

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DEL METODO DE CONSERVACIÓN DE
DISTINTOS MATERIALES DE GRANO DE SORGO
SOBRE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL Y
DIGESTIBILIDAD INTESTINAL DE LA MATERIA SECA**

Por

María Laura CAORSI MOLINARI
Angela Paula OLIVERA ANTUNEZ

Tesis presentada como uno
de los requisitos para
obtener el título de Ingeniero
Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2005

Tesis aprobada por:

Ing. Agr. Ana Bianco

Ing Agr. Cristina Cabrera

Ing Agr. Ana Berti

Fecha: _____

Autores:

María Laura Caorsi Molinari

Angela Paula Olivera Antúnez

AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora de tesis Ing Agr. Ana Bianco , por la guía y el apoyo brindado en este trabajo.

A Dana por su colaboración durante la realización del ensayo en el CRS

A Inés de Aurrecochea por su invaluable colaboración en la realización del análisis estadístico de los datos recabados.

Al personal del laboratorio de nutrición por prestarnos sus instalaciones.

A los amigos que nos han acompañado y apoyado a lo largo de la carrera.

A mis padres, a mi tía , a Rosana, Noelia; Claudio, Federico, por el apoyo durante estos años de carrera; y a Fernando quien me acompañó en el recorrido de estos últimos años y con quien decidimos construir un futuro juntos. Paula

A NUESTRAS FAMILIAS Y AMIGOS

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GRANO DE SORGO	2
2.1.1. <u>Características morfológicas y fisiológicas</u>	2
2.1.2. Taninos	4
2.2. PROCESAMIENTO Y CONSERVACION DEL GRANO DE SORGO	6
2.2.1 <u>Grano seco (molido o arrollado)</u>	7
2.2.2 <u>Granos húmedos</u>	7
2.2.2.1. Conservación del grano húmedo por medio del ensilado	8
2.2.2.2. Conservación de grano húmedo con urea	9
2.3. DEGRADABILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA	10
3 <u>MATERIALES Y METODOS</u>	18
3.1. LOCALIZACIÓN	18
3.2. TRATAMIENTOS	18
3.3 DETERMINACIONES REALIZADAS	19
3.3.1- <u>Composición Química</u>	19
3.3.2 <u>Degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la Materia Seca.</u>	19
3.3.2.1 Animales	19
3.3.2.2 Preparación de las muestras	20
3.3.2.3 Período experimental	20

4.2. DEGRADABILIDAD RUMINAL	24
4.2.1 Resultados estadísticos	24
4.3. DIGESTIBILIDAD INTESTINAL DE LA MATERIA SECA	29
4.4. DIGESTIBILIDAD TOTAL DE LA MATERIA SECA	30
3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO	21
3.4.1 <u>Degradabilidad ruminal de la materia seca</u>	21
3.4.2 <u>Digestibilidad intestinal de la Materia Seca.</u>	22
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	23
4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MATERIAL ORIGINAL	23
5. <u>CONCLUSIONES</u>	32
6. <u>RESUMEN</u>	33
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	34
8. <u>ANEXOS</u>	36

Cuadro N° 8: Contrastes utilizando como testigo el BT seco y el BT urea
LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Digestibilidad del almidón de los granos de maíz y sorgo con diferentes métodos de procesamiento

Cuadro N° 2: Identificación del tratamiento según el método de conservación y el contenido de taninos

Cuadro N° 3: Composición química del grano de sorgo a la cosecha.

Cuadro N° 4: Composición química del grano conservado

Cuadro N° 5: Parámetros de degradabilidad in situ y degradabilidad efectiva de la Materia Seca en función de los distintos tratamientos

Cuadro N° 6: Desaparición de la MS de los tratamientos para distintos tiempos de incubación ruminal.

Cuadro N° 7: Digestibilidad intestinal de la MS no degradada en rumen para cada uno de los tratamientos.

Cuadro N° 9- Estimación de la Materia Seca digerida en el total del tracto gastrointestinal

LISTA DE FIGURAS.

Figura N°1- Estructura del grano de sorgo

Figura N° 2- Cinética de la degradación ruminal de la cebada y el maíz

Figura N° 3- Digestibilidad del almidón de la cebada, maíz y el sorgo en el total del tracto digestivo y en el rumen y proporción que pasa al intestino sin degradar.

Gráfica N ° 1 Regresión entre fracción soluble y la degradabilidad efectiva

Gráficos N° 2 Cinética de la desaparición de la MS en el rumen del grano de sorgo

Gráfica N°- 3 Aporte del rumen e intestino al total de la MS digerida

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo de sorgo tiene una proyección importante; se utiliza con dos destinos principales: la producción animal, a través del consumo directo del grano o la elaboración de raciones, y el consumo humano directo. Este segundo aspecto se vincula sobre todo con economías del tercer mundo, en las que prima el autoconsumo, asociadas a tecnologías de baja utilización de insumos y de uso no eficiente del ambiente que se traduce en bajos rendimientos.

Las estadísticas de rendimientos del cultivo en el Uruguay (DIEA - MGAP) indican que en los últimos 10 años, el promedio de rendimiento de sorgo fue de 3284 kg/ha (CV 23%) , si se le compara con el maíz que rindió en promedio 3450 kg /ha (CV 34%), se confirma que es un cultivo que si bien en términos promedios logra menores rendimientos que el maíz, estos son más estables.

El destino principal del grano es para el consumo dentro del establecimiento ya que no existe un mercado interno que absorba grandes volúmenes, siendo esta una de las causas principales que limita el crecimiento en área de dicho cultivo, si bien produce ventajas su inclusión dentro de una rotación por el tipo de rastrojo que deja, además de presentar (junto con la soja) plasticidad vegetativa y reproductiva comparándose con cultivos de verano como girasol y maíz.

Dadas las ventajas agronómicas que presenta el cultivo que fueron anteriormente citadas, y que, en los últimos años, cada vez más , un mayor número de empresas de producción de leche y carne intensiva están configurando en forma más ajustada las dietas del ganado de manera de mejorar la productividad animal y así incrementar el ingreso de los establecimientos; se considera importante conocer el comportamiento de grano frente a los distintos modos de conservación que existen (silo de grano húmedo, seco y con urea) y su interacción con los diferentes cultivares (alto y bajo tanino).

El trabajo tiene como objetivo estudiar el aprovechamiento animal del grano de sorgo con diferentes contenidos de taninos y conservado mediante fermentación láctica (ensilado), con agregado de urea o seco.

2.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GRANO DE SORGO

2.1.1Características morfológicas y fisiológicas

El sorgo es una gramínea de origen tropical C4; es una especie que tiene un comportamiento autógomo, sin embargo existe siempre un porcentaje de fecundación cruzada principalmente entre flores de una misma panoja, siendo más factible en panojas abierta que en compactas.

Posee un sistema radicular fibroso que se puede desarrollar en un radio de 40 cm de la hilera y a una profundidad de 90 cm. Este sistema no se destaca tanto por la cantidad de peso de las raíces sino por el grado profuso de ramificación, de esta forma, la exploración de suelo es intensa. Dicha característica le da al sorgo la ventaja comparativa frente a las demás especies de poder explorar intensamente el suelo, lo que le hace más resistente al estrés hídrico y a su vez le permite una alta eficiencia en la utilización de nutrientes. Frente a condiciones de estrés hídrico regula el área foliar según la disponibilidad de agua y seca sus hojas basales.

Los requerimientos hídricos en la estación de crecimiento son de 450 mm, mientras que requiere ser sembrado en el período libre de heladas y cuando la temperatura mínima del suelo sea de 15°C, siendo la óptima de 18°C. El consumo de agua máximo se da en los 15 días previos y posteriores a la floración; la definición de rendimiento se da en el estado V6 esto ocurre entre 30 y 35 días post-emergencia.

El grano maduro está constituido por un embrión o germen y una cubierta seminal. Como fruto se clasifica botánicamente en cariospe. El color del grano es variable desde los tonos rojos, marrones y amarillos, asociándose esta característica con el contenido de tanino. El grano esta compuesto por un 6% endosperma +aleurona, 84 % germen y 10 % de pericarpio.

Todos los sorgos graníferos (independientemente de su color), como constituyentes de sus granos poseen sustancias tánicas hidrolizables (ácido gálico y ácido elágico) y estas no representan un factor negativo al considerar su valor nutritivo. Sólo los sorgos de cubierta seminal (testa) pigmentada, poseen taninos condensados (catequinas, flavonoides,y leucocianinas). Estas sustancias están compuestas por polímeros de unidades de catequina unidas por enlaces débiles de C-C, y son capaces de unirse y precipitar proteínas en medio acuoso. Reichert et al., (1980), observaron que los taninos en el grano de sorgo se encuentran en un 81.6 % en la testa, 15.1 % en el pericarpio y 3.3 % en endosperma y germen.

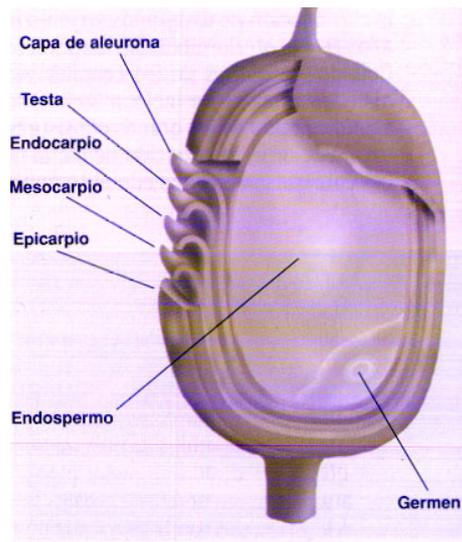


Figura N° 1 Estructura del grano de sorgo

Las ventajas de la utilización de sorgos con taninos es que con frecuencia en el período de cosecha se dan lluvias , lo que indica un fuerte requerimiento de cultivares de semilla dura, o que además posean una subepidermis oscura que contenga taninos. Según Bennett y Turcker (1988) los taninos parecen actuar como funguicida para los mohos, produciendo también una acción repulsiva para los pájaros, que en ciertas zonas de nuestro país pueden alcanzar el umbral de plaga.

Su efecto principal en los rumiantes consiste en una disminución en la degradación de las proteínas en el rumen, aumentando el pasaje hacia el intestino produciendo la digestión y absorción de la proteína en el intestino.

Las diferencias existentes entre los híbridos de sorgo, como así también la similitud hallada en diferentes trabajos con algunos maíces, indica que el aporte nutritivo del grano de sorgo es altamente dependiente del genotipo, razón por la cual un valor estándar de la composición o de la calidad nutritiva de éste grano puede subestimar o sobreestimar su valor alimenticio.

Chessa A (2001), sostiene que los taninos condensados, son compuestos que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad y ,asimismo, inhiben la acción de la amilasa (enzima importante durante el proceso de digestión de los granos), causando una disminución del 10 al 30% y más en la eficiencia alimentaria, en comparación con los sorgos que no poseen estos compuestos.

2.1.2 Taninos

La cantidad y el tipo de taninos sintetizados por las plantas varían considerablemente dependiendo entre otras cosas de la especie, el cultivar, tejido, el estado de desarrollo y las condiciones ambientales. Por lo tanto, el estudio de los efectos nutricionales de los taninos en los animales requiere de la cuantificación de los mismos para cada dieta en particular, de la estructura química y de la fisiología del animal en estudio (Barry y Manley 1984).

Douglas y col (1993) determinaron en distintas especies forrajeras la concentración de taninos totales en los tallos y en las láminas de las hojas, expresada como porcentaje de la materia seca de la especie forrajera considerada. Así encontraron que cuando se trata de especies con alta concentración de taninos (5-8% de MS) las hojas y tallos tienen concentración semejante y cuando la concentración es baja (<2% de la MS) la lámina de la hoja posee entre 2 a 5 veces más que en otros órganos de la planta como por ejemplo los tallos.

El contenido de taninos del sorgo varía ampliamente (0,2 a 6,9%) de acuerdo a la variedad Russell R.W et al(1989). El contenido de taninos está asociado positivamente con varios atributos agronómicos pero está asociado negativamente con la calidad nutricional del grano.

En la naturaleza y dentro de los forrajes utilizados en los sistemas de producción de diferentes regiones del mundo, existen macromoléculas complejas capaces de interferir en los procesos digestivos afectando el consumo, el crecimiento y hasta el valor nutritivo de los mismos. Estas moléculas son conocidas genéricamente con el nombre de taninos. Existen dos tipos de taninos, los hidrolizables (TH) y los condensados (TC), siendo éstos últimos los que poseen mayor capacidad de interactuar con otras moléculas afectando a la producción animal.

En la actualidad, existe un reciente interés en TC como integrantes de las dietas de rumiantes, debido a los beneficios potenciales sobre el valor nutritivo de la dieta y la salud animal. Según su concentración en el forraje, las respuestas obtenidas fueron diferentes, Otero M.J e Hidalgo L.G (2004) sostienen que altas concentraciones (5-10 % de la materia seca), deprimen el consumo y la digestibilidad del forraje. Mientras que a menor concentración (2-4 % de la materia seca), podrían disminuir las pérdidas de la proteína de la ingesta producida por la proteólisis por los microorganismos del rumen e incrementar la absorción intestinal de las proteínas (Waghorn y col 1997).El tratamiento con taninos para reducir la solubilidad y fermentación ruminal de las proteínas vegetales ha sido sugerido en algunos estudios (Kugler, 1994; Lee et al., 1992; Waghorn et al., 1990).

Min et al. (2003) reportan que la efectividad de bajas concentraciones de taninos (20 a 45 g/kg de materia seca de forraje) para reducir la acción proteolítica en el rumen está asociada al tipo de tanino. En adición, los autores reportan evidencias de efectos positivos directos en el tracto inferior por reducción de la carga parasitaria e indirectos por mejora en la absorción de aminoácidos.

Los TC o proantocianidinas, son polímeros de flavonas, que se encuentran presentes en los tallos, las hojas e inflorescencias de diversas especies forrajeras. Este grupo de taninos interactúan con las proteínas formando complejos. La facilidad de los TC de formar esos complejos es el aspecto más importante en sus efectos nutricionales y toxicológicos. La proteína no es degradada en el rumen, pero está disponible para la digestión en el abomaso e intestino delgado. En un rango de pH de entre 5 y 7,5 en el rumen, la proteína permanece unida a los taninos, pero a pH bajos (pH < 3,5) la proteína es liberada Otero M.J e Hidalgo L.G (2004) .

Pordomingo et al. (2003) han verificado una mejora en la eficiencia de conversión de una dieta de alta energía basada en maíz con el agregado de taninos condensados de quebracho. El consumo voluntario resultó similar entre tratamientos pero el ritmo de engorde fue superior para los casos que incluyeron taninos. La dosis de taninos condensados de mayor efectividad utilizada en ese estudio fue de 2,5% de la dieta (base seca). Basándose en las experiencias anteriores, estos mismos autores realizaron un trabajo donde se plantearon como hipótesis que la inclusión de taninos en la dieta de bovinos en feedlot a niveles de 1,5% o inferiores podría generar el mismo efecto positivo sobre la eficiencia de conversión verificada a dosis mayores. Se hipotetizó también que la reducción de la concentración energética de la dieta con el agregado de fibra no afectaría la respuesta a la adición de taninos.

Para este trabajo se evaluó el efecto del agregado de taninos en dos niveles de aplicación (1,5 y 0,75% - base seca- versus un testigo sin taninos) sobre dietas con: a) 70% de grano de maíz y b) 45% de grano de maíz, complementadas con heno de alfalfa, expeller de girasol, urea, sales y núcleo vitamínico-mineral. Para cada nivel de grano las dietas se balancearon para ofrecer similar nivel de energía metabolizable (EM) y proteína bruta (PB) (NRC, 1996); se utilizaron 72 vaquillonas Angus. Las variables evaluadas fueron: consumo de MS (CMS), aumento de peso (APV), consumo de MS en función del peso vivo (CMSPV) y eficiencia de conversión. (EC). Los resultados mostraron que el CMS no se vio afectado ($P>0,16$) por el nivel de grano en la dieta o el agregado de taninos, pero el CMSPV resultó inferior ($P<0,01$) y la EC superior ($P<0,05$) en los tratamientos con mayor contenido de grano. Los APV medios de los tratamientos con agregado de taninos (promedio de ambos niveles) y 70% de grano resultaron 12,9; 12,7 y 8,8% superiores al tratamiento del mismo nivel de grano con 0% de taninos en los períodos 1, 2 y 3, respectivamente.. Los efectos de la presencia de taninos en la dieta detectados en los tratamientos con 70% de grano no se repitieron en los tratamientos con 45% de grano. En el nivel de 45% de grano en la dieta, el agregado de taninos no tuvo efectos sobre el peso vivo final ($P>0,18$), el APV ($P=0,24$), el CMS ($P=0,57$), el CMSPV ($P=0,21$) o la EC ($P=0,46$) de las vaquillonas.

2.2. PROCESAMIENTO Y CONSERVACION DEL GRANO DE SORGO

La resistencia al ataque por los agentes digestivos de las capas externas de los granos cuando son consumidos enteros se traduce en una demora prolongada en el inicio de la digestión, la cual dependerá de la eficiencia de la ruptura de los granos en el proceso de la rumia.

El procesamiento del grano incrementa la tasa de degradabilidad ruminal (velocidad de digestión), así como la extensión de la digestión ruminal del almidón (cantidad que es fermentada). La tasa de digestión del almidón en el rumen varía inversamente con el tamaño de partícula del grano y directamente con el grado de gelatinización del almidón

Hill TM (1991) afirma que los métodos de procesamiento tales como molido o pisado del grano seco, descascarado por vapor, y preconstitución o cosecha temprana y ensilado, seguido por molido o pisado previo a ser suministrado, han mejorado la digestibilidad del grano de sorgo alterando la matriz proteica alrededor de los gránulos de almidón .

Típicamente los granos son molidos, quebrados, tratados con vapor, calor seco y pueden ser además aplastados para romper o el pericarpio (cubierta del grano) y proveer así de las vías de acceso para que los microorganismos alcancen rápidamente los ricos componentes del endosperma. En la medida que las partículas se hacen más pequeñas, más almidón es expuesto a la digestión por las enzimas microbianas; la acelerada producción de ácidos orgánicos y mucopolisacáridos lleva a un descenso del pH ruminal y a un incremento de la viscosidad del líquido ruminal.

Se han desarrollado distintos métodos de procesamiento con el objetivo de aumentar la disponibilidad del almidón (energía) en el tracto digestivo y modificar la velocidad de consumo de los granos. Ambos objetivos se alcanzan alterando la forma del alimento, provocando la gelatinización del almidón, aumentando la palatabilidad de los grano y/o modificando el tamaño de partícula lo cual aumenta su área superficial lo cual permite una mayor acción por parte de los microorganismos y/o enzimas.

2.2.1 Grano seco Molienda seca (molido o arrollado)

Es el método más común y menos costoso de procesamiento de granos, el objetivo del mismo es la reducción del tamaño de partícula. La molienda se puede realizar por molinos a martillo o con rodillos. Cuando se realiza con molinillos a martillo, el tamaño de partícula depende del tamaño de la perforación de la zaranda empleada. En la molienda con rodillos (arrollado), la cantidad de semilla que escapa la molienda y el tamaño de las partículas dependerá de la velocidad de flujo de los granos, de la luz entre los rodillos y del corrugado de los mismos. En las moliendas (especialmente con molinillos a martillo), debe evitarse la generación de partículas

muy chicas ya que los granos así molidos son poco palatables y el polvo de los granos representa una pérdida de nutrientes.

2.2.2 Granos húmedos.

Estos granos son cosechados con 25-36% de humedad. Los mismos al ser conservado con alta humedad deben ser suministrado a los animales rápidamente luego de expuesto al aire ya que una vez que esto sucede comienza rápidamente un proceso de fermentación y existe también el peligro de contaminación con hongos lo que puede disminuir el consumo y producir trastornos digestivos. Estos problemas se pueden evitar agregando conservadores al momento de la cosecha (ácido propionico, o mezclas de ácidos acético y propiónico) , esta práctica no modifica la alta palatabilidad de los granos almacenado y minimiza la pérdida de nutrientes.

Si comparamos el consumo de grano húmedo y grano seco en vacas lecheras en producción, la performance y la conversión alimenticia no parece diferir , sin embargo se han reportado algunas modificaciones en la utilización digestiva de dichos granos. A través de un estudio realizado a base a información generada en nueve años para datos de digestibilidad del almidón de maíz y sorgo molidos, arrollados y con alto contenido de humedad, Huntington (1997) observó que independientemente del método de procesamiento utilizado, la digestibilidad en la totalidad del tracto es más elevada para el grano húmedo.

Cuadro N° 3 Digestibilidad del almidón de los granos de maíz y sorgo con diferentes métodos de procesamiento.

Grano	Método de procesamiento	Consumo de almidón (kg/d)	Degradabilidad (% del consumo de almidón))	Digestibilidad (del almidón %)
MAIZ	Seco Molido	11.7	49.5	93.5
	Seco Arrollado	2.1	76.2	92.2
	Húmedo	3.9	89.9	95.3
SORGO	Seco Molido	3.8	70	91
	Seco Arrollado	4.8	59.8	87.2
	Húmedo	3.6	73.2	92.8

Para un mismo proceso, el maíz aparece como levemente más digestible que el sorgo (93 vs 91, 92 vs 87y 95 vs 92% maíz y sorgo molido, arrollado y húmedo, respectivamente)

Los niveles elevados de consumo de almidón, corresponden a dietas con 80 y 90% de grano y a altos consumos de ración, esto podría explicar la baja digestibilidad ruminal del almidón del grano de maíz seco molido (49%) en comparación al sorgo (70%)en el mismo estado. Los consumos elevados y el tamaño

de partícula pequeña estarían provocando un pasaje muy rápido por el rumen incrementándose en forma importante la digestión postruminal

La conservación húmeda del grano de sorgo parece aumentar la velocidad de degradación del almidón así como la proporción del almidón desaparecida en el rumen, y en la totalidad del tracto (73.2vs 70 y 92.8 vs 91% para sorgo húmedo y seco respectivamente)

Kennelly (1987) indica que la proporción del almidón degradado en el rumen de los grano de cereales cosechados con alto contenido de humedad, sería mayor y/o sería más rápidamente fermentado que en los granos con alto contenido de materia seca. Esto haría que la velocidad de la digestión microbiana inmediatamente luego del consumo fuera favorecida por la ingestión de raciones con proporciones elevadas de granos húmedos. Una mayor degradabilidad del almidón en el rumen incrementaría así la eficiencia del crecimiento microbiano (si los demás nutrientes requeridos para el crecimiento microbiano no son limitantes) y por tanto la disponibilidad y pasaje de proteína Bacteriana del rumen al intestino, lo cual a su vez favorece la secreción por el páncreas de todas las enzimas digestivas, incluyendo las responsables de la digestión del almidón.

Con respecto a la totalidad de los métodos de procesamiento de los granos de cereales, Huntington (1997) concluye que todos los granos, excepto la avena responden positivamente al procesamiento especialmente aquellos que involucran la aplicación de vapor y el arrollado o el laminado. La mayor respuesta al tratamiento es de los sorgos y la menor el trigo.

2.2.2.1. Conservación del grano húmedo por medio del ensilado

La conservación de grano húmedo por medio del ensilado ha sido una alternativa con innumerables ventajas para la utilización como concentrados en nuestro sistemas productivos. El ensilado es una opción de reserva de alimento de gran difusión y un buen complemento para pasturas de los sistemas extensivos de producción bovina de carne y leche.

Luego que el grano es cosechado con una humedad de 25 a 35 %(madurez fisiológica) se debe asegurar anaerobiosis de forma que se produzca la fermentación del grano(ensilado)

El proceso de ensilaje tiene como objetivo principal la conservación del alimento húmedo con el mínimo de pérdidas de materia seca, conservando el valor nutritivo original y sin el desarrollo de productos tóxicos para el animal.

Para cumplir dichos objetivos se necesita: i- que la etapa respiratoria sea lo más breve posible para limitar la actividad enzimática que produce condiciones favorables para la putrefacción del silo, ii- lograr el descenso rápido del pH producido por el ácido láctico como producto de la fermentación.

El caso de granos húmedos, un almacenaje adecuado debe controlar el desarrollo de la población microbiana. Esto se logra a través del control de la entrada del oxígeno, de la humedad, de la temperatura y del pH en la masa del grano. El quebrado y molido del grano favorecen a un adecuado y rápido proceso fermentativo.

2.2.2.2 Conservación de grano húmedo con urea

La adición de urea en una proporción 2 a 3 % sobre base seca al momento de almacenaje permite conservar grano de sorgo o de maíz con humedad del 26 al 30 % sin necesidad de guardar hermeticidad. En el caso del sorgo, aún cuando el tratamiento con urea pudiera producir un ablandamiento parcial de la cubierta del grano, se recomienda partirlo o molerlo para mejorar el grado de digestión, y el potencial de producción de este grano. Si se suministra partido pueden esperarse consumos y ganancias similares a las que se obtienen suministrando ensilaje de grano húmedo.

Además de su bajo costo y de no requerir maquinaria especializada, conlleva varias de las ventajas del ensilaje de grano húmedo tradicional, las cuales fueron mencionadas.

Cuando se adiciona urea a un grano húmedo, esta se solubiliza al contacto con el agua, y en un corto lapso, que puede variar de 7 a 30 días, según la dosis de urea y la humedad del grano, una alta proporción de ella se desdobra a anhídrido carbónico y amoníaco. El amoníaco a su vez se transforma en hidróxido de amonio en solución, lo que eleva el pH de la masa de granos hasta 8 o 8.5. Esta alcalinización es la que impide el desarrollo de hongos y bacterias responsables de la putrefacción o ardido.

Al cabo de pocos días el grano así tratado cambia su coloración tornándose marrón oscuro a negro en el caso del sorgo, y marrón tostado en el maíz. Presenta además un fuerte olor a amoníaco, pero esto no resulta un impedimento para lograr un consumo normal por parte de los vacunos, el que es alcanzado luego de un breve periodo de acostumbramiento.

Al no tener lugar una fermentación anaerobia, esta técnica permite almacenar el grano en silo de malla tipo cima con paredes de arpillera plástica o simplemente en una pila. La única precaución para tener en cuenta es no permitir que el agua de lluvia penetre en exceso en la masa de granos, para lo cual se recomienda cubrir con filme plástico o almacenar bajo tinglado o galpón.

Se estima que el amonio también provocaría un ablandamiento del pericarpio o cubierta del grano, lo que volvería innecesaria la molienda para lograr una alta digestión por parte de los rumiantes. El tratamiento con urea también actúa inactivando los taninos del grano, aspecto que resulta importante en el caso del

sorgo, estos prácticamente desaparecen o son reducidos a niveles mínimos en menos de una semana.

Otro aspecto a tener en cuenta es que el grano resultante presenta un mayor contenido de nitrógeno, el que en parte puede ser utilizado por los rumiantes como fuentes para sintetizar las proteínas. En estudios realizados previamente no se han detectado indicios de intoxicación o trastornos digestivos por exceso de amoníaco en vacunos alimentados con grano húmedo conteniendo urea, siempre y cuando se confeccione según las recomendaciones, aún con dietas de feedlot con alta proporción de grano.

Russell R.W. (1989) con el objetivo de determinar la efectividad de la urea en desactivar taninos de sorgo, se utilizó la variedad Pioneer B 815; 3,4 +/- 0,3% de taninos y 12 % de humedad inicial, el cual fue reconstituido con soluciones acuosas de urea para dar combinaciones de 26, 30 y 34% de humedad con 2, 3 y 4% de urea (porcentaje de urea por peso seco del sorgo) los tratamientos se mantuvieron a 25 °C y por otro lado se duplicó la muestra de 30 % de humedad y se conservó a 60°C. El contenido de taninos se midió mediante la toma de muestras cada 3,7 y 21 días.

Los resultados obtenidos muestran que fueron efectivos en desactivar taninos sin diferencias entre humedad o contenido de urea. La tasa promedio de desactivación de taninos fue 68 +/- 2% d⁻¹. La temperatura afectó la tasa de desactivación de taninos en el sorgo reconstituido a 30% de humedad y 3% de urea cuando se almacenó a 25 o 60 °C. La tasa de desactivación de taninos fue 44 +/- 5 y 89 +/- 18% d⁻¹ a 25 y 60 C, respectivamente. Los taninos en el sorgo rico en taninos pueden ser desactivados rápidamente y completamente por reconstitución con urea acuosa. Estos estudios demuestran que el tanino es desactivado completamente bajo condiciones donde la urea es un efectivo conservante de sorgo de alta humedad

2.3.DEGRADACIÓN RUMINAL Y DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA

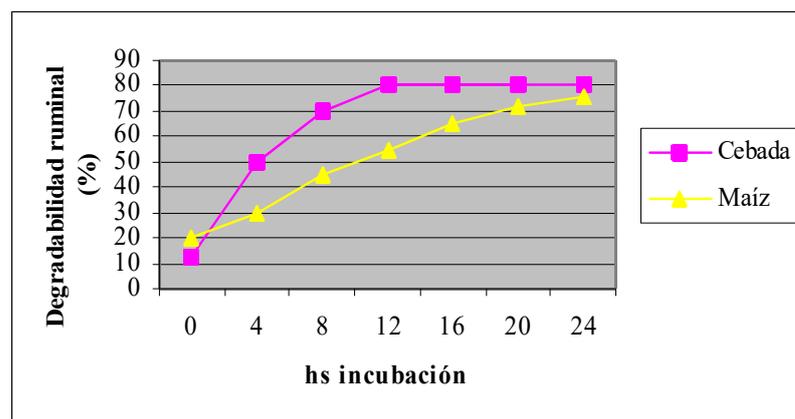
En el rumen el almidón es fermentado a ácidos grasos volátiles y la proteína degradada a cetoácidos y amoníaco, siendo este último la principal fuente de nitrógeno para la síntesis microbiana. La intensidad de este proceso degradativo es variable y depende de la magnitud de la fracción potencialmente degradable y de su tiempo de retención en el rumen.

La digestión en el rumen de las fracciones potencialmente degradables del almidón y la proteína puede ser descrita por un modelo de desaparición de este comportamiento (Orskov y Mc Donald, 1979), definido por dos actividades simultáneas: los ritmos o velocidades de degradación (kd) y de paso a través del rumen (kp) cuya relación determina la proporción efectivamente digerida en el rumen (kd/kd+kp) o, por el contrario, la proporción que abandonaría el rumen sin ser degradada (kp/kd+kp).

La mayor parte de los tratamientos a que son sometidos los cereales y suplementos proteicos modifican su velocidad de degradación en el rumen (kd) y con ello la proporción de almidón o proteína que es digerida en éste u otros tramos posteriores del tracto digestivo. Ello puede tener una importante incidencia en la eficiencia de utilización de la dieta y en la respuesta productiva del animal, dada la influencia que el lugar de digestión tiene sobre el tipo de nutrientes absorbidos (Thomas y Rook, 1981). No obstante, estas variaciones en el ritmo de degradación pueden verse compensadas por variaciones en el tiempo de retención, provocadas simultáneamente por el tratamiento.

Otros factores como el nivel de alimentación (Owens y Goetch, 1986) o la proporción de forraje en el caso de dietas mixtas (Colucci et al., 1982), pueden variar el tiempo de retención y por consiguiente la digestibilidad ruminal (Galyean et al 1979). No obstante, es de notar que la influencia del tiempo de retención varía dependiendo del ritmo de fermentación.

Figura N° 2 Cinética de la degradación ruminal de la cebada y el maíz



También puede ocurrir que alguno de estos factores, como la proporción de forraje de la dieta, afecten simultáneamente a los ritmos de tránsito (K_p) y de degradación (K_d), compensándose parcialmente ambos efectos.

Los granos de cereales contienen entre un 70 y un 80 % de almidón, que se encuentra en el endospermo, formando gránulos compuestos principalmente por amilopectina (70- 80% del almidón), cuya estructura ramificada, según French (citado por Guada J.A 1993), comprende zonas originadas o cristalinas, compuestas por los residuos lineales de (alfa) 1-4 glucosa y zonas amorfas ricas en residuos de (alfa) 1-6 glucosa o puntos de ramificación. El componente minoritario del almidón, la amilosa (polímero lineal de alfa 1-4 glucosa), se encuentra unido a la estructura de la amilopectina por puentes de hidrógeno, localizados fundamentalmente en las regiones amorfas. Las regiones cristalinas de la molécula de almidón son resistentes a la entrada de agua y al ataque enzimático, mientras que las regiones amorfas son más permeables al agua y susceptibles a la acción enzimática que en general

comienza en esta región, aunque se encuentra restringida por los enlaces de la amilosa con la amilopectina.

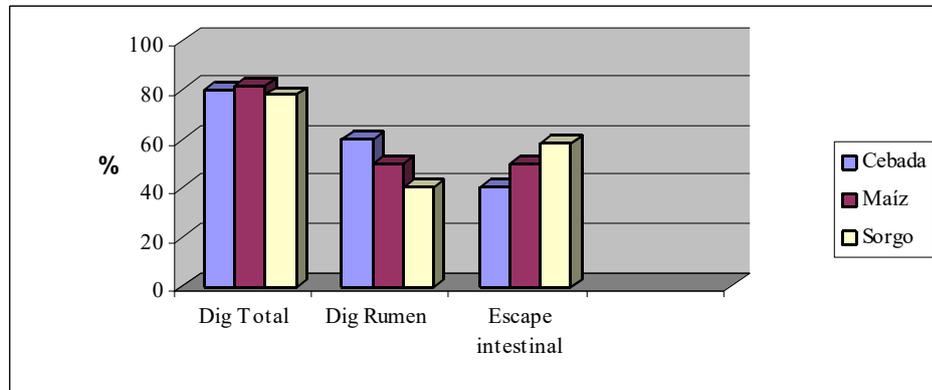
La aplicación de suficiente energía para romper los puentes de hidrógeno intermoleculares provoca la gelatinización del almidón o pérdida irreversible de su estructura original. Durante la gelatinización, los gránulos de almidón aumentan su absorción de agua, se expansionan, exudan parte de la amilosa y aumentan su susceptibilidad a la hidrólisis enzimática. Durante el molido y el aplastado en seco del grano, se produce una disminución del tamaño de partícula que aumenta la superficie de exposición de los gránulos de almidón al ataque enzimático, por la acción mecánica del tratamiento es suficiente para producir un cierto grado de gelatinización que aumenta la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática.

La *gelatinización* comienza por la ruptura de enlaces con amilosa en la zona amorfa, mientras que la penetración de calor y agua en la región cristalina ocurre más lentamente, ayudada por la mayor plasticidad de la región amorfa.

En los *tratamientos húmedos*, la presencia de agua aumenta la plasticidad de las regiones amorfas, favoreciendo considerablemente la desestructuración de las regiones cristalinas. Así la combinación de calor y humedad provoca un alto grado de gelatinización del almidón que, unido a las mayor superficie de exposición lograda al aplastar el grano húmedo y caliente, aumenta considerablemente su degradación enzimática y su velocidad de fermentación ruminal según la intensidad del tratamiento (Guada, J.A. 1993).

La eficacia del procesado varía no sólo en función del método, sino también de la fuente de almidón y de la especie animal. Los cereales difieren considerablemente en su susceptibilidad a la degradación ruminal, aunque estas diferencias no se reflejan en la digestibilidad aparente en el total del tracto digestivo, debido al efecto compensatorio que ejerce la fermentación en el intestino grueso fig 3 (Spicer et al, 1986). La elevada degradabilidad de la cebada y el trigo limitan su potencial de respuesta al procesado, cuyo efecto es prácticamente despreciable con estos granos (Waldo, 1973). Sin embargo el maíz que es mas lentamente degradado y el sorgo, que es todavía más resistente a la degradación, ofrecen mayor potencial de respuesta. El procesado en caliente y húmedo permite aumentar la digestibilidad ruminal en un 20 y30%, respectivamente(Theurer, 1980), lo que se traduce en mejoras del índice de conversión del orden del 10%. No obstante, en el caso del sorgo, se han observado importantes diferencias varietales en la digestión ruminal e intestinal (Streeter et al, 1990) y en respuesta a la reconstitución

Figura N° 3 Digestibilidad del almidón de la cebada, maíz y el sorgo en el total del tracto digestivo y en el rumen y proporción que pasa al intestino sin degradar. (Spicer et al. , 1986)



Montiel, M. D (2002), evaluaron el efecto de los genotipo del grano de sorgo seco sobre la degradabilidad ruminal de la materia seca y el almidón y lo compararon con genotipos de maíz con endospermas contrastantes (flint y dentado). Los tratamientos, conformados por los genotipos de sorgo y maíz, fueron molidos a 2mm e incubados durante 33 horas . Además, se determinó la digestibilidad in vitro de la MS(materia seca), y los contenidos de proteína bruta y ALM (almidón) de todos los materiales, y también se realizó en los granos de sorgo el test de blanqueo con cloro, con el objeto de determinar la presencia de testa pigmentada en los granos, lo cual implica presencia de taninos condensados en la misma.

Los resultados obtenidos mostraron que la digestibilidad in vitro promedio de los híbridos de sorgos y maíz fueron 69.81 y 90.56, respectivamente ($P < 0.05$). Los porcentajes promedio de proteína bruta y almidón fueron de 8.3 y 7.8% ($P > 0.05$), 68.6 y 67.3% ($P > 0.05$) para sorgo y maíz respectivamente. Cuando se realizó una comparación general entre los granos de sorgo y de maíz, éstos últimos resultaron más degradables en rumen ($P < 0.05$) que los híbridos de sorgo tanto en la MS como en el ALM siendo los valores 67.5 % y 85.6% de la degradabilidad de la MS y 70.5% y 90.9 % de la degradabilidad ALM respectivamente. Cuando la comparación se realizó identificando el híbrido, resultó que no solo se hallaron diferencias en la degradabilidad ruminal ($P < 0.05$) entre los híbridos de sorgo, sino que también existieron genotipos de sorgo que demostraron similares degradabilidades ($P > 0.05$) de la materia seca y del almidón que los maíces . Dichos híbridos de sorgo presentaron la particularidad de no poseer, en la mayoría de los casos, una testa pigmentada, lo cual indicaría que los taninos condensados disminuirían la degradabilidad de la MS y del ALM. Los híbridos de sorgo P8118, ProInta352,ACA550 y P8232, fueron los materiales que presentaron la misma degradabilidad que el mejor de los híbridos de maíz utilizado(Z8515-maíz dentado, DMS= 88.5%);mientras que los híbridos de sorgo MS2,MS3, Relámpago 55R y P8586, presentaron una degradabilidad de la MS igual a la del híbrido de maíz con menor degradabilidad (SPS3901-maíz semidentado, DMS=81.5%). Estos autores concluyeron que las diferencias planteadas entre los híbridos de sorgo, como así también la similitud hallada con algunos maíces, indica que el aporte nutritivo del

grano de sorgo es altamente dependiente del genotipo, razón por la cual un valor estándar de la composición o de la calidad nutritiva de éste grano puede subestimar o sobreestimar su valor alimenticio.

Romero et al (2001) estudiaron el efecto del contenido de tanino y el tratamiento con urea del grano de sorgo ensilado sobre la producción y composición química de la leche de vacas de raza Holando y describieron los parámetros de digestión in situ y la degradabilidad efectiva de la materia seca (MS) y de la proteína bruta (PB). Los tratamientos utilizados fueron: i) silo de grano húmedo de sorgo con bajo tanino (EBT) ii) silo de grano húmedo de sorgo con alto tanino (EAT) iii) silo de grano húmedo de sorgo con alto tanino y con el agregado de urea (UAT) Para los dos primeros tratamientos el grano fue previamente molido, para el caso del tratamiento con urea se utilizó entero.

Los distintos silos de sorgo grano húmedo utilizados fueron diferentes en la fracción soluble (62.8, 32.6, 22.7 %MS para EBT, EAT, UAT respectivamente) y la fracción potencialmente degradable de la materia seca, (38.2, 57.7, 53.2 %MS para EBT, EAT, UAT respectivamente), en el caso de la velocidad de digestión, no encontraron diferencias entre el silo de bajo tanino y el de alto tanino con urea (0.065 y 0.052 %h respectivamente), siendo el silo de bajo tanino el que se diferenció de los anteriores con una tasa de 0.113 %h. Para el caso de la degradabilidad efectiva los resultados mostraron que el ensilado bajo tanino fue el que presentó mayor degradabilidad efectiva de la MS en el rumen (94.2%MS), seguida por el ensilado alto tanino (71.0%MS), el agregado de urea fue quien tuvo menor degradabilidad efectiva (94.2%MS).

Streeter, M N et al (1990) estudiaron el efecto de variedades de grano sorgo sobre la digestión de la MO y almidón en vaquillonas cruce Agnus-Hereford de 230 kg promedio y provistas de cánulas en intestino. El grano fue suministrado seco, las variedades utilizadas fueron Millran (variedad de sorgo BT, con contenido 0 de taninos) y Darset (variedad AT con 1.44 % de taninos).

Los resultados obtenidos en el trabajo, muestran que la digestibilidad total de la materia orgánica (MO) del grano fue de 74.2% para la variedad normal -BT y 67.4% para la variedad normal-AT. En cuanto a la degradabilidad ruminal los resultados obtenidos por estos autores muestran que existe una tendencia (P=0.17) a que sea mayor la degradabilidad de la MO para el material BT (56.2 %) que la del AT (52.5 %)

Spicern, L.A. (1986) indicaron que el almidón y la proteína del grano de sorgo eran menos digeribles por el ganado que el almidón y la proteína del maíz y la cebada. Comparando la digestibilidad en todo el tracto del almidón, Keating et al. (1965) encontró que el almidón del grano de sorgo es menos digestible que el de la cebada para el ganado. Estos autores determinaron la utilización ruminal, post-ruminal y de todo el tracto del N y el almidón, y la síntesis de proteína bacteriana, en novillos de carne fistulados y alimentados con dietas basadas en grano de sorgo,

maíz y cebada (82 % de grano). Los resultados obtenidos demuestran que no hubieron diferencias ($P>0,05$) en el consumo de MO entre las tres dietas. La digestibilidad ruminal de la MO de las dietas de grano de sorgo y maíz tendió a ser menor ($P<0,07$) que aquella para la dieta de cebada (43 y 48 vs 62%, respectivamente).

El porcentaje de digestibilidad de MO post-ruminal en la dieta de maíz fue mayor ($P<0,05$) que para la dieta de sorgo y cebada (71, 65 y 61 % respectivamente). Aproximadamente iguales cantidades de MO fueron digeridas ruminalmente y post-ruminalmente para las dietas de grano de sorgo y maíz, mientras una mayoría de la MO en la dieta de cebada fue digerida en el rumen. Las digestibilidades de la MO en todo el tracto no fueron diferentes ($P>0,05$) entre granos, a pesar que el valor para maíz tendió a ser mayor (83.8 % para maíz, 80.7 % para cebada y 78.9 % para el sorgo). En contraste, Oltjen et al. (citado por Spicer, L.A.; et al 1986) encontró una menor digestibilidad de la materia seca en todo el tracto ($P<0,05$) de la dieta basada en grano de sorgo comparada con las dietas basadas en maíz y cebada (72 vs 83 y 84%, respectivamente). Schake et al. (citado por el mismo autor) también encontró una menor digestibilidad de la materia seca para grano de sorgo comparada con maíz.

Para el caso del almidón hubo una mayor cantidad ($P<0,05$) de almidón entrando al abomaso para la dieta de grano de sorgo comparada con las dietas de maíz y cebada. La digestibilidad del almidón en todo el tracto fue mayor ($P<0,05$) para los novillos alimentados con las dietas de maíz y cebada que para aquellos alimentados con la dieta basada en grano de sorgo (99 y 99 vs 97%, respectivamente).

Hill et al (1991) midieron en novillos Angus x Hereford el sitio y la extensión de la digestión del almidón del sorgo cosechado húmedo y tratado con urea (2% de la MS.) para la comparación entre tres métodos establecidos de conservación y procesamiento del grano de sorgo. Los tratamientos utilizados fueron: i) grano seco ii) grano húmedo con urea (2% de la MS) iii) reconstituido y ensilado iv) reconstituido y tratado con ácido.

En los resultados se observó que la digestión de la MS preduodenal fue mínima para el grano seco (48% MS) y máxima para el reconstituido (60% MS) y con urea (58% MS). La digestión preduodenal del almidón se valoró como 77, 86, y 90% % de la digestión total del almidón para grano seco, con urea y reconstituido respectivamente. En el Intestino Delgado, la digestión de la MS (%) próxima al ileon terminal fue 71, 74, y 74 para seco, reconstituido y con urea respectivamente. Las dietas con menor digestión de la MS dentro de la región preduodenal (seco) tuvieron mayor digestión de la MS en el intestino. La digestión del almidón (%) dentro del intestino grueso 39, 56, 66 % de la digestión total del almidón para grano seco, con urea y reconstituido. La digestibilidad del almidón en todo el tracto digestivo fue mayor para el grano reconstituido y con urea que para el grano seco (99 y 97 vs 91 % del total del almidón).

Para el caso de la materia seca, se mantuvo mismo patrón que el almidón siendo el tratamiento con menor ($P < 0.05$) digestibilidad el seco (74%) el grano reconstituido fue quien tuvo mayor digestibilidad (82%).

En base a los resultado obtenidos Hill et al (1991) concluyó que el grano de sorgo de alta humedad conservado por tratamiento con urea se compara muy favorablemente con otros métodos aceptados de conservación y procesamiento de sorgo.

Resumen de los parámetros de digestión del grano de sorgo con diferentes métodos de procesamiento según autores

ALIMENTO	PARAMETRO DE DIGESTION	AUTORES
Grano seco	Digestión preduodeno MS (%)= 48 Digestión intestino almidón (%)= 91	Hill TM. Et al 1991
Grano seco	DE almidón (%) = 70 DIT almidón (%) = 91	Huntington 1997
Grano seco	DE MS (%)= 67.5	Montiel MD. 2002
Grano seco	Bajo tanino: Digestibilidad total de la MO (%)= 74.2 Alto tanino: Digestibilidad total de la MO (%)= 67.4	Streeter M.N. et al 1990
Grano seco	DE MO (%)= 43 Digestibilidad post ruminal MO (%) = 71 Digestibilidad total MO (%) =78.9	Spicer L.A, et al1986
Grano húmedo ensilado	DE almidón (%)= 73, 2 DIT almidón (%) = 92.8	Huntington 1997
Grano húmedo ensilado	Bajo tanino DE de MS (%) = 88.2 Alto Tanino DE de MS (%)= 58.2	Catillos 1997, citado Gagliostro G.A.
Grano húmedo ensilado	Digestión preduodeno MS (%)= 60 Digestión intestino almidón (%) = 99	Hill TM. Et al 1991
Grano húmedo ensilado	Bajo tanino DE de MS (%) = 94.2 Alto Tanino DE de MS (%)= 71	Romero et al 2001
Grano húmedo urea	Alto tanino DE de MS (%)= 49.7	Catillos 1997, citado Gagliostro G.A
Grano húmedo urea	Digestión preduodeno MS (%)= 58 Digestión intestino almidón (%) = 97	Hill TM. Et al 1991
Grano húmedo urea	Alto tanino DE de MS (%)= 60.9	Romero et al 2001

3 . MATERIALES Y METODOS.

3.1. LOCALIZACION

El trabajo experimental se llevó a cabo durante los meses de octubre – noviembre del 2003 en la Unidad de Lechería del Centro Regional Sur (CRS), Facultad de Agronomía, Joanicó, Canelones.

3.2. TRATAMIENTOS.

Los cultivares de sorgo granífero utilizados fueron los híbridos Relámpago 55 R (AT) y Relámpago 20 R (BT) con alto y bajo contenido de taninos respectivamente; los cuales fueron sembrados en una superficie total de 10 ha en siembra directa, destinándose 5 ha para cada cultivar. Previo a la siembra se realizaron dos aplicaciones de glifosato para el control de malezas, la primera el 8 /10/01 a una dosis de 4 lts/ha y la segunda el 19/11/01 a una dosis de 3lts/ha. La siembra se realizó en 20 de noviembre del 2001, la semilla se perdió por exceso de humedad, resembrándose el 4/12/2001.

La población objetivo fue de 360000 plantas/ha, utilizándose una densidad de 12 plantas /metro, en surcos a 0.4 mts.; se fertilizó con 200 kg/ha de 34-18-18-0.

La cosecha de las panojas fue realizada manualmente y se pasaron por una trilladora estacional en INIA – Las Brujas. La fecha de cosecha para el grano húmedo fue el 10/4/2002 y para grano seco fue el 9/5/2002..

El contenido de materia seca del grano húmedo a la cosecha de alto tanino fue de 64%, mientras que el de bajo tanino fue de 66%. Mientras que la Materia seca del grano seco alto tanino fue de 88% y en el bajo 89%.

Los métodos de conservación empleados fueron:

- ensilaje de grano húmedo
- grano húmedo con urea al 3% de la MS
- grano seco.

El grano para ensilar se procesó por una achatada de grano experimental, simulando el tratamiento comercial. El tratamiento de los granos se realizó a escala experimental en recipientes de plástico de 20 lts de capacidad

Los silos se muestrearon a los 70 días y las muestras fueron conservados en freezer a –18°C hasta la realización del experimento.

De la combinación del tipo de grano y el método de conservación surgen los tratamientos los cuales se detallan a continuación.

Cuadro 2. Identificación del tratamiento según el método de conservación y el contenido de taninos

Método de conservación	Contenido de taninos	Identificación del tratamiento
Grano Seco	Bajo tanino	SBT
Grano Seco	Alto tanino	SAT
Grano húmedo conservado con urea (3% MS)	Bajo tanino	UBT
Grano húmedo conservado con urea (3% MS)	Alto tanino	UAT
Ensilaje de grano húmedo	Bajo tanino	EBT
Ensilaje de grano húmedo	Alto tanino	EAT

3.3 DETERMINACIONES REALIZADAS

3.3.1- Composición Química.

La determinación de la composición química de los alimentos se llevo a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía y el de taninos se realizo en el Laboratorio de Calidad de Granos del INIA La Estanzuela

Las muestras se secaron a 100°C por 12 hs, seguidas de 12 hs a 50 °C, posteriormente se molieron a 1mm y se analizó sobre la muestra seca el contenido de FDA, FDN y NIDA (Goering y Van Soest, 1979), cenizas (AOAC, 1984), PC por Kejhda (AOAC,1984). Sobre una muestra fresca se determinó el pH (Chaney y Marbach (1962), PC por Kejhda (AOAC,1984) y NH₃/NT (AOAC, 1984). Sobre una muestra seca y molida a 0.4 mm se determinó el contenido de taninos por el Test de la Vainillina-HCl, con Catequina como estándar (Price et al., 1978).

3.3.2 Degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la Materia Seca.

Para la degradabilidad ruminal se utiliza la técnica “in Sacco” mientras que para la digestibilidad intestinal el método de la bolsa móvil (Peyroud, 1988).

3.3.2.1 Animales

Se utilizaron tres vacas Holando, con cánula permanente en el rumen y dos de ellas además con cánula en el duodeno. En el momento de realizado el experimento las vacas no se encontraban lactando. Durante el transcurso del experimento los animales permanecieron en bretes individuales los cuales eran higienizados diariamente, al igual que los animales El suministro de agua era continuo debido a que los bretes contaban con bebederos individuales provistos de un dispositivo que permite el llenado del mismo.

Las vacas fueron alimentadas dos veces al día (8:00 am y 16:00 pm), recibiendo un total de 7 kg de MS, en una dieta compuesta por 5 kg MS de heno de alfalfa, 2 kg MS de grano de maíz y 50 gr de urea.

El experimento tuvo una duración de 11 días a partir del 5/11/03, siendo precedido de período de acostumbramiento de 15 días de duración

3.3.2.2 Preparación de las muestras

Las muestras utilizadas para medir la degradabilidad y digestibilidad, fueron molidas a 2 mm y posteriormente secadas con estufa a 60°C por 48 hs.

Para la degradabilidad ruminal se usaron bolsas de nylon de 10*9 cm, Ankom Tech. Co. NY, con $50 \pm 15 \mu\text{m}$ de tamaño de poro promedio, las cuales fueron numeradas, llevadas a estufa y secadas 24 hs a 80°C y posteriormente pesadas. Las bolsas fueron llenadas con 3 grs. de muestra, siendo la relación contenido / superficie de 20 mg/cm^2 , luego fueron selladas dejando un espacio de 4 cm en la parte superior para sostener la bolsa en suspensión dentro del rumen

Para la digestibilidad intestinal se emplearon bolsas de 3*6 cm elaboradas con poliéster monofilamento con un tamaño de poro de $50 \mu\text{m}$, conteniendo aproximadamente 1.5 g de muestra.

3.3.2.3 Período experimental

Para la determinación de la degradabilidad de la MS, las bolsas se incubaron en el rumen de los tres animales durante 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 hs, repitiéndose las mediciones para cada tratamiento dos veces, por lo que cada incubación tuvo 6 observaciones (3 vacas * 2 ciclos). Teniendo en cuenta de no poner mas de 30 bolsas por vaca y por vez.

Para la identificación de las bolsas según las horas de incubación se utilizaron hilos de distintos colores los cuales se ataban a una pesa de 700gr que se encontraba unida a la tapa de la cánula por un hilo de 50cm.

Todas las bolsas ingresaban en un mismo momento al rumen de las diferentes vacas (8:00am). Previo a la introducción en el rumen, las bolsas eran sumergidas en agua, con el fin de homogeneizar el ataque microbiano. Cada vez que se retiran las bolsas a los tiempos indicados eran sumergidas en agua fría y retiradas sin escurrir con el objetivo de detener la actividad microbiana. Las bolsas fueron conservadas en freezer hasta el día en que se procesaron las muestras.

Para estimar la digestibilidad intestinal de la MS se emplearon 15 bolsas por muestra que fueron incubadas previamente en el rumen de las tres vacas durante 16 hs y posteriormente se sumergieron en una solución de HCL 0.01 N y pepsina (3 g/l) para simular la digestión en abomaso y luego se introdujeron por la cánula en el intestino de dos vacas. Las bolsas fueron recogidas en las heces hasta 24 hs de ser introducidas, y conservadas en el freezer hasta el día en que se

procesaron las mismas. En forma paralela se determinó el desaparecido en el rumen a las 15 hs , empleando para ello bolsas (10*9) elaboradas con el mismo material monofilamento y 6 réplicas por tratamiento. Una vez retiradas las bolsas fueron sumergidas en agua y llevadas al freezer .

Tanto las bolsas de degradabilidad como las de digestibilidad , fueron lavadas con agua fría en lavadora automática y secadas a 100°C durante 24hs y posteriormente pesadas, para determinar por diferencia el material desaparecido.

3.4 ANALISIS ESTADÍSTICO

3.4.1 Degradabilidad ruminal de la materia seca.

Se utilizaron 6 tratamientos según un diseño factorial 2*3 con dos tipos de granos y tres métodos de conservación. Los tratamientos se incubaron en el rumen de tres vacas con dos repeticiones en cada una durante ocho períodos de tiempo. La variable medida fue la degradabilidad de la materia seca.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijklm} = \mu + \beta_i + \delta_j + \lambda_k + \tau_l + \beta\tau_{il} + \delta\lambda_{jk} + \beta\delta\lambda_{ijk} + \delta\lambda\tau_{jkl} + \beta\delta\lambda\tau_{ijkl} + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

y_{ijklm} : degradabilidad de la MS

μ : media general

β_i : efecto de la i-ésima vaca

δ_j : efecto tipo de grano

λ_k : efecto conservación

τ_l : efecto tiempo

$\beta\tau_{ij}, \delta\lambda_{jk}, \beta\delta\lambda_{ijk}, \delta\lambda\tau_{jkl}, \beta\delta\lambda\tau_{ijkl}$: interacciones importantes

ε_{ijklm} : error experimental

Para ver si existía efecto vaca, repetición y si había efecto entre el tipo de grano y el estado de conservación de los mismos se realizó un ANAVA con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS v 6.12 en

Se eliminaron los datos cuyo r student absoluto fuera mayor a 2. (outliers) con el PROC GLM de SAS.

Para ver el comportamiento de cada tratamiento a lo largo del tiempo se ajustó el modelo de Mitscherlich según la propuesta de Ørskov y McDonald (1979) con el procedimiento NLIN del SAS (1991), la estimación de los parámetros se realizó con un intervalo de confianza $\gamma = 95\%$

$$y = a + b (1 - e^{-(c*t)})$$

Siendo:

y: el porcentaje de desaparición de la MS

a: es la fracción soluble

b: es la fracción sujeta a la digestión

c: es la tasa fraccional de digestión

t: es el tiempo de incubación

Con los parámetros obtenidos en el ajuste se calculó la degradabilidad efectiva (DE) considerando un tasa de pasaje (k_s) de 6% de la siguiente manera:

$$DE = a + (b * c) / (c + k_s)$$

3.4.2 Digestibilidad intestinal de la Materia Seca.

La digestibilidad intestinal de la MS no degradada en el rumen se calculó de la siguiente manera:

$$DIn = (NDR - RH) / NDR$$

Siendo:

DIn: digestibilidad intestinal de la MS

NDR: MS no degradada en el rumen luego de 15 hs de incubación

RH: MS residual de las bolsas recogidas en las heces.

$$Y_{ij} = \mu + \delta_j + \lambda_k + \delta_j * \lambda_k + e_{ij}$$

Siendo: Y_{ij} : digestibilidad intestinal de la MS

μ : media general

δ_j : el tipo de grano (Alto tanino y Bajo tanino).

λ_k : el método de conservación (seco, silo de grano húmedo y grano húmedo conservado con urea).

4. RESULTADOS

4.1 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE SORGO

En el cuadro N° 3 se presenta la composición química del grano seco y húmedo antes de los tratamientos de ensilado y el agregado de urea.

Cuadro N° 3. Composición química del grano de sorgo a la cosecha.

Material	MS	Cenizas	PC	FDA	NIDA	Taninos
	%	----- %MS -----				
Grano húmedo						
AT	64	2.07	10.2	14.5	2.4	3
BT	66	2.56	7.88	12.1	0.81	2.3
Grano seco						
AT	88	2.14	8.4	12.6	*	4.7
BT	89	2.13	9.2	9.01	*	1.4

A nivel comercial y en la evaluación de cultivares realizada por el INIA, los híbridos Relámpago 55 R y Relámpago 20 R son considerados con alta y bajo contenido de taninos respectivamente; pero si se tiene en cuenta la categorización de los granos de sorgo según el contenido de taninos realizada por el Laboratorio del INIA¹, los sorgo utilizados se encuentran en el rango de contenido medio de taninos, por lo cual, los efectos del contenido de los mismos sobre los parámetros digestivos pueden no verse reflejados.

En el siguiente cuadro se presenta la composición química del grano luego de aplicados los tratamientos

Cuadro 4: Composición química del grano conservado.

Tratamiento	MS 60°C	Cenizas	Taninos	FDA	PC	N-NH3	NIDA	pH
	%	----- %MS-----			-----%NT-----			
SBT	89	2.13	1.4	9.02	9.20	-	-	-
SAT	88	2.14	4.7	12.6	8.43	-	-	-
UBT	66	2.58	0.4	10.4	20.2	54.1	1.44	9.79
UAT	68	2.51	1.8	15.2	21.5	50.2	3.62	9.68
EBT	76	2.33	0.5	6.61	8.78	3.18	0.93	4.69
EAT	73	2.80	1.0	13.3	10.6	5.02	2.49	4.74

¹ Clasificación del grano de sorgo según el Laboratorio de Calidad de Granos del INIA La Estanzuela: + 0.5 Bajo ; 0.5-5% Medio ; +5% Alto

La materia seca de los granos húmedos, está dentro de los rango establecidos para dicho método de conservación (25-35% de humedad), los materiales con urea mantuvieron la materia seca igual a la del material original, mientras que los materiales ensilados aumentaron la misma, esto se debe a que en la primera etapa de elaboración del silo pueden existir pérdidas de agua. Al aumentar la materia seca la proporción de cenizas luego de realizados los tratamientos es levemente superior.

La evolución de los taninos muestra que existió un efecto del método de conservación ya que partimos de un grano húmedo con 3% de taninos a la cosecha y como se observa en el Cuadro N° 4, los granos con altos taninos conservados con urea y ensilados presentaron una disminución del contenido de taninos (EAT=1% y UAT=1.8%). En el caso de los materiales con bajo tanino la tendencia luego de conservados fue similar a la anterior; el grano húmedo pasó de tener 2.3%MS a 0.5% y 0.4% luego de ensilado y tratado con urea. Estos resultados concuerdan con los presentado por Russell R:W (1989) donde demostró que el tanino es desactivado completamente bajo condiciones donde la urea es un efectivo conservante de sorgo de alta humedad

En lo que respecta a la FDA, los tratamientos con alto contenido de taninos presentan mayor proporción de la misma, esto se puede deber a que el 81.6 % de los taninos se encuentran en la testa del grano y 15.1% en el pericarpo Reichert, et al (1980)

Los altos niveles de PC para el caso de los tratamientos UAT y UBT (21.5 y 20.2% de la MS) se explican porque del total de la proteína mas del 50% corresponde a nitrógeno medido como amoníaco (N-NH₃).

La conservación de los granos fue correcta de acuerdo al método empleado, ya que como se observa en el Cuadro N° 4, los granos conservados con urea presentan un pH mayor a 8, debido al efecto de alcalinización de la misma; los bajos niveles de pH de los ensilados son propios del proceso de fermentación.

4.2 DEGRADABILIDAD RUMINAL

4.2.1 Resultados estadísticos

De la realización del ANAVA (ver Anexo N°1), se confirmó que no existe un efecto vaca ($p=0.12$), que no existe efecto ciclo ($p=0.15$), y que hay un efecto del tratamiento ($p=0.02$) y del tiempo ($p=0.008$). Estos resultados permiten que para cada punto de la cinética se relacionen 6 repeticiones (3 vacas por 2 repeticiones por vaca).

En el Cuadro N° 5 se observan los parámetros de degradabilidad y degradabilidad efectiva calculado para cada uno de los tratamientos (la estimación de los parámetros del modelo se presentan en el Anexo 2)

Cuadro N° 5 : Parámetros de degradabilidad in situ y degradabilidad efectiva (DE) de la Materia Seca en función de los distintos tratamientos.

Tratamientos	DE	Fracción soluble (a)	Fracción potencialmente degradable (b)	Tasa de degradación (c)
		----- % MS-----		%h
SBT	50.7	19.0de	79.2a	4,3a
SAT	49.1	20.7d	76.4ab	3,5a
UBT	56.3	29.4c	67.3b	4,3a
UAT	46.8	18.8e	70.1b	4,1a
EBT	68.6	43.3a	47.0c	7,4b
EAT	56.8	35.1b	54.2c	3,7a

Letras diferentes en cada columna difieren significativamente IC $\gamma = 95\%$

Como se observa en el Cuadro N° 5 los tratamiento que presentaron mayor fracción soluble fueron los tratamiento ensilado de grano húmedo tanto alto como bajo tanino (35.1% y 43.3 % respectivamente), estos datos concuerdan con las afirmaciones de Kennelly (1987) el cual indica que la proporción del almidón degradado en el rumen de los grano de cereales cosechados con alto contenido de humedad, sería mayor y/o sería más rápidamente fermentado que en los granos con alto contenido de materia seca.

Por otra parte los tratamiento que presentaron menor fracción soluble fueron el AT con Urea y el BT seco , los cuales no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$).

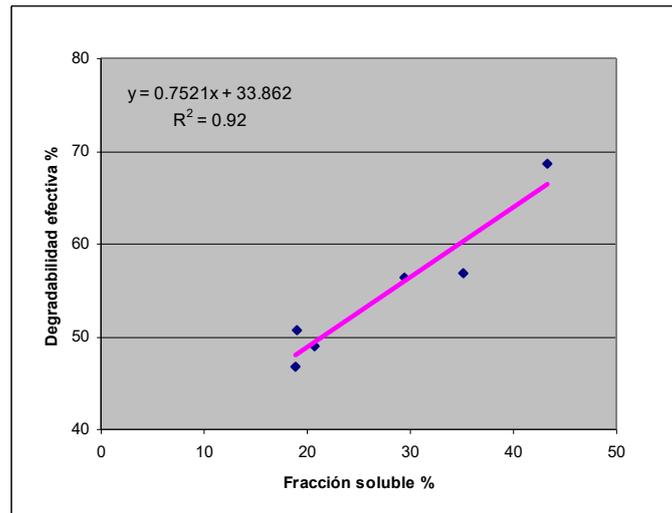
Los tratamientos que tienen el mismo método de conservación pero diferente material, no presentaron diferencias significativas en lo que refiere a la fracción potencialmente degradable

El promedio de la degradabilidad ruminal para los tratamientos fue de 54.7% MS , los tratamientos EBT , EAT y UBT fueron los que estuvieron por encima de dicho promedio lo cual se ve justificado por ser los tratamientos que presentaron mayor fracción soluble.. Los datos de los tratamientos ensilados son similares a los citados por Romero, et al 2001 y Galioistro, donde la mayor degradabilidad efectiva fue dada por el EBT seguido por EAT.

Dado que existen trabajos donde se afirma que hay una correlación entre la degradabilidad ruminal de la materia orgánica (MO) y la materia seca, es que se realiza la comparación con los datos obtenidos por Streeter M.N., et al (1990) los cuales mostraron que existe una tendencia ($p=0.17$) a que sea mayor la degradabilidad de la MO para el material BT en relación al AT (56.2 y 52.5 % respectivamente)

Al observarse que los materiales que tenían mayor degradabilidad efectiva presentaron mayor fracción soluble, se calculó el coeficiente de la correlación entre ambas variables (fracción soluble y degradabilidad efectiva) siendo el mismo de 0.96. esto indica que existe una correlación además de positiva alta .

Gráfica N ° 1 Regresión entre fracción soluble y la degradabilidad efectiva



Luego que se grafico la fracción soluble en función de la degradabilidad efectiva se ajusto a una línea de tendencia , la cual fue lineal con un $R^2 = 0.92$

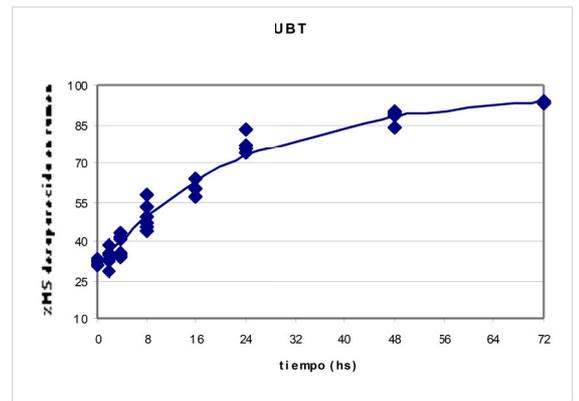
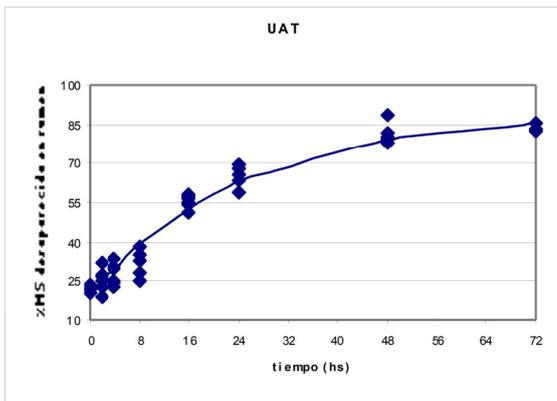
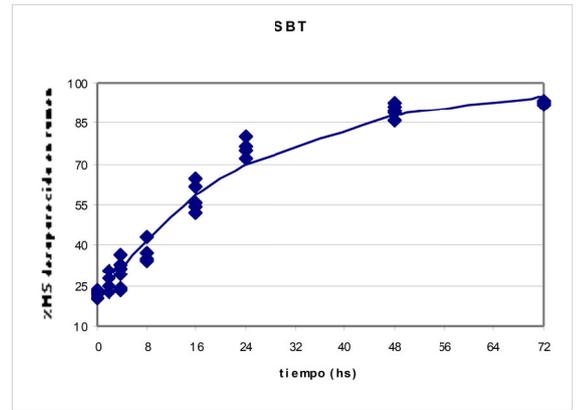
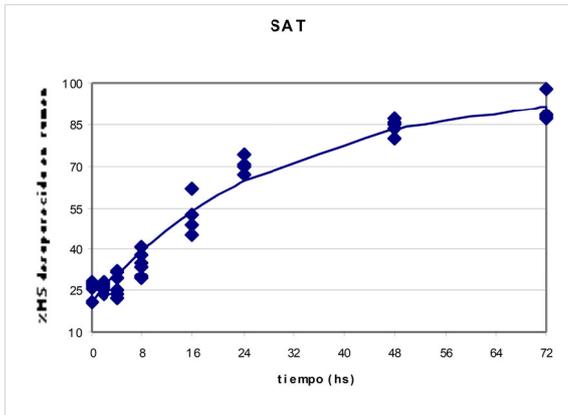
Los datos que se observan en el Cuadro N° 6 corresponden a la MS desaparecida en rumen para los tratamientos y tiempos utilizados.

Cuadro N° 6 Desaparición de la MS de los tratamientos para distintos tiempos de incubación ruminal

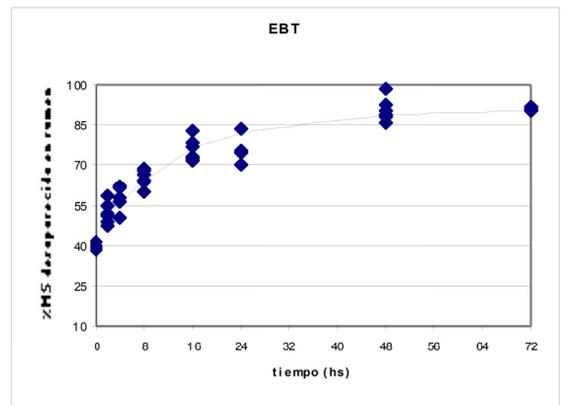
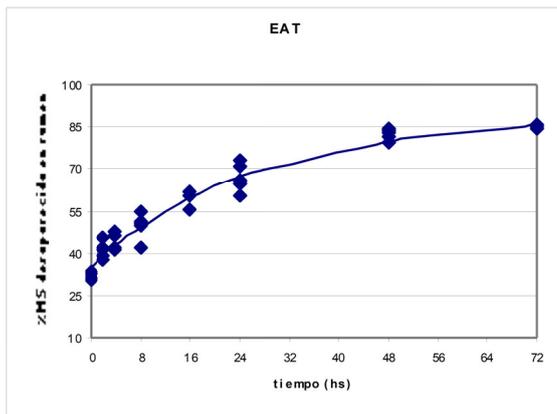
Tiempo	SBT	SAT	UBT	UAT	EBT	EAT
Hs	----- %MS inicial -----					
0	18.9	20.7	29.4	18.8	43.34	35.1
2	25.5	25.9	35.1	24.4	49.8	39.0
4	31.5	30.8	40.2	29.6	55.4	42.7
8	42.1	39.5	49.3	38.7	64.4	49.2
16	58.4	53.7	63.4	52.9	75.9	59.7
24	70.0	64.9	73.3	63.2	82.4	67.4
48	88.2	83.1	88.8	79.5	88.9	80.5
72	94.6	91.3	93.9	85.4	90.1	85.7

A partir de los datos obtenidos de desaparición de la MS en rumen para los tratamientos con distintos tiempos de incubación se realizaron las graficas N° 2 , donde se muestra la cinética de desaparición de la MS. Si comparamos dichas curvas con las presentadas por Guada J.A. (1993), donde graficó la degradación ruminal de cebada y maíz, se puede concluir que las curvas de degradación del sorgo se asemejan a las del maíz.

Graficos N° 2 Cinética de la desaparición de la MS en el rumen del grano de sorgo



..



Cuadro N° 8: Contrastes utilizando como testigo el BT seco y el BT urea
4.3. DIGESTIBILIDAD INTESTINAL DE LA MATERIA SECA

Con los datos de la MS no degradada en rumen luego de 15 hs de incubación y con la MS residual de las bolsas recogidas en las heces se calculó la digestibilidad intestinal obteniéndose los datos que se muestran en el Cuadro N° 7

Cuadro N° 7 Digestibilidad intestinal de la MS no degradada en rumen para cada uno de los tratamientos.

Tratamientos	DIN (%MS NDR)
SBT	51.1
SAT	37.5
UBT	55.8
UAT	36.4
EBT	31.7
EAT	38.5

Como se observa en el cuadro el tratamiento que tuvo mayor digestibilidad fue el BT conservado con urea, seguido por el BT seco.

Los demás materiales presentaron en promedio una digestibilidad del 36% de la Materia seca, siendo BT ensilado el material que tuvo menor digestibilidad, esto último contrasta con los datos obtenidos por Oholeguy y Goñi (2000) en donde este tratamiento fue el que presentó mayor digestibilidad (72.75%).

De la realización del análisis de varianza con los datos de digestibilidad se comprobó que existe un efecto grano ($p=0.002$), un efecto del método de conservación ($p=0.004$), y a su vez existe una interacción significativa ($p=0.003$). (ver Anexo N° 3)

Por lo anteriormente mencionado es que se realizaron contrastes (Anexo N° 4) en donde se tomo como testigo el BT Seco, los resultados del mismo se presentan a continuación.

Lo que se observa en el cuadro es la probabilidad de que se encuentren diferencias significativas entre la digestibilidad de los tratamientos

Contrastes	Promedios	Probabilidad
BT seco vs. tratados	51.1 vs 40.6	0.0822
AT seco vs. tratados	37.5 vs 40.6	0.9388
BT seco vs Urea	51.1 vs 46.1	0.2949
BT seco vs. AT tratados	51.1 vs 37.5	0.006
BT seco vs ensilado	51.1 vs 35.1	0.001
BT urea vs ensilado	55.8 vs 35.1	0.0001

4.4. DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA TOTAL

De los contrastes realizados se puede concluir que no existen diferencias significativas ($p= 0.0822$) entre el BT seco y todos los tratados (UBT, UAT, EBT y EAT), ni entre el AT seco y los tratados ($p=0.9388$) así como tampoco entre el BT seco y los tratamientos con urea ($p=0.2949$).

Cuando se comparó el testigo (BT seco) con los AT tratados (UAT y EAT), con los ensilados (EBT y EAT) se encontraron diferencias significativas ($p=0.006$ y $p=0.001$ respectivamente).

Al utilizar el BT urea como tratamiento testigo y compararlos con los tratados se observaron diferencias significativas ($p=0.0001$).

Con la información de la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal medidas como porcentaje de MS inicial, se calculó la digestibilidad de la MS total; los datos se muestran en el Cuadro N°9

Cuadro N° 9 Estimación de la Materia Seca digerida en el total del tracto gastrointestinal

Tratamientos	Degradabilidad ruminal	Digestibilidad intestinal	MS Total
	----- % MS inicial -----		
SBT	50.7	25.1	75.8
SAT	49.1	19.1	68.2
UBT	56.3	24.3	80.7
UAT	46.8	19.4	66.2
EBT	68.7	9.92	78.6
EAT	56.8	16.6	73.4

MS total digerida = $DE + (100 - DE) * DI$

Donde: DE: degradabilidad de la materia seca

DI: digestibilidad intestinal

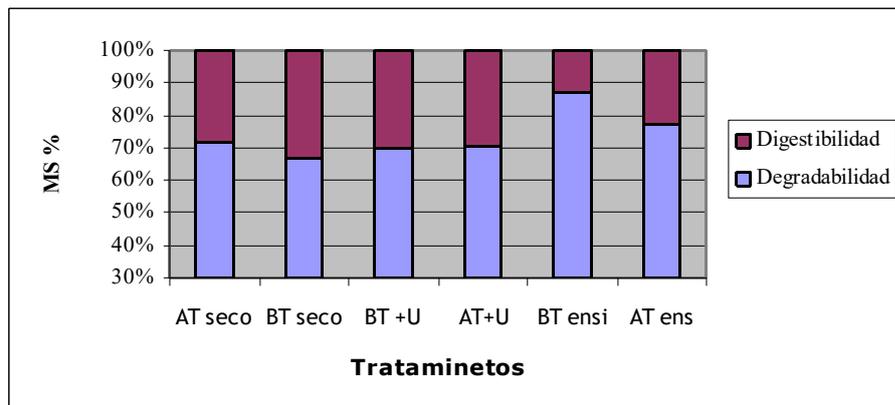
La digestibilidad total de la MS del grano seco concuerdan con los obtenidos por Streeter M.N., et al (1990) donde la digestibilidad de la MO fue 74,2% para el tratamiento Bajo tanino y 67.4% para el Alto tanino.

En cuanto a los tratamientos con urea los datos obtenidos no concuerdan en su totalidad con la bibliografía consultada, ya que como se citó anteriormente Russell et al (1988) afirmó que el mezclado del grano de sorgo con urea es un efectivo método de preservar al grano de sorgo con alta humedad ya que previene el crecimiento de hongos y desactiva taninos lo cual debería mejorar la digestibilidad; si bien en este caso como se observa en el Cuadro N° 2 hubo una desactivación de los taninos y no hubo inconvenientes en la conservación, para el tratamiento con urea alto tanino no se observó una mejora en la digestibilidad, sin embargo, los datos si son concordantes para el tratamiento UBT.

Los granos ensilados tanto alto como bajo tanino fueron los que presentaron mayor digestibilidad de la MS total en relación a los demás tratamientos, obteniendo en promedio una digestibilidad de la MS total de 80%

Para poder observar que proporción del total de la materia seca ingerida es degradada en rumen y cual en el intestino, se llevó la materia seca a 100% como se muestra en el Grafica N° 3

Grafica N° 3 Aporte del rumen e intestino al total de la MS digerida



Para el caso de los tratamientos ensilados tanto alto como bajo, se observa que aproximadamente el 85% de la materia seca fue degradada en el rumen. Los demás tratamientos llegaron a un porcentaje de degradación en promedio de 70%.

5. CONCLUSIONES

- ❑ Los cultivares utilizados (de alto y bajo contenido de taninos), no fueron lo suficientemente contrastantes, lo cual no permitió que se expresaran claramente las diferencias atribuibles tanto al efecto del contenido en taninos así como de los métodos de conservación estudiados sobre la digestión del grano de sorgo .
- ❑ En relación a la degradación efectiva el método de conservación que tuvo mayor respuesta fue el ensilado de grano húmedo tanto alto como bajo tanino. La mayor degradabilidad efectiva del EBT se debió a un mayor contenido de la fracción soluble ($IC\gamma = 95\%$) y a una mayor velocidad de degradación ($IC\gamma = 95\%$) en rumen que el resto de los tratamientos.
- ❑ El tratamiento con urea alto tanino no tuvo el resultado esperado en cuanto a la desactivación de los taninos de acuerdo a los resultados obtenidos a nivel de la degradación ruminal.
- ❑ La digestibilidad intestinal de la MS (medida como porcentaje de lo no degradado en rumen) de los tratamientos con AT fue menor comparada con los tratamientos BT; evidenciando el efecto negativo de la presencia de los taninos ya sea por altas concentraciones o la complejidad con que se une a la matriz del grano.
- ❑ Los tratamientos con bajo contenido de taninos fueron los que presentaron mayor Digestibilidad de la MS Total, siendo el promedio 78.4 %.
- ❑ De los tratamientos con alto contenido de taninos el EAT fue el que presentó mejor comportamiento, refiriéndose también a la Digestibilidad de la MS Total.

6. RESUMEN

En los últimos años el cultivo de sorgo se ha convertido en una alternativa atractiva en los predios lecheros y ganaderos, por ser un cultivo que presenta una mejor adaptabilidad a las condiciones ambientales adversas y tiene un rendimiento mas estable que el cultivo de maíz.

En este trabajo se evaluó la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de la materia seca del grano sorgo con distintos contenidos de taninos (alto y bajo) y diferentes métodos de conservación: seco, ensilado grano húmedo, y grano húmedo con urea. Para la realización del experimento se utilizaron tres vacas Holando con cánula permanente en el rumen y dos de ellas con cánula en el duodeno. Los animales permanecieron en bretes individuales y fueron alimentados dos veces por día con 5 kg de heno de alfalfa, 2kg de grano de maíz y 50 gr de urea. Para la determinación de la degradabilidad de la MS se utilizó la técnica in sacco siendo los tiempos de incubación en el rumen de 2,4,8,16,24,48 y 72 hs. La estimación de la digestibilidad intestinal de la MS se determinó por medio de la técnica de la bolsa móvil.

Se encontró una interacción entre los cultivares (alto y bajo tanino) y los métodos de conservación empleados. Para la degradabilidad efectiva los tratamientos ensilados y el UBT fueron los que presentaron mejor comportamiento (EBT= 68.6%, EAT= 56.8% Y UBT= 56.3) en relación a los demás (SBT=50.7% y SAT= 49%) el tratamiento UAT no tuvo el comportamiento esperado (46.6%)

Los bajos taninos (excepto el EBT) fueron los que tuvieron mejor digestibilidad intestinal (UBT= 55.8% y SBT= 51.1%). Los tratamientos UBT y EBT fueron los que presentaron mejor comportamiento cuando se calculo la digestibilidad total de la MS. (promedio de los EBT y UAT = 79% MS total).

7. BIBLIOGRAFÍA.

- 1-ASTIGARRAGA, LAURA (2002). Los cereales: composición y valor energético para rumiantes. Montevideo. Facultad de Agronomía. -Curso de alimentos-Pag 12
- 2- CHESSA ALBERTO. Febrero 2001.Calidad del sorgo granifero: su valor nutritivo depende del contenido de taninos condensados, aprendamos a reconocer su presencia. Revista Forrajes y granos pag.3
- 3- COLUCCI, P.E.; CHASE, L.E. Y VAN SOEST, P.J. (1982) Journal. Dairy Science. 65, 1445.Tomado de GUADA, J.A . 1993
- 4- Conservación del grano húmedo con urea (2000) INTA Anguil. Argentina.. Consultado junio 2005 . www.inta.gov.ar
- 5- GAGLIOSTRO, G.A. Suplementación con nutrientes resistentes a la degradación ruminal INTA EEA Balcarce .Argentina Consultado setiembre 2005 . www.inta.gov.ar
- 6- GALYEAN, M.L.; WAGNER,D.G. Y OWENS,F.N. (1979) . Journal of Animal Science. 49, 199. Tomado de GUADA, J.A . 1993
- 7- GOÑI, M.V.; OHOLEGUY S. 2000. Efecto del método de conservación y el contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y los parámetros digestivos en rumiantes. Tesis Ing Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 32p
- 8- Grano Húmedo: el proceso del silaje .Argentina Consultado julio 2005.Disponible en www.richiger.com.ar
- 9- GUADA, J.A . 1993. Efectos del procesado sobre la degradabilidad ruminal de proteína y almidón. En IX Curso de especialización FEDNA (1993) Barcelona, España. Sp.
- 10- HILL, TM; SMIDTH, SP; RUSSELL, R.W; THOMAS, E.E ANDO WOLFE, D.F. 1991. Comparison of urea tratment with established methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. Journal of Animal Science 69:4570-4576.
- 11- HUNTINGTON G.B. 1997. Strach utilization by rumiants: From the bunk . Journal of Animal Science 75(3)852-867
- 12- KENNELLY, J.J., D.L. DALTON Y J.K HA 1988 Digestion and utilization of

high moisture braley by lacting dairly cows J. Dairy Sci 71(5): 1259-1266

- 13- MARICHAL, M DE J; CARRIQUIRI, M; PEREDA, R Y SAN MARTÍN R.
(Técnica de la bolsa movil y protocolo in sacco). Nutricion Animal. Montevideo.
Facultad de Agronomía..
- 14- MILLIGAN, W.L. GROVUM Y A. DOBSON (eds). Prentice Hall, New Jersey.
pp: 196. Tomado de GUADA, J.A . 1993
- 15- MONTIEL, M.D et al.(2002): Efecto del genotipo del grano de sorgo sobre la
degradabilidad ruminal de la materia seca y el almidón. CONICET EEA I.N.T.A
Balcarce-Argentina- Consultado Agosto 2005. www.inta.gov.ar
- 16- OTERO M.J E HIDALGO L.G(2004) Taninos condensados en especies
forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes
afectados por parasitosis gastrointestinales. Facultad de Ciencias Veterinarias
Tandil. UNICEN;(Buenos Aires, Argentina).Consultado agosto 2005 .
www.inta.guv.ar
- 17- OWENS, F.N. Y GOETSH, A.L. (1986) En: *Control of Digestion and
Metabolism in Ruminants*. L.P. Tomado de GUADA, J.A . 1993
- 18- ROMERO, L.A. COMERÓN, BRUNO, O.A; CASTILLO, A.R; GAGGIOTTI,
M.C. 1997. Silaje de grano húmedo de sorgo: efecto del contenido de tanino y el
tratamiento con urea en la respuesta de vacas lecheras. INTA Rafaela Sp.
- 19-RUSSELL, R.W. LOLLEY, RJ. 1989. Desactivation of tannin in high tannin
milo by treatment with urea. *Journal of Dairy Science* 72:2427-2430
- 20-SIRI GUILLERMO Febrero 2004.Guía de sorgo. Montevideo. Facultad de
Agronomía- Código 461/120/00.
- 21-SPICER L.A;THEURER, C.B., SOWE J., NOON T.H (1996)Ruminal and post-
ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-corn-and barley
diets by beef steers *Journal of Animal Science* 62:521-530
- 22-URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA.
DIEA. 2005. Área sembrada de Maíz y Sorgo.
- 23-URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERIA AGRICULTURA Y PESCA.
DIEA. 2005. Producción por hectárea de Maíz y Sorgo.

ANEXO 1

```

DATA Z; /* Este es el primer análisis para ver si las repeticiones
afectan */
TITLE 'ANALISIS BLOQUE DEGRAD LIA';
INFILE 'a:deg limpio salida.PRN'; /* esto es para decirle donde
estan los datos */
INPUT TRAT GRANO CONS VACA TIEMPO CICLO DESP;
PROC GLM;CLASS TRAT VACA CICLO TIEMPO;
MODEL
DESP = TRAT|VACA|CICLO|TIEMPO/SS3;
RUN;

```

ANALISIS BLOQUE DEGRAD LIA

9

09:59 Monday, January 1, 2001

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	6	1 2 3 4 5 6
VACA	3	1 2 3
CICLO	2	1 2
TIEMPO	7	2 4 8 12 24 48 72

Number of observations in data set = 225

ANALISIS BLOQUE DEGRAD LIA

10

09:59 Monday, January 1, 2001

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DESP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value
Pr > F				
Model	223	120208.41015622	539.05116662	344.12
				0.0429
Error		1.56645000	1.56645000	
Corrected Total	224	120209.97660622		
R-Square	C.V.	Root MSE	DESP Mean	
0.999987	2.107223	1.25157900	59.39471111	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	9284.77280191	1856.95456038	1185.45	0.0220
VACA	2	110.06753125	55.03376563	35.13	0.1185
TRAT*VACA	10	78.63680373	7.86368037	5.02	0.3351
CICLO	1	29.00284043	29.00284043	18.52	0.1454
TRAT*CICLO	5	82.96375423	16.59275085	10.59	0.2290
VACA*CICLO	2	27.40058273	13.70029136	8.75	0.2325
TRAT*VACA*CICLO	10	136.63627592	13.66362759	8.72	0.2581
TIEMPO	6	99012.96487432	16502.16081239	10534.75	0.0075
TRAT*TIEMPO	29	5059.23021474	174.45621430	111.37	0.0748
VACA*TIEMPO	12	232.81938083	19.40161507	12.39	0.2189
TRAT*VACA*TIEMPO	57	370.74158	6.50423840	4.15	0.3745
CICLO*TIEMPO	6	476.97315464	79.49552577	50.75	0.1070
TRAT*CICLO*TIEMPO	28	357.27749102	12.75991039	8.15	0.2713
VACA*CICLO*TIEMPO	12	70.57612041	5.88134337	3.75	0.3848
TRAT*VACA*CICL*TIEMP	37	183.41086569	4.95705042	3.16	0.4226

ANEXO 2

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG
11

TRAT=1 SAT

Non-Linear Least Squares Grid Search		Dependent Variable DESAP	
A	B	C	Sum of Squares
19.000000	70.000000	0.050000	1462.003396

Non-Linear Least Squares Iterative Phase		Dependent Variable DESAP		
Method: Marquardt				
Iter	A	B	C	Sum of Squares
0	19.000000	70.000000	0.050000	1462.003396
1	21.341529	74.440578	0.031712	1367.917620
2	20.668675	75.646862	0.036011	1131.971093
3	20.784606	76.446405	0.035158	1130.101697
4	20.755468	76.377894	0.035313	1130.067997
5	20.760611	76.393228	0.035286	1130.067131
6	20.759720	76.390678	0.035291	1130.067105

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics			Dependent Variable DESAP
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	145267.95809	48422.65270
Residual	42	1130.06711	26.90636
Uncorrected Total	45	146398.02520	
(Corrected Total)	44	30382.98932	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	20.75971984	1.4526166390	17.828232568	23.691207120
B	76.39067767	3.3215961868	69.687452129	83.093903214
C	0.03529084	0.0042710901	0.026671464	0.043910213

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
1	1	-0.029241835	-0.569147649
2	-0.029241835	1	-0.716597033
3	-0.569147649	-0.716597033	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG
12

TRAT=2 SBT

Non-Linear Least Squares	Grid Search	Dependent Variable	DESAP
A	B	C	Sum of Squares
21.000000	70.000000	0.050000	1155.276566

Non-Linear Least Squares	Iterative Phase	Dependent Variable	DESAP	
Method: Marquardt				
Iter	A	B	C	Sum of Squares
0	21.000000	70.000000	0.050000	1155.276566
1	19.279868	78.645520	0.041370	812.192274
2	18.929416	79.114260	0.043293	788.243458
3	18.974728	79.244227	0.043034	788.141841
4	18.967656	79.233304	0.043069	788.140239
5	18.968615	79.234918	0.043065	788.140210

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares	Summary Statistics	Dependent Variable	DESAP
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	151920.15339	50640.05113
Residual	41	788.14021	19.22293
Uncorrected Total	44	152708.29360	
(Corrected Total)	43	33613.70406	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	18.96861494	1.2671523768	16.409559780	21.527670098
B	79.23491801	2.2682764409	74.654060461	83.815775554
C	0.04306471	0.0036152747	0.035763551	0.050365879

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.227056219	-0.573899524
B	-0.227056219	1	-0.534250457
C	-0.573899524	-0.534250457	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

TRAT=3 UBT

Non-Linear Least Squares Grid Search	Dependent Variable DESAP		
A	B	C	Sum of Squares
29.000000	65.000000	0.050000	598.239093

Non-Linear Least Squares Iterative Phase	Dependent Variable DESAP			
Method: Marquardt				
Iter	A	B	C	Sum of Squares
0	29.000000	65.000000	0.050000	598.239093
1	29.464036	67.068920	0.043442	557.639272
2	29.390204	67.347840	0.043934	554.946344
3	29.395298	67.360632	0.043897	554.945043
4	29.394841	67.359893	0.043900	554.945036

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics	Dependent Variable DESAP		
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	175742.88406	58580.96135
Residual	41	554.94504	13.53524
Uncorrected Total	44	176297.82910	
(Corrected Total)	43	25542.10728	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	29.39484065	1.0649390459	27.244161842	31.545519452
B	67.35989278	1.8600408733	63.603480147	71.116305408
C	0.04389988	0.0036892558	0.036449310	0.051350453

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.230837095	-0.568494574
B	-0.230837095	1	-0.538138845
C	-0.568494574	-0.538138845	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

TRAT=4 UAT

Non-Linear Least Squares	Grid Search	Dependent Variable	DESAP
A	B	C	Sum of Squares
17.000000	68.000000	0.050000	1047.675516

Non-Linear Least Squares	Iterative Phase	Dependent Variable	DESAP	
Method: Marquardt				
Iter	A	B	C	Sum of Squares
0	17.000000	68.000000	0.050000	1047.675516
1	18.962594	69.684052	0.040730	965.952115
2	18.763819	70.009800	0.042002	954.112266
3	18.796576	70.088295	0.041817	954.071730
4	18.791217	70.079820	0.041844	954.070900
5	18.792010	70.081147	0.041840	954.070882

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics Dependent Variable DESAP

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	142087.31812	47362.43937
Residual	44	954.07088	21.68343
Uncorrected Total	47	143041.38900	
(Corrected Total)	46	26847.73772	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	18.79200964	1.3814228995	16.007944426	21.576074860
B	70.08114679	2.4282961506	65.187254518	74.975039059
C	0.04184038	0.0041071363	0.033563024	0.050117745

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
1			
A	1	-0.221112287	-0.581777956
B	-0.221112287	1	-0.550015627
C	-0.581777956	-0.550015627	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

TRAT=5 EBT

Non-Linear Least Squares Grid Search	Dependent Variable DESAP		
A	B	C	Sum of Squares
44.000000	47.000000	0.070000	918.136245

Non-Linear Least Squares Iterative Phase	Dependent Variable DESAP			
Method: Marquardt				
Iter	A	B	C	Sum of Squares
0	44.000000	47.000000	0.070000	918.136245
1	43.467319	46.957572	0.073030	912.269650
2	43.365156	46.970987	0.073892	911.969608
3	43.345270	46.967679	0.074087	911.954895
4	43.340957	46.966659	0.074131	911.954181
5	43.340009	46.966423	0.074140	911.954146

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics	Dependent Variable DESAP		
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	227366.26645	75788.75548
Residual	43	911.95415	21.20824
Uncorrected Total	46	228278.22060	
(Corrected Total)	45	14348.45973	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	43.34000892	1.4520731750	40.411635259	46.268382581
B	46.96642340	1.8773380674	43.180424561	50.752422232
C	0.07414026	0.0082365944	0.057529643	0.090750870

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.613784429	-0.564678373
B	-0.613784429	1	-0.110049287
C	-0.564678373	-0.110049287	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

TRAT=6 EAT

Non-Linear Least Squares Grid Search			Dependent Variable DESAP
	A	B	C
	36.000000	58.000000	0.030000
			Sum of Squares
			554.361825

Non-Linear Least Squares Iterative Phase			Dependent Variable DESAP
Method: Marquardt			
Iter	A	B	C
0	36.000000	58.000000	0.030000
1	35.242469	53.694366	0.036622
2	35.065979	54.145331	0.037952
3	35.062060	54.164648	0.037951
4	35.062059	54.164660	0.037951
			Sum of Squares
			554.361825
			511.573621
			499.185034
			499.182861
			499.182861

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DESAP
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	
Regression	3	155832.40614	51944.13538	
Residual	41	499.18286	12.17519	
Uncorrected Total	44	156331.58900		
(Corrected Total)	43	14101.98390		

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	35.06205875	1.0074166320	33.027548317	37.096569180
B	54.16465999	2.1672726241	49.787782916	58.541537068
C	0.03795053	0.0039886991	0.029895227	0.046005840

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.115076661	-0.555426014
B	-0.115076661	1	-0.664038952
C	-0.555426014	-0.664038952	1

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

17

OBS	TRAT	_SSE_	A	B	C
1	1	1130.07	20.7597	76.3907	0.035291
2	2	788.14	18.9686	79.2349	0.043065
3	3	554.95	29.3948	67.3599	0.043900
4	4	954.07	18.7920	70.0811	0.041840
5	5	911.95	43.3400	46.9664	0.074140
6	6	499.18	35.0621	54.1647	0.037951

DEGRAD MS LIA 2003 CON A LIBRE SIN LAG

18

OBS	TRAT	GRANO	CONS	VACA	CICLO	T	DESAP	PDESAP
1	1	1	1	1	1	0	26.16	20.7597
2	1	1	1	2	1	0	27.99	20.7597
3	1	1	1	3	1	0	27.63	20.7597
4	1	1	1	1	2	0	25.84	20.7597
5	1	1	1	2	2	0	20.87	20.7597
6	1	1	1	3	2	0	25.90	20.7597
7	1	1	1	1	1	2	26.88	25.9656
8	1	1	1	2	1	2	25.42	25.9656
9	1	1	1	3	1	2	26.02	25.9656
10	1	1	1	1	2	2	28.29	25.9656
11	1	1	1	2	2	2	27.06	25.9656
12	1	1	1	3	2	2	23.40	25.9656
13	1	1	1	1	1	4	31.64	30.8167
14	1	1	1	2	1	4	29.41	30.8167
15	1	1	1	3	1	4	32.12	30.8167
16	1	1	1	1	2	4	23.71	30.8167
17	1	1	1	2	2	4	22.40	30.8167
18	1	1	1	3	2	4	24.89	30.8167
19	1	1	1	1	1	8	35.20	39.5497
20	1	1	1	2	1	8	29.09	39.5497
21	1	1	1	3	1	8	33.80	39.5497
22	1	1	1	1	2	8	38.23	39.5497
23	1	1	1	2	2	8	30.28	39.5497
24	1	1	1	3	2	8	40.94	39.5497
25	1	1	1	1	1	16	52.41	53.7179
26	1	1	1	2	1	16	48.57	53.7179
27	1	1	1	1	2	16	62.04	53.7179
28	1	1	1	2	2	16	45.31	53.7179
29	1	1	1	1	1	24	70.62	64.4011
30	1	1	1	3	1	24	67.05	64.4011
31	1	1	1	1	2	24	73.76	64.4011
32	1	1	1	2	2	24	70.20	64.4011
33	1	1	1	3	2	24	69.50	64.4011
34	1	1	1	1	1	48	85.78	83.1105
35	1	1	1	2	1	48	86.76	83.1105
36	1	1	1	3	1	48	83.19	83.1105
37	1	1	1	1	2	48	87.04	83.1105
38	1	1	1	2	2	48	84.68	83.1105
39	1	1	1	3	2	48	79.83	83.1105
40	1	1	1	1	1	72	87.68	91.1314
41	1	1	1	2	1	72	88.33	91.1314
42	1	1	1	3	1	72	97.73	91.1314
43	1	1	1	1	2	72	86.77	91.1314
44	1	1	1	2	2	72	87.01	91.1314
45	1	1	1	3	2	72	87.45	91.1314
46	2	2	1	1	1	0	22.20	18.9686
47	2	2	1	2	1	0	20.24	18.9686
48	2	2	1	3	1	0	21.96	18.9686
49	2	2	1	1	2	0	22.04	18.9686
50	2	2	1	2	2	0	22.34	18.9686
51	2	2	1	3	2	0	23.07	18.9686
52	2	2	1	1	1	2	22.80	25.5074
53	2	2	1	2	1	2	22.53	25.5074
54	2	2	1	3	1	2	24.77	25.5074

55	2	2	1	1	2	2	27.70	25.5074
56	2	2	1	2	2	2	27.44	25.5074
57	2	2	1	3	2	2	30.62	25.5074
58	2	2	1	1	1	4	36.35	31.5066
59	2	2	1	2	1	4	31.75	31.5066
60	2	2	1	3	1	4	32.80	31.5066
61	2	2	1	1	2	4	24.27	31.5066
62	2	2	1	2	2	4	23.53	31.5066
63	2	2	1	3	2	4	28.84	31.5066
64	2	2	1	1	1	8	43.05	42.0607
65	2	2	1	2	1	8	35.12	42.0607
66	2	2	1	3	1	8	36.99	42.0607
67	2	2	1	1	2	8	34.35	42.0607
68	2	2	1	2	2	8	34.53	42.0607
69	2	2	1	3	2	8	43.39	42.0607
70	2	2	1	1	1	16	64.39	58.4228
71	2	2	1	2	1	16	54.02	58.4228
72	2	2	1	3	1	16	55.60	58.4228
73	2	2	1	2	2	16	52.38	58.4228
74	2	2	1	3	2	16	61.82	58.4228
75	2	2	1	1	1	24	80.20	70.0164
76	2	2	1	2	1	24	72.19	70.0164
77	2	2	1	1	2	24	74.59	70.0164
78	2	2	1	3	2	24	76.40	70.0164
79	2	2	1	1	1	48	92.60	88.1762
80	2	2	1	2	1	48	90.81	88.1762
81	2	2	1	3	1	48	89.73	88.1762
82	2	2	1	2	2	48	88.79	88.1762
83	2	2	1	3	2	48	85.88	88.1762
84	2	2	1	1	1	72	93.62	94.6364
85	2	2	1	2	1	72	92.04	94.6364
86	2	2	1	3	1	72	92.97	94.6364
87	2	2	1	1	2	72	93.52	94.6364
88	2	2	1	2	2	72	92.48	94.6364
89	2	2	1	3	2	72	92.43	94.6364
90	3	2	2	1	1	0	32.10	29.3948
91	3	2	2	2	1	0	32.36	29.3948
92	3	2	2	3	1	0	33.02	29.3948
93	3	2	2	1	2	0	32.57	29.3948
94	3	2	2	2	2	0	32.11	29.3948
95	3	2	2	3	2	0	30.81	29.3948
96	3	2	2	1	1	2	34.42	35.0568
97	3	2	2	2	1	2	32.60	35.0568
98	3	2	2	3	1	2	33.20	35.0568
99	3	2	2	1	2	2	38.29	35.0568
100	3	2	2	2	2	2	35.68	35.0568
101	3	2	2	3	2	2	28.84	35.0568
102	3	2	2	1	1	4	42.72	40.2429
103	3	2	2	2	1	4	41.83	40.2429
104	3	2	2	3	1	4	40.65	40.2429
105	3	2	2	1	2	4	34.81	40.2429
106	3	2	2	2	2	4	33.62	40.2429
107	3	2	2	3	2	4	35.02	40.2429
108	3	2	2	1	1	8	47.05	49.3439
109	3	2	2	2	1	8	43.63	49.3439
110	3	2	2	3	1	8	48.87	49.3439

111	3	2	2	1	2	8	52.83	49.3439
112	3	2	2	2	2	8	45.28	49.3439
113	3	2	2	3	2	8	57.32	49.3439
114	3	2	2	1	1	16	60.07	63.3849
115	3	2	2	3	1	16	57.15	63.3849
116	3	2	2	2	2	16	63.84	63.3849
117	3	2	2	1	1	24	75.07	73.2676
118	3	2	2	2	1	24	73.63	73.2676
119	3	2	2	1	2	24	83.43	73.2676
120	3	2	2	2	2	24	77.28	73.2676
121	3	2	2	3	2	24	75.56	73.2676
122	3	2	2	1	1	48	90.11	88.5652
123	3	2	2	2	1	48	89.45	88.5652
124	3	2	2	3	1	48	83.72	88.5652
125	3	2	2	1	2	48	89.21	88.5652
126	3	2	2	2	2	48	88.19	88.5652
127	3	2	2	3	2	48	88.45	88.5652
128	3	2	2	1	1	72	93.32	93.8992
129	3	2	2	2	1	72	93.83	93.8992
130	3	2	2	3	1	72	93.04	93.8992
131	3	2	2	1	2	72	93.77	93.8992
132	3	2	2	2	2	72	93.50	93.8992
133	3	2	2	3	2	72	93.26	93.8992
134	4	1	2	1	1	0	22.32	18.7920
135	4	1	2	2	1	0	20.47	18.7920
136	4	1	2	1	2	0	22.40	18.7920
137	4	1	2	2	2	0	23.73	18.7920
138	4	1	2	3	2	0	23.66	18.7920
139	4	1	2	1	1	2	19.46	24.4178
140	4	1	2	2	1	2	23.27	24.4178
141	4	1	2	3	1	2	24.95	24.4178
142	4	1	2	1	2	2	26.82	24.4178
143	4	1	2	2	2	2	27.20	24.4178
144	4	1	2	3	2	2	31.89	24.4178
145	4	1	2	1	1	4	30.41	29.5920
146	4	1	2	2	1	4	30.00	29.5920
147	4	1	2	3	1	4	34.01	29.5920
148	4	1	2	1	2	4	24.21	29.5920
149	4	1	2	2	2	4	22.66	29.5920
150	4	1	2	3	2	4	25.52	29.5920
151	4	1	2	1	1	8	25.23	38.7276
152	4	1	2	2	1	8	28.03	38.7276
153	4	1	2	3	1	8	32.60	38.7276
154	4	1	2	1	2	8	32.67	38.7276
155	4	1	2	2	2	8	35.03	38.7276
156	4	1	2	3	2	8	37.94	38.7276
157	4	1	2	1	1	16	57.58	52.9922
158	4	1	2	2	1	16	55.24	52.9922
159	4	1	2	3	1	16	54.51	52.9922
160	4	1	2	1	2	16	58.31	52.9922
161	4	1	2	2	2	16	51.18	52.9922
162	4	1	2	3	2	16	56.85	52.9922
163	4	1	2	1	1	24	65.80	63.1990
164	4	1	2	2	1	24	65.54	63.1990
165	4	1	2	3	1	24	58.88	63.1990
166	4	1	2	1	2	24	69.49	63.1990

167	4	1	2	2	2	24	63.69	63.1990
168	4	1	2	3	2	24	67.65	63.1990
169	4	1	2	1	1	48	81.58	79.4675
170	4	1	2	2	1	48	88.40	79.4675
171	4	1	2	3	1	48	80.17	79.4675
172	4	1	2	1	2	48	77.79	79.4675
173	4	1	2	2	2	48	79.35	79.4675
174	4	1	2	3	2	48	79.91	79.4675
175	4	1	2	1	1	72	85.33	85.4274
176	4	1	2	2	1	72	82.13	85.4274
177	4	1	2	3	1	72	83.10	85.4274
178	4	1	2	1	2	72	82.95	85.4274
179	4	1	2	2	2	72	83.39	85.4274
180	4	1	2	3	2	72	83.60	85.4274
181	5	2	3	1	1	0	40.05	43.3400
182	5	2	3	2	1	0	39.73	43.3400
183	5	2	3	3	1	0	38.29	43.3400
184	5	2	3	1	2	0	39.20	43.3400
185	5	2	3	2	2	0	39.01	43.3400
186	5	2	3	3	2	0	41.32	43.3400
187	5	2	3	1	1	2	58.40	49.8125
188	5	2	3	2	1	2	54.77	49.8125
189	5	2	3	3	1	2	50.80	49.8125
190	5	2	3	1	2	2	47.41	49.8125
191	5	2	3	2	2	2	51.54	49.8125
192	5	2	3	3	2	2	48.83	49.8125
193	5	2	3	1	1	4	62.28	55.3930
194	5	2	3	2	1	4	62.23	55.3930
195	5	2	3	3	1	4	61.53	55.3930
196	5	2	3	1	2	4	55.94	55.3930
197	5	2	3	2	2	4	50.43	55.3930
198	5	2	3	3	2	4	57.37	55.3930
199	5	2	3	1	1	8	59.61	64.3528
200	5	2	3	2	1	8	68.56	64.3528
201	5	2	3	3	1	8	64.65	64.3528
202	5	2	3	1	2	8	68.08	64.3528
203	5	2	3	2	2	8	63.67	64.3528
204	5	2	3	3	2	8	66.60	64.3528
205	5	2	3	1	1	16	76.77	75.9645
206	5	2	3	2	1	16	78.10	75.9645
207	5	2	3	3	1	16	71.40	75.9645
208	5	2	3	1	2	16	72.28	75.9645
209	5	2	3	2	2	16	83.00	75.9645
210	5	2	3	3	2	16	73.48	75.9645
211	5	2	3	3	1	24	83.52	82.3811
212	5	2	3	1	2	24	75.11	82.3811
213	5	2	3	2	2	24	69.89	82.3811
214	5	2	3	3	2	24	74.56	82.3811
215	5	2	3	1	1	48	98.79	88.9691
216	5	2	3	2	1	48	89.96	88.9691
217	5	2	3	3	1	48	88.62	88.9691
218	5	2	3	1	2	48	87.87	88.9691
219	5	2	3	2	2	48	85.68	88.9691
220	5	2	3	3	2	48	92.22	88.9691
221	5	2	3	1	1	72	90.31	90.0808
222	5	2	3	2	1	72	91.04	90.0808

223	5	2	3	3	1	72	90.93	90.0808
224	5	2	3	1	2	72	90.06	90.0808
225	5	2	3	2	2	72	91.11	90.0808
226	5	2	3	3	2	72	92.00	90.0808
227	6	1	3	1	1	0	32.72	35.0621
228	6	1	3	2	1	0	31.30	35.0621
229	6	1	3	3	1	0	33.42	35.0621
230	6	1	3	1	2	0	33.27	35.0621
231	6	1	3	2	2	0	31.33	35.0621
232	6	1	3	3	2	0	30.38	35.0621
233	6	1	3	2	1	2	38.98	39.0211
234	6	1	3	3	1	2	41.72	39.0211
235	6	1	3	1	2	2	45.70	39.0211
236	6	1	3	2	2	2	41.45	39.0211
237	6	1	3	3	2	2	37.86	39.0211
238	6	1	3	1	1	4	46.25	42.6907
239	6	1	3	2	1	4	47.77	42.6907
240	6	1	3	3	1	4	47.77	42.6907
241	6	1	3	1	2	4	46.40	42.6907
242	6	1	3	2	2	4	41.79	42.6907
243	6	1	3	3	2	4	41.28	42.6907
244	6	1	3	1	1	8	42.16	49.2449
245	6	1	3	3	1	8	51.37	49.2449
246	6	1	3	1	2	8	54.68	49.2449
247	6	1	3	2	2	8	49.90	49.2449
248	6	1	3	3	2	8	50.08	49.2449
249	6	1	3	1	1	16	55.02	59.7140
250	6	1	3	2	1	16	60.35	59.7140
251	6	1	3	3	1	16	55.67	59.7140
252	6	1	3	1	2	16	60.25	59.7140
253	6	1	3	2	2	16	61.68	59.7140
254	6	1	3	3	2	16	55.28	59.7140
255	6	1	3	1	1	24	72.99	67.4418
256	6	1	3	2	1	24	66.17	67.4418
257	6	1	3	3	1	24	70.66	67.4418
258	6	1	3	1	2	24	65.14	67.4418
259	6	1	3	2	2	24	60.04	67.4418
260	6	1	3	3	2	24	64.37	67.4418
261	6	1	3	1	1	48	83.58	80.4649
262	6	1	3	2	1	48	81.32	80.4649
263	6	1	3	3	1	48	79.62	80.4649
264	6	1	3	1	2	48	82.84	80.4649
265	6	1	3	3	2	48	84.41	80.4649
266	6	1	3	1	1	72	84.92	85.7027
267	6	1	3	3	1	72	84.89	85.7027
268	6	1	3	1	2	72	84.29	85.7027
269	6	1	3	2	2	72	84.39	85.7027
270	6	1	3	2	2	72	86.16	85.7027

ANEXO 3

i

```

DATA X;
INFILE 'A:DI sas 2003.PRN';
INPUT trat GRANO CONS DINT;
PROC PRINT;VAR trat DINT;
PROC GLM;CLASS trat;
MODEL DINT= trat /SS3;
LSMEANS trat /PDIFF;
estimate 'BTseco vs AT tratados' TRAT -1 3 0 -1 0 -1 /DIVISOR=3;
estimate 'BT seco VS tratados' TRAT 0 2 -1 0 -1 0/DIVISOR=2;
estimate 'AT seco VS tratados' TRAT 2 0 0 -1 0 -1 /DIVISOR=2;
estimate 'BT seco vs ens' TRAT 0 1 0 0 -1 0 /DIVISOR =1;
estimate 'BT seco vs urea' TRAT 0 1 -1 0 0 0 /DIVISOR =1;
estimate 'BT urea vs ens' TRAT 0 0 1 0 -1 0 /DIVISOR =1;
estimate 'AT seco vs ens' TRAT 1 0 0 0 0 -1 /DIVISOR =1;
estimate 'AT seco vs urea' TRAT 1 0 0 -1 0 0 /DIVISOR =1;
estimate 'AT urea vs ens' TRAT 0 0 0 1 0 -1 /DIVISOR =1;
RUN;

```

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 1

OBS	TRAT	DINT
1	2	60.2819
2	2	54.2810
3	2	55.5033
4	2	52.5829
5	2	51.0190
6	2	46.1514
7	2	61.5595
8	2	45.6015
9	2	66.3866
10	2	54.0415
11	2	30.7831
12	2	57.3959
13	2	41.1882
14	2	30.1940
15	2	59.6054
16	1	41.2147
17	1	41.7786
18	1	36.3031
19	1	.
20	1	53.6996
21	1	42.0303
22	1	42.8644
23	1	37.7407
24	1	18.5180
25	1	26.4908

26	1	24.5610
27	1	26.1820
28	1	48.9400
29	1	36.7655
30	1	47.4669
31	4	36.0269
32	4	37.0241
33	4	35.5229
34	4	39.1004
35	4	95.1266
36	4	45.0820
37	4	46.9114
38	4	46.8745
39	4	31.2425
40	4	.
41	4	25.5844
42	4	24.8602
43	4	0.5341
44	4	14.8729
45	4	30.8327
46	3	61.3229
47	3	63.5419
48	3	72.2500

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 2

OBS	TRAT	DINT
49	3	64.6796
50	3	65.9697
51	3	.
52	3	67.2145
53	3	68.6230
54	3	29.4304
55	3	39.9603
56	3	45.6996
57	3	46.9254
58	3	50.9972
59	3	53.2656
60	6	49.3682
61	6	37.1334
62	6	38.2143
63	6	36.3694
64	6	40.7498
65	6	37.1552
66	6	40.7757
67	6	38.7912

68	6	36.5866
69	6	31.5743
70	6	37.4146
71	6	31.5482
72	6	28.3199
73	6	44.6486
74	6	36.7807
75	6	61.2272
76	5	33.4547
77	5	28.1466
78	5	35.6340
79	5	.
80	5	27.9955
81	5	35.2088
82	5	29.1346
83	5	55.2604
84	5	28.2308
85	5	.
86	5	31.9134
87	5	23.8482
88	5	35.8344
89	5	16.6453
90	5	30.3457

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 3

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class Levels Values

TRAT 6 1 2 3 4 5 6

Number of observations in data set = 90

NOTE: Due to missing values, only 85 observations can be used in this analysis.

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 4

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DINT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	6087.92181301	1217.58436260	7.65	0.0001
Error	79	12569.01813762	159.10149541		
Corrected Total	84	18656.93995063			

R-Square	C.V.	Root MSE	DINT Mean
0.326309	30.04137	12.61354413	41.98725099

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	6087.92181301	1217.58436260	7.65	0.0001

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 5

General Linear Models Procedure

Least Squares Means

TRAT	DINT	Pr > T	H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)						
LSMEAN	i/j		1	2	3	4	5	6	
	1	37.4682591	1	.	0.0047	0.0002	0.8232	0.2359	0.7140
	2	51.1050198	2	0.0047	.	0.2949	0.0024	0.0001	0.0102
	3	56.1446099	3	0.0002	0.2949	.	0.0001	0.0001	0.0005
	4	36.3996930	4	0.8232	0.0024	0.0001	.	0.3328	0.5507
	5	31.6655676	5	0.2359	0.0001	0.0001	0.3328	.	0.1153
	6	39.1660876	6	0.7140	0.0102	0.0005	0.5507	0.1153	.

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

ANEXO 4

```

DATA X;
INFILE 'A:DI sas 2003.PRN';
INPUT trat GRANO CONS DINT;
PROC PRINT;VAR trat DINT;
PROC GLM;CLASS trat;
MODEL DINT= trat /SS3;
LSMEANS trat /PDIFF;
estimate 'BTseco vs AT tratados' TRAT -1 3 0 -1 0 -1 /DIVISOR=3;
estimate 'BT seco VS tratados' TRAT 0 2 -1 0 -1 0/DIVISOR=2;
estimate 'AT seco VS tratados' TRAT 2 0 0 -1 0 -1 /DIVISOR=2;
estimate 'BT seco vs ens' TRAT 0 1 0 0 -1 0 /DIVISOR =1;
estimate 'BT seco vs urea' TRAT 0 1 -1 0 0 0 /DIVISOR =1;
estimate 'BT urea vs ens' TRAT 0 0 1 0 -1 0 /DIVISOR =1;
estimate 'AT seco vs ens' TRAT 1 0 0 0 0 -1 /DIVISOR =1;
estimate 'AT seco vs urea' TRAT 1 0 0 -1 0 0 /DIVISOR =1;
estimate 'AT urea vs ens' TRAT 0 0 0 1 0 -1 /DIVISOR =1;
RUN;

```

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 1

OBS	TRAT	DINT
1	2	60.2819
2	2	54.2810
3	2	55.5033
4	2	52.5829
5	2	51.0190
6	2	46.1514
7	2	61.5595
8	2	45.6015
9	2	66.3866
10	2	54.0415
11	2	30.7831
12	2	57.3959
13	2	41.1882
14	2	30.1940
15	2	59.6054
16	1	41.2147
17	1	41.7786
18	1	36.3031
19	1	.
20	1	53.6996
21	1	42.0303
22	1	42.8644
23	1	37.7407

24	1	18.5180
25	1	26.4908
26	1	24.5610
27	1	26.1820
28	1	48.9400
29	1	36.7655
30	1	47.4669
31	4	36.0269
32	4	37.0241
33	4	35.5229
34	4	39.1004
35	4	95.1266
36	4	45.0820
37	4	46.9114
38	4	46.8745
39	4	31.2425
40	4	.
41	4	25.5844
42	4	24.8602
43	4	0.5341
44	4	14.8729
45	4	30.8327
46	3	61.3229
47	3	63.5419
48	3	72.2500

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 2

OBS	TRAT	DINT
-----	------	------

49	3	64.6796
50	3	65.9697
51	3	.
52	3	67.2145
53	3	68.6230
54	3	29.4304
55	3	39.9603
56	3	45.6996
57	3	46.9254
58	3	50.9972
59	3	53.2656
60	6	49.3682
61	6	37.1334
62	6	38.2143
63	6	36.3694
64	6	40.7498

65	6	37.1552
66	6	40.7757
67	6	38.7912
68	6	36.5866
69	6	31.5743
70	6	37.4146
71	6	31.5482
72	6	28.3199
73	6	44.6486
74	6	36.7807
75	6	61.2272
76	5	33.4547
77	5	28.1466
78	5	35.6340
79	5	.
80	5	27.9955
81	5	35.2088
82	5	29.1346
83	5	55.2604
84	5	28.2308
85	5	.
86	5	31.9134
87	5	23.8482
88	5	35.8344
89	5	16.6453
90	5	30.3457

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 3

General Linear Models Procedure
Class Level Information

Class Levels Values

TRAT 6 1 2 3 4 5 6

Number of observations in data set = 90

NOTE: Due to missing values, only 85 observations can be used in this analysis.

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 4

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DINT

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	6087.92181301	1217.58436260	7.65	0.0001
Error	79	12569.01813762	159.10149541		
Corrected Total	84	18656.93995063			
	R-Square	C.V.	Root MSE	DINT Mean	
	0.326309	30.04137	12.61354413	41.98725099	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	5	6087.92181301	1217.58436260	7.65	0.0001

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 5

General Linear Models Procedure
Least Squares Means

TRAT	DINT	Pr > T	H0: LSMEAN(i)=LSMEAN(j)					
	LSMEAN	i/j	1	2	3	4	5	6
1	37.4682591	1 .	0.0047	0.0002	0.8232	0.2359	0.7140	
2	51.1050198	2 0.0047 .	0.2949	0.0024	0.0001	0.0102		
3	56.1446099	3 0.0002 0.2949 .	0.0001	0.0001	0.0005			
4	36.3996930	4 0.8232 0.0024 0.0001 .	0.3328	0.5507				
5	31.6655676	5 0.2359 0.0001 0.0001 0.3328 .	0.1153					
6	39.1660876	6 0.7140 0.0102 0.0005 0.5507 0.1153 .						

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

The SAS System 12:34 Monday, January 1, 2001 6

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: DINT

Parameter	T for H0: Estimate	Pr > T Parameter=0	Std Error of Estimate	
BTseco vs AT tratado	13.4270066	3.56	0.0006	3.77320267
BT seco VS tratados	7.1999310	1.76	0.0822	4.08974995
AT seco VS tratados	-0.3146312	-0.08	0.9388	4.08551729
BT seco vs ens	19.4394522	4.07	0.0001	4.77968021
BT seco vs urea	-5.0395902	-1.05	0.2949	4.77968021
BT urea vs ens	24.4790424	4.95	0.0001	4.94743905
AT seco vs ens	-1.6978285	-0.37	0.7140	4.61608449
AT seco vs urea	1.0685661	0.22	0.8232	4.76747156
AT urea vs ens	-2.7663946	-0.60	0.5507	4.61608449