

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS

PROGRAMA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**“DETERMINACION DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL IN SITU DE LOS
GRANOS SECOS DE DESTILERIA CON SOLUBLES (GSDS) DE MAIZ EN
VACUNOS, AREQUIPA – 2014”**

**"DETERMINATION OF DEGRADABILITY RUMINAL SITE OF DRIED GRAINS WITH
SOLUBLE DESTILERIA (DDGS) CORN IN CATTLE, AREQUIPA - 2014"**

Tesis presentada por la Bachiller:

Sadith Erika Chavez Condori

Para optar el Título Profesional de

Médico Veterinario y Zootecnista

Arequipa – Perú

2014

DEDICATORIA

A Dios y a la Santísima Virgen,
verdadera fuente de amor y sabiduría.

A mis padres Eusebio y Exela, quienes a lo
largo de mi vida han velado por mi bienestar
y educación siendo mi apoyo en todo
momento.

A mi pequeño hijo Steban Euseo porque
eres mi inspiración y fortaleza, una
sonrisa tuya ilumina mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Santa María, por la excelente formación profesional.

A Mg. Jorge Zegarra Paredes, por su paciencia, apoyo y buenos consejos brindados como asesor de mi investigación.

A mis Jurados Dictaminadores: Mg. Guillermo Vásquez Rodríguez, Dr. Alexander Obando Sánchez y Mg. Helbert Aguilar Bravo, por su tiempo y guía como jurados de este trabajo.

A los Docentes que nos impartieron sus conocimientos, nos dieron consejos y tuvieron paciencia para explicarnos cuando teníamos dudas.

A mi familia, hermano, tíos y primos, porque de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante, a lo largo de mi formación profesional.

A mis amigos y amigas, por los inolvidables momentos que compartimos juntos especialmente a Johanna y Jimy.

INDICE

	Págs.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	1
1.3.1. Aspecto General	1
1.3.2. Aspecto Tecnológico.....	2
1.3.3. Aspecto Social	2
1.3.4. Aspecto Económico	2
1.3.5. Importancia del Trabajo	3
1.4. OBJETIVO.....	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	3
II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	4
2.1. Análisis Bibliográfico	4
2.1.1 Granos de destilería de maíz desecados con solubles (GSDS) ..	4
2.1.2 Procesos de obtención	4
2.1.3 Proceso industrial	5
2.1.4 Características físicas y químicas de los granos secos.	6
2.1.5 Control de laboratorio	9
2.1.6 Control de la calidad de la proteína	10
2.1.7 Contenido en minerales	11
2.1.8 Contaminaciones indeseables.....	11
2.1.9 Composición nutricional.....	11
2.1.10 Proteína y energía en los granos de destilería.....	12

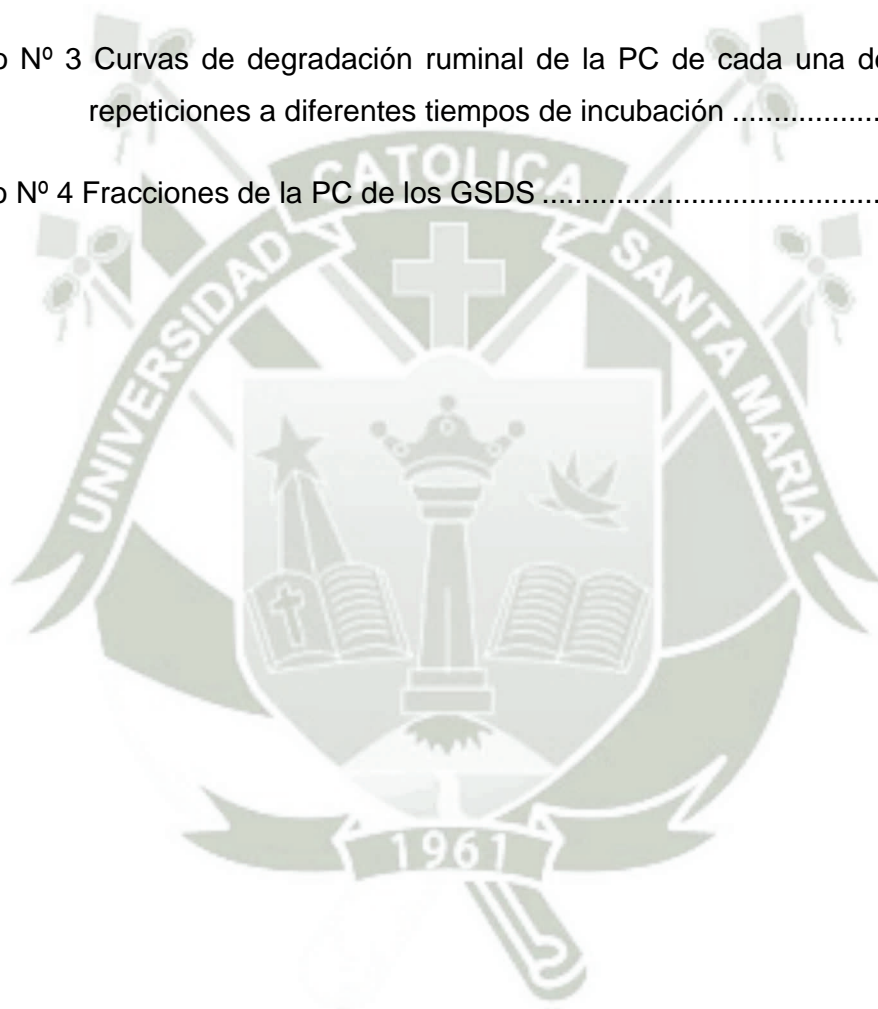
2.1.11	Calidad de proteína.....	13
2.1.12	Granos de destilería para vacas lecheras	15
2.1.13	Cualidades al alimentar con granos de destilería de maíz desecados con solubles a los rumiantes	17
2.1.14	Proteínas.....	17
2.1.15	Técnica <i>in situ</i> para estudiar la degradabilidad ruminal	18
2.1.16	Degradación del alimento	19
2.1.17	Tasa de pasaje.....	19
2.2.	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	20
2.2.1	Revisiones de Tesis Universitarias.....	20
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1.	MATERIALES.....	24
3.1.1	Localización del trabajo	24
3.1.2	Material biológico	25
3.1.3	Material de laboratorio	25
3.1.4	Material de campo	25
3.1.5	Equipos y materiales.....	25
3.1.6	Materiales digitales	26
3.1.7	Otros materiales.....	26
3.2.	MÉTODOS	26
3.3.	EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.....	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	RECOMENDACIONES.....	49
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	50
	ANEXO	54

INDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro N° 1	Tamaño de partícula, densidad de masa y pH de los GSDS .9
Cuadro N° 2	Composición química de los GSDS de maíz 10
Cuadro N° 3	Composición nutricional de varias fuentes de granos de destilería de maíz 14
Cuadro N° 4	Contenido de aminoácidos (en base Seca) de los DDS, LOS DDG, de los GSDS y el maíz. 14
Cuadro N° 5	Contenido mineral y vitamínico (en base seca) de los DDS, LOS DDG, de los GSDS y el maíz. 15
Cuadro N° 6	Factores a considerar para el uso de Granos de Destilería en raciones de vacas lecheras..... 16
Cuadro N° 7	Análisis nutricional promedio de las muestras de GSDS evaluadas 37
Cuadro N° 8	Porcentajes de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS a diferentes tiempos de incubación 38
Cuadro N° 9	Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS..... 40
Cuadro N° 10	Porcentajes de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS a diferentes tiempos de incubación 42
Cuadro N° 11	Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS..... 44

INDICE DE GRÁFICOS

	Págs.
Gráfico N° 1 Curvas de degradación ruminal de la MS de cada una de la repeticiones a diferentes tiempos de incubación	39
Gráfico N° 2 Fracciones de la MS de los GSDS.....	41
Gráfico N° 3 Curvas de degradación ruminal de la PC de cada una de las repeticiones a diferentes tiempos de incubación	43
Gráfico N° 4 Fracciones de la PC de los GSDS	45



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa, durante los meses de diciembre 2013, enero, marzo y abril 2014. El objetivo fue determinar la Degradabilidad ruminal in situ de los Granos Secos de Destilería con Solubles (GSDS) en vacunos lecheros.

El muestreo se encuentra constituido por los granos secos de destilería con solubles (GSDS) de maíz importados por la empresa Gloria S.A y almacenados en su Planta Majes. Las muestras se colocaron en las bolsistas secas a peso constante en la estufa de aire forzado, se utilizaron 02 bolsitas por cada animal para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 04 repeticiones por muestra y tiempo de incubación fue 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas.

Llegando a determinar la curva de degradación ruminal de la materia seca de los GSDS encontrándose un valor promedio de 29.24 % de la MS de alta degradabilidad o solubilidad en el T0, así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 76.79 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco más de las tres cuartas partes de la MS de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación. Se determinó la curva de degradación ruminal de la proteína cruda de los GSDS encontrándose un valor promedio de 17.13 % de la PC de alta degradabilidad o solubilidad en el T0, así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 69.43 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco menos de las tres cuartas partes de la PC de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS con 33.53 % de fracción soluble rápidamente degradable, 41.41 % de fracción lentamente degradable en el rúmen y una fracción potencialmente degradable total de 74.94 %, es decir casi las tres cuartas partes de la MS de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa de degradación de la MS de 9 %/h y un

porcentaje de degradabilidad efectiva (DE) de 59.66 % durante el periodo de evaluación del estudio. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la PC de los GSDS con un 22.42 % de fracción soluble rápidamente degradable, 53.38 % de fracción lentamente degradable en el rúmen, y una fracción potencialmente degradable total de 75.80 %, es decir poco más las tres cuartas partes de la PC de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa promedio de degradación de la PC de 7 %/h. y un porcentaje de proteína degradable ruminal (PDR) o degradabilidad efectiva (DE) de 48.88 % y un el porcentaje de proteína no degradable en el rúmen (PND) de 51.12 %, es decir en el presente estudio poco más de la mitad de la proteína de los GSDS fue “by pass” y no se degradó en el rúmen. Finalmente se determinó el porcentaje de proteína no degradable potencialmente digestible (PNDPD) el cual alcanzo un 53.26 %, indicándonos que poco más de la mitad de la PND en el rúmen podría ser degradada a nivel del tracto gastrointestinal inferior, es decir a nivel de abomaso é intestino delgado.



SUMMARY

This research was conducted in the Fundo La Banda - Huasacache , Hunter District , Province of Arequipa, Arequipa , during the months of December 2013 , January, March and April 2014 aimed to determine the ruminal degradability . in situ of Dry Distillers Grains with Solubles (GSDS) in dairy cattle.

The sample is composed of dried distillers grains with solubles (GSDS) corn imported by Gloria SA and stored on your floor Majes . The samples were placed in dry stockbrokers to constant weight in the forced air oven 02 bags were used for each animal for different incubation times, giving a total of 04 replicates per sample and incubation time was 0 , 2 , 4 , 8 , 16 , 32 and 48 hours.

Coming to determine the curve of ruminal degradation of dry matter of the GSDS finding an average value of 29.24 % DM high degradability and solubility T0 as well as the final degradability after 48 hour incubation of 76.79 % , ie up to 48 h of incubation in the rumen were able to degrade a little over three quarters of the MS of GSDS evaluated. Significant differences ($p < 0.05$) between mean degradability of all the hours of incubation was found . Curve rumen of the crude protein of the GSDS was determined by finding a mean value of 17.13 % of the PC high degradability and solubility T0 as well as the final degradability after 48 hour incubation of 69.43 % , is ie up to 48 h of incubation in the rumen degradation was achieved just under three-quarters of the PC of GSDS evaluated. Significant differences ($p < 0.05$) between mean degradability of all the hours of incubation was found . The kinetics of ruminal degradation of DM of GSDS with 33.53 % soluble fraction rapidly degradable , 41.41 % of slowly degradable fraction in the rumen and potentially degradable fraction total of 74.94 % parts was established , ie almost three quarters MS of GSDS could be degraded in the rumen during the incubation period established in the study. A rate of DM degradation of 9 % / h and a percentage of effective degradability (ED) of 59.66 % was also established during the evaluation period of the study. Kinetics rumen PC 's GSDS three quarters is established with 22.42 % soluble fraction rapidly degradable , 53.38 % of slowly degradable fraction in the rumen , and total potentially degradable fraction of 75.80 % , i.e. little parts of the PC of GSDS could be degraded in the rumen during the incubation period established in the study. An average rate of PC degradation of 7%

/ h was also established . and a percentage of ruminal degradable protein (PDR) or effective degradation (DE) of 48.88 % and the percentage of non-degradable protein in the rumen (PND) of 51.12 % , ie in the present study little over half of the protein in GSDS was "by pass " and not degraded in the rumen . Finally, the percentage of non-degradable protein potentially digestible (PNDPD) which reached a 53.26 % was found , indicating that slightly more than half of the NDP in the rumen could be degraded at the lower gastrointestinal tract , ie level abomasum é small intestine .



I. INTRODUCCIÓN

1.1. ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Determinación de la Degradabilidad ruminal *in situ* de los Granos Secos de Destilería con Solubles de maíz (GSDS) en Vacunos Lecheros. Arequipa – 2014.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El grano de maíz es el concentrado energético por excelencia para la producción animal. La avicultura, la producción de cerdos y la de ganado bovino de carne y leche se sostienen en gran medida con este cereal.

Sin embargo, cada vez más los mercados internacionales exigen que se profundice el destino del maíz para el consumo humano y últimamente se busca diversificar su industrialización para otros usos, básicamente para biocombustible (etanol a partir del almidón).

En este contexto, para la producción ganadera en general y para la lechera en particular, se vuelve perentoria la necesidad de encontrar alternativas para reemplazarlo, al menos en parte, por otras fuentes de energía con características nutricionales semejantes.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

1.3.1. Aspecto General

Los nuevos modelos para formulación y evaluación de raciones requieren de la determinación precisa de aspectos dinámicos de la degradación de alimentos en el rumen y han adoptado a la técnica *in situ* como instrumento para facilitar este tipo de mediciones.

Existe una serie de análisis que permiten determinar el valor nutricional y el potencial grado de deterioro de los alimentos. Recientemente se ha dado más importancia a la necesidad de determinar, con mayor precisión, los requerimientos proteicos de los

rumiantes. En el Perú es escasa la información sobre la degradabilidad ruminal de los alimentos destinados a vacunos, estos datos, nos permitirán el diseñar sistemas de alimentación que maximicen la eficiencia en la utilización de la proteína en la dieta del ganado vacuno lechero.

1.3.2. Aspecto Tecnológico

Existe escasa información relacionada con la degradabilidad ruminal de los GSDS, y la mayor parte de ella procedente del extranjero, es por ello que con la determinación de la degradación proteica de este nuevo insumo alimenticio, se proporcionará un aporte tecnológico para el desarrollo de la ganadería, a la altura de otros países sudamericanos.

1.3.3. Aspecto Social

La leche es un alimento básico en la población, del mismo modo, representa una de las principales actividades socioeconómicas de la Región, por lo tanto, al informar a los ganaderos sobre el valor proteico granos secos de destilería con solubles. Ayudaremos a mejorar la rentabilidad de los productores, a través de una reducción en sus costos en el sistema de alimentación.

1.3.4. Aspecto Económico

Los cambios climáticos en nuestra región representan una de las principales causas de pérdida de productividad en los sistemas ganaderos.

Las respuestas en producción y los precios actuales de insumos apoyan la inclusión de granos de destilería en las raciones de vacas lecheras. De esta manera el productor tendrá mayor rentabilidad

1.3.5. Importancia del Trabajo

La técnica *in situ* ofrece la posibilidad de estudiar la degradabilidad ruminal de los alimentos a través de la utilización de bolsas de dacrón suspendidos en el rumen. Esta técnica ha sido adoptada por la Agricultural and Food Research Council, (AFRC) como método estándar para caracterizar la degradabilidad ruminal del nitrógeno. Esta técnica ha sido elegida debido a su gran aproximación a los resultados *in vivo*.

1.4. OBJETIVO

1.4.1. Objetivo General

Determinar la Degradabilidad ruminal *in situ* de los Granos Secos de Destilería con Solubles (GSDS) en vacunos lecheros. Arequipa – 2013.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la degradabilidad de la proteína cruda y de la materia seca en diferentes tiempos de incubación.
- b) Establecer la degradabilidad efectiva de la materia seca de los Granos Secos de Destilería con Solubles
- c) Establecer la degradabilidad efectiva de la proteína cruda de los Granos Secos de Destilería con Solubles.

1.5. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Dado que: la materia seca y la proteína cruda de los alimentos sufren un proceso de degradación microbiana a nivel ruminal, es probable que; la metodología de degradabilidad *in situ* nos permita determinar la magnitud de dicha degradación y estimar la curva de degradación en el tiempo, de los granos secos de destilería con solubles destinados a la alimentación de vacunos lecheros en Arequipa.

II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. Análisis Bibliográfico

2.1.1 Granos de destilería de maíz desecados con solubles (GSDS)

Los granos de destilería de maíz desecados con solubles (GSDS, por sus siglas inglés *Distillers Dried Grans With Solubles*), son el producto que se obtiene después de extraer al alcohol etílico a través de la fermentación de levaduras de un grano o una mezcla de granos condenados y secando un mínimo de tres cuartos de los residuos sólidos enteros que resultan a través de métodos utilizados en la industria destiladora de granos.

Los GSDS se producen con mezclar los solubles de destilería de maíz líquidos en los granos de destilería de maíz húmedos antes de secarlos. Si no se desecan, se venden como granos de destilería húmedos (Iowa corn, 2006).

La destilería convierte el grano entero en almidón y este en el etanol usando las enzimas y la levadura. Después de quitar todo el etanol, los solubles residuales del grano se concentran y se secan con la porción insoluble dando por resultado una concentración de tres veces más proteína, grasa, fibra, etc. Del grano entero excepto del almidón (Distillers Grains, 2006)

2.1.2 Procesos de obtención

El proceso por el cual los GSDS es producido es absolutamente fácil de entre Primero, se muele y se humedece el maíz, y una enzima se agrega al almidón para convertirlo en azúcar. El material entonces se calienta para eliminar microbios indeseados y entonces una levadura se agrega para convertir el azúcar al alcohol. Después de la fermentación, el alcohol es quitada por la destilación y se secan los componentes restantes (Dale y Batal, 2005)

2.1.3 Proceso industrial

Según Blas, *et al* (2005). El proceso industrial consta de 5 fases:

- i) Selección, limpieza y molienda del grano;
- ii) Sacarificación o paso del almidón a glucosa mediante la utilización de enzimas apropiadas;
- iii) Fermentación de la glucosa para producir etanol utilizando levaduras (cada molécula de glucosa produce 2 moléculas de etanol y 2 de CO₂).
- iv) Destilación del etanol mediante proceso de vaporización por calentamiento.
- v) Recogida de los residuos y secado de los mismos con aire caliente hasta un 10-12% de humedad, para su posterior comercialización en forma de gránulo.

El proceso da lugar a dos tipos de subproductos: los granos de destilería (DG, distiller grains) y los mal llamados solubles (DS, distillers solubles, vinazas o "thin stillage"). Los DG contienen fundamentalmente residuos no fermentados de los granos originales. Los DS contienen levaduras, nutrientes solubles y las partículas de granos más finas. A veces estos productos se suministran en húmedo, y por separado, a cebaderos de terneros localizados cerca de la industria; los DG mezclados con el pienso y los DS, que sólo tienen un 5% de materia seca, como sustitutivos del agua. En la mayoría de los casos ambos productos se desecan y se comercializan conjuntamente (GSDS compuestos por 75% DDG y 25% DDS, aproximadamente), una vez secados.

Según, Noll, S. *et al.* (2006), menciona que en la producción de etanol, el almidón se fermenta para obtener alcohol etílico, pero los componentes restantes del grano (endospermo, germen), conservan

mucho del valor nutritivo original del grano, entre lo que se incluye a la energía, proteína y fosforo.

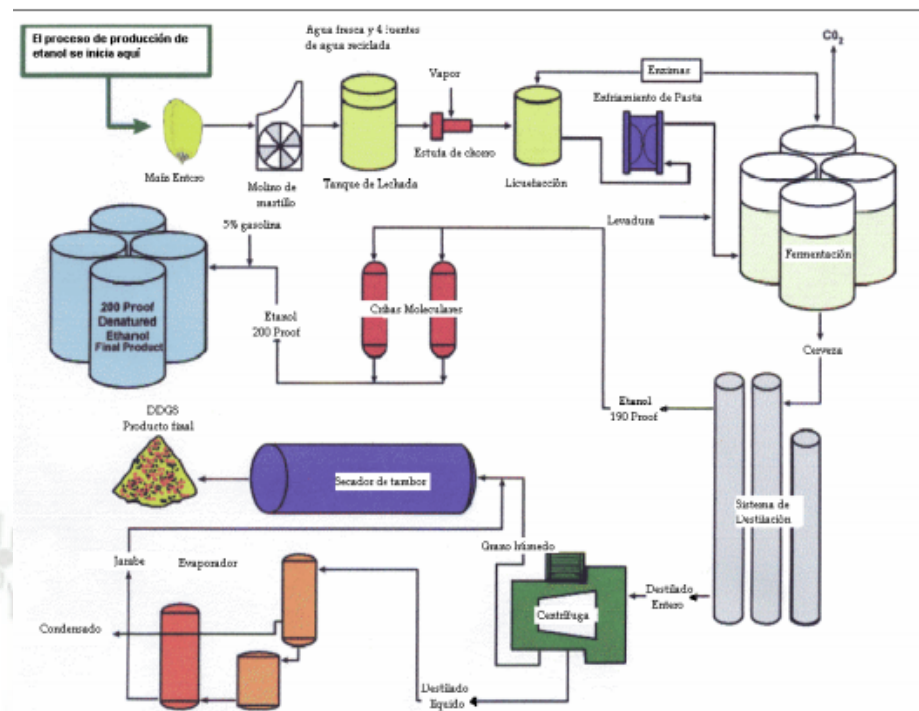


Figura 1. Proceso de producción de etanol por medio de molienda seca (www.scolinn.com/main.htm) [1]

Figura 1 se presenta una ilustración del proceso de molienda seca en la producción de etanol. Durante este periodo, la concentración de los nutrientes remanente en el grano se incrementa por tres veces (Shurson *et al.*, 2004)

2.1.4 Características físicas y químicas de los granos secos.

Según Blas, *et al* (2005). Las características del producto final dependen de la calidad del producto inicial y de las condiciones del proceso (temperatura y tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado). En general, concentran entre 2.2 y 3 veces al contenido en fibra, proteína, extracto etéreo y cenizas, en relación con el producto original. El contenido proteico es alto, en torno al 25%, pero es pobre en lisina. El calor aplicado durante los procesos de fermentación, destilación y secado reduce la solubilidad de la proteína y aumentan su indegradabilidad. Sin embargo, la digestibilidad intestinal de sus aminoácidos tanto para monogástricos como para rumiantes no es muy elevada, especialmente cuando las

temperaturas en el proceso de secado superan los 100°C durante varios minutos. De aquí, que el valor proteico sea superior en los productos húmedos que en los secos. El contenido en grasa de los residuos de destilería es alto (en torno al 5- 10%) de carácter insaturado (56% de ácido linoleico). El proceso de hidrólisis y secado posterior al que se somete el producto original aumenta la concentración de ácidos grasos libres. Por ello, la acidez oleica es alta pero no indicativa de deterioro o enrancia fresco (origen nacional) en rumiantes, con altos contenidos en levadura, minerales y vitaminas del grupo B. No obstante, su inclusión a niveles elevados puede alterar la fermentación ruminal de la fibra por su alto contenido en grasa insaturada. La adición de sales cálcicas, sódicas o ácido fosfórico para ajustar el pH, a fin de favorecer el rendimiento del proceso, es frecuente lo que modifica el nivel en estos minerales del producto final.

A) Color

El color de los GSDS puede variar desde ligeramente dorado a marrón oscuro. Las diferencias se deben al color inicial del grano, la cantidad de solubles añadidos a él para hacer GSDS.

Figura 2 . Tres muestras de GSDS de maíz



La muestra 1 es de color ligero, típico de muchas plantas nuevas productoras de granos de destilería de maíz desecados con solubles (GSDS).

La muestra 2 es intermedia, mientras que la muestra 3 es oscura (todas las muestras fueron tomadas de envíos comerciales).

En la muestra ligera 1 se observó que tenía niveles satisfactorios de aminoácidos totales y disponibles. La muestra intermedia 2 había reducido algo los niveles de los aminoácidos disponibles, especialmente lisina, pero esta disminución no era severa. Sin embargo la muestra oscura 3 tenía niveles extremadamente bajos del total de lisina y de la disponibilidad de lisina. Esto indica que una cantidad significativa del lisina había sido destruida durante el proceso (Dale y Batal, 2005)

B) Tiempo y temperatura de secado.

Estos parámetro afectan la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos, especialmente de la lisina. Las temperaturas de secado pueden variar entre unos 127°C Y 621°C, en función de la planta de etanol.

C) Olor

Los GSDS de alta calidad tienen un olor dulce a fermentado. Los GSDS que tienen un olor a quemado o a humo están sobrecalentados.

D) Tamaño de partícula

El tamaño medio de partícula para los GSDS es aproximadamente 700 μm , pero el rango de este parámetro es extremadamente grande: varía de 73 a 1.217 μm entre diversos orígenes.

E) Densidad de masa

La densidad de masa es un factor importante a considerar cuando se determina el volumen de almacenamiento de los vehículos de transporte, barcos, contenedores, tambores y sacos. La densidad de masa afecta los costos de transporte y de almacenamiento. Los ingredientes con una densidad de masa baja tienen un mayor costo por unidad de peso. También afecta la cantidad de segregación del ingrediente que pueda haber durante el manejo de alimentos completos. Las partículas de densidad de masa mayores se van al

fondo de una carga durante el transporte mientras que las partículas de densidad menores suben a la parte superior de la carga.

F) pH

El pH de las fuentes de GSDS promedia 4.1, pero puede estar en un intervalo de 3.6-5.0 como se detalla a continuación en el cuadro 1.

Cuadro Nº 1

Tamaño de partícula, densidad de masa y pH de los GSDS

	Promedio	Intervalo
Tamaño de partícula, μm	737	7.30 – 1217
Densidad de masa, lb/pies	25.3	22.8 – 31.5
pH	4.13	3.6 – 5.0

FUENTE: National Corn to Ethanol Research Center. (2008)

G) Higroscopia

Hay información limitada con respecto a la higroscopia (capacidad absorber humedad) de los GSDS. Sin embargo bajo condiciones climáticas humedad aumentan el contenido de humedad durante el almacenamiento a largo plazo, pero la concentración de proteína cruda no varía y no ha presencia de aflatoxinas presentes tanto al inicio como al final del periodo de almacenamiento.

2.1.5 Control de laboratorio

A) Control químico básico

Según Grant, *et al.* Incluye el análisis proximal, especialmente de proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE) y la determinación de la fibra neutro detergente (FDN). El contenido en EE varía en función de que se utilice o no hidrólisis ácida previa. Asimismo, el solvente utilizado para la extracción, puede afectar a los resultados. En cuanto

a la FND, no es fácil determinarla correctamente, ya que se pueden encontrar hasta 15 puntos de diferencia entre laboratorios en función del método utilizado. Los métodos que utilizan sulfito sódico para solubilizar la proteína ligada a la FND dan valores muy inferiores a los que no lo utilizan, lo que debe ser tenido en cuenta. Por otra parte, la suma de los principios inmediatos analizados (Humedad, Cenizas, PB, EE, FND, Almidón, y Azúcares) de los distintos GSDS varía entre el 85% (cebada) y el 92% (sorgo). En la práctica estos valores indican que los GSDS contienen entre un 15 y un 8% de fibra soluble. Probablemente esta diferencia quede explicada por el mayor contenido en xilanos y B-glucanos de los GSDS en relación con el grano original. Las enzimas utilizadas durante el proceso parecen ser muy selectivas y no afectan a estos compuestos. De aquí, que la cantidad de fibra soluble sea superior para la cebada que para el trigo, y para ambos superior al maíz.

Cuadro Nº 2
Composición química de los GSDS de maíz

Nutriente	%
Humedad	10.4
Cenizas	5.8
PB	24.5
EE	9.8
Grasa	75
FB	8
Almidón	8.7

Fuente: Batal, A. (2003)

2.1.6 Control de la calidad de la proteína

Según Grant, *et al.* Los GSDS sufren un proceso de calentamiento que, en general, es bastante agresivo lo que afecta a la digestibilidad de los aminoácidos. No es fácil evaluar la agresividad del tratamiento. Métodos indirectos incluyen la valoración del color, el porcentaje de lisina en relación con la PB y la proporción de proteína ligada a la fracción fibra. Se ha demostrado la existencia de importantes

cantidades de nitrógeno no proteico en estos compuestos, cantidades que parecen depender de las condiciones del proceso de fermentación y posterior secado.

2.1.7 Contenido en minerales

Según Grant, *et al.* En general los GSDS deberían concentrar entre 2,3 y 3 veces el contenido mineral del cereal de procedencia. Sin embargo, esto no siempre es así para ciertos minerales, especialmente el S, Ca y el Na. La razón es la utilización de sales minerales que contienen estos dos elementos en el proceso de obtención del alcohol o bien a la adición de carbonato para facilitar la fluidez del producto no granulado. Esta práctica es menos habitual en los GSDS de origen nacional, por lo que su contenido mineral suele ser inferior.

2.1.8 Contaminaciones indeseables

Según Grant, *et al.* El proceso de fermentación concentra en los GSDS en torno a 2,3 a 3 veces cualquier material indeseable presente en el grano. De especial interés en cuanto al nivel de contaminación es el control de micotoxinas, en particular de las aflatoxinas. Puede darse el caso de que el cereal sea aceptable pero no el GSDS resultante por superar la dosis permitida. Otro aspecto de interés es la eventual presencia de antibióticos (p.ej. virginiamicina) en los GSDS que resultan de su utilización en el proceso fermentativo para controlar las reacciones microbianas no deseadas. Finalmente, como es el caso de todos los subproductos industriales que han sufrido procesos de almacenaje en condiciones difíciles, es recomendable la realización de controles microbiológicos, incluido *Clostridium spp.*, *Enterobacteriaceas* y *Salmonella spp.*

2.1.9 Composición nutricional

Generalmente a los Granos de Destilería se les extrae casi la totalidad del almidón, sin embargo son una excelente fuente de energía,

proteína y fibra y fósforo. Los Granos de Destilería son una buena fuente de proteína no degradable en rumen (PNDR o “*by-pass*”). Los valores reportados estiman en promedio un 55% de la proteína bruta como “*by-pass*” con un rango que va de 47 a 63%.

Normalmente se asume un menor % “*by-pass*” para los granos de destilería húmedos que para los secos, aunque las diferencias son pequeñas. Investigaciones de Ohio han reportado un 47% PNDR para los húmedos y 54% para los secos. Durante el proceso de secado parte de la proteína se degrada por calentamiento por lo cual la proteína contenida en los granos de destilería es proporcionalmente más *by-pass* que la del grano original. Sin embargo, si el porcentaje de proteína *by-pass* es mucho mayor (ej. > 80% de la PC), sería recomendable chequear la proteína indigestible por si hubo daño por calentamiento. Hutjens, (2003)

2.1.10 Proteína y energía en los granos de destilería

- Los GSDS presentan las siguientes características:
 - Más del 30% de la materia seca
 - Una buena fuente de proteína no degradable (sobrepaso) en rumen;
 - Una proteína de buena calidad aunque la lisina es primer aminoácido limitante;
 - La producción por las vacas lecheras alimentadas con granos de destilería es tan alta o más alta que cuando se alimenta con pasta de soya.
- La energía en los granos de destilería:
 - Presentan entre el 10 al 15% más alta previamente reportada para los GSDS;
 - Más energía por libra que en el maíz;
 - Reemplazan el almidón en el maíz con la fibra y la grasa altamente digestible en los granos de destilería puede disminuir los trastornos intestinales (Shannon, 2004)

2.1.11 Calidad de proteína

Numerosos estudios han evaluaron la calidad de la proteína de los granos de destilería de maíz y si el agregado de proteína adicional o la suplementación de aminoácidos pueden incrementar el nivel de producción en vacas lecheras. En un ensayo realizado por Nichols *et al.* (1998) se incrementa la producción cuando las vacas son suplementadas con lisina y metionina ruminalmente protegida (RPLM). Investigaciones de Wisconsin observaron similares incrementos con La suplementación de lisina. Esta respuesta era esperada porque la proteína en las dietas basadas en maíz es normalmente limitante en lisina. Sin embargo, posteriores ensayos de los mismos investigadores han demostrado que no hay incrementos en la producción al suplementar lisina a vacas cuya dieta estaba basada en granos de destilería. También se ha demostrado que no hay diferencias en producción al evaluar dietas que incluían una mezcla de suplementos proteicos de alta calidad comparadas con dietas con granos de destilería como la única fuente proteica. Esos estudios demostraron que los granos de destilería de maíz son una fuente de proteínas de alta calidad y que no son fácilmente superables. Pueden ser perfectamente utilizados como la única fuente de proteína en muchos casos. Álvarez (2008).

Cuadro Nº 3
Composición nutricional de varias fuentes de granos de destilería de maíz

Nutriente	Granos de destilería	Granos de destilería con solubles	Solubles condensados de destilería
Materia seca %	94	92	93
Proteína cruda %	23	25	30
PNDR,% de PC	47-63	47-63	47-63
ENL Mcal/Lb	0.90	0.93	0.93
TND%	86	88	88
Grasa%	10	10	9
FDA%	17	18	7
FDN%	43	44	23

Fuente: Blas *et al*, (2003)

¹ Adaptación de NRC, 2001 y 1989, Requerimientos Nutricionales del Ganado Lechero

² Todos los nutrientes excepto MS expresados como % en base a MS.

³ Proteína no degradable en rumen.

Cuadro Nº 4
Contenido de aminoácidos (en base Seca) de los DDS, LOS DDG, de los GSDS y el maíz.

Aminoácidos	DDG	DDS	GSDS	MAIZ
Arginina %	0.96	0.96	1.22	0.42
Histidina, %	0.67	0.72	0.74	0.26
Isoleucina, %	1.01	1.32	1.11	0.31
Leucina, %	2.80	2.45	2.76	1.11
Lisina, %	0.79	0.89	0.67	0.29
Metionina, %	0.46	0.55	0.54	0.19
Cistina, %	0.30	0.50	0.56	0.21
Fenilalanina, %	1.05	1.50	1.44	0.44
Treonina, %	0.66	1.12	1.01	0.33
Triptofano, %	0.21	0.25	0.27	0.07
Valina, %	1.32	1.63	1.40	0.44

Fuente: NRC, 1998

En cuanto al contenido de vitaminas los subproductos de destilería son ricos en vitaminas del complejo B y E fundamentalmente los DDS, superando ampliamente al maíz y la harina de soya.

Cuadro N° 5
Contenido mineral y vitamínico (en base seca) de los DDS, LOS
DDG, de los GSDS y el maíz.

	DDG	DDS	GSDS	MAIZ
Minerales				
Calcio, %	0.11	0.32	0.22	0.03
Magnesio, %	0.27	0.70	0.20	0.13
Fosforo, %	0.43	1.17	0.83	0.31
Potasio, %	0.18	1.63	0.90	0.37
Sodio, %	0.10	0.28	0.27	0.02
Azufre, %	0.46	0.40	0.32	0.15
Cobre, Mg/Kg	48	90	61	3
Hierro, Mg/Kg	234	609	276	33
Manganeso, Mg/Kg	23	80	26	8
Selenio, Mg/Kg	0.43	0.36	0.42	0.08
Zinc, Mg/Kg	59	92	86	20
Vitaminas				
Vitamina E, Mg/Kg	30.6	55.8	40	9.3
Niacina, Mg/Kg	39.4	12.6	80.6	27.0
Ac. Pentatónico, Mg/Kg	12.4	22.8	15.1	6.7
Riboflavina, Mg/Kg	5.5	18.5	9.2	1.3
Vitamina B12, Mg/Kg	0.0	3.3	0.0	0.0
Biotina, Mg/Kg	0.52	1.80	0.84	0.07
Colina, Mg/Kg	1255	5263	2835	697
Tiamina, Mg/Kg	1.8	7.5	3.1	3.9
Vitamina B6, Mg/Kg	4.7	9.6	8.6	5.6

Fuente: NRC, 1998

2.1.12 Granos de destilería para vacas lecheras

La mayoría de las investigaciones se han focalizado en el uso de los granos de destilería como una fuente de proteína alternativa a la harina de soja (pellet y expeller), el suplemento proteico más difundido en la actualidad. Sin embargo, además de su contenido proteico los granos de destilería son una excelente fuente de energía debido a su alto contenido de fibra digestible (FDN) y aceite.

Los granos de destilería contienen alrededor de un 40 a 45% de FDN altamente digestible y por tanto reemplaza otras fuentes de almidón disminuyendo el riesgo de acidosis ruminal. Pero a pesar de su alto contenido de fibra, están compuestos por un tamaño de partícula pequeño por lo que se considera que contribuyen en menos de un

15% a la fibra físicamente efectiva de la dieta. Por lo tanto el agregado FDN de mayor tamaño de partículas es necesario a fin de estimular la rumia.

Frecuentemente surgen preguntas acerca de cuál es la cantidad máxima de granos de destilería que se puede incorporar. Investigaciones de la Universidad de Dakota del Sur sugieren que un máximo del 20% de la Materia Seca puede ser incluido en la ración de vacas lecheras. A niveles mayores al 20% podrían existir potenciales problemas de palatabilidad y excesivo consumo de proteína. Sin embargo, cuando la dieta está correctamente formulada es posible incorporarlo hasta una 30% de la materia seca.

Cuadro N° 6
Factores a considerar para el uso de Granos de Destilería en raciones de vacas lecheras

Ítems.	Factores
1	Mantener el largo de partículas de la TMR (al menos 6-8% de partículas de al menos 1,9 cm)
2	Asegurar un adecuado nivel de PC, PNDR y PDR usando el Software NRC 2001
3	Evitar deficiencias de lisina.
4	Evitar un porcentaje de Proteína Bruta mayor al 18%.
5	Evitar un porcentaje de Grasas mayor al 6%.
6	Evitar una excesiva excreción de nitrógeno y/o fósforo. Desarrollar un plan de manejo de nutrientes.

¹ Si se usa el Penn State Particle Separator, las partículas retenidas en la rejilla más alta debieran mayores a 1,9 cm de largo. Estas partículas de mayor tamaño estimulan la rumia. Adaptado de Grant, 2002.

2.1.13 Cualidades al alimentar con granos de destilería de maíz desecados con solubles a los rumiantes

Para los rumiantes de GSDS son una buena fuente de proteína de puente con un valor de alta energía para lactancia, crecimiento y finalización. Los GSDS pueden sustituir alrededor de la mitad del alimento del concentrado, que es equivalente a un máximo de 4.5 a 5.5 kg/vaca/día.

Sustituir una porción significativa de los granos de destilería en los ganados lecheros da lugar a menudo a producciones crecientes de la leche, acidosis reducida y a la rumia mejorada en vacas. Se considera que los GSDS poseen una sabor agradable, mejora la salud ruminal y contiene 1.8 veces más valor esta comparado a la alimentación con soya.

El mejor uso de los granos de destilería para los ganados vacunos es como fuente de la proteína para los animales en crecimiento. Con ganado forrajero, el valor de GSDS es igual o levemente superior al grano del maíz (Dunn, 2005).

2.1.14 Proteínas

Las proteínas son constituyentes esenciales en los organismos vivos. Todas las células sintetizan proteínas durante una parte o a lo largo de toda su existencia, sin esa función la vida no resulta posible.

Los rumiantes se distinguen del resto de los animales por la adaptación morfofisiológica de la parte anterior de su estómago, esta peculiaridad permite convertir alimentos fibrosos y proteínas de muy baja calidad, incluso el nitrógeno no proteico (NNP) en nutrientes de calidad como la proteína microbiana y los ácidos grasos volátiles. La proteína microbiana es de mejor calidad, balanceada para cubrir las necesidades de la vaca lechera y además es la fuente más económica de aminoácidos. Predecir el rendimiento en proteína microbiana es difícil, ya que la ingestión del alimento, el ambiente en el rumen y el

pH, la forma física de los alimentos, el procesado y las fuentes del alimento tendrán impacto sobre el crecimiento microbiano ruminal.

2.1.15 Técnica *in situ* para estudiar la degradabilidad ruminal

El método *in situ*, también denominado de la bolsa de nylon o *in sacco*, tiene como objetivo fundamental medir la desaparición de materia seca y orgánica, el nitrógeno u otro nutriente de los alimentos sometidos al efecto del ambiente ruminal; para ello los alimentos son colocados en bolsas que se incuban en el rumen, a través de una cánula permanente en el saco dorsal de este órgano. En los primeros experimentos según Quins, *et al.*, (1939), se usaron bolsas de seda, las que fueron reemplazadas posteriormente por otros tejidos como el nylon, el poliéster y el dacrón.

Inicialmente el método se utilizó exitosamente para evaluar diferentes alimentos y para determinar la efectividad del tratamiento con formaldehído a los suplementos proteicos. Los resultados de dichos estudios eran obtenidos a partir de un solo tiempo de incubación, lo cual presentó algunos puntos débiles. Posteriormente Mehrez y Ørskov (1977) propusieron el uso de este método como rutina para evaluar el rango de degradabilidad ruminal de las proteínas, incubando varias bolsas con vistas a obtener una evaluación cinética de la degradación.

Van Soest, *et al.*, (1978) y Ørskov, *et al.*, (1988), han sugerido el uso de los datos de la cinética de degradación para mejorar la estimación del valor nutritivo de los alimentos, cuando se utilizan tanto métodos *in vitro* como *in sacco*. Este enfoque dinámico mejoró marcadamente el potencial de esta técnica, como fue demostrado por el estudio de Ørskov, *et al.*, (1980) que realizaron sobre la evaluación de forrajes

2.1.16 Degradación del alimento

La desaparición del material de las bolsas de nylon a través del tiempo es un estimado de la degradabilidad del alimento por actividad microbiana ruminal.

La relación entre la desaparición de materia seca, proteína, y fibra neutro detergente, de las bolsas con tiempo se puede describir por medio de una ecuación de primer orden de tipo $p = a + b(1 - e^{-ct})$.

En esta expresión matemática, la constante “a” representa el intercepto de la curva, o sea el material que se disuelve inmediatamente en el líquido ruminal, pero que ocupa un espacio en el rumen. En contraste, la constante “b”, es la porción insoluble pero potencialmente degradable de la fracción alimenticia en estudio (Shem *et al.*, 1995). El valor de la constante “c” en la ecuación indica la velocidad de degradación del material insoluble. Los valores de estas constantes combinadas con el tiempo de retención determinaran la cantidad de material que se degradan. Al contrario de a y b, c no es una constante del valor específico del alimento sino una determinación de las condiciones ideales de celulosis.

Se debe resaltar que la suma de a+b no es igual a la digestibilidad, debido a que varía de acuerdo al tiempo que el alimento pase en el rumen. La tasa de degradación representa la porción de la fracción potencialmente degradable en el rumen, que desaparece por unidad de tiempo (hora). La magnitud de este ritmo p tasa de desaparición depende entre otros factores de volumen del rumen, el nivel de alimentación y posibilidad del tamaño de partícula del alimento. (Orskov y Ryle, 1989).

2.1.17 Tasa de pasaje

La tasa de pasaje se refiere a la cantidad de digesta (como peso o proporción) que pasa por un punto en el tracto alimentario en un tiempo determinado (Kotb y Luckey, 1972).

2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.2.1 Revisiones de Tesis Universitarias

Determinación de la Degradabilidad Proteica de Siete Recursos Forrajeros Para Vacunos Lecheros, Arequipa – 2008. Vera Arzubialde Jorge Arturo.

Los valores de la cinética de degradabilidad in situ de Materia Seca en alfalfas cortadas en estado de prefloración mostraron un valor promedio de degradabilidad efectiva de 71.92 %, mostrando escasas variaciones entre zonas de muestreo. Dicho valor demuestra que a un estado fenológico temprano la degradación de la MS es bastante alta y por lo tanto entregaría mayor energía fermentable a nivel ruminal. Los valores de la cinética de degradabilidad in situ de la Proteína Cruda en alfalfas cortadas en estado de prefloración mostraron un valor promedio de degradabilidad efectiva de 78.55 %, mostrando variaciones importantes entre las zonas de muestreo. Dicho valor demuestra que a un estado fenológico temprano la degradación de la PC es bastante alta y por lo tanto existiría una alta disponibilidad de amoníaco a nivel ruminal, producto final de esta alta tasa de degradación bacteriana. Los valores de la cinética de degradabilidad in situ de Materia Seca en alfalfas cortadas en estado de 10 % de floración mostraron un valor promedio de degradabilidad efectiva de 68.35 %, mostrando escasas variaciones entre zonas de muestreo. Dicho valor demuestra que, en comparación al estado de prefloración, conforme avanza el estado fenológico la degradación de la MS disminuye y por lo tanto entregaría una menor proporción de energía fermentable a nivel ruminal. Los valores de la cinética de degradabilidad in situ de la Proteína Cruda en alfalfas cortadas en estado de 10 % de floración mostraron un valor promedio de degradabilidad efectiva de 77.69 %, mostrando variaciones importantes entre las zonas de muestreo. Dicho valor demuestra que, en comparación al estado de prefloración, conforme avanza el estado fenológico la degradación de la PC disminuye y por lo tanto existiría

una menor disponibilidad de amoníaco a nivel ruminal, producto final de la menor tasa de degradación bacteriana de la PC.

Caracterización Nutricional y Degradabilidad Proteica del Ensilado de Girasol (*Helianthus annuus*) para la alimentación de Vacunos Lecheros, Arequipa – 2010. Begazo Barreda Juan Carlos

Con los resultados obtenidos de los análisis realizados a nuestra muestra experimental, podemos concluir que el ensilado de Girasol cumple con los requerimientos nutricionales requeridos por los animales, y lo consideramos como una buena opción de forraje para ser utilizado en épocas de friaje. De acuerdo a los resultados el tiempo 0 registró la menor Degradabilidad con 32.83% y a las 24 horas logramos la mayor Degradabilidad de MS con 79.61% de Degradabilidad lo que nos muestra la curva de la Degradabilidad del ensilado de Girasol en forma ascendente con el transcurso de las horas, mostrando la estabilidad de la curva que comienza a partir de las 8 horas, luego apreciamos el pico de la Degradabilidad a las 24 horas con 79.61%. De los resultados obtenidos podemos decir que la proteína comienza su mayor absorción a partir de las 8 horas de ingerido el alimento con una Degradabilidad de 88.57% y luego a las 16 horas baja con una Degradabilidad de 84.92%, la cual decae aún más a las 48 horas con 77.25%. La curva de la degradabilidad comienza a las 8 horas con 88.57%. Determinamos que la Degradabilidad efectiva al 2,4 y 6% de tasa de pasaje para la Materia Seca fueron de 74.35, 72.20 y 70.25% respectivamente. De la misma forma determinamos la Degradabilidad Efectiva de la proteína con las mismas tasas usadas para la materia seca obteniendo los valores de 82.31, 80.29 y 78.47% respectivamente. Con los resultados obtenidos podemos afirmar que la tasa de pasaje de 4% es la que más se ajusta a las condiciones físicas del ensilado de girasol.

Uso de granos secos con solubles (GSDS) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes en

pastoreo de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) San José de Costa Rica *Sofía Macaya-Quirós, Augusto Rojas-Bourrillón*

Se realizó un estudio con granos secos con solubles (GSDS), provenientes de la destilería del maíz, para evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de este ingrediente en la dieta de vacas lecheras pastoreando Estrella Africana, sobre la producción y composición de la leche. Se escogió 36 vacas Holstein y fueron aleatorizadas en los siguientes tratamientos: 0, 22, 32 y 42% de inclusión de GSDS en el alimento balanceado. La mayor producción diaria de leche corregida al 4% de grasa y persistencia, se obtuvo con la inclusión de 32% de GSDS en el alimento balanceado (12,9% GSDS en la ración total). El porcentaje de grasa láctea disminuyó conforme aumentó el porcentaje de inclusión de GSDS en la dieta. En cuanto a la proteína láctea y la lactosa, los porcentajes mayores fueron los correspondientes a 0 y 22% GSDS, y solo se dio una diferencia significativa al pasar al tratamiento de 32% GSDS, valores que permanecieron constantes para el tratamiento de 42% de GSDS. El porcentaje de sólidos totales mostró una disminución lineal al aumentar el nivel de inclusión de GSDS en la dieta. La producción de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, presentó los valores mayores en los tratamientos de 0 y 32% GSDS y se dio una disminución muy marcada en el tratamiento de 42% GSDS (17% ración total) en todos los casos (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales).

Valor nutritivo en ovino de los granos secos de destilería de maíz

Alvir, M. R., Arruda, F., González, J. y Rodríguez, C.A.

Sobre tres muestras de granos secos de destilería (DDG1, DDG2 y DDG3) se determinó la composición química y la degradabilidad efectiva (DE) ruminal de la materia seca (MS) y proteína bruta (PB) mediante la metodología in situ. En la muestra DDG 1 se determinó además la digestibilidad efectiva en el intestino de la PB no degradada en el rumen con la técnica de microbolsas. Las muestras presentaron

unos altos contenidos en FND (45,9%, 40,7% y 44,2%), FAD (20,7%, 19,1 % y 19,3%) y PB asociada a los residuos FND (42,4%, 31,0% y 37,5%) y FAD (29,5%, 17,3% y 27,2%), presentando las muestras DDG 2 y DDG 1 los valores mínimos y máximos en todos estos parámetros. La muestra DDG 2 presentó los valores de DE más altos para la MS (64,1%) y la PB (57,2%), atribuibles a la mayor fracción soluble y a la mayor tasa fraccional de degradación. Para la PB, esta tasa osciló del 1,81%/h al 5,42%/h, correspondiendo la más baja a la muestra DDG 1, así como la menor DE (24,3%). Los valores obtenidos en la muestra DDG1 para la digestibilidad intestinal efectiva de la PB no degradada fue alta (87,5%), así como los correspondientes a la proteína digestible en el intestino (66,5%) y a la proteína digestible total (90,8%).



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1 Localización del trabajo

a) Localización Espacial:

El presente trabajo de investigación se realizó en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Localidades	Latitud Sur	Longitud Este
C. Arequipa	16° 23'	71° 31'

Las muestras que se obtuvieron fueron remitidas al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Católica de Santa María, localizado en el Fundo La Banda - Huasacache, Distrito de Hunter, Provincia de Arequipa, Departamento de Arequipa.

Localidad	Latitud Sur	Longitud Este
Huasacache	16° 27'	71° 33'

b) Localización temporal:

El presente trabajo de investigación se realizó en un lapso de diciembre 2013, enero, marzo y abril 2014.

3.1.2 Material biológico

- 02 Vacas fistuladas.
- Muestras de GSDS.(GSDS)

3.1.3 Material de laboratorio

- Frascos estériles de 100 ml. y 500 ml de vidrio.
- Pipetas de 1 ml y 10 ml.
- Tubos de ensayo.
- Gradilla.
- Agua destilada.
- Beakers de 100 ml, 400 ml y 1000 ml.
- Frascos de plástico de 100 ml.
- Barrillas de vidrio.
- Mandil.
- Barbijo.

3.1.4 Material de campo

- 28 bolsitas de dacrón de 10 x 20 cm y 50 μ m de porosidad.
- Guantes de látex.
- Frascos de 1000 ml estériles.
- Pabilo.
- 01 carrete de nylon.
- Heno de alfalfa.
- Papel toalla

3.1.5 Equipos y materiales

- Estufa de aire forzado a 55 °C.
- Balanza electrónica, sensibilidad 0.01 gr.
- Equipo Micro-Kjeldahl.
- Equipo destilador de agua.
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- 01 molino tipo sifón, con mallas de 1.0 mm y 2.0 mm.

- 01 Equipo sellador de bolsas de dacrón.

3.1.6 Materiales digitales

- 01 equipo Laptop.
- Cámara digital.
- Memoria USB.

3.1.7 Otros materiales

- Computadora con software Word, Excel y SAS V8.0.
- Fichas para el registro del animal muestreado.
- Cronograma de muestro.
- Bolsas de papel 20 x 30 cm.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Muestreo

a) Universo

Se encuentra constituido por los granos secos de destilería con solubles (GSDS) de maíz importados por la empresa Gloria S.A y almacenados en su Planta Majes.

b) Tamaño de la muestra

La muestra estuvo compuesta por un equivalente al 10 % de los sacos almacenados y obteniéndose finalmente por el método de cuarteos sucesivos un total de 5 Kg de GSDS de maíz.

El tamaño de muestra a ser colocado en las bolsitas de dacrón, para su incubación, fue de 5 gr.

c) Procedimiento de muestreo

Se realizó un muestreo completamente alzar tomando como base los sacos almacenados en la Planta Majes de la empresa Gloria SA.

3.2.2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.2.2.1. Metodología de experimentación

- **Metodología para la elección de las unidades de experimentación y su alimentación.**

Se utilizaron 02 vacas Holstein, sin preñez, en seca, con fístula ruminal permanente y de características homogéneas.

La dieta base elegida se ajustó a las recomendaciones de Ørskov y McDonald (1979) y estuvo compuesta por heno de alfalfa (*Medicago sativa*) en un 100 % y suplementación mineral.

El alimento fue suministrado en dos porciones iguales cada 12 horas, además de agua, a fin de mantener relativamente estable el ambiente ruminal (Bolívar *et al.* 1999). Las raciones fueron calculadas con el objetivo de permitir un consumo diario de 1.0 vez el nivel de mantenimiento. (AFRC. 1993, Pulido y Leaver, 1999).

- **Metodología para la recolección y preparación de las muestras.**

La muestra fue constituida por el subproducto de granos secos de destilería con solubles.

Las muestras recolectadas por cuarteos sucesivos se pesaron en el lugar de muestreo y se trasladaron posteriormente al Laboratorio. En el laboratorio se colocaron en la estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 horas hasta peso constante y posteriormente se molieron en un molino Cyclotec (Foss, Hillerød, Dinamarca), utilizando una malla de 2.0 mm para su posterior análisis.

- **Procesamiento para el análisis de degradabilidad *in situ* de las muestras.**

Para la incubación de las muestras, se utilizaron bolsitas de dacrón con un tamaño estándar de 10 cm de ancho por 20 cm de largo y con un tamaño de poro de 50 μm . Cada bolsita fue identificada y se colocó 5 g de muestra. Todas las bolsitas fueron lavadas, secadas y pesadas antes de cada incubación.

Las muestras se colocaron en las bolsitas secas a peso constante en la estufa de aire forzado, se utilizaron 02 bolsitas por cada animal para los diferentes tiempos de incubación, dando un total de 04 repeticiones por muestra y tiempo de incubación.

Los tiempos de incubación fueron de 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas

Culminadas las horas de incubación, las bolsitas fueron retiradas del rumen y lavadas con agua corriente hasta que estuvo clara, aparentemente limpia. Posteriormente, se secaron en la estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 48 horas para su posterior análisis.

La degradabilidad al tiempo cero (fracción soluble) fue medida con dos muestras, en bolsas colocadas en agua tibia a 37 °C por 30 minutos, luego fueron secadas y pesadas para su posterior análisis Ørskov y McDonald (1979).

- **Determinación de la Proteína Cruda**

Se utilizó la metodología Kjeldhal, (AOAC, 1990), para realizar este tipo de análisis se requieren tres fases:

- Digestión
- Destilación
- Titulación

A) Digestión.

El equipo utilizado para esta prueba se llama Bloque de Digestión (J.P Selecta; Barcelona, España), esta unidad de digestión está constituida por un bloque calefactor, una unidad de control y un sistema de eliminación de vapores.

El bloque calefactor, aloja los tubos de digestión, para una óptima transmisión del calor y conseguir una buena homogeneidad de temperatura entre los tubos, es indispensable que el diámetro de los tubos sea el adecuado para el bloque utilizado.

En la digestión de muestras para micro Kjeldahl, el calentamiento consta de varios pasos que permiten un óptimo control de las espumas producidas, al tener la posibilidad de evaporar el agua de la muestra antes de la digestión a 400 °C.

Para la extracción de los gases producidos por la digestión se utiliza un colector de humos junto a una unidad Scrubber. La unión del colector de humos con el tubo de muestra es hermética.

a) Materiales.

- 12 Tubos de digestión micro Kjeldahl
- Muestras (forraje molido)
- Catalizador (sulfato de cobre penta hidratado 6,25% con Sulfato de potasio 93,75%)
- 24 Perlas de vidrio
- Ácido sulfúrico al 98,2%
- Agua destilada.
- Pipetas.

b) Equipos.

- Equipo de digestión (Bloque de digestión, J.P. Selecta, Barcelona, España).
- Balanza de precisión.

c) Preparado de muestra.

Para el proceso de digestión se siguieron los siguientes pasos.

- Se colocan los 12 tubos micro Kjeldahl, en la gradilla porta tubos, previamente lavados y secados.
- Se pesan 0,15 gr de muestra para cada tubo micro Kjeldahl.
- Se pesa 1g de catalizador (sulfato de cobre penta hidratado 6,25% + Sulfato de potasio 93,75%), para cada tubo micro Kjeldahl.
- Se colocan 2 perlas de vidrio en cada tubo micro Kjeldahl
- Se colocan 4 ml de H₂SO₄ al 98,2% de concentración en cada tubo micro Kjeldahl.
- Se llevan los doce tubos al bloque de digestión y se coloca cada tubo en su respectivo alojamiento en el bloque calefactor.
- Se prepara hidróxido de sodio (NaOH) para la trampa de vacío, la cual consta de 2 botellas de vidrio que están conectadas ente el colector de vapores y el scrubber, una de las botellas no contiene NaOH, la misma que se encuentra vacía, por otro lado la segunda botella contiene 300 ml de NaOH al 15%; para preparar esta cantidad y concentración de hidróxido de sodio la relación es 15 g de NaOH y enrasar con agua destilada hasta 100ml.

- Montar encima de los tubos micro Kjeldahl el colector de vapores y encender el Scrubber.
- El tiempo de digestión es de 3 horas y 30 minutos
- Transcurrido el tiempo de digestión, se apaga el equipo y se deja enfriar la muestra por un tiempo de 15 a 20 minutos, luego se hace la dilución, para esto agregamos agua destilada 10 ml a cada tubo micro Kjeldahl y tratamos de despegar las perlas de vidrio si estas se han pegado al tubo, luego dejamos enfriar los tubos para proceder con la destilación.
- El control visual del resultado es un líquido transparente nítido con coloración azul claro, verde.

B) Destilación.

a) Materiales.

- Matraz.
- Ácido bórico al 4%
- Azul de metileno y rojo de metilo (indicador)
- Hidróxido de sodio al 40%
- Agua destilada con una conductividad mínima de 20 *Micro Siemens* para el tanque de agua del equipo.
- Cloruro de sodio.

b) Equipos.

- Equipo de destilación Micro Kjeldahl (pro-nitro m).
- Balanza analítica.

c) Procedimiento.

- Se prepara 300 ml de ácido bórico al 4% para los 12 tubos.

- Se pone el ácido bórico 25 ml en un matraz más 2 gotas de indicador (azul de metileno y rojo de metilo) luego se lleva el matraz al equipo de destilación.
- En el tanque de hidróxido de sodio del equipo se coloca 300ml mínimo de NaOH al 40%.
- Se agrega agua destilada al tanque de agua del equipo, el agua destilada que se agrega tiene que tener una conductividad de 20 microSiemens, para obtener esta conductividad se prepara 6 litros de agua destilada más 0,3 gramos de sal para cocina.
- Se coloca un tubo micro Kjeldahl con las muestras ya digeridas en el equipo de destilación.
- La destilación se realiza en 8 minutos luego de este tiempo se retira el tubo y se deja enfriar para su posterior titulación.

C) Titulación.

a) Materiales.

- Micro-Bureta.
- Ácido clorhídrico al 0,25 N.

b) Procedimiento.

- Se coloca, ácido clorhídrico 0,25 normal en la microbureta para la titulación.
- Se coloca el matraz con la muestra destilada debajo de la bureta.
- Se deja caer gotas de ácido clorhídrico en el matraz y cuando vira de color se hace la lectura en la bureta sobre el gasto de HCl y esa lectura se anota para el posterior cálculo de proteína.

c) Cálculos.

Los cálculos de nitrógeno (N) y proteína cruda (PC) en la muestra se realizan de la siguiente manera:

Calculo de la cantidad de nitrógeno detectado.

$$\%NT(MF) = \frac{1,4 \times (V_1 - V_0) \times (N \times FC)}{P}$$

$$\%PC(MF) = \% \text{ Nitrógeno (MF)} \times F$$

$$\%PC(MF) = \% PC(MF) \times \frac{\%MS}{100}$$

Leyenda:

%NT = Porcentaje de nitrógeno total.

P = Peso en gramos de la muestra.

V₁ = Volumen de ácido clorhídrico (HCl) consumido en la valoración.

N = normalidad del HCl.

V₀ = Volumen de HCl consumido en la valoración del blanco (ml).

F = Factor de conversión para pasar de contenido de nitrógeno a contenido de proteína. Para la mayoría de alimentos se utiliza un valor de 6.25.

FC = Factor de corrección del ácido clorhídrico.

PC = Proteína Cruda.

MF = Materia fresca.

MS = Materia seca.

Nitrógeno Total: El valor de NT de una muestra multiplicado por 6.25 que es el contenido de proteína cruda (PC), esta incluye tanto el N proteico como el no proteico.

d) Metodología para determinar la curva de degradabilidad de la materia seca y proteína cruda.

Los porcentajes de degradación de la materia seca se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Degradabilidad}_{MS} = \frac{\text{Cantidad inicial (g)} - \text{cantidad residual (g)}}{\text{Cantidad inicial (g)}} \times 100$$

La degradabilidad de la proteína cruda se ajustó por el modelo descrito por Ørskov y McDonald, (1979). La curva debe mostrar la degradación de la muestra con el tiempo según la siguiente expresión:

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

Dónde:

- p** : porcentaje de degradación al tiempo t.
- A** : es la fracción soluble o degradable al tiempo 0 (intercepto de la curva con el eje y).
- B** : es la fracción insoluble pero potencialmente degradable si el tiempo no es limitante (diferencia entre a y la asíntota de la curva).
- a + b** : es el potencial de degradabilidad del material. Todos se expresan en porcentaje.
- C** : es la velocidad o tasa de degradación y se expresa en porcentaje por hora.
- e** : base de los logaritmos naturales.
- T** : tiempo de incubación en el rumen por horas.

3.2.2.2. Recopilación de la información

- **En el campo.**
 - Entrevista a los ganaderos.
 - Muestras recopiladas en cada parcela para su posterior análisis.
 - Observaciones anotadas.
- **En el laboratorio.**
 - Mediante el análisis químico e *in situ* de las muestras.
- **En la biblioteca.**
 - Libros relacionados al tema.
 - Revistas científicas especializadas.
- **En otros ambientes generadores de la información científica.**
 - Internet páginas Web relacionadas al tema.
 - Intercambio de información con profesionales de campo.
 - Eventos científicos relacionados nacionales e internacionales.

3.2.3. Variables de respuesta

a) Variables Independientes

- Granos de secos de destilería con solubles de maíz.

b) Variables Dependientes

- Tiempos de incubación según 0, 2, 4, 8, 16, 32 y 48 horas
- Degradabilidad efectiva de la materia seca.
- Degradabilidad efectiva de la proteína cruda.

3.3. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

3.3.1 Unidades experimentales

La unidad experimental estuvo constituida por las muestras de subproductos de destilería secos con solubles (GSDS o GSDS por sus siglas en español) disponibles.

3.3.2 Análisis estadístico

Se ajustaron los valores a una ecuación exponencial propuesta por Ørskov y McDonald (1979). El análisis estadístico consistió en evaluar los datos obtenidos mediante estadística descriptiva Zegarra, (2012); que considera medidas de tendencia central (promedios) por cada muestra y repetición analizada utilizando el programa Excel.

Adicionalmente se realizó un análisis de varianza para comparar los promedios de los porcentajes de degradación entre tiempos de incubación utilizando la prueba de Tukey para la comparación de promedios y un nivel de significancia de $p < 0.05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA MATERIA SECA DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERIA CON SOLUBLES (GSDS) DE MAIZ

4.1.1 Composición nutricional de los GSDS evaluados

En el Cuadro 7 podemos observar la composición nutricional promedio de las muestras analizadas en el presente estudio

Cuadro N° 7

Análisis nutricional promedio de las muestras de GSDS evaluadas

Parámetros Nutricionales	Muestra	GSDS
Materia Seca Total (MST)	(%)	92.70
Proteína Cruda (PC)	(%MS)	29.30
Extracto Etéreo (EE)	(%MS)	8.33
Fibra Detergente Neutro (FDN)	(%MS)	34.86
Fibra Detergente Acido (FDA)	(%MS)	10.03
Lignina Detergente Acido (LDA)	(%MS)	0.89
Proteína. Insoluble. Det Neutro (PIDN)	(%MS)	3.32
Proteína. Insoluble. Det Acido (PIDA)	(%MS)	1.61
Cenizas (CZS)	(%MS)	4.28
Carbohidratos No Fibrosos (CNF) ¹	(%MS)	23.23
Energía Neta de Lactación (ENL) ²	(Mcal/kgMS)	1.98

¹Estimados según NRC,(2001) según la siguiente expresión $CNF = 100 - PC - EE - FDN - CZS$

²Calculada según NRC, (2001) Ecuación para concentrados

Los valores nutricionales encontrados corresponden con los reportados en diferentes estudios de composición nutricional de los GSDS a nivel mundial. Para el contenido de proteína cruda (PC) el porcentaje que se halló fue de 29.30% con respecto a Linn y Diconstanzo (2005) en un estudio sobre la composición química de los GSDS en diferentes plantas de producción de etanol en EEUU reportaron valores promedio de 25 % de PC con un rango de 22 a 33 %, la variabilidad se debe a diversos factores como las

variaciones normales entre variedad de granos y sus ubicaciones geográficas donde se cultiva, tiempo de fermentación, tecnología de procesamiento, duración y temperaturas de secado .

En cuanto al contenido de FDN y FDA los mismos autores reportan valores promedio de 44 (rango 29 a 50) y 18 (rango 10 a 25) % respectivamente, los cuales coinciden con los encontrados en el presente estudio (34.86% y 10.03%) los valores coinciden ya que los granos de maíz poseen la misma estructura y el tamaño de partícula que varía 73 a 1217 micras.

Finalmente en cuanto al contenido de grasa (extracto etéreo) y energía neta de lactación, Linn y Diconstanzo (2005) reportan valores de 10 % y 2.05 Mcal de EN_L / kgMS, similares también a los encontrados en este estudio (8.3 % y 1.98 Mcal de EN_L respectivamente).

Porcentajes de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS

Los porcentajes de degradabilidad *in situ* de la Materia Seca de los GSDS de maíz, con tiempos de incubación de 0 a 48 horas, se pueden apreciar en el Cuadro 8.

Cuadro Nº 8
Porcentajes de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS a diferentes tiempos de incubación

Tiempos de Incubación	Vaca 1		Vaca 2		PROMEDIO TOTAL
	R1	R2	R1	R2	
T0	27.49	29.95	30.23	29.28	29.24^a
T2	44.40	44.73	44.29	42.27	43.92^b
T4	48.04	48.02	51.72	48.69	49.12^c
T8	49.24	55.82	53.83	55.25	53.54^d
T16	56.04	58.54	65.69	66.04	61.58^e
T32	67.97	64.96	76.21	70.91	70.01^f
T48	75.01	72.23	78.01	81.92	76.79^g

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

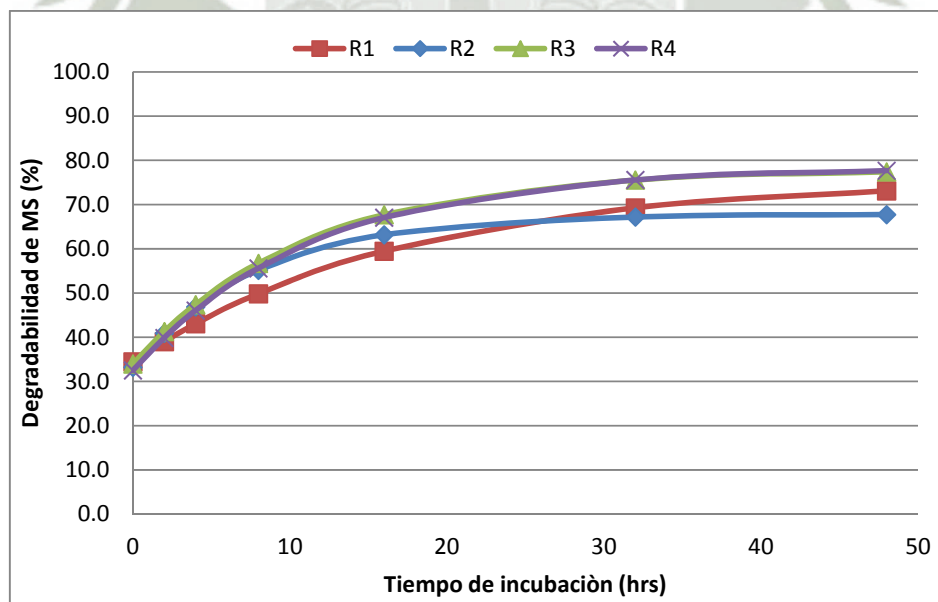
Se encontró, en general, un valor promedio de 29.24 % de la MS de alta degradabilidad o solubilidad en el T0, es decir la fracción soluble de la MS

alcanzó poco menos de la tercera parte de la degradabilidad total de la MS de este alimento apenas ingresó al rúmen para ser degradado por la bacterias. Así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación alcanzó un porcentaje promedio de 76.79 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco más de las tres cuartas partes de la MS de los GSDS evaluados.

Al realizar la comparación de los promedios, mediante un análisis de varianza, para las diferentes horas de incubación, se encontró diferencias significativas entre las mismas, es decir, todas las horas de incubación tuvieron promedios estadísticamente diferentes entre sí ($p < 0.05$).

En el Grafico 1 se pueden observar las diferentes curvas de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS linearizadas por el procedimiento de mínimos cuadrados utilizando la función SOLVER de Excel.

Gráfico N° 1
Curvas de degradación ruminal de la MS de cada una de la repeticiones a diferentes tiempos de incubación



Fuente: Elaboración propia

Parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS

Los parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de los GSDS, fueron determinados y ajustados según el modelo no lineal de Orskov y McDonald (1979) sin tomar en cuenta el tiempo de retraso, debido a que fue considerado no significativo incluirlo en el modelo según lo recomendado por Mjoun *et al*; (2010). Todos los parámetros de la cinética de degradación fueron calculados asumiendo una tasa constante de pasaje del alimento de $5\% \text{ h}^{-1}$ (Mustafa *et al*; 2000).

En el Cuadro 9 podemos observar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS en estudio.

Cuadro N° 9

Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS

PARAMETROS	GSDS de maíz				PROMEDIO
	R1	R2	R3	R4	
MATERIA SECA					
Fracción soluble (A) % MS	34.45	33.22	33.95	32.51	33.53
Fracción lentamente degradable (B) % MS	41.15	34.61	44.02	45.86	41.41
Fracción potencialmente degradable (T) % MS	75.60	67.82	77.97	78.37	74.94
Tasa de degradación (Kd) (%/h ⁻¹)	0.058	0.125	0.090	0.087	0.09
Degradabilidad efectiva (DE) % MS	56.64	57.96	62.35	61.70	59.66

A = fracción A = Fracción soluble (%).

B = fracción lentamente degradable (%).

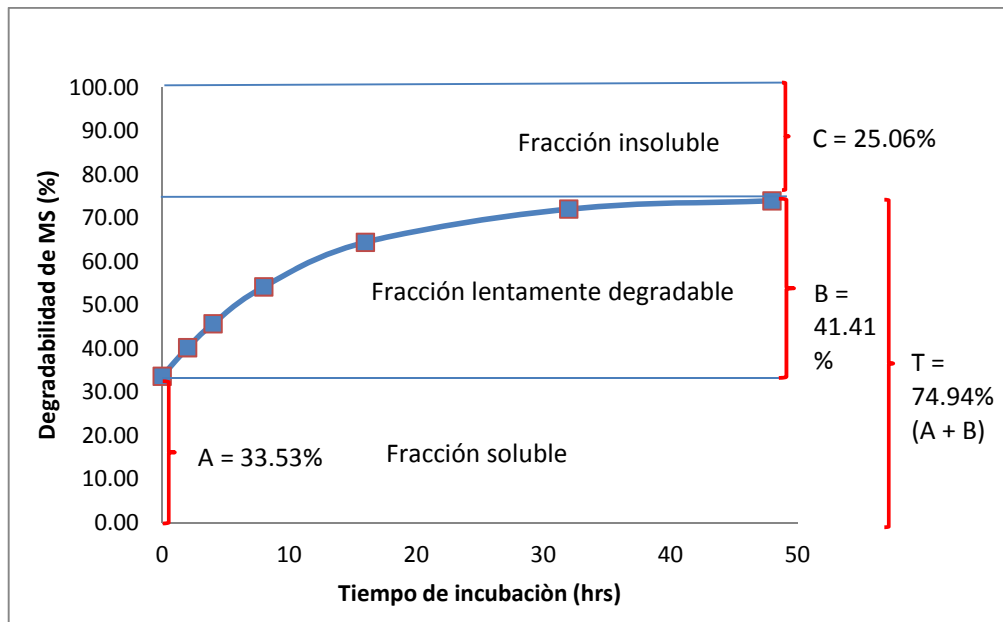
T = A+B, Degradación total o potencial.

Kd = tasa de degradación.

DE = Degradabilidad efectiva (%).

DE = $a + [(b \times kd) / (kp + kd)]$ donde kp=tasa de pasaje ruminal (5.0%/h).

Gráfico N° 2
Fracciones de la MS de los GSDS



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS se encontró un 33.53 % de fracción soluble rápidamente degradable de manera instantánea, es decir en tiempo 0. Del mismo modo se encontró en promedio un 41.41 % de fracción lentamente degradable en el rúmen, es decir en el periodo de tiempo comprendido entre las 0 y 48 h de permanencia dentro del rúmen para ser atacada por las bacterias del mismo.

Se determinó además una fracción potencialmente degradable total de 74.94 %, es decir casi las tres cuartas partes de la MS de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio.

De otro lado se estableció también una tasa promedio de degradación de la MS del alimento de 9 %/h. Finalmente el porcentaje de degradabilidad efectiva (DE) alcanzó un porcentaje de 59.66 % durante el periodo de evaluación del estudio.

En un trabajo reciente publicado por Li *et al;* (2012), donde se evaluó la degradabilidad ruminal *in situ* de los GSDS según la fuente y procesamiento

del grano se reportó, para el caso de los GSDS de maíz, un valor para la fracción soluble (A) de la MS de 38.5 %; para la fracción lentamente degradable (B) se reportó un 55,7 % con una fracción potencialmente degradable total (T) de 94.2 %, con todas las fracciones superiores a la encontradas en nuestro trabajo. Los mismos investigadores reportaron también una tasa de degradación promedio de la fracción B de 2.7 %/h, menor a la encontrada en nuestro trabajo y una degradabilidad efectiva de la MS (DE) de 55.1 % menor a la encontrada en el presente trabajo de investigación. Las diferencias encontradas podrían haberse debido al tipo de procesamiento de los granos y la tasa de pasaje asumida en nuestro trabajo de 5 %/h con respecto al 6%/h del trabajo de Li *et al*; (2012).

4.2 DEGRADABILIDAD IN SITU DE LA PROTEÍNA CRUDA DE LOS GRANOS SECOS DE DESTILERIA CON SOLUBLES (GSDS) DE MAIZ

Porcentajes de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS

Los porcentajes de degradabilidad *in situ* de la Proteína cruda de los GSDS de maíz, con tiempos de incubación de 0 a 48 horas, se pueden apreciar en el Cuadro 10.

Cuadro N° 10

Porcentajes de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS a diferentes tiempos de incubación

	Vaca 1		Vaca 2		PROMEDIO
	R1	R2	R1	R2	
T0	15.66	16.47	21.20	16.24	17.13^a
T2	27.25	31.85	35.34	34.62	31.72^b
T4	35.10	31.94	49.99	38.32	37.78^c
T8	31.46	43.05	42.98	43.40	39.63^d
T16	38.01	64.93	54.25	49.03	51.54^e
T32	53.30	50.15	72.87	58.10	57.23^f
T48	70.33	68.64	65.36	73.35	69.43^g

Promedios con letras diferentes difieren estadísticamente a un nivel de $p < 0.05$

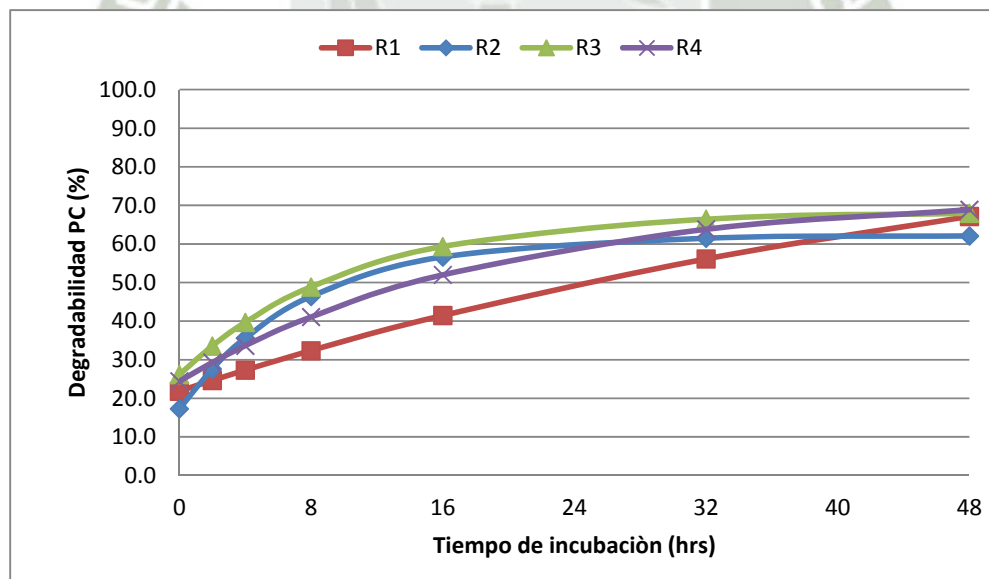
Se encontró, en general, un valor promedio de 17.13 % de la PC de alta degradabilidad o solubilidad en el T0, es decir la fracción soluble de la PC

alcanzó poco más de la sexta parte de la degradabilidad total de la PC de este alimento apenas ingresó al rúmen para ser degradado por la bacterias. Así como también la degradabilidad total a las 48 horas de incubación alcanzó un porcentaje promedio de 69.43 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco menos de las tres cuartas partes de la PC de los GSDS evaluados.

Al realizar la comparación de los promedios, mediante un análisis de varianza, para las diferentes horas de incubación, se encontró diferencias significativas entre las mismas, es decir, todas las horas de incubación tuvieron promedios estadísticamente diferentes entre sí ($p < 0.05$).

En el Grafico 2 se pueden observar las diferentes curvas de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS linealizadas por el procedimiento de mínimos cuadrados utilizando la función SOLVER de Excel.

Gráfico N° 3
Curvas de degradación ruminal de la PC de cada una de las repeticiones a diferentes tiempos de incubación



Fuente: Elaboración propia

Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS

Los parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de los GSDS, fueron determinados y ajustados según el modelo no lineal de Orskov y McDonald (1979) sin tomar en cuenta el tiempo de retraso, debido a que fue considerado no significativo incluirlo en el modelo según lo recomendado por Mjoun *et al*; (2010). Todos los parámetros de la cinética de degradación fueron calculados asumiendo una tasa constante de pasaje del alimento de 5% h⁻¹ (Mustafa *et al*; 2000).

En el Cuadro 11 podemos observar los parámetros de la cinética de degradación ruminal de la PC de los GSDS en estudio.

Cuadro N° 11

Parámetros de la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS

PROTEINA					PROMEDIO
CRUDA	R1	R2	R1	R2	
Fracción soluble (A) % PC	21.85	17.28	26.15	24.42	22.42
Fracción lentamente degradable (B) % PC	78.15	44.88	42.22	48.26	53.38
Fracción potencialmente degradable (T) % PC	100.00	62.16	68.37	72.68	75.80
Tasa de degradación (Kd) (%/h ⁻¹)	0.018	0.131	0.096	0.053	0.07
Proteína degradable ruminal (PDR) (DE)	42.58	49.75	53.96	49.24	48.88
Proteína No degradable ruminal (PND)	57.42	50.25	46.04	50.76	51.12
Proteína no degradable poten digest. (PNDDP)	100.00	35.56	31.30	46.18	53.26

A = Fracción soluble (%).

B = fracción lentamente degradable (%).

T = A+B, Degradación total o potencial.

Kd = tasa de degradación.

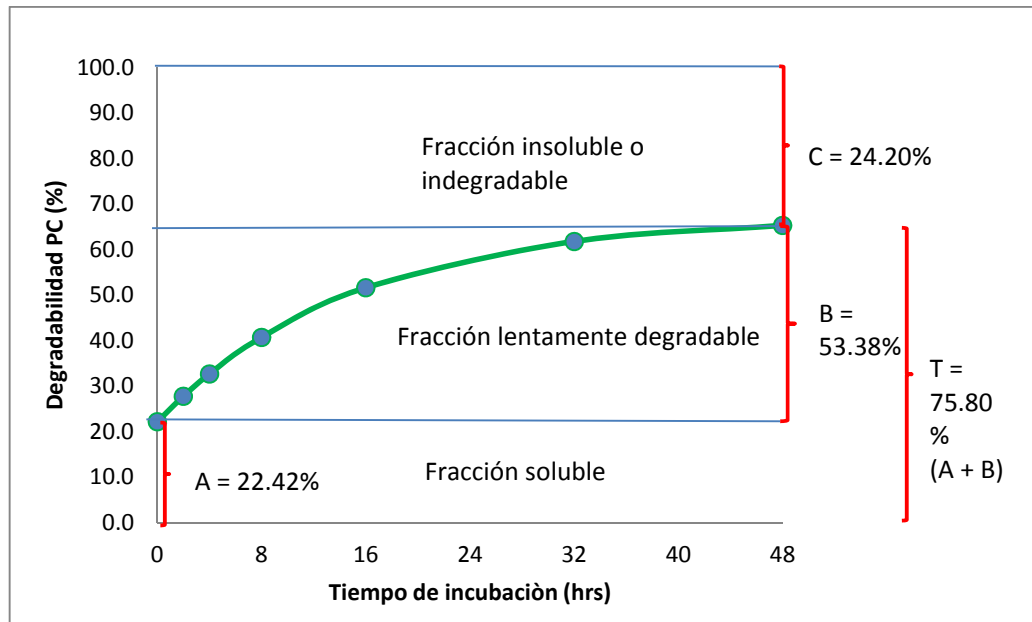
DE = Degradabilidad efectiva (%). (PDR)

DE = $a + [(b \times kd) / (kp + kd)]$ donde kp=tasa de pasaje ruminal (5.0%h).

PND = 100 – PDR

PNDDP = $100 - [(100 - (a + b)) / PND] \times 100$

Gráfico N° 4
Fracciones de la PC de los GSDS



Fuente: Elaboración propia

En la evaluación de la cinética de degradación ruminal de la PC de los GSDS se encontró un 22.42 % de fracción soluble rápidamente degradable de manera instantánea, es decir en tiempo 0. Del mismo modo se encontró en promedio un 53.38 % de fracción lentamente degradable en el rúmen, es decir en el periodo de tiempo comprendido entre las 0 y 48 h de permanencia dentro del rúmen para ser atacada por las bacterias del mismo.

Se determinó además una fracción potencialmente degradable total de 75.80 %, es decir poco más las tres cuartas partes de la PC de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio.

De otro lado se estableció también una tasa promedio de degradación de la PC del alimento de 7 %/h. Se determinó también el porcentaje de proteína degradable ruminal (PDR) o degradabilidad efectiva (DE) el cual alcanza un valor de 48.88 % durante el periodo de evaluación del estudio,

consecuentemente el porcentaje de proteína no degradable en el rúmen (PND) tuvo un valor de 51.12 %, es decir en el presente estudio poco más de la mitad de la proteína de los GSDS fue “*by pass*” y no se degradó en el rúmen.

Finalmente se determinó el porcentaje de proteína no degradable potencialmente digestible (PNDPD) el cual alcanzo un 53.26 %, indicándonos que poco más de la mitad de la PND en el rúmen podría ser degradada a nivel del tracto gastrointestinal inferior, es decir a nivel de abomaso é intestino delgado.

En el trabajo anteriormente citado de Li *et al*; (2012) reportaron también las fracciones de la PC medidas a través de la degradabilidad *in situ* ruminal. Para la fracción soluble (A) encontraron un valor de 23.7 %, para la fracción lentamente degradable (B) 48.6 % y la fracción potencialmente degradable total (T) alcanzó un 72.3 % todas ellas muy similares a las encontradas en el presente trabajo de investigación. Del mismo modo Mjoun *et al*; (2010) trabajando también con GSDS de maíz, reportaron valores para las fracciones proteicas de 18.4 % (A), 56.8 % (B) y 75.2 % (T) también muy similares a las encontradas en el presente trabajo de investigación. En cuanto a las tasas de degradación y degradabilidad efectiva (Proteína degradable en el rúmen) Li *et al* (2012) reportaron 7.2 %/h y 47.2 % respectivamente, mientras que Mjoun *et al*; (2010) reportaron 3.9 %/h y 48.0 % para ambos parámetros, coincidiendo en el presente trabajo con ambos autores, en cuanto a la degradabilidad efectiva o Proteína degradable en el rúmen con valor de 48.8 %.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó la curva de degradación ruminal de la materia seca de los GSDS encontrándose un valor promedio de 29.24 % de la MS de alta degradabilidad o solubilidad en el T_0 , así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 76.79 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco más de las tres cuartas partes de la MS de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación. Se determinó la curva de degradación ruminal de la proteína cruda de los GSDS encontrándose un valor promedio de 17.13 % de la PC de alta degradabilidad o solubilidad en el T_0 , así como también la degradabilidad final a las 48 horas de incubación de 69.43 %, es decir hasta las 48h de incubación en el rúmen se logró degradar poco menos de las tres cuartas partes de la PC de los GSDS evaluados. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los promedios de degradabilidad de todas las horas de incubación.
2. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la MS de los GSDS con 33.53 % de fracción soluble rápidamente degradable, 41.41 % de fracción lentamente degradable en el rúmen y una fracción potencialmente degradable total de 74.94 %, es decir casi las tres cuartas partes de la MS de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa de degradación de la MS de 9 %/h y un porcentaje de degradabilidad efectiva (DE) de 59.66 % durante el periodo de evaluación del estudio.
3. Se estableció la cinética de degradación ruminal de la PC de los GSDS con un 22.42 % de fracción soluble rápidamente degradable, 53.38 % de fracción lentamente degradable en el rúmen, y una fracción potencialmente degradable total de 75.80 %, es decir poco más las tres cuartas partes de la PC de los GSDS pudieron ser degradadas a nivel ruminal durante el periodo

de incubación establecido en el estudio. Se estableció también una tasa promedio de degradación de la PC de 7 %/h. y un porcentaje de proteína degradable ruminal (PDR) o degradabilidad efectiva (DE) de 48.88 % y un el porcentaje de proteína no degradable en el rúmen (PND) de 51.12 %, es decir en el presente estudio poco más de la mitad de la proteína de los GSDS fue “by pass” y no se degradó en el rúmen. Finalmente se determinó el porcentaje de proteína no degradable potencialmente digestible (PNDPD) el cual alcanzo un 53.26 %, indicándonos que poco más de la mitad de la PND en el rúmen podría ser degradada a nivel del tracto gastrointestinal inferior, es decir a nivel de abomaso é intestino delgado.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación similar en diversas regiones del país, para establecer informaciones que permitan contribuir a una correcta formulación de raciones, acordes con las necesidades regionales para la ganadería.
- Los granos de destilería han sido usados en alimentos para animales desde hace más de 100 años en los Estados Unidos, pero es solo en la actualidad que se dispone de grandes cantidades de estos y a precios competitivos debido principalmente al desarrollo de la industria del etanol para combustible.
- En base a los resultados obtenidos, establecer las bases para generar tablas nutricionales para la región de esta manera los profesionales y ganaderos tendrá más opciones para elegir nuevos insumos para formular raciones.



VII. BIBLIOGRAFIA

1. Afrc. 1993. Agricultural and Food Research Council: Technical Committee on Responses to Nutrients: Nutritive Requirements of Ruminant Animal Protein
2. Álvarez, J. 2008. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el Trópico. Editorial Universidad de Antioquia, Primera reimpression, p 45 ,46
3. Alvir, M. R. Valor Nutritivo en Ovino de los Granos Secos de Destilería de Maíz
4. Aoac. 1990. Association of Oficial Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. AOAC. 15th ed. Edited by Kenneth Helrich. Arlington, Virginia. 1117 pp.
5. Begazo J.C. 2010 Caracterización Nutricional y Degradabilidad Proteica del Ensilado de Girasol (*Helianthus annuus*) para la alimentación de Vacunos Lecheros, Arequipa – 2010. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. UCSM Arequipa
6. Blas. C., G, Mateos y P. Rebollar 2005. GSDS de cebada Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para la formulación de piensos. 2da Edición Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pp.
7. Bolívar, D, M. y Muhammad I. M. 1999. Solubilidad de la Proteína y Degradabilidad Ruminal de *Brachiaria humidicola* en un Sistema Silvopastoril con *Acacia mangium*. finca experimental y el laboratorio de Fitoquímica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba - Costa Rica
8. Dale N. y A. Batal. 2005 Distiller´s Grains. Focusing On Quality Control (en linea) Poultry Science Department, The University of Georgia Athens, GA 30602. Tel:(706)542-9151. University of Georgia Egg Industry, April 2005.
9. Fedna. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3era edición). 201. C de Blas, G.G. Mateos y P. García-Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 502pp
10. Kotb, A.R. y Luckey. T.D. 1972. Markers in Nutrition. Nutrition Abstracts & Reviews 2 (3):29, 814-827pp.

11. Li C, J.Q. Li , W.Z. Yang y K.A. Beauchemin (2012) Ruminal and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with grain source and milling process
12. Linn, A y A. Diconstanzo (2005)
13. Macaya-Quirós 2009 Uso de granos secos con solubles (GSDS) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes en pastoreo de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*)
14. Manual de uso del GSDS, 2005. Uso de los granos secos de destilería con solubles en las raciones para ganado lechero. Consejo de Granos de Estados Unidos.
15. Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci., 88: 645-650.
16. National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th Rev.Ed. National Academy of Science, Washington, D.C.
17. Nichols, J.R., D.J. Schingoethe, H.A. Maiga, M.J. Brouk, y M.S. Piepenbrik. 1998. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:482.
18. Noll, S, Parsons, C y Waltres, B. 2006. What's new since September 2005.
19. Nrc 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th/7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
20. Ørskov y McDonald 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage. J. Agric. Sci. 96:499-503.
21. Ørskov, E. R., F, D, DeB Hovell y F, Mould. 1980. El Uso de la Técnica de Bolsas de Nylon para la Evaluación de Alimentos. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Escocia.
22. Ørskov, E. R., Reid, G. W. y Kay, M. R. 1988. Prediction of intake of cattle from degradation characteristics of roughages. Animal Production, 46: 29-34.
23. Orskov, E.R. y Ryle, M. 1989. Energy nutrition in ruminants. Elsevier Science Publisher. LTD. London, U.K. 149 pp.
24. Pulido, R. y Leaver, J, D. 1999. Degradabilidad ruminal del forraje disponible en la pradera y del aparentemente consumido por vacas lecheras. Instituto

- de Zootecnia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
25. Quins, J. I., Van Der Wath, J. G. y Mayburgh, S. 1939. Studies on the alimentary tract of merino sheep in South Africa. IV. Description of experimental technique. Onderstepoort J. Vet. Sci. Anim. Ind., 11. Pp. 341-360.
 26. Raza S. 2010 Uso De Los Residuales Secos Con Solubles (GSDS) Procedentes De La Producción De Alcohol Con Granos De Cereales En La Alimentación De Reproductoras Porcinas”.
 27. Razz R, Clavero T y Vergara J. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. INIA - Estación Local El Guayabo. Estado Zulia, Maracaibo, Venezuela.
 28. Relling, A y G. Mattioli, 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los Rumiantes. Editorial EDUP, p 34-35. AR.
 29. Robinson, P.H. 2005. Ethanol industry co-products: milling process, nutrient content and variation. ASAS. Midwest meeting, Des moines, IA
 30. Rodríguez, R. Sosa, A y Y. Rodríguez 2007. La Síntesis de Proteína Microbiana en El Rumen y su Importancia para los Rumiantes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 41, nº 4: 304, Instituto De Ciencia Animal, Cuba.
 31. Shem, M.N. Orskov, R y Kimambo, A.E. 1995. Prediction of voluntary dry matter intake, digestible dry-matter intake and growth rate of cattle from the degradation of tropical. *Animal Sci.* 60:65-75
 32. Van Soest, P. J. Mertens, D. R. y Deinum, B. 1978. Preharvest factors influencing the voluntary feed intake of forages. J. Anim. Sci., 47: 712-721.
 33. Vera, J.A. 2009 Determinación de la Degradabilidad Proteica de Siete Recursos Forrajeros Para Vacunos Lecheros, Arequipa – 2009. Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista. UCSM Arequipa.
 34. Villalobos, G.C. Gonzales, V. R, Ortega, S. J. A. 2000. Técnicas para estimar la degradación de proteínas y materia orgánica en el rumen y su importancia los rumiantes en pastoreo. Técnica pecuaria México. 38(2): 121-126 pp
 35. Zegarra, J.L. 2012 Diseños Experimentales II en Veterinaria. Diapositivas y apuntes de clase.

Páginas Web:

36. Dunn L. 2005. The value of GSDS to the formal feed industry in South Africa [en línea] Senwesko Feeds, P.O. Box 52, Viljenskroon,9520. http://www.afma.co.za/afma_template/des_05/the%20value%20of%20GSDS%20the%20formal%20feed%20industry%20in%20South%20Afrika.pdf[consulta :10 enero 2006]
37. Hutjens, M. 2003. Guía de Alimentación. Segunda Edición. (en línea). Editorial Hoards Dairyman. p 13-20. Consultado: 3 de diciembre del 2012.Disponible en: http://books.google.com/sv/books?id=ljMc9zztMfUC&printsec=frontcover&source=gbs_slider_thumb#v=onepage&q&f=false
38. Iowa corn. 2006 Etanol y granos de destilería [en línea] Iowa corn promotio Board7iowa corn grower association. All rights reserved. http://www.iowacorn.Org/etanol_12_esp.html [consulta:21 enero 2006]
39. National Corn to Ethanol Research Center (NCERC). 2008. Website at: www.Ethanolresearch.com.
40. Shanon, 2004. Las ventajas de utilizar granos de destilería de maiz desecados con solubles en las raciones para el Ganado lechero (en línea) Web site/DG Section/Dairy.doc. http://www.iowacom.org/forms/CDDG_Dairy.pdf(consulta:13 enero 2006.)
41. Shurson J. y Spiehs M.2006. Feeding Recommendations and Example Diets Containing Minnesota-South Dakota Produced GSDS for Swine [en línea] Department of Animal Science University of Minnesota, St Paul. Use only High Quality GSDS in Swine Diets. <http://www.gggs.umn.edu/feeding-swine/exampleswinediets-revised.pdf> [consulta: 10 enero 2006]



ANEXO 1
FOTOS



Foto N° 1: Material a utilizarse

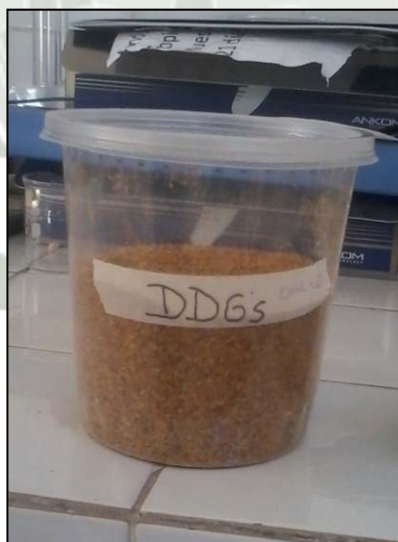


Foto N° 2: Muestra de GSDS



Foto N° 3: Pesando las muestras en la balanza electrónica cada bolsita fue identificada y se colocó 5 g de muestra.



Foto N° 4: Identificación de las cadenas a las respectivas vacas



Foto N° 5: 02 vacas Holstein, sin preñez, en seca, con fístula ruminal permanente y de características homogéneas



Foto N° 6: Introducción de las bolsitas de nylon para la incubación ruminal.



Foto N° 7: Retiro de las cadenas terminando el tiempo de incubación en el rumen



Foto N° 8: Las bolsitas fueron retiradas del rumen y lavadas con agua corriente



Foto N° 9: Tiempo 0 las bolsas se colocaron en agua tibia a 37 °C por 30 minutos



Foto N° 10: Colocación en la estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 48 horas.



Foto N° 11: Muestras identificadas para su análisis de laboratorio

ANEXO 2

UBICACIÓN DEL FUNDO DELA BANDA - HUASACACHE EN EL DISTRITO DE HUNTER PROVINCIA DE AREQUIPA DEPARTAMENTO AREQUIPA.

