10	-1,759	0,4737	-3,714	0,0307

Masilla = 20

Levadura = 0 restado a:

Masilla	Levadura	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
20	10	1,837	0,4587	4,004	0,0193

**Modelo lineal general: GDP vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para GDP, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	0,7630	0,5561	0,5561	3,65	0,083
Masilla	2	0,4647	0,4230	0,2115	1,39	0,290
Levadura	1	0,0167	0,0180	0,0180	0,12	0,738
Masilla*Levadura	2	1,6237	1,6237	0,8119	5,32	0,024
Error	11	1,6782	1,6782	0,1526		
Total	17	4,5464				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	3,779	1,211	3,12	0,010
Pi	-0,005636	0,002952	-1,91	0,083

Pruebas simultáneas de Tukey

Variable de respuesta GDP

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Masilla\*Levadura

Masilla = 0

Levadura = 0 restado a:

		Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Masilla	Levadura				
0	10	-0,7648	0,3191	-2,397	0,2367
10	0	-0,3930	0,3271	-1,201	0,8277
10	10	-0,0914	0,3271	-0,279	0,9997
20	0	-0,9544	0,3194	-2,988	0,0977
20	10	-0,3014	0,3194	-0,944	0,9263

Masilla = 0

Levadura = 10 restado a:

		Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Masilla	Levadura				
10	0	0,3718	0,3251	1,1439	0,8533
10	10	0,6734	0,3251	2,0716	0,3657
20	0	-0,1896	0,3190	-0,5944	0,9893
20	10	0,4634	0,3200	1,4481	0,7004

Masilla = 10

Levadura = 0 restado a:

		Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Masilla	Levadura				
10	10	0,3016	0,3189	0,946	0,9258
20	0	-0,5615	0,3236	-1,735	0,5386
20	10	0,0916	0,3312	0,276	0,9997

Masilla = 10

Levadura = 10 restado a:

		Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Masilla	Levadura				
20	0	-0,8631	0,3236	-2,667	0,1599
20	10	-0,2100	0,3312	-0,634	0,9857

Masilla = 20  
 Levadura = 0 restado a:

		Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Masilla	Levadura				
20	10	0,6530	0,3208	2,036	0,3823

**Modelo lineal general: CA vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CA, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	5,231	4,460	4,460	3,42	0,091
Masilla	2	2,906	2,820	1,410	1,08	0,372
Levadura	1	0,034	0,031	0,031	0,02	0,880
Masilla*Levadura	2	4,903	4,903	2,451	1,88	0,198
Error	11	14,330	14,330	1,303		
Total	17	27,404				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	-1,024	3,539	-0,29	0,778
Pi	0,015959	0,008625	1,85	0,091

**Modelo lineal general: Gluc vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Gluc, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	68,4	68,4	34,2	0,19	0,828
Levadura	1	51,0	51,0	51,0	0,29	0,603
Masilla*Levadura	2	260,1	260,1	130,0	0,73	0,503
Error	12	2141,9	2141,9	178,5		
Total	17	2521,3				

**Modelo lineal general: Col vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Col, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	1380	1380	690	0,61	0,561
Levadura	1	473	473	473	0,42	0,531
Masilla*Levadura	2	384	384	192	0,17	0,847
Error	12	13661	13661	1138		
Total	17	15897				

**Modelo lineal general: PT vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para PT, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	2,5471	2,5471	1,2736	2,02	0,175
Levadura	1	0,0103	0,0103	0,0103	0,02	0,900
Masilla*Levadura	2	0,6748	0,6748	0,3374	0,54	0,598
Error	12	7,5487	7,5487	0,6291		
Total	17	10,7809				

**Modelo lineal general: Creat vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Creat, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	1,0817	1,0817	0,5409	1,13	0,356
Levadura	1	1,5724	1,5724	1,5724	3,28	0,095
Masilla*Levadura	2	1,0934	1,0934	0,5467	1,14	0,352
Error	12	5,7559	5,7559	0,4797		
Total	17	9,5034				

**Modelo lineal general: Urea vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Urea, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	84,80	84,80	42,40	0,67	0,530
Levadura	1	0,05	0,05	0,05	0,00	0,979
Masilla*Levadura	2	18,70	18,70	9,35	0,15	0,864
Error	12	760,79	760,79	63,40		
Total	17	864,35				

**Resultados de Masilla = 0**

Variable	Levadura	Media del Error		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	estándar			
CDMS	0	10,025	0,183	0,316	0,100	3,16
	10	6,596	0,621	1,075	1,155	16,30
GDP	0	1,841	0,130	0,225	0,051	12,22
	10	1,095	0,360	0,623	0,388	56,86
CA	0	5,483	0,273	0,472	0,223	8,61
	10	6,88	1,31	2,27	5,16	33,00
Gluc	0	78,8	17,6	30,5	932,1	38,73
	10	92,87	2,33	4,04	16,33	4,35



Urea	0	20,57	5,46	9,45	89,30	45,95
	10	21,63	4,75	8,24	67,82	38,07
Creat	0	2,217	0,563	0,974	0,949	43,96
	10	3,423	0,188	0,326	0,106	9,53
Col	0	265,4	24,2	41,9	1755,1	15,78
	10	250,7	18,7	32,4	1047,7	12,91
PT	0	9,570	0,172	0,299	0,089	3,12
	10	9,207	0,599	1,037	1,076	11,27

### Resultados de Masilla = 10

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	7,590	0,112	0,195	0,038	2,57
	10	9,117	0,535	0,927	0,860	10,17
GDP	0	1,587	0,264	0,458	0,209	28,83
	10	1,889	0,264	0,458	0,209	24,22
CA	0	5,066	0,863	1,494	2,233	29,50
	10	4,954	0,507	0,879	0,772	17,74
Gluc	0	90,33	4,77	8,26	68,26	9,15
	10	89,53	1,41	2,44	5,94	2,72
Urea	0	18,73	5,45	9,45	89,26	50,43
	10	20,33	4,49	7,78	60,50	38,25
Creat	0	2,903	0,438	0,758	0,575	26,12
	10	2,903	0,341	0,590	0,349	20,34
Col	0	259,2	23,2	40,1	1609,1	15,48
	10	240,5	24,0	41,5	1725,0	17,27
PT	0	8,380	0,455	0,789	0,622	9,41
	10	8,947	0,509	0,881	0,776	9,85

### Resultados de Masilla = 20

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	5,3146	0,0530	0,0918	0,0084	1,73
	10	7,022	0,457	0,792	0,627	11,28
GDP	0	0,9206	0,0159	0,0275	0,0008	2,99
	10	1,508	0,294	0,509	0,259	33,77
CA	0	5,778	0,149	0,258	0,066	4,46
	10	4,871	0,560	0,971	0,942	19,93
Gluc	0	91,60	3,94	6,82	46,56	7,45
	10	88,467	0,754	1,305	1,703	1,48
Urea	0	26,20	1,89	3,27	10,69	12,48
	10	23,23	4,58	7,93	62,81	34,11

Creat	0	2,063	0,194	0,337	0,113	16,31
	10	2,630	0,512	0,886	0,785	33,69
Col	0	269,8	10,9	18,8	355,0	6,98
	10	272,4	10,6	18,4	338,7	6,76
PT	0	8,563	0,221	0,382	0,146	4,46
	10	8,503	0,596	1,032	1,065	12,14

## Tercera etapa

### Modelo lineal general: CDMS vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CDMS, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	0,6299	0,3531	0,3531	1,34	0,271
Masilla	2	0,2198	0,1782	0,0891	0,34	0,719
Levadura	1	1,7241	1,7379	1,7379	6,62	0,026
Masilla*Levadura	2	0,3760	0,3760	0,1880	0,72	0,510
Error	11	2,8882	2,8882	0,2626		
Total	17	5,8380				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	8,653	1,905	4,54	0,001
Pi	0,005020	0,004329	1,16	0,271

Pruebas simultáneas de Tukey

Variable de respuesta CDMS

Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Levadura

Levadura = 0 restado a:

	Diferencia de medias	SE de diferencia	Valor T	Valor P ajustado
Levadura 10	0,6271	0,2438	2,573	0,0259

### Modelo lineal general: GDP vs. Masilla; Levadura

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para GDP, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	0,0093	0,0002	0,0002	0,00	0,971
Masilla	2	0,1652	0,1459	0,0730	0,67	0,529
Levadura	1	0,4493	0,4621	0,4621	4,27	0,063
Masilla*Levadura	2	0,0851	0,0851	0,0426	0,39	0,684
Error	11	1,1896	1,1896	0,1081		
Total	17	1,8985				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	1,327	1,223	1,09	0,301
Pi	0,000104	0,002778	0,04	0,971

**Modelo lineal general: CA vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para CA, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Pi	1	1,393	0,415	0,415	0,09	0,773
Masilla	2	6,785	5,994	2,997	0,63	0,549
Levadura	1	19,514	19,836	19,836	4,19	0,065
Masilla*Levadura	2	2,717	2,717	1,359	0,29	0,756
Error	11	52,085	52,085	4,735		
Total	17	82,494				

Término	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	5,991	8,090	0,74	0,474
Pi	0,00544	0,01838	0,30	0,773

**Modelo lineal general: Gluc vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Gluc, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	25,803	25,803	12,902	1,56	0,250
Levadura	1	14,580	14,580	14,580	1,76	0,209
Masilla*Levadura	2	69,223	69,223	34,612	4,18	0,062
Error	12	99,313	99,313	8,276		
Total	17	208,920				

**Modelo lineal general: Col vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Col, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	3370,0	3370,0	1685,0	2,46	0,127
Levadura	1	162,0	162,0	162,0	0,24	0,636
Masilla*Levadura	2	727,6	727,6	363,8	0,53	0,601
Error	12	8227,4	8227,4	685,6		
Total	17	12487,0				

**Modelo lineal general: PT vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para PT, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	8,108	8,108	4,054	1,05	0,380
Levadura	1	8,904	8,904	8,904	2,31	0,155

Masilla*Levadura	2	2,558	2,558	1,279	0,33	0,724
Error	12	46,336	46,336	3,861		
Total	17	65,906				

**Modelo lineal general: Creat vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Creat, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	0,6358	0,6358	0,3179	1,44	0,274
Levadura	1	0,1901	0,1901	0,1901	0,86	0,371
Masilla*Levadura	2	0,1457	0,1457	0,0729	0,33	0,725
Error	12	2,6414	2,6414	0,2201		
Total	17	3,6131				

**Modelo lineal general: Urea vs. Masilla; Levadura**

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Masilla	fijo	3	0; 10; 20
Levadura	fijo	2	0; 10

Análisis de varianza para Urea, utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Masilla	2	40,77	40,77	20,39	0,56	0,585
Levadura	1	48,68	48,68	48,68	1,34	0,270
Masilla*Levadura	2	273,43	273,43	136,72	3,76	0,060
Error	12	436,66	436,66	36,39		
Total	17	799,54				

**Resultados de Masilla = 0**

Variable	Levadura	Media del		Desv.Est.	Varianza	CoefVar
		Media	Error estándar			
CDMS	0	10,542	0,308	0,534	0,285	5,07
	10	11,178	0,113	0,195	0,038	1,75
GDP	0	1,484	0,233	0,404	0,163	27,24
	10	1,215	0,135	0,233	0,054	19,21
CA	0	7,46	1,19	2,06	4,25	27,63
	10	9,42	1,01	1,75	3,07	18,58
Gluc	0	87,067	0,384	0,666	0,443	0,76
	10	91,97	2,69	4,65	21,64	5,06
Urea	0	13,733	0,328	0,569	0,323	4,14
	10	20,40	5,35	9,27	85,96	45,45
Creat	0	3,230	0,346	0,599	0,359	18,55
	10	3,420	0,301	0,521	0,272	15,24
Col	0	248,63	7,65	13,25	175,58	5,33
	10	227,3	16,3	28,3	798,7	12,43
PT	0	6,04	1,05	1,81	3,28	29,98
	10	8,37	1,24	2,16	4,65	25,75

## Resultados de Masilla = 10

Variable	Levadura	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	Varianza	CoefVar
CDMS	0	10,812	0,0523	0,0907	0,0082	0,84
	10	11,079	0,240	0,416	0,173	3,76
GDP	0	1,366	0,216	0,374	0,140	27,38
	10	1,183	0,124	0,215	0,046	18,16
CA	0	8,43	1,62	2,81	7,89	33,32
	10	9,64	1,31	2,27	5,16	23,55
Gluc	0	85,03	1,74	3,01	9,05	3,54
	10	89,267	0,674	1,168	1,363	1,31
Urea	0	22,00	5,45	9,44	89,19	42,93
	10	17,833	0,593	1,026	1,053	5,76
Creat	0	3,383	0,255	0,442	0,196	13,08
	10	3,377	0,128	0,222	0,049	6,57
Col	0	263,03	4,21	7,30	53,26	2,77
	10	272,9	14,5	25,1	627,9	9,18

## Resultados de Masilla = 20

Variable	Levadura	Media	Media del Error estándar	Desv.Est.	Varianza	CoefVar
CDMS	0	10,222	0,104	0,180	0,032	1,76
	10	11,313	0,601	1,041	1,084	9,20
GDP	0	1,753	0,237	0,410	0,168	23,38
	10	1,2366	0,0880	0,1524	0,0232	12,33
CA	0	6,017	0,686	1,189	1,413	19,75
	10	9,32	1,22	2,12	4,48	22,70
Gluc	0	91,70	2,35	4,07	16,59	4,44
	10	87,967	0,433	0,751	0,563	0,85
Urea	0	26,70	2,98	5,17	26,71	19,36
	10	14,33	2,24	3,89	15,09	27,10
Creat	0	2,740	0,322	0,557	0,311	20,35
	10	3,173	0,212	0,367	0,134	11,55
Col	0	269,2	20,4	35,4	1253,0	13,15
	10	262,7	20,0	34,7	1205,2	13,22

Univariate Tests of Significance for Acetico (Spreadsheet1)  
Sigma-restricted parameterization

	SS	Degr. of	MS	F	p
<b>Intercept</b>	62,34722	1	62,34722	2000,802	0,000000
<b>Mas</b>	0,45374	2	0,22687	7,281	0,008503
<b>Lev</b>	1,59609	1	1,59609	51,221	0,000012
<b>Mas*Lev</b>	1,20821	2	0,60411	19,387	0,000174
<b>Error</b>	0,37393	12	0,03116		

Effective hypothesis decomposition

Univariate Tests of Significance for Propionico (Spreadsheet1)  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
<b>Intercept</b>	0,700139	1	0,700139	396,3050	0,000000
<b>Mas</b>	0,027411	2	0,013706	7,7579	0,006880
<b>Lev</b>	0,016806	1	0,016806	9,5126	0,009463
<b>Mas*Lev</b>	0,023744	2	0,011872	6,7201	0,011014
<b>Error</b>	0,021200	12	0,001767		

Univariate Tests of Significance for Butirico (Spreadsheet1)  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Relación acético:propiónico

Univariate Tests of Significance for Ac:Pr (AGV's modificada)  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
<b>Intercept</b>	58,04303	1	58,04303	425,2159	0,000000
<b>Mas</b>	0,35607	2	0,17804	1,3043	0,307219
<b>Lev</b>	0,00515	1	0,00515	0,0377	0,849218
	SS	Degr. of	MS	F	p
<b>Intercept</b>	198,0050	1	198,0050	671,089	0,000000
<b>Mas</b>	2,4649	2	1,2324	4,1771	0,041992
<b>Lev</b>	4,7638	1	4,7638	16,1456	0,001705
<b>Mas*Lev</b>	2,6911	2	1,3456	4,5605	0,033636
<b>Error</b>	3,5406	12	0,2950		
<b>Mas*Lev</b>	0,03674	2	0,01837	0,1346	0,875402
<b>Error</b>	1,63803	12	0,13650		