

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“AMONIFICACIÓN DE LA PANCA DE MAÍZ (*Zea mays* L.) CON  
TRES NIVELES DE UREA PARA MEJORAR SU DIGESTIBILIDAD”**

Presentada por:

**SHIRLEY MAGGIE CASTELLANOS ALVA**

Tesis para optar el título  
**INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Lima- Perú**

**2015**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi patrocinador de tesis, el Ing. Jorge Gamarra Bojórquez por la oportunidad de realizar este trabajo de investigación y por su apoyo durante el desarrollo del mismo, y al Dr. Carlos Gómez por sus recomendaciones para la culminación de este trabajo.

Gracias al Ing. Cecilio Barrantes, por su asesoría en las pruebas estadísticas que me ayudaron a realizar un mejor análisis de los resultados.

Al proyecto “Adaptación tecnológica para el tratamiento físico/químico (amonificación) de panca de maíz para su uso en la alimentación de ganado lechero en la provincia de Huaura– Región Lima” ejecutado por la UNALM en asociación con el FINCyT-FIDECOM.

Al Ing. Freddy Hilacondo e Ing. Ederic Sánchez por el apoyo durante el proceso de investigación en la fase de campo y durante la elaboración de este documento.

A la Asociación de Ganaderos de la Irrigación San Felipe, por permitirme el uso de sus instalaciones durante la fase experimental y a los 30 ganaderos encuestados por la confianza brindada durante la elaboración de la fase experimental y recojo de muestras de panca de maíz.

A todos mis maestros zootecnistas y veterinarios que trabajan arduamente en la facultad de zootecnia, en especial al Ing. Erickson, al Ing. Sarria, a la Ing. Carmen Alvarez, al M.V. Marco García y a la Dra. María Elena Villanueva por sus enseñanzas académicas y consejos. A los trabajadores de la Unidad Experimental de Zootecnia, a la Srta. Sonia Lazo, al Sr. Reynaldo, al Sr. Rondinel, al Sr. Elisbán por prestarme su apoyo durante mis prácticas internas durante del desarrollo de mi carrera y finalmente, y a los trabajadores de la Biblioteca Agrícola Nacional, al Sr. Mario, al Sr. Delphin, al Sr. Isidro y al Sr. Jesús por brindarme su apoyo incondicional para la obtención de información valiosa durante mi etapa de estudiante y desarrollo de esta investigación.

## DEDICATORIA

*A Dios, por guiar mi camino y ayudarme conseguir mis metas trazadas.*

*A mis padres, Walter Castellanos y Maggie Alva por apoyarme en este camino profesional brindándome las herramientas necesarias. A mi tía Vilma por sus consejos profesionales y a Cassandra por ser mi motivo para luchar cada día y salir adelante.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. Objetivos Generales	1
1.2. Obejtivos Especificos	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
2.1. Forrajes y Residuos de Cosecha	3
2.2. La panca de maíz y su composición química	4
2.3. Importancia de los Residuos de Cosecha en la Alimentación Animal	6
2.4. Limitantes de Uso de los Residuos de Cosecha en la Alimentación Animal	7
2.5. Tratamientos de Residuos de Cosecha	8
2.5.1. Generalidades	8
2.5.2. Métodos químicos	9
2.5.3. Técnicas de la amonificación y sus ventajas	10
a. Amonificación con amoniaco	12
b. Amonificación con urea	14
2.5.4. Amonificación versus suplementación	17
2.6. Factores que Afectan la Amonificación	18
2.6.1. Calidad inicial de la paja	18
2.6.2. Dosis de urea usada	19
2.6.3. Cantidad de agua usada como vehículo (humedad)	20
2.6.4. Efecto de la duración del tratamiento y temperatura	21
2.6.5. Efecto de la amonificación en pozos abiertos o cerrados	23
2.6.6. Efecto de la acción enzimática	23
2.6.7. Tamaño de partícula	25
2.7. Riesgos de la Técnica de Amonificación	26
2.8. Ingesta Potencial de Materia Seca y Valor Relativo del Forraje (V.R.F)	27

<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
3.1.	Lugar de Ejecución	29
3.2.	Duración de la Investigación	30
3.3.	Materiales y Equipos	30
	3.3.1. Para la recolección de las muestras	30
	3.3.2. Para el Tratamiento de la Panca de Maíz	30
	3.3.3. Para el Secado y Molienda de las Muestras	30
3.4.	Procedimiento	31
	3.4.1. Realización de encuesta	31
	3.4.2. Recoleccion de muestras de panca de maíz	31
	3.4.3. Determinación del tamaño de Partícula	31
	3.4.4. Tratamientos experimentales	32
3.5.	Parámetros evaluados	33
3.6.	Diseño Estadístico	34
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1.	Resultados de la encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF	35
4.2.	Efectos del tratamiento con tres niveles de urea sobre la composición química de la panca de maíz	37
	4.2.1. Contenido de proteína cruda (PC)	37
	4.2.2. Contenido de fibra detergente neutro (FDN)	40
4.3.	Digestibilidad de la panca de maíz tratada con urea	43
	4.3.1. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS)	43
	4.3.2. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la fibra detergente neutro (DIVFDN)	45
4.4.	Ingesta potencial de materia seca y valor relativo del forraje de la panca de maíz tratada con urea	48
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>52</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº		Página
1	Composición nutricional de algunas pajas y rastrojos	4
2	Composición química de la panca de maíz en base seca	6
3	Efecto del tipo de residuo sobre el contenido de proteína total (30% de humedad)	19
4	Concentración de nitrógeno y su relación con diferentes fuentes	20
5	Efecto de la duración del tratamiento en relación a la temperatura	22
6	Efecto de la temperatura y duración del tratamiento sobre la digestibilidad de la paja de avena (3,5% NH <sub>3</sub> y 25% Humedad)	23
7	Recomendaciones para el tamaño de partícula de forraje y RTM	25
8	Calidad del forraje	27
9	Tratamientos experimentales	
10	Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre el contenido de proteína cruda (%) en base seca	38
11	Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre el contenido de fibra detergente neutro (%) en base seca	41
12	Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la DIVMS en base seca	44
13	Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la DIVFDN en base seca	46
14	Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la ingesta potencial de materia seca y valor relativo del forraje en base seca	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>N°</b>		<b>Página</b>
1	Mapa de la provincia de Huaura	29
2	Medición del tamaño de partícula	31
3	Distribución de los ganaderos de la AGISF	35
4	Uso actual del forraje	36
5	Variación en el contenido de PC (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea	41
6	Variación en el contenido de FDN (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea	43
7	Variación en la DIVMS (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea	46
8	Variación en la DIFDN (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Nº</b>		<b>Página</b>
1	Plantilla de encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF	67
2	Resultados de la encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF	70
3	Tamaño de partícula (mm) de la panca de maíz recolectada de los ganaderos	73
4	Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), DIVMS (%), DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 0% de urea en base seca	74
5	Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), DIVMS (%), DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 3% de urea en base seca	75
6	Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), DIVMS (%), DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 6% de urea en base seca	76
7	Ingesta de potencial de materia seca y valor relativo del forraje de la panca tratada con tres niveles de urea	77
8	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para proteína cruda ( PC)	78
9	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para fibra detergente neutro (FDN)	79
10	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)	80
11	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la digestibilidad in vitro de la fibra detergente neutro (DIVMS)	81
12	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la ingesta potencial de materia seca	82
13	Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para valor relativo del forraje (V.R.F)	83



## RESUMEN

El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de la Molina, provincia de Lima; el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de la urea (46% de N) sobre la calidad nutricional de la panca de maíz proveniente de las zonas de Chilampa, La Villa, Miramar y La Querencia de la Asociación de Ganaderos de la Irrigación San Felipe, situada en el departamento de Lima, provincia de Huaura. Los tratamientos evaluados fueron tres niveles de urea (0, 3 y 6%) en forma de solución acuosa durante un periodo de 14 días y almacenados herméticamente en bolsas plásticas. Como variables de estudio e indicador de los parámetros de calidad se estimaron: proteína cruda (PC%), fibra detergente neutro (FDN%), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS%), digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN%), ingesta potencial de materia seca (%P.V en MS) y valor relativo del forraje (V.R.F). Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres repeticiones, cuyo análisis estadístico consistió en análisis de varianza y separación de medias usando Duncan. Para el análisis de varianza se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1. Los resultados obtenidos al amonificar la panca de maíz con 0%, 3% y 6% de urea fueron los siguientes: 84,66; 70,01 y 67,78% de MS; 5,08; 8,02 y 12,92% de PC; 77,31; 76,89 y 74,84% de FDN; 59,90; 61,17 y 66,59% de DIVMS; 48,15; 50,97 y 55,41% de DIVFDN; 1,55%; 1,56% y 1,60% de ingesta potencial de materia seca; 72,09; 74,03 y 82,81 de V.R.F respectivamente. El resultado del análisis mostró que no hubo diferencia estadística ( $P > 0,05$ ) entre las procedencias de la panca de maíz para los parámetros evaluados ni para la DIVFDN (%) entre los niveles de urea aplicado. Sin embargo, existió diferencia altamente significativa para ( $P < 0,05$ ) el contenido de PC (%), FDN (%), DIVMS (%), ingesta potencial de materia y el V.R.F entre los niveles de urea.

## ABSTRACT

This study was conducted at the Agrarian La Molina National University (UNALM), located in the district of La Molina, province of Lima; which it aimed to evaluate the effect of urea (46% N) over the nutritional quality of corn stover from areas: Chilampa, La Villa, Miramar and La Querencia of the Cattlemen's Association San Felipe Irrigation, located in the department of Lima, province of Huaura. Treatments were three levels of urea (0, 3 and 6%) in an aqueous solution over a period of 14 days and stored sealed in plastic bags. As study variables and indicator of the quality parameters were estimated: crude protein content (CP%), neutral detergent fiber content (NDF%), *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM%), *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber (IVNDFD%), intake potential of dry matter (% PV DM) and relative feed value (RFV). Randomized complete block design (RCBD) with three replications, whose statistical analysis consisted of analysis of variance and separation of mean by Duncan. For the analysis of variance the SAS (Statistical Analysis System) version 9.1 statistical software was used. The results obtained when corn stover was ammoniated with 0, 3 and 6% urea were: 84.66; 70.01 and 67.78% of DM; 5.08; 8.02 and 12.92% of CP; 77.31; 76.89 and 74.84% NDF; 59.90; 61.17 and 66.59% of IVDMD; 48.15; 50.97 and 55.41% of IVNDFD; 1.55%; 1.56% and 1.60% potential intake of dry matter; 72.09; 74.03 and 82.81 of F.R.V respectively. The result of the analysis showed no statistical difference ( $P > 0.05$ ) between the origins of corn stover for the parameters evaluated or for IVNDFD (%) between levels of urea applied. However, there was highly significant difference ( $P < 0.05$ ) of CP content (%), NDF (%), IVDMD (%), potential intake of matter and the FRV between the levels of urea.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En los meses de invierno, escasean los forrajes de buena calidad como la chala de maíz, en toda la Costa del Perú elevándose su precio. Por este motivo, para cubrir la menor disponibilidad de forrajes, los ganaderos hacen un mayor uso de los residuos de cosecha como la panca de maíz. Este residuo de cosecha es un forraje de baja calidad nutricional, que se caracteriza por ser pobre en energía neta aunque posee un alto contenido de fibra el cual es importante para el correcto funcionamiento del rumen.

El uso constante de residuos de cosecha en la alimentación del ganado ocasiona una disminución en la producción de leche, trayendo como consecuencia grandes pérdidas económicas. Todo esto ha obligado a los ganaderos a emplear técnicas que permiten mejorar la calidad nutricional de estos residuos de cosecha y de este modo incrementar la producción de leche y por ende mejorar sus ingresos económicos.

La amonificación es una técnica química que le permite al ganadero hacer un mejor uso de los residuos de cosecha al incrementar el valor nutricional de los mismos, haciéndolo más palatables y digestibles por parte del ganado, mejorando la ingesta del alimento e incrementando la producción de leche. Todo esto beneficia al ganadero debido a que con una mayor producción obtendrá mayores ingresos económicos.

Por lo mencionado, la técnica de la amonificación justifica los costos empleados para el mejoramiento de la calidad nutricional de los residuos de cosecha en comparación del uso de urea como suplemento nutricional utilizado en la dieta de rumiantes.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar un protocolo de tratamiento físico/químico (amonificación con urea) de la panca de maíz de la Asociación de Ganaderos de la Irrigación San Felipe (AGISF), para mejorar su calidad nutricional.

## 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las percepciones y límites de uso de la panca de maíz para la alimentación del ganado a través de una encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF.
- Determinar el efecto del tratamiento con urea de la panca de maíz sobre el contenido de proteína cruda (PC) y la fibra detergente neutro (FDN).
- Determinar el efecto del tratamiento con urea de la panca de maíz sobre la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de la fibra detergente neutro (DIVFDN).
- Estimar la ingesta potencial de materia seca (%P.V en MS) y el valor relativo del forraje (V.R.F) de la panca de maíz para determinar el mejor nivel de tratamiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. FORRAJES Y RESIDUOS DE COSECHA

Los forrajes son productos de origen vegetal, alimentos voluminosos o groseros que tienen bajo peso por unidad de volumen (Church *et al.*, 2002). Estos son de gran variabilidad físico-química, poseen más del 18% de fibra cruda (FC), cantidades apreciables de lignina (que se encuentra estrechamente asociada a los carbohidratos de la pared celular con los que forman complejos ligno-hemicelulósicos que dificultan la acción enzimática), celulosa, hemicelulosa, pectina, sílice y otros componentes en cantidades menores (Parsi *et al.*, 2001).

Además, la digestibilidad de la materia seca es inferior al 55%, son deficientes en proteína cruda (PC) [ $<$  del 8% (N x 6,25)], poseen bajos contenidos de azúcares y almidón ( $<$ 100g/kg); y altos niveles de fibra con alto grado de lignificación (Leng, 1990).

Entre los forrajes definidos de baja calidad, existen variaciones, encontrándose valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) entre 35 a 55%. Estas variaciones responden a diferencias entre especies, entre cultivares de una especie y aún dentro de los mismos cultivares, relacionados a manejos previos diferentes. La calidad de los forrajes varía de acuerdo a la zona donde esté implantada la pastura debido a diferencias climáticas y distinta fertilidad de los suelos, existiendo diferencias entre años (De León *et al.*, 2004).

Los residuos de cosecha son los materiales que quedan después de recoger el producto principal del cultivo (Becerra *et al.*, 2002) constituyendo las pajas y los rastrojos un grupo importante dentro de los alimentos de baja calidad, conocidos como esquilmos, y son los residuos de la cosecha del grano de cereales, oleaginosas y leguminosas (Angeles *et al.*, 2002).

Los residuos de cosecha poseen bajos niveles de nitrógeno (N<sub>2</sub>), minerales, vitaminas y energía disponible (Sundstol y Owen, 1984), bajo niveles de calcio (Ca), proteína (<8%), nitrógeno (<1,3%), fósforo (<0,3%) y son de baja digestibilidad (<50 %). Además, poseen baja tasa de pasaje con consumo voluntario limitado (Anderson, 1978).

En el Cuadro 1 se puede observar la composición nutricional de algunas pajas y rastrojos, los cuales son bajos en proteína cruda y poseen una baja DIVMS.

**Cuadro 1: Composición nutricional de algunas pajas y rastrojos**

Alimento	Materia	PC	DIVMS	Energía	Ca	P
	Seca			Metabólica		
	%	%	%	(Mcal/ Kg MS)	%	%
Paja de trigo	90,10	3,60	44,10	1,59	0,20	0,08
Panca de maíz	85,00	6,60	44,00	1,62	0,60	0,01
Paja de soya	88,90	4,80	41,70	1,50	0,80	0,20

Fuente: Parsi *et al* (2001)

## 2.2. LA PANCA DE MAÍZ Y SU COMPOSICIÓN QUÍMICA

Se denomina así al maíz maduro del cual se han extraído las mazorcas (Morrison, 1951), siendo un follaje de baja calidad (Diggins y Bundy, 1962), un alimento grosero y como tal, es esencial para el funcionamiento del rumen y para la biosíntesis de algunos nutrientes a cargo de los microorganismos de este compartimiento (Cole, 1964).

La relación nutritiva de la panca de maíz (1:21) es muy variable (Morrison, 1951) al igual que su valor en vitamina, y esto depende de que las hojas y el tallo estén verdes cuando se recolecta luego de la cosecha y de la forma en que se realice el secado. Este rastrojo es más rico en calcio que el forraje de la misma planta aunque pobre en fósforo debido a que este se acumula en el grano (Morrison, 1980), deficiente en carbohidratos solubles y, a menudo carece de humedad adecuada para una fermentación deseable (Colenbrander *et al.*, 1971).

La mayoría de residuos de cosechas agrícolas, como el rastrojo de maíz, presentan un bajo contenido de proteína (< 5%), un alto contenido de carbohidratos estructurales y un alto

componente de lignina (70% de pared celular) (Escobar y Parra, 1980), que hace que estos insumos provean una baja proporción de energía digestible (Flores, 1990) a los herbívoros.

Sin embargo, se puede mejorar este aporte de energía a través de procedimientos físicos y químicos, considerando la peculiar fisiología digestiva fermentativa del rumiante (Owen, 1976; Jackson, 1978).

La panca de maíz posee 85% de MS; 4,80% de PC y 65% de FDN mientras que la paja de trigo posee 90% de MS; 5% de PC y 73% de FDN (en base seca). Esta comparación se hace porque a veces se alimenta al ganado lechero con paja de trigo a bajas concentraciones (2 a 8% de la materia seca de la dieta) como una fuente de fibra eficaz (la cual estimula la rumia) y con concentraciones más altas a rumiantes no lactantes y en mantenimiento (Eastridge, 2007).

La panca de maíz podría tener un mejor uso si es molida (Rojas, 1963), ya que experimentos realizados en Colorado, Nebraska y Dakota del Norte, utilizando forrajes (en trozos o molido) demostraron que su uso resultó tan satisfactorio como el del maíz ensilado (Morrison, 1951). Además, existe la posibilidad de preparar un buen ensilaje de panca adicionándole agua y algo de melaza para favorecer la fermentación láctica (Rojas, 1963).

En el Cuadro 2 se puede observar el contenido nutricional de la panca de maíz citado por algunos autores, los cuales han encontrado valores que varían entre 87,20 - 94,80% de MS, entre 73,40 - 79,70% de FDN y 3,40 - 5,90% de PC.

**Cuadro 2: Composición química de la panca de maíz en base seca**

Fracciones (%)	Calderón <i>et al.</i> , (1975)	Crampton y Harris, (1979)	Jiménez y Shimada , (1984)	Vega, (1985)	Martínez <i>et al.</i> , (1985)	Llamas <i>et al.</i> , (1986)	Arriarán (1989)
Materia seca	89,32	87,20	94,80	90,65	91,50	90,70	92,44
Ceniza	11,40	7,10		10,88			9,07
Extracto Etéreo	1,91	1,20		1,17			
Fibra Cruda	36,08	37,10		32,64			33,44
Proteína Cruda	3,73	5,90	5,20	3,40	5,48	5,50	4,47
Nitrógeno No Proteico			0,33		0,32		
FDA			0,43		0,20		
Proteína Verdadera			3,13		3,50		
FDN			79,7		78,52	73,40	
Contenido celular			20,10		21,48		
Hemicelulosa			29,60		31,68	30,4	
FDA			50,30		46,84	430	

### 2.3. IMPORTANCIA DE LOS RESIDUOS DE COSECHA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Los residuos de cosecha derivan en su mayor parte de cereales, siendo el cultivo de maíz el que contribuye con mayor cantidad de material, cuya utilización es una forma de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y reducir el posible uso de cereales para la producción de alimentos para animales (Rodríguez *et al.*, 1985; Jiménez *et al.*, 1985; citados por Arriarán, 1989). Además, se puede aprovechar la habilidad que poseen los rumiantes para convertir esos materiales fibrosos en productos útiles para el hombre tales como carne, leche, pieles, lana, etc. (Fuentes *et al.*, 2001)

Es importante conocer que los residuos de cosecha son disponibles después de que las plantas han llegado a su madurez fisiológica, esto es luego de la cosecha del grano y cuando el contenido de proteína y energía digestible de los tallos y hojas son bajos. Por ello, para utilizar mejor la planta de maíz, la cosecha se debe llevar a cabo cuando la planta



esté aún verde con un 60 a 65% de humedad y para ser ensilada teniendo todavía nutrientes aprovechables (celulosa y hemicelulosa) aunque esto está en contraposición con el contenido de humedad del grano cosechado (Klopfenstein *et al.*, 1987).

El residuo de maíz es importante porque puede utilizarse teniendo en cuenta que es un recurso fibroso, con un bajo contenido de proteína y aportes limitados de energía (Pasturas de América, 2004) y tiene mucho mayor valor por hectárea para la alimentación del ganado que la paja de los cereales menores (Morrison, 1980). Aunque en los países desarrollados, los residuos de cosecha se devuelven en gran medida al suelo, en algunos casos, pueden ser utilizados para el mantenimiento de reses durante el invierno (Males, 1987).

Debido a la importancia que tienen los residuos de cosecha, en diversas regiones del Perú se hace imprescindible alimentar a los rumiantes con dietas a base de residuos de cosecha en épocas de escasez de pastos (Williams *et al.*, 1997).

#### **2.4. LIMITANTES DE USO DE LOS RESIDUOS DE COSECHA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Los residuos de cosecha en la alimentación animal son poco o casi nada aprovechados por los rumiantes (Calderón *et al.*, 1975) debido a su pobre valor nutricional, baja digestibilidad y poca gustocidad (Sánchez, 1976). Por ello, el rendimiento de los animales alimentados con estos residuos está limitado por la falta de ingesta, bajo contenido de nitrógeno (Paterson *et al.*, 1981) y para obtener alguna producción debe buscarse la adecuada suplementación tanto de nitrógeno como de energía fácilmente fermentable que active el desarrollo de los microorganismos del rumen y finalmente pueda corregir la deficiencia de ciertos minerales (Ca, P, Mn) y vitaminas (Males, 1987).

Otros autores mencionan que el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal se ve limitada por sus altos niveles de fibra que supone una escasa absorción de energía y proteína, ocasionando un lento ritmo de crecimiento (por el cual requiere más tiempo para que el animal alcance la pubertad), un despilfarro de la energía alimentaria como calor orgánico, una ingesta máxima debido a su lenta digestión y una limitada ingestión de energía por el animal (Ward, 1973). Es decir, la fibra por su alto contenido de paredes celulares limita el contenido energético de las raciones (Ángeles, 2006) reduciendo tanto su

digestibilidad como la velocidad de paso y por consiguiente la ingesta voluntaria (Jiménez *et al.*, 2010).

La ingesta de la panca de maíz es presumiblemente limitada por la deficiencia de proteína cruda, por el llenado (Saenger *et al.*, 1982), por su bajo contenido de nitrógeno y por sus altos niveles de fibra (Manyuchi y Smith, 1994) la que infiere en la baja digestibilidad debido a los niveles de lignina presentes. Por ello, para la formulación correcta de raciones, se debe buscar el equilibrio entre la ingesta máxima de materia seca (niveles bajos de FDN) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen (aportando unos niveles mínimos de fibra detergente ácido (FDA) y FDN (Church, 1989; citado por Hernández, 2010).

## **2.5. TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE COSECHA**

### **2.5.1. Generalidades**

Si los residuos de cosecha se someten a diversos tratamientos, de acuerdo a ciertos principios sencillos y se mezclan con otros subproductos para elevar su valor nutritivo, representan una alternativa viable para la alimentación de las diversas especies pecuarias (González, 2007).

En la actualidad, existen numerosos métodos para mejorar la calidad nutricional de los residuos de cosecha tales como los tratamientos físicos, químicos, biológicos (Muñoz *et al.*, 1998) y oxidativos (Elizondo, 1998), considerando la peculiar fisiología digestiva fermentativa del rumiante (Jackson, 1978) que permite a los microorganismos del rumen tener un mayor acceso a los polisacáridos de las paredes celulares lignificadas (Chenost y Dulphy, 1987).

Por otro lado, existen muchas ventajas para la eliminación temprana de la lignina porque se cree que esta es un obstáculo importante en la hidrólisis enzimática (Chang y Holtzaple, 2000), ya que ésta y sus derivados son tóxicos para los microorganismos del rumen e inhiben la hidrólisis enzimática (Kim *et al.*, 2003), aunque los sustratos bajos en lignina han mejorado la actividad microbiana y la eficiencia de la enzima, éstos sustratos reducen eventualmente los requerimientos de la enzima. La deslignificación completa de la

biomasa es difícil debido a su ubicación dentro de la pared celular profunda (Timell, 1967), la hidrofobicidad, la rigidez física, los fuertes enlaces de C-O-C (carbono-oxígeno-carbono), C-C (carbono-carbono), y la tendencia de recondensación (complejo lignina-carbohidrato) durante la deslignificación. Además, se ha sugerido que un número de factores distintos de la lignina afectan la hidrólisis enzimática, incluyendo cristalinidad de la biomasa (Schwald *et al.*, 1988), grado de polimerización (Puri, 1984), tamaño de partícula (Converse, 1993), área de superficie (Burns *et al.*, 1989), y tamaño de poro (Mooney *et al.*, 1998).

### 2.5.2. Métodos Químicos

Entre los métodos químicos para mejorar la calidad nutricional de los residuos de cosecha se han empleado muchos, he aquí una breve lista de aquellas investigaciones que se han mencionado en este estudio:

- a) Hidróxido de Sodio (NaOH): Klopfenstein y Woods, 1970; Ololade *et al.*, 1970; Quintero, 1972; Singh y Jackson, 1971; Klopfenstein *et al.*, 1972; citados por Rounds *et al.*, 1976.
- b) Hidróxido de Calcio (CaOH): Oji *et al.*, 1977; Saadullah, 1983; citados por Arriarán, 1989).
- c) Hidróxido de Amonio (NH<sub>4</sub>OH<sub>3</sub>): Rodríguez *et al.*, 1985.
- d) Amoniaco (NH<sub>3</sub>): Saenger *et al.*, 1982. Duarte y Shimada, 1984; Martínez *et al.*, 1985; Saenger *et al.*, 1980; citados por Fuentes *et al.*, 2001; Ali *et al.*, 2009.
- e) Urea: Colembrander *et al.*, 1971; Jayasuriya *et al.*, 1982; Elizondo, 1998; Tesfaye *et al.*, 2006; Arelovich *et al.*, 2007 y Ramirez *et al.*, 2007.
- f) Orina animal: Oji *et al.*, 1982; citados por Arriarán, 1989.

Los métodos químicos con NaOH, CaOH, NH<sub>4</sub>OH<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> y urea (Klopfenstein, 1980; Asmud y Lars 1983) han demostrado mejores resultados (Fuentes *et al.*, 2001), ya que estos tienen como objetivo incrementar la digestibilidad de los residuos de cosecha y/o el consumo voluntario por parte de los animales, logrando un incremento de la ingesta de la energía digestible (Rexen, 1980).

El modo de acción de los álcalis es a través de la ruptura de las paredes celulares por medio de la solubilización de la hemicelulosa, la hidrólisis de los ácidos urónicos y acéticos, aumentando la tasa de digestión ruminal de la celulosa al sufrir esta un aumento en sus dimensiones (Jackson, 1978) y exponer mayor superficie al ataque de los microorganismos del rumen (Klopfestein, 1980).

Al tratar el rastrojo con sustancias químicas se produce una predigestión, por lo que se aprovecha de un modo más eficiente, ya que al hacerlo más disponible a los microorganismos del rumen se mejora la producción animal con un costo menor de producción, ya que estos alimentos no son caros y las técnicas y materiales utilizados son sencillos. Además, otro aspecto importante en la producción animal es determinar el tamaño óptimo del rastrojo para que pueda ser aprovechado por los microorganismos del rumen después de haber sido sometido a tratamiento químico (Fuentes *et al.*, 2001).

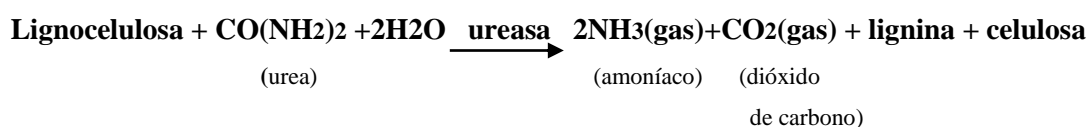
El tratamiento alcalino de los residuos de cosecha se considera generalmente para aumentar la velocidad y extensión de la digestión (Chesson y Orskov, 1984) siendo el NaOH el tratamiento con álcali más comúnmente utilizado debido a que incrementa la digestibilidad de los residuos de cosecha (Ololade *et al.*, 1970; Singh y Jackson, 1971; Klopfenstein *et al.*, 1972; Klopfenstein y Woods, 1970; citados por Rounds *et al.*, 1976), aunque el inconveniente de este método es que la ingesta prolongada de los residuos de cosecha tratado con NaOH aumenta el contenido de Na de la orina (Quintero, 1972), y eventualmente puede resultar en una acumulación de Na en el suelo al cual se aplica orina y heces (Rounds *et al.*, 1976).

### **2.5.3. Técnica de la Amonificación y sus Ventajas**

La amonificación de los forrajes de baja calidad es el método más utilizado para el mejoramiento de la calidad de los residuos de cosecha y han recibido una atención considerable (Sundstol *et al.*, 1978) debido a que estos productos químicos hacen que los materiales tratados sean más flexibles mediante la solubilización de las fracciones de hemicelulosa mejorando la DIVMS (Saenger *et al.*, 1982) y la digestibilidad de la pared celular (Solaiman *et al.*, 1979; Saenger *et al.*, 1982), incrementando el contenido de nitrógeno, el consumo de MS (Oji *et al.*, 1977) y la productividad de los animales (Hamad *et al.*, 2010) ya que se mejora la palatabilidad del producto final (Pedrox, 1984).

Un método indirecto de amonificación, donde el amoníaco es suministrado por la urea, ha recibido bastante atención (Dolberg *et al.*, 1981; Hadjipanayiotou, 1982), debido a que este método es dependiente de la liberación enzimática del amoníaco en un medio acuoso, donde la urea es químicamente desdoblada en amoníaco y dióxido de carbono debido a una hidrólisis espontánea al entrar en solución, por medio de la ureasa de la acción bacteriana presentes en el forraje, actuando el amonio sobre la fibra (Cloete y Kritzinger, 1984).

A continuación se muestra la reacción de hidrólisis de la urea durante el proceso de la amonificación:



Con la amonificación se conservan los almidones y azúcares de alto valor energético en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes, conservando las proteínas verdaderas (sean éstas fermentables en el rumen o sobrepasantes) contenidas originalmente en los materiales tratados (Mancilla, 2006).

Teniendo en cuenta el costo del tratamiento y el aporte de nitrógeno (N<sub>2</sub>) son más convenientes los tratamientos con compuestos nitrogenados del tipo hidróxido de amonio (NH<sub>4</sub>OH<sub>3</sub>), amoníaco anhidro (NH<sub>3</sub>) y urea (Rodríguez *et al.*, 1985) debido a que no presenta álcalis residuales ya que el exceso se volatiliza después del tratamiento y no afecta el balance de minerales (Garret *et al.*, 1979, citados Arriarán, 1989).

El amonio inhibe la actividad microbiana aeróbica (Cook, 1981 y Oliveros *et al.*, 1986; citados por Klopfenstein, 1987) siendo por lo tanto un buen fungicida evitando la fermentación o enmohecimiento del material tratado y aparte de incrementar la digestibilidad se logra incorporar nitrógeno no proteico (NNP) y una buena retención de nitrógeno en el material fibroso, incrementando el contenido de proteína cruda el cual reduce la necesidad de suplementación de nitrógeno (Oji *et al.*, 1977; Klopfenstein, 1978, Saenger, 1982; Creek *et al.*, 1984; Males, 1987; citados por Arriarán, 1989).

Es importante mencionar que después de la amonificación, la mayoría de los forrajes tienen un tono más oscuro, similar al color caramelo y una textura más suave (Sundstol *et al.*, 1978; Martínez *et al.*, 1985 y Arriarán, 1989).

#### **a. Amonificación con amoniaco**

El tratamiento con amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) ha sido uno de los más utilizados, y este se puede hacer con amoníaco (anhidro o líquido) o urea (Muñoz *et al.*, 1998). Sin embargo, el tratamiento de los residuos de cosecha con amoníaco representa un problema para aquellas áreas en las que no está disponible este recurso. Incluso si lo fuera, la falta de caminos dificulta el transporte de los equipos (Jackson, 1978 y Sundstol *et al.*, 1978). Además, su aplicación requiere de personas especializadas y gastos de infraestructura (Sundstol *et al.*, 1978).

El tratamiento con amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) ha mejorado el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad como el rastrojo de maíz (Kunkle *et al.*, 1980; Saenger *et al.*, 1980; citados por Saenger *et al.*, 1982), la paja de trigo (Al-Rabbat y Heaney, 1978; Sundstol *et al.*, 1978; Faulkner *et al.*, 1980) y el heno de pasto (Buettner, 1978), siendo una de las reacciones conocidas del amoníaco acuoso con la lignina la ruptura de los enlaces C-O-C de la lignina así como los enlaces éter y éster en el complejo lignina-carbohidrato. La acción del  $\text{NH}_3$  disminuye el poder ligante entre la lignina, hemicelulosa y celulosa dado su efecto alcalino deslignificante (Klopfenstein, 1978) permitiendo de este modo un incremento de la digestibilidad (Horton y Steacy, 1979) y consumo (Badurdeen *et al.*, 1994).

La utilización de amonio sirve como fuente principal de nitrógeno para la síntesis de proteína microbiana por parte de los microorganismos del rumen capaces de hidrolizar los alimentos fibrosos (Hunter y Vercoe, 1984; Klopfenstein *et al.*, 1987) haciéndolo disponibles o aprovechables por el animal (Llamas *et al.*, 1985 y Males, 1987).

El material tratado con  $\text{NH}_3$ , debe ser oreado antes de proporcionarlo a los animales para permitir que se escape el exceso de amoniaco (Oji *et al.*, 1977; Creek, 1984; citados por

Arriarán, 1989) ya que se ha demostrado que los animales rechazan el material al menos que sea oreado o mezclado con alimentos fermentados a fin de que los ácidos orgánicos neutralicen el amoníaco (Klopfenstein, 1978). Además, después de oreado, aproximadamente entre el 50 a 58% del nitrógeno adicionado se queda en el rastrojo al momento de brindar el alimento (Oji *et al.*, 1977; Lawlor y O'Shea, 1981) aunque niveles de retención entre 77,50 y 72 % de nitrógeno han sido encontrado (Saenger *et al.*, 1982 y Martínez *et al.*, 1985).

Al comparar el valor nutricional de la panca de maíz tratado con NH<sub>3</sub> (2, y 3 y 3,2%) con dos suplementos proteicos (harina de soya o urea) y una dieta control (panca de maíz) para alimentar *ad libitum* a ovinos en crecimiento, se encontraron que la panca de maíz tratada con 2% NH<sub>3</sub> tenía la más alta (P<0,05) digestibilidad de la MS; un contenido más alto de PC y una mayor (P<0,01) ingesta diaria de MS, aunque la retención de nitrógeno fue similar entre las dietas. Se encontró una mayor (P<0,05) ingesta de MS de la panca tratada con 3% NH<sub>3</sub> (en base seca) aunque la ingesta de MS de los dos suplementos proteicos fue mayor (P<0,05) que la dieta control, no existiendo diferencia (P>0,10) de peso de los ovinos alimentados con las cuatro dietas. Al alimentar reses preñadas con panca tratada con 3,2% de NH<sub>3</sub> (en base seca), estas tenían la más alta (P<0,01) ganancia de peso; concluyéndose que el tratamiento con NH<sub>3</sub> mejora el valor alimenticio de la panca de maíz (Saenger *et al.*, 1982).

Al comparar el valor nutricional de la panca de maíz (95,80% de MS; 4,9% de PC; 72,45% de FDN; 46,75% de FDA; 64,67% de DIVMS; 60,91% de DIVMO) de diferentes tamaños de partícula (molida, picada y entera) tratadas con 4% de amoníaco (NH<sub>3</sub>) durante 4 semanas, se observó una disminución en el contenido de MS (78,38; 76,30 y 73,40%); un descenso en los valores del FDA (43,40; 40,75 y 41,41%) en 7,17; 12,83 y 11,42%; y en los valores del FDN (57,73; 67,77 y 66,85%) en 20; 7,0 y 7,7% respectivamente en relación a la panca sin tratar. El descenso de estos últimos valores se debió a que aparentemente el tratamiento con NH<sub>3</sub> solubilizó parte de la hemicelulosa, haciendo más disponible el contenido celular (Fuentes *et al.*, 2001). Además, se reportaron incrementos en los valores de la DIVMS (66,05; 71,50 y 71,94%), en la DIVMO (60,38; 63,19 y 64,10%) y en los valores de PC (10,33; 10,62 y 9,40%) en 110, 116 y 91% (Fuentes *et al.*, 2001).

En un ensayo se alimentó a ovinos con una dieta basal (DB) y dietas que contenían panca de maíz tratada con diferentes fuentes de nitrógeno (NH<sub>3</sub>, urea y gallinaza), encontrándose que la ingesta de MS fue más alta (P<0,01) en ovinos alimentados con dieta basal, aunque la ingesta fue más alta (P<0,05) en dietas tratadas NH<sub>3</sub> y urea comparado a la panca no tratada. Finalmente, la ingesta fue más alta (P<0,01) con la panca tratada con NH<sub>3</sub> que la panca tratada con urea. En este estudio se concluyó que el tratamiento de la panca de maíz con amoníaco fue más efectivo en mejorar la ingesta de materia seca en ovinos que aquellos alimentados con dietas tratadas con urea o gallinaza (Ali *et al.*, 2009).

Se han reportado en promedio mejoras del 22,10% de la digestibilidad en el tratamiento empleando urea en comparación con 47,1% empleando amonio. Además, luego de revisar 456 trabajos realizados sobre tratamientos de baja calidad, se ha reportado que la especie animal parece también influenciar la mejora de la digestibilidad cuando se realiza un tratamiento químico del forraje; mostrando tasas más altas de mejoras para ovinos que para vacunos (Han y Garret, 1986).

#### **a. Amonificación con urea**

La urea referida como carbamida es la diamida del ácido carbónico, un compuesto nitrogenado no proteico el cual se obtiene sintéticamente a partir del nitrógeno del aire y que es producido en grandes plantas químicas (Rojas, 1979; citado por Conde, 1988). Esta sustancia blanca, cristalina, es soluble en agua aunque escasamente soluble en alcohol y muy poco en éter; pudiendo producir en la lengua una sensación de frío localizado ya que para su disolución hace falta 60 calorías por gramo, es higroscópica y almacenada al aire libre se aglutina (Bergner, 1978; citado por Conde, 1988). Este compuesto nitrogenado identificado con la fórmula N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>CO (Roule en 1773 y Prout en 1818; citados por Souza *et al.*, 2006) contiene aproximadamente 46% de Nitrógeno, representando 287,50% (46 x 6,25) de la proteína equivalente total.

La urea se presenta en el mercado en formas granulada y perlada, siendo esta última la más recomendada para su uso animal por su soltura y facilidad para mezclarla con otros ingredientes. Este compuesto, debido a su costo, disponibilidad en el mercado y tradición de uso en la alimentación de rumiantes, en la elaboración de fertilizantes agrícolas y en la elaboración de plásticos por muchos países alrededor del mundo, es la más utilizada entre



los compuestos nitrogenados no proteicos tales como la biureta, fosfato diamónico, acetato de amonio, sulfato de amonio y otros (Escalona *et al.*, 2007). Este compuesto se puede utilizar como fuente de amoníaco debido a sus propiedades conservantes como por su valor nutritivo (Flores, 1986).

El tratamiento con urea es un método que ha sido bien demostrado porque mejora el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad por el efecto del ion amonio en los carbohidratos de la pared celular (Chesson *et al.*, 1983), siendo el efecto final un aumento de la DIVMS y de la DIVFDN, un aumento del contenido de nitrógeno y del consumo de MS (Oji *et al.*, 1977). Este aumento de la digestibilidad de los residuos de cosecha tratados con urea se debe a una hidrólisis básica de los enlaces lignocelulósicos (Saenger *et al.*, 1982) teniendo como resultado un incremento en la velocidad de pasaje ruminal lo que predispone a un mayor consumo de alimento (Losada *et al.*, 1979). Además, en el tratamiento los residuos de cosecha se incrementan los niveles de proteína debido a la adición de nitrógeno proveniente de la urea (Ben Salem *et al.*, 1994; Madrid *et al.*, 1996 Shimada, 2001 y Martínez *et al.*, 2012; citados por Sánchez *et al.*, 2012).

Al utilizar urea como una fuente de amoníaco para el tratamiento de la panca de maíz se ha observado que esta se descompone en amoníaco después de 20 días, teniendo entre un 55 a 65 % de materia seca y alrededor de 2 días después el 70 % de urea se descompone en amoníaco (Oji y Mowat, 1977; citados por Saadullah *et al.*, 1981) existiendo unos incrementos significativos en el contenido de ácido acético (Oji *et al.*, 1977).

Alimentando vacas lecheras de la raza Holstein con panca de maíz tratadas con 3% y 5% de urea se obtuvieron los siguientes resultados: 49% y 47,18% de MS; 9,81% y 12,30% de PC 24; 70% y 27% de FC y 12,65% y 14,07% de cenizas respectivamente en comparación con la panca de maíz no tratada la cual tenía 92,44% de MS; 4,47% de PC, 33,44% de FC y 9,07% de cenizas (Arriarán, 1989).

Al tratar la panca de maíz molida (25 mm) con 5% de urea diluida, almacenada a diferentes niveles de humedad (20; 25,3 0 y 35%) y tiempos de tratamiento ( 1, 8, 15, 22 y 29 días) y molida a un tamaño de partícula de 5 mm post tratamiento, se encontró que el porcentaje de humedad tuvo poco efecto ( $P < 0,05$ ) sobre la MS, FDN, FDA, PC y

nitrógeno no proteico (NNP), debido a que no se encontraron cambios significativos en el contenido de FDN y FDA por efecto del tiempo y humedad (Elizondo, 1998).

Al tratar la panca de maíz (91,58% de MS y 4,02% de PC) con 4, 5 y 6% de urea durante 1, 2 y 3 semanas a 25°C, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el contenido de PC (14,90; 15,92 y 16,87%), FDN (79,31; 77,25 y 76,14%) y DIVMS (55,94; 60,27 y 61,26%) no existiendo diferencias ( $P > 0,05$ ) en el contenido de PC entre la semana 2 y 3 del estudio. La panca tratada con 5 y 6% tenía un 7,7 y 9,5% de DIVMS más alto que la panca tratada con 4% de urea. Esto podría ser atribuido al bajo contenido de FDN de la panca tratada con altos niveles de urea. A su vez, el tiempo del tratamiento tuvo efectos significativos ( $P < 0,05$ ) en los parámetros evaluados. Además, la materia seca de la panca tratada decreció a 68,11; 66,94 y 61,39% en los días 4, 14 y 21 de tratamiento respectivamente. Esto podría ser debido a las diferencias de humedad que ocurriría durante la aireación (Tesfaye *et al.*, 2006).

En un estudio donde se realizaron tres experimentos para evaluar la efectividad de la urea como recurso de amoníaco en el proceso de ensilaje para mejorar el valor nutritivo de la paja de arroz, se encontró que la digestibilidad *in vitro* incrementó significativamente con los incrementos de los niveles de urea pero ensilando más de 3 – 4 semanas no tuvo mayor efecto. El ensilaje tuvo un efecto significativo en la digestibilidad de la paja de arroz tratada con 4% de urea, pero al duplicar la cantidad de urea no tuvo efecto en la digestibilidad aunque la ingesta de MS se incrementó en un 25%. Además, se encontró un 25% de pérdida de urea como amoníaco al dejar la paja ensilada al medio ambiente durante 2 h (Jayasuriya *et al.*, 1982).

Al tratar la paja de trigo (89,97 de MS; 2,73% de PC; 76,88% de FDN; 49,11% de FDA; 34,93% de DIVMS) con 4 y 6,3% de urea para alimentar a ovinos, se reportaron contenidos de 86,93 y 67,57% de MS; 2,75 y 8,81% de PC; 77,20 y 74,46% de FDN; 48,94 y 50,60% de FDA; 36,42 y 49,85% de DIVMS respectivamente. Además, con el tratamiento con 4% de urea se reportaron consumos de 490 g MS/día y ganancia de peso de 52 g/día al comparada con la paja sin tratar (consumos de 402 g MS/día y 24 g/día de ganancia de peso). Estas evidencias demuestran el efecto positivo del tratamiento del forraje de baja calidad con urea sobre los animales que incluye forraje de mejor valor

nutricional, incremento de la digestibilidad y mayor consumo del forraje y una mayor producción de leche/ganancia de peso de los animales (Arelovich, 2007).

En un estudio donde se alimentó *ad libitum* (70% de sorgo Sudán y 30% de heno de alfalfa) ovejas para evaluar el valor nutricional de diferentes pajas (heno de pasto buffel, heno de pasto bermuda, panca y mazorca de maíz) tratadas con 0; 4,5 y 6,0 de urea (en base seca) a una humedad del 50% y almacenadas en bolsas de plástico durante 21 días. Se reportaron incrementos en el contenido de PC (7,40%; 12,30%; 15,6% para la panca de maíz) al elevar el nivel de urea mientras que se produjo una reducción en el contenido de FDN (75,40; 66,00 y 69,30%) (Ramirez *et al.*, 2007).

#### **2.5.4. Amonificación versus Suplementación**

Para asegurar un nivel de amoníaco suficiente en el rumen, se requiere una fuente de nitrógeno adecuado en cantidad suficiente y rápidamente degradable (Barrantes, 2008). Al respecto, la urea asegura un nivel de amoníaco ruminal adecuado, generalmente superior a 150 mg/litro de líquido ruminal (Álvarez *et al.*, 1983), mostrando una liberación sincronizada con la degradación rápida de los carbohidratos solubles. Sin embargo debe haber una fuente de nitrógeno de degradación lenta que sincronice con la degradación lenta de la fibra (Barrantes, 2008). Por otro lado, el papel del nitrógeno como regulador del consumo voluntario también se presenta cuando los animales son alimentados con forrajes de baja calidad, aquellos que poseen menos del 50% de digestibilidad (Strizler *et al.*, 1983).

La amonificación de la paja de trigo y la suplementación con urea mejoraron significativamente ( $P \leq 0,01$ ) el consumo medio diario en un 46,70 y 35,60% respectivamente. Además, el consumo voluntario de la paja amoniada mejoró en un 8,10% versus la paja no amoniada aunque esta mejora no fue significativa, existiendo una mejora significativa ( $P \leq 0,01$ ) de la DIVMS, de la digestibilidad orgánica de la materia seca (DOMS), de los constituyentes de la pared celular (CPC), del FDA y de la hemicelulosa en 17,50; 15,10; 24,10, 14,30 y 29,20% respectivamente. Además, se concluyó que la amonificación mejoró significativamente ( $P \leq 0,01$ ) los parámetros evaluados en 22,10% versus la suplementación, siendo el balance de nitrógeno marginalmente mayor el de la paja amoniada que el de la paja de trigo suplementada con urea, debido principalmente a

un nivel más alto de nitrógeno excretado, demostrándose que la técnica de la amonificación aumenta la DIVMO de la paja de trigo (Kritzinger y Franck, 1981).

## 2.6. FACTORES QUE AFECTAN LA AMONIFICACIÓN

### 2.6.1. Calidad Inicial de la Paja

El valor nutritivo inicial de la panca de maíz determina el efecto del tratamiento con urea, ya que la madurez fisiológica del cultivo tiene influencia sobre la DIVMS de la panca (Leask y Daynar, 1973), existiendo diferencias en la composición química y DIVMS entre los componentes de la planta como hojas, tallos, etc., y entre variedades (Andueza *et al.*, 1994), que al mismo tiempo se ven afectados por la madurez de la cosecha (Perry y Compton, 1977). Además, la mejora en la calidad nutritiva de los rastrojos es mayor cuando se tratan de materiales con bajo valor nutritivo comparados con materiales de mejor calidad debido a que el contenido de proteína cruda (PC) aumenta de 6 a 7 veces cuando los materiales sin tratar tienen contenidos de PC de 2 a 3 %, mientras que los que presentan contenido de 5 a 7% de PC muestran aumento de 2 a 3,5 veces, lo que indica que el tratamiento puede ser eficaz para una amplia variedad de materiales pudiéndose generalizar que la respuesta es mayor para materiales con bajo contenido proteico (Cuesta y Conde, 2002).

En el Cuadro 3 se puede observar que la paja de trigo incrementa en mayor porcentaje su contenido de proteína total inicial de 4,20 a 14,70% en comparación de la paja de arroz que incrementó de 6,80 a 13,50% su nivel de proteína al recibir tratamiento con amonio.

**Cuadro 3: Efecto del tipo de residuo sobre la el contenido de proteína total (30% de humedad)**

Material	% de Proteína total		
	Testigo	Urea (5%)	Amonio (20,3)ml/100g
Paja de trigo	4,20	13,90	14,70
Panca de maíz	3,10	18,30	18,20
Cascarilla de arroz	7,60	16,10	17,80
Cascarilla de arroz	2,70	19,60	17,70
Paja de arroz	6,80	14,40	13,50

Fuente: Cuesta y Laredo (1989) citados por Cuesta y Conde (2002)

## 2.6.2. Dosis de Urea Usada

La dosis del álcali a ser aplicada es uno de los factores más importantes para determinar la eficacia del tratamiento, y está relacionado con el contenido de humedad, temperatura y tiempo de reacción (Cloete y Kritzinger, 1984; Williams *et al.*, 1984a; Muñoz *et al.*, 1991; Joy *et al.*, 1994; citados por Muñoz *et al.*, 1998). Por ello, es importante que al escoger el producto químico para el tratamiento de residuos de cosecha tenga el nivel de nitrógeno recomendado por la literatura (Cuesta y Conde, 2002).

En términos generales, una dosis de 3 a 4% de urea puede considerarse suficiente cuando el tratamiento se lleva a cabo con un contenido de humedad de 30% (Joy *et al.*, 1992) ya que el aumento de la dosis de urea no produce un aumento lineal de la digestibilidad *in vitro*, ya que tiene un efecto máximo cuando la dosis de urea aplicada es de aproximadamente 6% en paja de cereales (Chermiti *et al.*, 1989).

Para los pequeños productores es más conveniente generar amoníaco a partir de la urea, fertilizante conocido por casi todos los agricultores y fácilmente disponible por medio del proceso de ensilaje húmedo, debido a que esta se agrega a la paja a razón de 5 % (en base seca) y la cantidad de agua puede variar entre 0,3-1,0 litros/kg de paja secada al aire, con el valor mínimo aplicado en las áreas de escasez de agua, pero si la paja estuviera húmeda por la lluvia o por estar recién cosechada, con mucho material verde, la urea puede ser aplicada sin ser disuelta (FAO, 1993).

En el Cuadro 4 se puede apreciar la concentración de nitrógeno y la relación existente con diferentes fuentes de amonio.

**Cuadro 4: Concentración de nitrógeno y su relación con diferentes fuentes**

<b>Nivel de Nitrógeno</b>	<b>Amonio Gaseoso (82,40 % N)</b>	<b>Amonio Líquido (24,7 % N)</b>	<b>Urea (46% N)</b>	<b>Sulfato de Amonio (21,2% N)</b>
0,46 g	0,56 g	4,06 ml	1 g	2,17 g
1,38 g	1,68 g	12,18 ml	3 g	6,51 g
2,30 g	2,80 g	20,30 ml	5 g	10,85 g
3,22 g	3,92 g	28,42 ml	7 g	15,19 g
4,60 g	5,59 g	40,60 ml	10 g	21,70 g

Fuente: Cuesta y Conde (2002)

### **2.6.3. Cantidad de Agua Usada como Vehículo (humedad)**

La humedad es un factor importante porque la urea tiene que sufrir una reacción ureólisis para ser transformada en iones de amoníaco, que actúa como álcali, demostrándose que el aumento de contenido de humedad mejora la tasa de ureólisis (Dias-Da-Silva *et al.*, 1988 y Muñoz *et al.*, 1991; citados por Muñoz *et al.*, 1998); hallándose que un contenido de 30% de humedad resulta óptimo en todos los materiales, mostrando incrementos muy marcados en la calidad nutritiva de los residuos tratados. Esto significa que si los residuos agrícolas inmediatamente después de la cosecha presentan este contenido de humedad, el tratamiento con amonio o urea debería hacerse como un proceso continuo a la cosecha, y de no ser factible hay que incrementar el contenido de agua hasta garantizar el 30 % de humedad mencionado.

En los casos en que se usa urea o sulfato de amonio, la humedad sobrante sirve para diluir la fuente de amonio y facilitar su aplicación. Además, antes de amonificar se debe analizar una muestra representativa de la fibra para conocer su contenido de humedad ya que los forrajes amonificados con amoniaco deben contener un mínimo de 10% de humedad, con 15 a 18% de humedad óptimo, mientras niveles tan alto como 25 a 30% han sido tratados con éxito (Cuesta y Conde, 2002) aunque se conoce que el efecto del aumento del contenido de humedad no es lineal (Ibrahim *et al.*, 1986; Muñoz *et al.*, 1991; Joy *et al.*, 1992).

En forrajes amonificados con urea, cuando el contenido de humedad aumenta más de un 30% el efecto de tratamiento con urea se mejora principalmente debido al aumento de la tasa de ureólisis y por lo tanto hay una mayor cantidad de iones de amoníaco (Besle *et al.*, 1990), aunque un aumento de la humedad en más del 40% no muestran ningún efecto (Muñoz *et al.*, 1991), pero si se requiere un mínimo de 25% de humedad (Andueza *et al.*, 1994) porque si el contenido de humedad es inferior al 25% la tasa de ureólisis puede ser severamente reducida y por lo tanto no se registra ninguna mejora en el valor nutritivo del forraje de maíz (Muñoz *et al.*, 1991; Joy *et al.*, 1992).

#### **2.6.4. Efecto de la Duración del Tratamiento y Temperatura**

Es uno de los factores más importantes que influyen en el efecto de la amonificación de los forrajes de mala calidad. Aunque el amoniaco o la urea son productos químicos de lenta reacción, éstas se aceleran aumentando la temperatura, observándose que la temperatura ejerce un efecto positivo hasta 45° C para tratamientos de tiempos cortos de 3 a 7 días. A temperaturas bajas (alrededor de cero) la reacción del amoniaco es muy lenta, lo que hace que el tiempo del tratamiento se prolongue, observándose una importante interacción entre la temperatura y la duración del tratamiento, lo que significa que pueden compensarse en gran medida las temperaturas bajas aumentando la duración del tratamiento (Cuesta y Conde, 2002).

Se recomienda para lugares con temperaturas entre 15 a 30°C un tratamiento de 1 a 4 semanas (Sundstol *et al.*, 1978).

Al evaluar el efecto de la temperatura, nivel de humedad y tiempo de tratamiento en la amonificación de la paja de trigo con 75g de urea/kg de paja, utilizando temperaturas de 4, 14, 24 y 35°C con niveles de humedad de 250g y 375 g/kg de paja y con periodos de tratamiento de 1, 2, 4, 6 y 8 semanas, se encontró que el nivel de humedad y el tiempo de tratamiento afectaron significativamente la liberación de amonio de la urea. Se observó una lenta liberación de amonio a 4°C (a ambos niveles de humedad) y a 14°C (al más bajo nivel de humedad) resultando en una menor digestibilidad de la materia orgánica en un periodo de tratamiento de 8 semanas. La amonificación fue acelerada al nivel más alto de temperatura y particularmente con el nivel más alto de humedad. Además, valores comparables fueron observados a 35°C con una o dos semanas de tratamiento, indicando que la lenta reacción a bajas temperaturas puede ser compensada por un tiempo de tratamiento más largo (Cloete y Kritzinger, 1984).

Al tratar el rastrojo de maíz con 3% de urea a 5, 15 y 25°C (Muñoz *et al.*, 1991) durante 2 meses se encontró que el aumento de la temperatura no era decisivo para determinar la tasa de ureólisis aunque se observó una gran retención de nitrógeno en el rastrojo de maíz. Mientras que tratamientos de pajas con amoníaco a 70°C durante 24 h se reduce el contenido de hemicelulosa así como el contenido de lignina aparente y aumenta la DIVMS

(Innocenti *et al.*, 1989). A su vez, tratamientos con más de una semana no se han observado mejoras en la digestibilidad y para ello, es recomendable una humedad del 50%.

Al someter a la paja de avena a la aplicación de amoníaco (gas) en una relación de 3% (en base seca) y cubierta por un periodo de tres semanas tuvo efectos positivos de reacción hasta los 45°C y con valores entre 3 a 4% se lograron aumentos en la DIVMS debido a que el amoníaco por ser de lenta reacción, esta se incrementó al aumentar la temperatura (Cuesta y Conde, 2002).

En un estudio donde se evaluaron el efecto de incrementar el nivel de urea y el tiempo de tratamiento, se encontraron que el tiempo de tratamiento tiene poca influencia en el contenido de nitrógeno y en la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de la paja, mientras que ambos parámetros se incrementan cuando los niveles de urea variaron de 0 a 10% en base seca de este material (Jayasuriya y Perera, 1982).

En el Cuadro 5 se puede observar que la digestibilidad de la paja de avena se incrementa de la semana 6 a la semana 8 cuando la temperatura está sobre los 4° C.

**Cuadro 5: Efecto de la duración del tratamiento en relación a la temperatura**

Paja de avena	% Digestibilidad	
	6 semanas	8 semanas
v - 20 °C	53,50	55,50
v+ 4 °C	56,00	59,50
v+ 17 °C	61,50	61,00
v+ 25 °C	63,80	63,80

Fuente: Cuesta y Conde (2002)

En el Cuadro 6 se aprecia el efecto de la temperatura sobre la digestibilidad de la paja de avena al tratarla con 3,5% de amoníaco (Cuesta y Conde, 2002).



**Cuadro 6: Efecto de la temperatura y duración del tratamiento sobre la digestibilidad de la paja de avena (3,5% NH<sub>3</sub> y 25% Humedad)**

<b>Temperatura ambiente</b>	<b>Tiempo de reacción</b>
< 5 °C	> 8 semanas
5 - 15 °C	4 - 8 semanas
15 - 30 °C	1 - 4 semanas
> 30 °C	< de 1 semana

Fuente: Cuesta y Conde (2002)

**2.6.5. Efectos de la Amonificación en Pozos Abiertos o Cerrados**

Utilizando pozos cerrados, el contenido de nitrógeno es mayor comparado con aquellos tratamientos realizados en pozos abiertos, existiendo un mayor grado de compresión de aire, lo cual quiere decir que el tratamiento alcanzado es más efectivo (Ibrahim *et al.*, 1984 y Kumarasuntharam *et al.*, 1984).

**2.6.6. Efecto de la Acción Enzimática**

La enzima ureasa necesaria de la hidrólisis de la urea proviene o bien del propio forraje o de cualquier otra fuente externa añadido al forraje como la planta de soya, que es la fuente utilizada externa más extendida debido a su buena actividad ureásica, cuya ventaja de añadirla para el tratamiento de amonificación depende principalmente de la cantidad y la actividad de la ureasa del forraje.

La adición de ureasa es interesante para la amonificación cuando se busca una manera de reducir el contenido de humedad del tratamiento, lo que hace más fácil la aplicación de la urea. Además, la aplicación de harina de soya como fuente de ureasa tiene un efecto positivo sobre la digestibilidad y el consumo voluntario como consecuencia del aumento de la tasa de ureólisis cuando se aplica urea (Joy *et al.*, 1992). Este resultado está relacionado con la pequeña cantidad de la enzima ureasa secretada por las bacterias ureolíticas cuando el contenido de humedad es baja (Williams *et al.*, 1984a,b; Dias-Da-Silva *et al.*, 1988 y Yameogo-Bougouma *et al.*, 1993).

El tratamiento de la paja de arroz con 4% de urea (en base seca), almacenada por 3, 9 y 27 días en pozos cerrados en apilamientos abiertos recibiendo 8,50% de frijol de soya (como

fuentes de ureasa) fueron comparadas con pajas no tratadas, concluyéndose que los terneros alimentados con paja tratada por 3 días en pozos cerrados con una fuente de frijol de soya mostraron la mayor ganancia de peso ( $P < 0,05$ ) en comparación con los otros tratamientos en comparación de los terneros con paja no tratada quienes mostraron la más baja ganancia de peso. Por lo tanto, una fuente de ureasa adicionada durante el tratamiento puede reducir el tiempo de almacenamiento para un tratamiento más efectivo de la paja (Kumarasuntharam *et al.*, 1984).

Al tratar 1,50 kg de la MS de panca de maíz con urea comercial (46 % de N) a 5, 15 y 25°C a humedades del 10, 20%, 30 y 40 % con la adición o no de una fuente de ureasa (Muñoz *et al.*, 1991) se encontró que la aplicación de ureasa externa no provocó respuesta significativa ( $P > 0,05$ ) en ninguno de los parámetros estudiados (tasa de ureólisis ni DIVMS).

En otro estudio se ha encontrado que el tratamiento de la paja de trigo (con 33% de humedad/MS) con urea no necesita un suministro exógeno de la ureasa (Yameogo-Bougouma *et al.*, 1993) debido a que las condiciones del entorno favorecen el crecimiento de microorganismos con actividad ureásica.

En un estudio se llegó a la conclusión de que la temperatura óptima para alcanzar la tasa completa de ureólisis estaba entre 30 a 60° C dependiendo de la enzima ureasa (Wanapat *et al.*, 1996). Además, parece que cuando la temperatura es baja (5° C) la tasa de ureólisis no es suficiente para afectar el valor nutritivo de los forrajes (Cloete y Kritzinger, 1984; Benahmed y Dulphy, 1985; Besle *et al.*, 1990; citados por Muñoz *et al.*, 1998).

En un estudio se determinó la mejor fuente de ureasa para completar la hidrólisis de urea y el valor nutritivo del bagazo de caña de azúcar tratado con 2,50% de urea, utilizando cuatro fuentes de ureasa: abono (5; 5,70 y 10%), gallinaza, harina de frijol (5%) y enzima ureasa (0,10 y 0,20%) y almacenadas a temperatura ambiente durante 3 a 6 semanas. Los resultados indicaron un decrecimiento significativo ( $P < 0,05$ ) en la FDN, hemicelulosa y celulosa para el bagazo de caña de azúcar que recibieron todas las fuentes de ureasa, siendo el contenido de PC del bagazo de caña tratado con una fuente de ureasa altamente significativa ( $P < 0,05$ ) que el bagazo tratado solamente con urea. Estos resultados sugieren

que una fuente adicional de ureasa es necesaria para la amonificación con urea cuando es usado para incrementar el valor nutritivo del bagazo de caña (Naseer *et al.*, 2006).

### 2.6.7. Tamaño de Partícula

Para el henilaje existe una gran variabilidad en el tamaño de partícula debido a su densidad y al tipo y uso de maquinaria (tipo “sward”), pero principalmente por la materia seca del cultivo cosechado, ya que entre el 10 a 20% del producto debiera quedar en la criba superior del separador de partícula. Además, los forrajes almacenados en silos verticales y sellados caerían en el rango inferior (10%). Mientras que los silos tipo bunker pueden manejar hasta un 20% de partículas en la criba superior, 45 a 75% en la criba media y entre 20 a 30% en la criba inferior, para el ensilaje de maíz no debería quedar más de un 5% de material en la última bandeja (Heinrichs y Kononoff, 2002).

Para alimentar a vacas lecheras de alta producción con raciones totalmente mezcladas (RTM) se recomienda de 2 a 8 % de partículas en la criba superior, 30 a 50 % en las cribas media e inferior, y no más de un 20 % en la última bandeja (Heinrichs y Kononoff, 2002).

Las recomendaciones para el tamaño de partícula de forraje y RTM basado en tres experimentos usando vacas al inicio de la lactancia y alimentadas con henilaje de alfalfa o ensilaje de maíz (con o sin cascarilla de algodón) se muestran en el Cuadro 7 (Heinrichs y Kononoff, 2002).

**Cuadro 7: Recomendaciones para el tamaño de partícula de forraje y RTM**

Filtro	Tamaño de poro (mm)	Tamaño de partícula (mm)	Ensilaje de maíz (%)	Henilaje (%)	RTM (%)
Criba superior	19	>19	3 a 8	10 a 20	2 a 8
Criba media	8	8 a 19	45 a 65	45 a 75	30 a 50
Criba inferior	1,18 a	1,67 a 8,0	30 a 40	20 a 30	30 a 50
Bandeja baja		< 1,67	< 5	< 5	≤ 20

a: Los poros son cuadrados, así que la abertura más grande es la diagonal (1,67 mm). Esta es la razón por la que las partículas más grandes que pueden pasar por la criba inferior son de 1,67 mm de largo.

Fuente: Heinrichs y Kononoff (2002)

## 2.7. RIESGOS DE LA TÉCNICA DE AMONIFICACIÓN

La toxicidad de la urea está caracterizada por síntomas neurológicos y en casos severos puede ser mortal. La urea misma no es tóxica, es el amonio producido por la hidrólisis de la misma en el rumen, el cual produce la toxicidad cuando las concentraciones fisiológicas son normalmente excedidas, lo cual es ocasionado usualmente por consumos de grandes cantidades de urea. Los síntomas aparecen cuando las concentraciones de nitrógeno, contenido en amoníaco en la sangre exceden a 10 mg/L; siendo la concentración letal cerca de 30 mg/L ya que tales concentraciones son generalmente asociadas con concentraciones de amonio ruminal de 800 mg/L (Hunter y Vercoe, 1984).

Una mala amonificación puede significar la presencia de alergia cutánea (20%) y la toxicidad producida por unos compuestos llamados imidazoles, que afectan el cerebro del animal, causando incoordinación motora e histeria en los rumiantes que consumen los suplementos amonificados (Preston y Leng, 1989). El efecto tóxico podría estar asociado a la proporción que representa el forraje amoniado de la dieta animal, presentándose histeria bovina se presenta cuando la paja tratada forma el 70 a 80% en la dieta ofrecida a vacunos (Perdok y Leng, 1985). A su vez, la intoxicación se presenta a causa de la combinación de altas temperaturas (>70%) y la excesiva generación de calor dentro del silo precisamente por la reacción química producida por el exceso (>4%) de amonio (Cuesta y Conde, 2002).

Se han observado sialorrea, masticación de la boca, diarrea, fasciculaciones musculares, temblores, hiperexcitabilidad, convulsiones, coma y la muerte de los terneros después de 3 y 8 3/4 horas de haber recibido dosis de 400 y 200 mg de 4-MI (Metil -Imidazol)/kg respectivamente, aunque algunos terneros mostraron signos leves al recibir dosis de 100 mg de 4-MI/kg /kg, no se observaron efectos dañinos para dosis de 25 o 50 mg de 4-MI/kg. Por ello, para minimizar el riesgo de toxicidad no se debe amonificar forrajes de alta o moderada calidad, ni aplicar más del 4% de amoníaco en base seca y finalmente no amonificar la fibra que tenga manchas de humedad producto de las lluvias, ya que el amoníaco se concentrará en estas manchas (Fairbrother *et al.*, 1987).

## 2.8. INGESTA POTENCIAL DE MATERIA SECA Y VALOR RELATIVO DEL FORRAJE (V.R.F)

El V.R.F mide la calidad alimenticia del alimento cosechado (como ensilaje o heno) y depende de la madurez de la planta, debido a que se incrementan los carbohidratos estructurales de la planta (FDA y FDN), las cuales representan la parte más indigestible de la misma (Jeranyama y García, 2004). Además, si se conoce el V.R.F se puede decidir si conservar o no el forraje. El valor relativo de los forrajes (V.R.F) se calcula como:

$$\text{V.R.F} = \frac{\% \text{DIVMS} \times \text{INGESTA (\%P.V en MS)}}{1,29}$$

Donde:

INGESTA (%P.V en MS)= 120

%FDN

P.V = Peso vivo

Fuente: Mahama (2012)

El V.R.F es un índice que supone una valoración objetiva de la calidad del forraje que refleja el potencial de ingestión de materia seca y su digestibilidad, permitiendo la clasificación en forrajes en calidades tal como se muestra en el Cuadro 8.

**Cuadro 8: Calidad del forraje según su valor relativo del forraje**

V.R.F	Calidad
>155	Excelente
125-155	Primera
103-124	Segunda
87-102	Tercera
75-86	Cuarta
<75	Quinta

Fuente: FEDNA (2014)

El uso del forraje según calidad (Solano, 2009) se detalla a continuación:

- Forraje de primera calidad: Se puede usar como ensilaje o henificado para vacas recién paridas como vacas en alta producción.
- Forraje de segunda calidad: Se puede usar conservado para alimentar a vaquillas jóvenes.
- Forraje de tercera calidad: Se puede alimentar a vaquillas preñadas, vacas en seca, ganado de carne, y marginalmente en vaca de producción.
- Forraje de cuarta calidad: Se puede alimentar exclusivamente a vacas en seca y mantenimiento de ganado de engorde.
- Forraje de quinta calidad: Requiere suplementación con fuentes energéticas, proteicas y de otros nutrientes de muy alta calidad. Muy apto solo para vacas de cría, ganado de carne, y en vacas en seca sólo bajo ciertas circunstancias.

Las limitantes del método del V.R.F (Jeranyama y García, 2004) incluyen:

- La digestibilidad de la materia seca y la ingesta de materia seca son asumidos constantes para todos los forrajes.
- El FDA y el FDN son los únicos valores de laboratorio usados en el cálculo mientras que las concentraciones de proteína cruda del forraje no es usada.
- El V.R.F no es usada en la formulación de raciones.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente estudio se realizó en la Asociación de Ganaderos de la Irrigación San Felipe, situada en el departamento de Lima, provincia de Huaura, distrito La Vegueta, a una altitud de 30 msnm, donde registra una temperatura mínima de 16°C y una máxima de 19°C (Senamhi., 2012).

Los tratamientos con urea de las muestras de panca de maíz se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de La Molina, provincia de Lima, departamento de Lima.



**Figura 1: Mapa de la Provincia de Huaura**

## **3.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este estudio tuvo una duración de 5 meses aproximadamente, donde en la etapa inicial se realizaron encuestas a los ganaderos de la Asociación y se colectaron las muestras de panca de maíz para luego ser tratadas con urea y evaluar su contenido nutricional en el LENA.

## **3.3. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **3.3.1. Para la Recolección de las Muestras**

Se utilizaron costales grandes para la recolección de la panca de maíz y un molino de martillos para moler la panca entera que usan algunos ganaderos de la zona de Chilampa. Además, se utilizó el separador de partículas Penn State (Lammers, 1996) para medir el tamaño de partícula de las muestras de panca de maíz.

### **3.3.2. Para el Tratamiento de la Panca de Maíz**

Se utilizó una balanza electrónica para el pesaje de las muestras de panca de maíz, urea comercial (46% de N) diluida en agua y un aspersor para el tratamiento respectivo. Además, se utilizaron bolsas de plástico color negra para el tratamiento hermético.

### **3.3.3. Para el Secado y Molienda de las Muestras Tratadas**

Se utilizaron bolsas de papel para someter las muestras de panca amonificadas a estufa de aire circulante para su secado y hallar el porcentaje de humedad. Además, se utilizó cinta adhesiva para la identificación de las muestras y un molino Willey de tijeras (con malla de 1mm).



### **3.4. PROCEDIMIENTO**

#### **3.4.1. Realización de Encuesta**

El diseño experimental de este estudio llamado “Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays* L.) con tres niveles de urea para mejora su digestibilidad” tuvo como base los resultados de la encuesta realizada a una muestra representativa de 30 ganaderos de los 151 socios de la AGISF que constituye sus 4 zonas: Chilampa, La Villa, Miramar y La Querencia, para conocer sobre el uso o no de la panca de maíz, forma de uso (molida, picada, entera), racionamiento promedio para vacas, o recría, cantidades, calidades, proveedores, nivel de conocimiento que tiene el ganadero promedio respecto a alimentación de vacas lecheras y al tratamiento de forrajes, la plantilla se muestra en el Anexo 1.

#### **3.4.2. Recolección de Muestras de Panca de Maíz**

Se realizó la recolección de panca de maíz (molida y entera) de los ganaderos encuestados, y se realizó la molienda de un grupo de muestras de panca de maíz entera de la zona de Chilampa en la misma AGISF. Posteriormente, se agruparon las muestras de panca de maíz en 3 grupos, el grupo I estuvo conformado por las muestras de panca molida de la zona de Chilampa y de La Querencia, el grupo II (debido a su cercanía) estuvo conformado por las muestras de panca molida de la zona de La Villa y Miramar y el grupo III fue formado con la panca entera de la zona de Chilampa. De cada grupo se tomaron 9 muestras de 2 kg. para los tratamientos respectivos.

#### **3.4.3. Determinación del Tamaño de Partícula**

Se determinó el tamaño de partícula de la panca de maíz de las tres procedencias utilizando el separador de partícula Penn State (Lammers, 1996) (Figura2).



**Figura 2: Medición del tamaño de partícula (Lammers, 1996)**

### 3.4.4. Tratamientos Experimentales

Las 9 muestras de panca de maíz de cada procedencia o grupo se dividieron en 3 sub-grupos, recibiendo tratamientos con tres niveles de urea: 0, 3 y 6 % y 3 repeticiones cada uno tal como se indica en el Cuadro 9. Para el tratamiento con 3% se utilizó 60 g de urea para 2 kg de panca molida (tal como ofrecida) y para el tratamiento con 6% se utilizó 120 g de urea para 2 kg de panca molida (tal como ofrecida).

**Cuadro 9: Tratamientos experimentales**

Tratamiento (Nivel de Urea)	Procedencia (Grupo de muestreo)		
	I: Chilampa 1	II: Villa- Miramar	III: Chilampa 2*
0%	1	1	1
0%	2	2	2
0%	3	3	3
3%	4	4	4
3%	5	5	5
3%	6	6	6
6%	7	7	7
6%	8	8	8
6%	9	9	9

\*Chilampa 2: panca entera que por fines de realizar el presente estudio fueron molidas

Antes de realizar los tratamientos experimentales se determinó el nivel de humedad inicial de las muestras de panca de maíz en una estufa de aire circulante a 105° C por 8 horas (AOAC, 2005) para calcular la cantidad de agua necesaria en la dilución de la urea y poder alcanzar una humedad del 30% según recomendaciones de Días-Da-Silva *et al.*, (1988) y Muñoz *et al.*, (1991); citados por Muñoz *et al.*, (1998).

El cálculo del requerimiento de agua de las muestras de panca de maíz para un contenido de humedad inicial promedio de 14,80% se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de agua a agregar (L)} = \frac{(\text{Humedad final} - \text{Humedad inicial}) \times \text{cantidad de panca a tratar}}{(1 - \text{Humedad final})}$$

Donde: Humedad inicial= 14,80%; Humedad final= 30,00%; Cantidad de panca (por muestra) = 2 kg

$$\text{Cantidad de agua a agregar (L)} = \frac{(0,30-0,148) \times 2\text{kg}}{(1-0,30)} = 0,434 \text{ L}$$

Por lo tanto, para 2 kg de panca con 14,80% de humedad inicial fue necesario añadir 434 ml de agua para diluir la urea y llegar a obtener una humedad teórica de 30%. Posteriormente, las muestras de panca de maíz recibieron sus respectivos tratamientos con urea con ayuda de un aspersor y fueron almacenadas herméticamente con bolsas de plástico color negro durante 14 días para el proceso de amonificación de la fibra. La duración del tratamiento se basó de acuerdo a la temperatura ambiental de 22,5°C en promedio, siguiendo las recomendaciones de Sundstol *et al.*, (1978).

Luego del tratamiento de la pana de maíz, se abrieron cada una de las bolsas de plástico, cuyo contenido se introdujeron en bolsas de papel para ser secadas en una estufa de aire circulante a 60°C durante 4 días determinándose el porcentaje de materia seca y se realizó la molienda de las muestras de panca de maíz en un molino Willey de tijeras con una malla de 1 mm. Finalmente, las muestras molidas se colectaron en recipientes de plástico previamente identificadas para llevarlas al LENA y realizar los respectivos análisis químicos.

### 3.5. PARÁMETROS EVALUADOS

El contenido de proteína cruda (PC) se evaluó por el método Semi-microKjeldahl (AOAC, 2005) y el contenido de fibra detergente neutro (FDN) se baso a lo estipulado por Van Soest (1965). A su vez, tanto la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) como la digestibilidad *in vitro* del FDN (DIVFDN) ese evaluó siguiendo el procedimiento de Tilley y Terry modificado por Van Soest (1970). Finalmente, la ingesta potencial de materia seca (%P.V en MS) y valor relativo del forraje (V.R.F) se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\text{V.R.F} = \frac{\% \text{DIVMS} \times \text{INGESTA (\%P.V en MS)}}{1,29}$$

Donde:  $INGESTA (\%P.V \text{ en } MS) = \frac{120}{\%FDN}$

P.V = Peso vivo

Fuente: Mahama (2012)

### 3.6. DISEÑO ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño de bloques completamente al azar con error de muestreo, teniendo 3 niveles de urea como tratamiento y 3 procedencias de panca de maíz como bloques con 3 repeticiones por tratamiento (Cuadro 9). Posteriormente se usó la prueba de Duncan con un nivel de significancia de 0.05 para la comparación entre los promedios de los tratamientos de 0, 3 y 6% de urea.

El diseño estadístico presenta el siguiente modelo aditivo lineal (Calzada, 1982):

$$Y_{ijk} = \mu + U_i + P_j + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es la observación del i-ésimo nivel de urea en el j-ésima procedencia de panca de maíz de la k-ésima repetición de las variable respuesta: PC (°), FDN (°), DIVMS (°), DIVFDN (°), ingesta de materia seca (%P.V en MS) y V.R.F.

$\mu$  = Promedio general.

$U_i$  = Efecto del i-ésimo nivel de urea.

$P_j$  = Efecto del j-ésima procedencia de la panca de maíz.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

$\delta_{ijk}$  = Error de submuestreo.

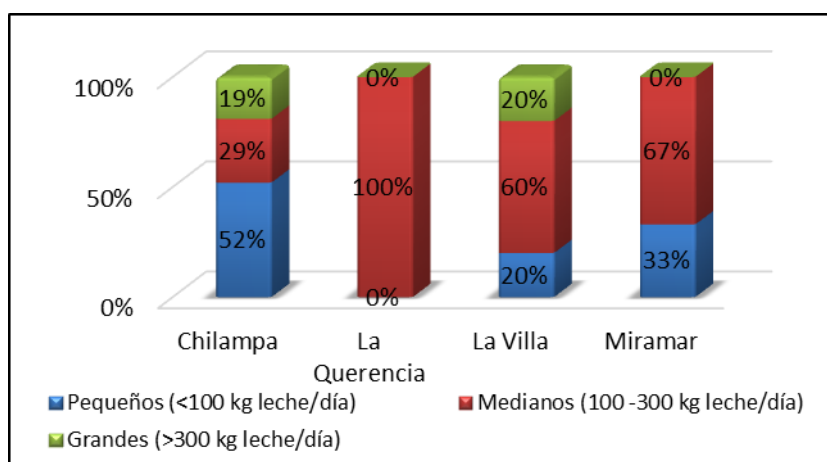
Para el análisis de varianza se utilizó el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA A LOS GANADEROS DE LA AGISF

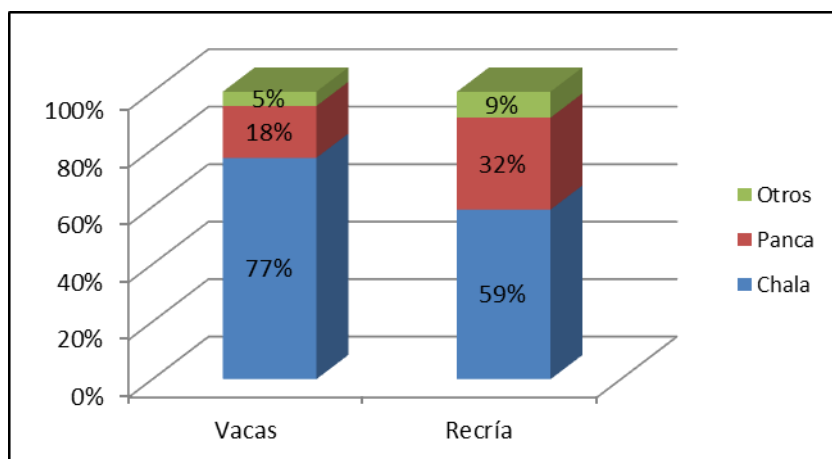
La AGISF cuenta con 151 socios ganaderos, los cuales se encuentran distribuidos en cuatro sectores: Chilampa, La Villa, Miramar y La Querencia; donde el mayor porcentaje de socios procede de Chilampa con 70%, seguido de La Villa con 17%, Miramar con 10% y La Querencia sólo con 3% (Anexo 2).

De acuerdo a la producción de leche se ha podido identificar tres grupos de ganaderos, los pequeños con menos de 100 kg de leche /día, los medianos entre 100 a 300 kg de leche/día y los grandes con más de 300 kg de leche/día. La distribución porcentual según procedencia se muestra en la Figura 3, observándose que en Chilampa el mayor porcentaje (52%) son pequeños productores, en La Querencia el 100% son medianos productores, como también en La Villa y Miramar el mayor porcentaje son medianos productores, 60% y 67% respectivamente.



**Figura 3: Distribución de los ganaderos de la AGISF**

Respecto a la alimentación de vacas y recria, el uso actual del forraje está compuesto principalmente por maíz chala y panca, donde las vacas reciben en promedio un 77% de chala y un 18% de panca, mientras que en la recria las proporciones de chala disminuyeron a 59% y la de panca se incrementó en un 32%. Estas diferencias se deben a que la producción de leche se ve afectada al incrementar la proporción de panca por su menor calidad respecto a la chala (Figura 4).



**Figura 4: Uso actual del forraje**

En la AGISF el 90% de los ganaderos usan la panca como un componente de la dieta forrajera para las vacas y recria adquiriéndolo de diferentes proveedores de la zona. Esta adquisición puede ser como panca entera en un 47% y como panca molida el 43% restante, la razón de estas diferencias podría deberse al menor costo de la panca entera (S/. 97/Tm) respecto a la molida (S/. 256/Tm) y sólo un 17% de los ganaderos que compran panca entera logran procesarla: moliéndola (7%) o picándola (10%).

La limitación de uso de la panca de maíz se debe a la baja disponibilidad de equipos de molienda o los altos costos de los servicios de la molienda; en este sentido a nivel de la AGISF se está gestionando brindar los servicios de molienda a los socios a menor costo.

Por otro lado, los ganaderos no usan técnicas convencionales para conservar los forrajes ni tratamientos de residuos fibrosos para mejorar su calidad.

## **4.2. EFECTOS DEL TRATAMIENTO CON TRES NIVELES DE UREA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PANCA DE MAÍZ**

### **4.2.1. Contenido de proteína cruda (PC)**

Los valores promedios del contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) en base seca para la panca de maíz de las tres procedencias y que recibieron tratamientos con tres niveles de urea (0, 3 y 6%) se muestran en el Cuadro 10, donde se puede observar valores promedios de PC de 5,08; 8,02 y 12,92% respectivamente.

En este estudio hubo diferencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre los niveles de urea aplicado a la panca de maíz; es decir, al menos el promedio de PC de uno de los niveles de urea es diferente a los demás. En cambio entre las procedencias no hubo diferencia significativa, lo que quiere decir que es indiferente usar panca de maíz de cualquier procedencia para mejorar su contenido de PC con la técnica de la amonificación con urea (Anexo 4).

La panca de maíz tratada con 6% de urea presentó mayor ( $P < 0,05$ ) contenido de PC (12,92%) que los demás tratamientos y a la vez el tratamiento con 3% de urea (8,02%) fue superior ( $P < 0,05$ ) al tratamiento con 0% de urea (5,08%) (Anexo 8).

Los valores de PC reportados en este estudio fueron similares a los valores obtenidos por Arriarán (1989) quien reportó contenidos de PC de 9,81 y 12,30% al tratar la panca de maíz con 3 y 5% de urea respectivamente en comparación a la panca sin tratar (4,47% de PC).

Por otro lado, Ramírez *et al.*, (2007) reportaron mayores valores de PC (12,30 y 15,60%) al tratar la panca de maíz con 4,5 y 6,0% de urea (en base seca) comparada con la panca sin tratar (7,04% PC) a una humedad del 50% y almacenadas en bolsas de plástico durante 21 días. A su vez, Tesfaye *et al.*, (2006) también reportaron mayores valores de PC (14,90; 15,92 y 16,87%) al someter la panca de maíz a 4, 5 y 6% de urea durante 1, 2 y 3 semanas a 25°C comparada con la panca sin tratar (4,02% de PC). Estos mayores valores de PC pueden ser debido al mayor tiempo de amonificación al cual fueron sometidos los tratamientos y a las diferencias en la calidad inicial de la panca de maíz.

**Cuadro 10: Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre el contenido de proteína cruda (%) en base seca**

Procedencia	Niveles de urea					
	0%		3%		6%	
	MS (%)	PC (%)	MS (%)	PC (%)	MS (%)	PC (%)
Chilampa 1	85,8	5,07	69,19	7,87	67,82	12,63
Villa-Miramar	85,18	5,03	71,57	7,97	67,55	12,97
Chilampa 2	82,99	5,13	69,26	8,23	67,97	13,17
<b>Promedio</b>	<b>84,66</b>	<b>5,08 c</b>	<b>70,01</b>	<b>8,02 b</b>	<b>67,78</b>	<b>12,92 a</b>

a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos (P <0,05)



Con respecto al contenido de materia seca se encontraron valores promedios de 84,66; 70,01 y 67,78% (Cuadro 10), resultando el contenido de MS con el tratamiento al 0% de urea menor a lo encontrado por Arriarán, (1989) quien reportó un valor de 92,44% de MS.

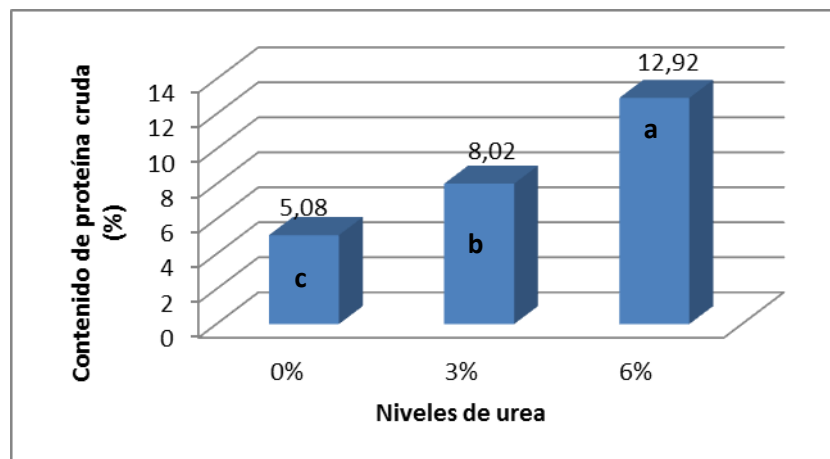
Esto se debió a la influencia de muchos factores tales como la calidad inicial de la panca, variedad del forraje, época de cosecha, etc. Además, al tratar la panca de maíz con 3 y 5% de urea obtuvo valores de 49 y 47,18% de MS respectivamente, debido a que utilizó 3 Kg y 5 Kg de urea grado fertilizante (46% N) diluida en 100 L de agua por cada 100 kg de panca de maíz, es decir, utilizó igual cantidad de agua y panca.

En contraste a este estudio, Elizondo (1998) encontró que el nivel de humedad tuvo poco efecto ( $P>0,05$ ) sobre la MS, PC FDN, FDA, y nitrógeno no proteico (NNP) al tratar la panca de maíz molida (25 mm) con 5% de urea a diferentes niveles de humedad (20, 25, 30 y 35%) y tiempos de tratamiento (8, 15, 22 y 29 días).

Respecto a la variación del contenido de PC de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea, se puede observar que conforme se incrementa los niveles de urea se eleva el contenido de PC de la panca de maíz (Figura 5) tal es así que para el tratamiento del 3% de urea el incremento en la PC (8,02%) fue de 57,87% respecto al tratamiento con 0% de urea (5,08%), y de 154,33% cuando la panca de maíz fue tratada con 6% de urea (12,92%).

En relación a este estudio, Arriarán (1989) encontró mayores incrementos (119 y 175%) en el contenido de PC al tratar la panca de maíz con 3 y 5% de urea respectivamente, debido a que en el estudio en mención hubo una retención de nitrógeno de 74,98 y 75,24% como consecuencias de las condiciones ambientales las cuales no permitían un buen secado del material tratado mientras se oreaba, consiguiendo menor volatilización del amoníaco.

Por otro lado, los incrementos en los valores de PC (110, 116 y 91%) reportados por Fuentes *et al.*, (2001) se debió al mayor tiempo de tratamiento de la panca con  $\text{NH}_3$ , mientras que los incrementos en los valores de PC (270,65; 296,02 y 319,65%) reportados por Tesfaye *et al.*, (2006) se debió al mayor tiempo de tratamiento y temperatura ambiental respecto a este estudio.



a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos ( $P < 0,05$ )

**Figura 5: Variación en el contenido de PC (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea**

En este estudio, los incrementos en el contenido de PC bajo estas condiciones de humedad y materia seca se demuestra lo afirmado por Días-Da-Silva *et al.*, (1988) y Muñoz *et al.*, (1991); citados por Muñoz *et al.*, (1998) quienes indican que con un contenido de 30% de humedad resulta óptimo para tratar la panca de maíz, ya que no sólo se incrementa el contenido de PC sino que se incrementa la DIVMS y DIVFDN y se disminuye el contenido de FDN. Además, se comprobó lo mencionado por Arriarán (1989) y Ben Salem *et al.*, (1994) quienes afirmaron que el contenido de PC se debió a la incorporación de nitrógeno no proteico (NNP) de la urea y retención de nitrógeno en el material fibroso.

#### 4.2.2. Contenido de fibra detergente neutro (FDN)

Los valores promedios del contenido de fibra detergente neutro (FDN) para la panca de maíz de las tres procedencias y tratadas con tres niveles de urea se muestran en el Cuadro 11, donde se puede observar valores promedios de 77,71; 76,90 y 74,80%.

En este estudio, hubo diferencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre los niveles de urea aplicado a la panca de maíz; es decir, al menos el promedio de FDN de uno de los niveles de urea es diferente a los demás. En cambio, entre las procedencias no hubo diferencia significativa, lo que quiere decir que es indiferente usar panca de maíz de cualquier procedencia para reducir su contenido de FDN con la técnica de la amonificación con urea (Anexo 9).

**Cuadro 11: Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre el contenido de fibra detergente neutro (%) en base seca**

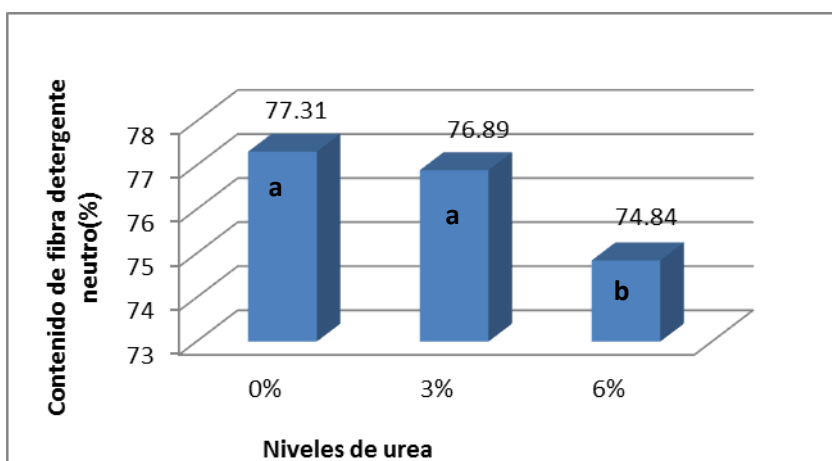
<b>Procedencia</b>	<b>Niveles de urea</b>		
	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
	<b>FDN (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDN (%)</b>
Chilampa 1	76,73	76,33	74,67
Villa-Miramar	77,73	76,83	74,87
Chilampa 2	77,47	77,50	75,00
<b>Promedio</b>	<b>77,31 a</b>	<b>76,89 a</b>	<b>74,84 b</b>

a,b: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos (P <0,05)

La panca de maíz tratada con 0% (77,31%) y 3% (76,89%) de urea presentaron un contenido de FDN similares y superiores ( $P < 0,05$ ) a la panca tratada con 6% de urea (74,84%).

En relación a este estudio, Ramírez *et al.*, (2007) reportaron menores valores de FDN (66,00; 69,30%) respecto a la panca sin tratar (75,40%). Estos valores podrían deberse al mayor tiempo de acción fermentativo del amoníaco sobre la pared celular.

La variación del contenido de FDN de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea se muestra en la Figura 6, donde se observa que conforme se incrementa los niveles de urea, los decrementos en el contenido de FDN son mayores; tal es así que para tratamientos de 3% de urea el decremento en el contenido de FDN (76,89%) fue del 1% respecto al tratamiento con 0% de urea (77,31%), pero el descenso fue mayor (3,19%) cuando la panca de maíz fue tratada con 6% de urea (74,84%).



a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos ( $P < 0,05$ )

**Figura 6: Variación en el contenido de FDN (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea**

La disminución en los valores de FDN (57,73; 67,77; 66; 85%) en un 20, 7,0 y 7,7% al tratar la panca de maíz de diferentes tamaños de partícula (molida, picada y entera) con 4% de amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) respecto a la panca sin tratar (72,45%) observados por Fuentes *et al.*, (2001), sugiere que la disminución de estos valores se debe a que el tratamiento con  $\text{NH}_3$  solubilizó parte de la hemicelulosa, haciendo más disponible el contenido celular. Por

lo tanto, esto favorecería un mayor acceso de los microorganismos del rumen a los polisacáridos de las paredes celulares lignificadas (Chenost y Dulphy, 1987).

### **4.3. DIGESTIBILIDAD DE LA PANCA DE MAÍZ TRATADA CON UREA**

#### **4.3.1. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)**

Los valores promedios de la DIVMS para la panca de maíz de las tres procedencias y que recibieron tratamientos con tres niveles de urea se muestran en el Cuadro 12, donde se puede observar valores de 59,90%, 61,17% y 66,59% respectivamente.

En este estudio hubo diferencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre los niveles de urea aplicado a la panca de maíz; es decir, al menos el promedio de la DIVMS de uno de los niveles de urea es diferente a los demás. En cambio entre las procedencias no hubo diferencia significativa, lo que quiere decir que es indiferente usar panca de maíz de cualquier procedencia para mejorar la DIVMS con la técnica de la amonificación con urea (Anexo 10).

La panca de maíz tratada con 6% (66,59%) presentó mayor ( $P < 0,05$ ) contenido de PC que la panca tratada con 0% (59,90%) y 3% (61,17%) de urea, las cuales mostraron valores similares (Anexo 10).

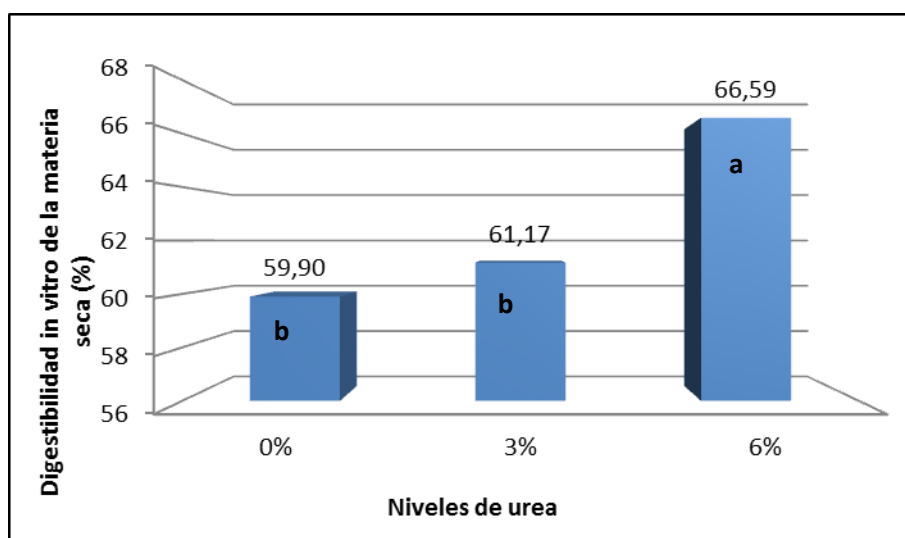
Resultados similares a este estudio fueron obtenidos por Fuentes *et al.*, (2001) quienes reportaron valores de 66,05; 71,50 y 71,94% de DIVMS al tratar la panca de maíz de diferentes tamaños de partícula (molida, picada y entera) con 4% de amoniacó ( $\text{NH}_3$ ) durante 4 semanas respecto a la panca sin tratar (64,67% de DIVMS).

**Cuadro 12: Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la DIVMS en base seca**

Procedencia	Niveles de urea		
	0%	3%	6%
	DIVMS (%)	DIVMS (%)	DIVMS (%)
Chilampa 1	59,87	62,8	66,37
Villa-Miramar	61,43	61,63	67,43
Chilampa 2	58,4	59,07	65,97
<b>Promedio</b>	<b>59,90 b</b>	<b>61,17 b</b>	<b>66,59 a</b>

a,b: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos (P <0,05)

La variación de la DIVMS de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea se muestra en la Figura 7, donde se puede observar que al incrementar los niveles de urea, la DIVMS es mayor; tal es así que para el tratamiento con 3% de urea el incremento en la DIVMS (61,17%) fue ligera (2,12%) respecto al tratamiento con 0% de urea (59,90%), incrementándose este valor a un 11,17% cuando la panca de maíz fue tratada con 6% de urea (66,59%). Similarmente, Tesfaye *et al.*, (2006) observaron que tratamientos con 5% de urea incrementó la DIVMS (60,27%) en 7,7% respecto a la panca tratada con 0% de urea (55,94%) incrementándose a un 9,5% para tratamientos del 6% de urea (61,26%).



a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos ( $P < 0,05$ )

**Figura 7: Variación en la DIVMS (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea**

#### 4.3.2. Digestibilidad *in vitro* de la fibra detergente neutro (DIVFDN)

Los valores promedios de la DIVFDN para la panca de maíz de las tres procedencias y que recibieron tratamientos con tres niveles de urea se muestran en el Cuadro 13, donde se puede observar valores de 48,15; 50,97 y 55,41 % respectivamente.

En este estudio, no hubo diferencia significativa ( $P > 0,01$ ) entre los niveles de urea aplicado a la panca de maíz al igual que entre las procedencias de las mismas (Anexo 11).

**Cuadro 13: Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la DIVFDN (%) en base seca**

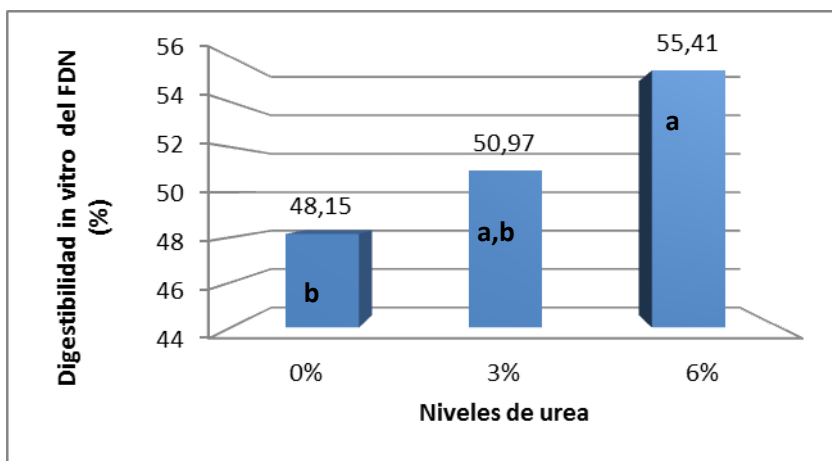
Procedencia	Niveles de urea		
	0%	3%	6%
	DIVFDN (%)	DIVFDN (%)	DIVFDN (%)
Chilampa 1	47,7	55,88	54,99
Villa-Miramar	50,39	50,03	56,58
Chilampa 2	46,36	47,00	54,68
<b>Promedio</b>	<b>48,15 b</b>	<b>50,97 a,b</b>	<b>55,41 a</b>

a,b: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos (P <0,05)



Si bien la panca de maíz tratada con 3% (50,97%) no mostró diferencia significativa ( $P>0,05$ ) con respecto a la panca de maíz tratada con 0% de urea (48,15%), el tratamiento con 6% de urea (55,41%) fue superior ( $P<0,05$ ) al tratamiento al tratamiento con 0% de urea.

La variación de la DIVFDN de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea se muestra en la Figura 8, donde se puede observar que conforme se incrementa los niveles de urea, la DIVFDN es mayor, tal es así que cuando se trató con 3% de urea, el incremento en la DIVFDN (50,97%) fue de 5,86,% respecto al control (48,15), este incremento se elevó a un 15,08% cuando la panca de maíz fue tratada con 6% de urea (55,41%).



a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos ( $P < 0,05$ )

**Figura 8: Variación en la DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con tres niveles de urea**

Por lo tanto, en este estudio se comprobó que el tratamiento de la amonificación con urea es un método que mejora el valor nutritivo de los forrajes de baja calidad por el efecto del ion amonio sobre los carbohidratos de la pared celular (Chesson *et al.*, 1983). El modo de acción del  $\text{NH}_3$  disminuye el poder ligante que existe entre la lignina, hemicelulosa y celulosa dado su efecto alcalino deslignificante (Klopfenstein, 1978) permitiendo de este

modo un incremento de la digestibilidad (Horton y Steacy, 1979), un incremento en la velocidad de pasaje ruminal lo que predispone a una mayor ingesta de alimento (Oji *et al.*, 1977; Losada *et al.*, 1979; Badurdeen *et al.*, 199). Además, se produce un incremento del contenido de nitrógeno (Oji *et al.*, 1977).

#### **4.4. INGESTA POTENCIAL DE MATERIA SECA Y VALOR RELATIVO DE FORRAJE DE LA PANCA DE MAÍZ TRATADA CON UREA**

Los valores promedios de la estimación de la ingesta de MS y del valor relativo del forraje (V.R.F) de la panca de maíz, de las tres procedencias y que recibieron tratamientos con tres niveles de urea se muestran en el Cuadro 14.

En este estudio hubo diferencia altamente significativa ( $P < 0,01$ ) para el nivel de ingesta potencial y el valor relativo del forraje entre los niveles de urea aplicado a la panca de maíz; en cambio, entre las procedencias no hubo diferencias significativas. Es decir, al menos el promedio de ingesta y V.R.F de uno de los niveles de urea es diferente a los demás.

La ingesta potencial de materia seca de la panca de maíz tratada con 6% de urea fue superior ( $P < 0,05$ ) a los demás adiciones de urea. Siendo similares los valores obtenidos al tratarla con 3 y 0% de urea. Por otro lado, el V.R.F de la panca de maíz tratada con 6% fue superior ( $P < 0,05$ ) los demás tratamientos, que a su vez son similares entre sí.

Por lo tanto, la acción solubilizante del ion amonio sobre los carbohidratos de la pared celular (Chesson *et al.*, 1983) en el proceso de amonificación, mejoró tanto la digestibilidad de la materia seca (Cuadro 12) como de la fibra detergente neutro (Cuadro 13) y por ende, el valor relativo del forraje de la panca de maíz en 71,97; 73,97 y 82,59% (Cuadro 14) después de recibir tratamientos con 0, 3 y 6% de urea respectivamente. Esto significa una mejora de su calidad forrajera del nivel más bajo (de quinta calidad) al nivel superior inmediato (de cuarta calidad) (FEDNA, 2014).

Finalmente, en este estudio se pudo comprobar lo citado por Losada *et al.*, (1979), quienes indicaron que la digestibilidad de la panca de maíz incrementa la velocidad de pasaje ruminal lo que predispone a una mayor ingesta de alimento. Esta última se va incrementando como efecto de la reducción de las concentraciones de FDN (Cuadro 11).

**Cuadro 14: Efecto del tratamiento con tres niveles de urea de la panca de maíz sobre la ingesta potencial de materia seca el valor relativo del forraje**

Procedencia	Niveles de Urea					
	0%		3%		6%	
	INGESTA (%P.V. en MS)	V.R.S	INGESTA (%P.V. en MS)	V.R.S	INGESTA (%P.V. en MS)	V.R.S
Chilampa 1	1,56	72,63	1,57	76,58	1,61	82,68
Villa - Miramar	1,54	73,51	1,56	74,62	1,60	83,89
Chilampa 2	1,55	70,13	1,55	70,88	1,60	81,85
<b>Promedio</b>	<b>1,55 b</b>	<b>72,09 b</b>	<b>1,56 b</b>	<b>74,03 b</b>	<b>1,60 a</b>	<b>82,81 a</b>
<b>Calidad forrajera</b>	<b>Quinta</b>		<b>Quinta</b>		<b>Cuarta</b>	

a,b: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativa entre ellos (P<0,05)

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente trabajo, se llega a las siguientes conclusiones:

1. El 90% de los ganaderos de la AGISF usan panca de maíz entera o molida como un componente de la dieta forrajera en vacas y recría, con limitaciones de disponibilidad de equipos de molienda y altos costos de este servicio. Además, no usan las técnicas convencionales para conservar los forrajes ni tratamientos de residuos fibrosos para mejorar su calidad nutricional.
2. La amonificación con 3 y 6% de urea de la panca de maíz incrementó significativamente el contenido de proteína cruda (PC) de 5,08 a 8,02 y 12,92% respectivamente; mientras que el efecto solubilizante del amonio ( $\text{NH}_3$ ) sobre la pared celular redujo significativamente el contenido de fibra detergente neutro (FDN) de la panca de maíz de 77,31 a 76,89 y 74,84% respectivamente.
3. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de la fibra detergente neutro (DIVFDN) se incrementaron significativamente por efecto de la amonificación cuando se aplicó 3 y 6% de urea respectivamente.
4. El tratamiento con 6% de urea mejoró la ingesta potencial de materia seca (%P.V en MS) de la panca de maíz debido a la mejora de la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) y de la fibra detergente neutro (DIVFDN), mejorado significativamente el valor relativo del forraje (V.R.F).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Amonificar la panca de maíz con 6% de urea para incrementar el contenido de proteína cruda (PC) y reducir el contenido de fibra detergente neutro (FDN).
2. Realizar el tratamiento de la panca de maíz con 6% de urea para incrementar la digestibilidad de la materia seca (DIVMS) y de la fibra detergente neutro (DIVFDN) de la panca de maíz.
3. Utilizar niveles del 6% de urea al tratar la panca de maíz para mejorar la ingesta de materia seca de este residuo de cosecha y así elevar su calidad forrajera.
4. Medir la temperatura durante el proceso de amonificación durante la primera y segunda semana de tratamiento considerando las fluctuaciones de temperatura medioambientales para regular el periodo de fermentación.
5. Evaluar el efecto del tiempo de uso de la panca amonificada sobre la retención de nitrógeno para establecer el tiempo de uso más recomendable.
6. Hacer el análisis económico en el proceso de transferencia de la tecnología de amonificación de la panca de maíz al productor ganadero.
7. Utilizar protección por parte del personal debido a que el amoniaco se volatiliza al contacto con el medio ambiente.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AI-RABBAT, M.F. and HEANEY, DP. 1978. The effects of anhydrous ammonia treatment of antimicrobial activity. I. Feeding value assessments using sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 58:443-451.

ALI, I., FONTENOTI, J. P. and ALLEN, V. G. 2009. Palatability and dry matter intake by sheep fed corn stover treated with different nitrogen sources. *Pakistan Vet. J.*, 29(4): 199-201.

ÁLVAREZ, F.J., DIXON, M.R. and PRESTON, F.R. 1983. Ammonia requirements for rumen fermentation. En: *Recent advances in animal nutrition in Australia* (Eds. D. J. Farrell y P. Vohra). University of New England. Armidale. Australia. 9A p.

ANDERSON, D.C. 1978. Use of cereal residues in beef cattle production systems. *J. Anim. Sci.* 46: 849 - 861.

ANDUEZA, J.D y MUÑOZ, F. 1994. Efecto del tratamiento con urea sobre las distintas fracciones morfológicas del cañote de maíz. In: *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. SEEP, Santander, pp. 343-347.

ÁNGELES, S. 2006. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. *FMVZ UNAM*.

ÁNGELES, C. S. C., CORONA, G. L., ESCAMILLA, G. J. I; MELGAREJO, V. L. G., SPROSS, S. A. K. 2002. Alimentación animal Forrajes y concentrados. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de México. (2a ed.). México, DF. P., 27 y 71-75.

AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC, Arlington, Washington D.C.

ARELOVICH, H. 2007. Potencial tecnológico disponible para mejorar la eficiencia en el manejo ganadero. Universidad Nacional del Sur- Argentina. pp: 40.

ÁRRIARAN, J C. 1989. Efecto de la panca de maíz (*Zea mays* L.) tratada con dos niveles de urea en la alimentación de vacas Holstein sobre la producción y tenor graso de la leche. Tesis UNALM. Lima-Perú. p: 11.32.

ASMUD, E y LARS, V.M.1983. Forrajes conservados como alimento para vacas lecheras. In: Broster, W., Henry, S. Eds. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México. pp: 258.

BADURDEEN, A.L., IBRAHIM, M.N.M., SCHIERE, J.B. 1994. Methods to improve utilization of rice straw. II. Effects of different levels of feeding on intake and digestibility of untreated and urea ammonia treated rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci (7): 165-169.

BARRANTES, R. 2008. Efecto de la Suplementación con melaza-urea-metionina sobre el desempeño productivo de novillas de reemplazo (*Bos taurus* x *Bos indicus*). Instituto Tecnológico de Costa Rica. pp: 5.

BECERRA, J., SANTANA, M., CUADRADO, H. y SÁNCHEZ, L. 2002. Manejo y Uso de Subproductos Agrícolas y Plantas Forrajeras para Alimentación de Bovinos. C.I. Turipaná.

BESLE, J.M., CHENOST, M., TISSERAND, J.L., LEMOINE, J.P., FAURIE, F. and GRENET, T. 1990. Ammoniation of straw by urea: Extent of ureolysis and improvement of nutritive value at low level off added water. *Reprod. Nutr. Dev.*, suppl. 2: 174s.

BUETTNER, M.R. 1978. Effect of ammoniation on the composition and digestion of forage fiber. Ph.D. Thesis. Purdue. Univ. West Lafayette, IN.

BURNS, D.S., OSHIMA, H., CONERSE, A.O. 1989. Surface area of pretreated lignocellulosics as a function of the extent of enzymatic hydrolysis. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 20–21, 79–94.

CALDERÓN, F., ROJAS, R., SHIMADA, A.S y PERAZA, C. 1975. Alimentación de becerros con rastrojo de maíz tratado con álcali. *Revista Veterinaria Mexicana*, 6: 92-95.

CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S.A. Lima-Perú.

CHANG, V.S y HOLTZAPPLE, MT. 2000. Fundamental factors affecting biomass enzymatic reactivity. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 84–86, 5–37.

CHENOST, M., y DULPHY, J.P. 1987. Amelioration de la valeur alimentaire (composition, digestibilité, ingestibilité) des mauvais foin et des pailles sur les différents types de traitement. In: *Les Fourrages secs: recolte, traitement, utilization* (Demarquilly C, ed) INRA, Paris, 199- 230.

CHERMITY, A., NEFIAUOUI, A. and CORDESSE, R. 1989. Paramètres d'uréolyse et digestibilité de la paille traitée à l'urée. *Ann. Zootech.*, 38: 63-72

CHESSON, A., GORDON, A. H. and LOMAX, J. A. 1983. Substituent groups linked by alkali-labile bonds to arabinose and xylose residues of legume, grass and cereal straw cell walls and their fate during digestion by rumen microorganisms. *J. Sci. Food Agric.* 34: 1330-1340.

CHESSON, A. and ORSKOV, E.R. 1984. Microbial degradation in the digestive tract. In: *Straw and other fibrous byproducts as feed*. F. Sundstol and E. Owen (eds.). Amsterdam, Elsevier Science.

CHURCH, D.C., POND, W.G. and POND, K.R. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de Animales. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México D.F. pp: 324 y 325.



CLOETE, S.W.P., DE VILLIERS, T.T. and KRTIZINGER, N.M. 1983. The effect of temperature on the ammoniation of wheat straw by urea. S. Ak. J. Anim. Sci.13 (3): 202-203.

CLOETE, S.W.P. and KRITZINGER, N.M. 1984. Urea ammoniation compared to urea supplementation as a method of improving the nutritive value of wheat Straw for sheep. S. Afr. J. Anim. Sci. 14 (2): 59-62.

CLOETE, S.W.P. and KRITZINGER, N.M. 1984. Alaboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. The effect of temperature, moisture level and treatment period. S. Afr. Sci. 14:55.

COLE, H.H. 1964. Producción animal. Traducción de” Introduction to livestock production” por Jaime Esaín Escobar- Zaragoza- Editorial ACRIBIA. 840 pgs.

COLENBRANDER, V.F., MULLER, L.D. and M.D.CUNNINGHAM. 1971. Effects of added urea and ammonium polyphosphate on fermentation of corn stover silages. J. Anim. Sci. 33:1097.

CONDE, M. 1988. Efecto del nivel de urea sobre la utilización de alimentos fibrosos y melaza por ovinos en estabulación. Lima- Perú.

CONVERSE, A.O 1993. Substrate factors limiting enzymatic hydrolysis. Biotechnology in Agriculture No 9. CABI, UK, pp. 93–106.

CUESTA, A. y CONDE, A. 2002. Potencial de subproductos agroindustriales y su mejoramiento a través de tratamientos químicos. Revista de Divulgación Técnica y Científica de Zoociencia Zootecnia Año 1. Volumen 1. 2002.

DE LEÓN, M., PEUSER, R., BULASCHEVICK, M., BOETTO, C. 2004. Suplementación de pasturas de baja calidad. Córdoba. Argentina. E.E.A Manfredi, Boletín Técnico Producción Animal 2(2).

DIAS-DA-SILVA, A.A., MASCARENHA-FERREIRA, A. and GUEDES, C.V.M. 1988. Effects of moisture level, treatment time and soya bean addition on the nutritive value of urea- treated maize stover. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 19: 67-77.

DIGGINS, R.V. y BUNDY, C. E. 1962. Producción de Carne Bovina. Traducción de la Segunda Edición Norteamericana por Ángel de la Fuente. México- C.A.C.S.A. 404 pgs.

DOLBERG, F., SAADULLAH, M., HAQUE, M. and AHMED, R. 1981. Storage of urea-treated straw using indigenous material. *World.Anim. Rev.* 38, 37.

EASTRIDGE, M. 2007. Feeding Corn Stover to ruminants. Department of Animal Sciences. First published OSU. Extension beef team newsletter, Issue #550.

ELIZONDO, I. 1998. Evaluación de tratamientos alcalinos sobre la calidad nutricional de subproductos lignocelulósicos. Colima- México.

ESCALONA, R., RAMIREZ, P., BARZAGA, G., De la Cruz, B., MAURENIS, C. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. Departamento de sanidad animal. Universidad de Granma. pp: 3.

ESCOBAR, A y PARRA, R. 1980. Procesamiento y tratamiento físico-químico de los residuos de cosecha con miras al mejoramiento de su valor nutritivo. En: Estrategias para el uso de residuos de cosecha en la alimentación animal. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp: 93-130.

FAIRBROTHER, TE., KERR, LA y ESSING, HW.1987. Effects of 4-methylimidazole in young calves. *VetHumToxicol.* Aug; 29 (4):312-5.

FAO, 1993. Residuos secos de los cultivos. Capítulo IX.

Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s0d.htm>

FAULKNER, D. B., WARD, J. K.; KLOPFENSTEIN, T. J and RUSH, I. G. 1980. NH<sub>3</sub>, NaOH, and liquid supplement treatment of wheat straw for beef cows. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl. 1):236.

FEDNA. 2014. Forrajes.

Disponible en: <http://fundacionfedna.org/forrajes>

FLORES, J. 1986. Manual de Alimentación Animal. Editorial Limusa. S.A.

FLORES, JA.1990. Bromatología animal. 3ª ed. México: Limusa. 930 p.

FUENTES, J., MAGAÑA, C., SUÁREZ, L., PENA, R., RODRÍGUEZ, S y ORTÍZ DE LA ROSA, B. 2001. Análisis químico y digestibilidad “in vitro” de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) Nota Técnica. pp: 190.

GONZÁLES, S. 2007. Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación del ganado. Secretaría de Agricultura, ganadería, y desarrollo rural. pp: 2.

HADJUPANAYIOTOU, M. 1982. The effect of ammoniation using urea on the intake and nutritive value of chopped barley straw. *Grass Forage Sci.* 37, 89.

HAMAD, M.R., SAFAA NADI ABED-Elazeem., Aiad A.M., Mohamed, S. A. and Soliman, N. A. M. 2010. Replacement value of urea treated corn with cobs for concentrate feed rations. *J. Anim. Sci.* 6: 166-178.

HAN, I.K. y GARRETT, W.N. 1986. Improving the dry matter digestibility and voluntary intake of low quality roughages by various treatments: a review. *Korean J. Anim. Sci.* 28: 199.

HEINRICH, J. y KONONOFF, P. 2002. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTM usando el nuevo separador de partículas de forraje de PennState. Cooperative Extensión.College of Agricultural Sciences.

HERNÁNDEZ, S. 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Morelia. México. pp: 6.

HORTON, G.M and STEACY, M. 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment of the intake and digestibility of cereal straw by steers. *J Anim. Sci.* 48: 1239-1249.

HUNTER, R.A y VERCOE, J.E. 1984. The role of urea in the nutrition of ruminant fed low quality roughage diets. Outlook on Agriculture. 13 (3): 154-159.

IBRAHIM, M.N.M., FERNANDO, D.N.S and FERNANDO, W.S.M.A. 1984a. Evaluation of different methods of urea-ammonia treatment for use at the village level. Fib. Agric. Res. Newsletter 4(1).

IBRAHIM, M.N.M., WIJERATNE, A.M.U. and COSTA, M.J.I. 1984b. Source of urease for use in reducing the store time required to treat straw with ammonium hydroxide release from urea. Fib. Agric. Res. Newsletter 4(1).

IBRAHIM, M.N.M., SCHIERE, J.B. and PERERA, H.G.D. 1986. Effect of method of urea solution application on the nutritive value of treated rice straw. Agricultural Wastes, 18: 225-232.

INNOCENTI, E., MOWAT, D.N, y MANDELL, B. 1989. Effect of sulphur dioxide and ammonia on chemical composition and *in vitro* digestibility of corn stover and barley straw. Can. J. Anim.Sci.69:963-972.

JACKSON, M.G. 1978. Treating straw for animal feeding. Anim. Prod. Health. Paper N° 10. Rome: FAO.

JAYASURIYA, M.C.N y PERERA, H.G.D. 1982. Urea-ammonia treatment of rice straw to improve its nutritive value for ruminants. pp: 144.

JERANYAMA, P y GARCÍA, A. 2004. Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ). College of Agriculture and Biological Sciences/ South Dakota State University/USDA.

JIMENÉZ, A., RODRÍGUEZ, F., PRECIADO, J.F y ZORILLA, J.M. 1986. Comportamiento de becerras cebú que consumieron paja de frijol tratado con amoniaco o con urea en condiciones de confinamiento. Técnica Pecuaria en México. 51: 128-131.

JIMÉNEZ, R., SAN MARTÍN, F y HUAMÁN, H. 2010. Efectos del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz en ovinos. Lima- Perú.

JOY, M., ALIBÉS, X. and MUÑOZ, F. 1992. Chemical treatment of ligno-cellulosic residues with urea. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 38: 319-333.

KLOPFENSTEIN, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46: 841-848. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. *Anim. Sci. Dept. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska, USA.* 81p.

KLOPFENSTEIN, T. 1980. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatment. *Anim. Sci. Dept. University.*

KLOPFENSTEIN, T., ROTH, T., FERNÁNDEZ, S. y LEWIS, M. 1987. Corn residues in beef production systems. *J. Anim. Sci.* 65: 1139-1148.

KRITZINGER, N.M. & FRANCK, R. F., 1981. Die effek van ureuminkuiling op die in vitro verteerbaarheid van koringstrooi. *Els. J.* 5, 15.

KUMARASUNTHARAM, V.R., M.C.N. JAYASURIYA., M. JOUBERT and PERDOK, H.B. 1984. The effect of method of urea ammonia, treatment on the subsequent utilization of rice straw by draught cattle. *Fib. Agri. Res. Newsletter* 4(1).

KUNKLE, W. E., LEFFEL, C. and ESCOBAR, E. N. 1980. Effect of method of harvest, anhydrous ammonia treatment and supplemental protein on the feeding value of corn residue. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl. 1):241.

LAMMERS, B. P., BUCKMASTER, D. R. and HEINRICHS, A.J. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 79:922–928.

LAWLOR, M.K. y J. O'SHEA. 1981. Efecto de la amonificación sobre el consumo y valor nutritivo de la paja. *Información Express. Pastos y Forrajes.* 5 (1):15.

LEASK, W.C. and DAYNAR, T.B.1973. Dry matter yield, in vitro digestibility, percent protein and moisture of corn stover following grain maturity. *Can. J. Plant Sci.*, 53: 515-522.

LENG, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutritional Research Reviews* 3: 227-303.

LLAMAS, G., CANEZ, H., GOMEZ, R., DIAZ, T. y ROMERO, H. 1985. Uso de paja de trigo tratada con amoníaco en la alimentación de novillos en crecimiento en corral de engorde. *Técnica Pecuaria en México* 48: 46-53.

LOSADA, H., ARANDA, E.; ALDERETE, R. y RUIZ, L. 1979. Producción Animal Tropical. *México* 4 (2): 49-52.

MAHAMA, B. 2012. Silage zone manual. Dupont Pioner Global Nutritional.Sciences Management.

MALES, J. R. 1987.Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *J. Anim. Sci.* 65:1124-1130.

MANCILLA, L. E. 2006. La amonificación. Una alternativa para la conservación y mejoramiento de suplementos utilizados para rumiantes en el trópico.

MANYUCHI, M y SMITH, T. 1994. Effect of treating or supplementing maize stover with urea on its utilization as feed for sheep and cattle. *Anim. Feed. Sci. Technol.*49: 1 1-23.

MARTÍNEZ, A.M.M., SORIANO, J. y SHIMADA, A.S. 1985. Crecimiento de borregos pelibuey alimentados con rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro. *Técnica pecuaria en México.* 48: 54-61.

MOONEY, C.A., MANSFIELD, S.D., TOUHY, M.G., SADDLER, J.N. 1998. The effect of initial pore volume and lignin content on the enzymatic hydrolysis of softwood. *Biores. Technol.* 64, 113–119.

MORRISON, F.B. 1951. Alimentos y Alimentación del Ganado- XXI- Edit. México-talleres Gráficos. Edit. Internacional S.A. pp: 1346.

MORRISON, F. B. 1980. Alimentos y alimentación del ganado. Ed. Unión Tipográfica Editorial. México. P. 419-439.

MUÑOZ, F., JOY, M., FACI, R. and ALIBÉS. 1991. Treatment of ligno-cellulosic residues with urea. Influence of dosage, moisture, temperature and addition of ureases. Ann. Zootech., 40: 215-225.

MUÑOZ, F., ANDUEZA, J y X, ALIBÉS. 1998. Chemical treatment of maize stover with urea. Unidad de Tecnología en Producción Animal. Servicio de Investigación Agroalimentaria (SIA), Diputación General de Aragón (DGA). Zaragoza, España. Pág.:33-38.

NASEER, Z; CHAUDHRY, S.M. y KHAN, M.F.U. 2006. A laboratory assessment of various urease sources on the chemical composition or urea treated sugarcane bagasse. Pakistán. J. Agri. Sci. Vol.43(3-4). pp: 169.

OJI, U. I., MOWAT, D. N. and Winch, J. B. 1977. Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. 44: 798-802.

OWEN, E. 1976. Farm wastes: straw, and another fibrous materials. In: Duckham AN, Jones JGW, Roberts EH (eds). Food production and consumption: the efficiency of human food chain and nutrient cycles. Amsterdam: North Holland Publ. p 299-318.

PARSI, J., GODIO, L., MIAZZO, R., ECHEVARRIA, A., PROVENZAL, P. 2001. Valoración nutritiva de los alimentos y formulación de dietas. Cursos de Producción Animal, FAV UNRC.

PASTURAS DE AMERICA. 2013. Residuos del cultivo de maíz.

<http://www.pasturasdeamerica.com/utilizacion-forrajes/residuos-agricolas/maiz/>

[Fecha de consulta, 25 de febrero, 2013].

PATERSON, J. A., KLOPFENSTEIN, T. J. and BRITTON, R.A. 1981. Ammonia treatment of corn plant residues: digestibility and growth rates. *J. Anim. Sci.*, 53: 1592.

PEDROX, M.B. 1984. Ammoniation sometimes procedures dangerous feed. University of New England, Australia.

PERRY, L.J. and COMPTON, W.A. 1977. Serial measures of dry matter accumulation and forage quality of leaves, stalks and ears of three corn hybrids. *Agron. J.* 69(5): 751-755

PRESTON, T. y LENG, R.A., 1989. Ajustando los Sistemas de Producción Pecuaria a los Recursos Disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Consultorías para el Desarrollo Rural Integrado en el Trópico (CONDRIT) Ltda. Cali, Colombia. pp 107-180

PURI, V.P., 1984. Effect of crystallinity and degree of polymerization of cellulose on enzymatic saccharification. *Biotechnol. Bioeng.* 26, 1219–1222

QUINTERO, S. A. 1972. Animal response to sodium hydroxide treated corn cobs when fed to ruminants. Ph.D. Thesis, University of Nebraska, Lincoln.

RAMÍREZ, G.R., AGUILERA, J.C; GARCÍA y NUÑEZ, A.M. 2007. Effect of Urea Treatment on chemical composition and digestion of *Cenchrus ciliaris* and *Cynodon dactylon* Hays and *Zea mays* residues. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. Issue: 8 Pages: 1036-1041.

REXEN, F. 1980. Mejoramiento de los forrajes de baja calidad con tratamientos alcalinos. *Información Express, Pastos y Forrajes*. Cuba 4(3): 25-26.

ROJAS, R. 1963. Producción de carnes. Lima- Universidad Agraria. Dpto. de Publicaciones. 177 pgs.

ROUNDS, W., KLOPFENSTEIN, T.; WALLER, J y T; SMITH, M. 1976. Influence of alkali treatments of corn cobs on in vitro dry matter disappearance and lamb performance. *J. Anim. Sci.* 43:478-482.



SAADULLA, M., HAQUE, M y DOLBERG, F. 1981. Effectiveness of ammonification through urea in improving the feeding value of rice straw in ruminants. Bangladesh. pp: 30 y 31.

SAENGER, F., LEMENAGER, R. P. y HENDRIUX, K. S. 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 54:419-425.

SÁNCHEZ, E; C. ORTEGA, M.E.; MENDOZA, G; OZIEL, D; MONTANEZ y BUNTINX, S.E. 2012. Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina protegida en dietas para ovinos en crecimiento. *Interciencia*. Volumen 37. Nº 5. pp: 397.

SAS (Statistical Analysis System) INSTITUTE, 2006. BASE ® 9.1.3. Procedures Guide. Second Edition. Cary. North Caroline.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAHMI. 2013. <http://www.senamhi.gob.pe/>

SCHWALD, W., BROWNELL, H.H., SADDLER, J., 1988. Enzymatic hydrolysis of steam treated aspen wood: Influence of partial hemicellulose and lignin removal prior to pretreatment. *J. Wood. Chem. Technol.* 8 (4), 543–560.

SOLAIMAN, S. G., HORN, G. W. and OWENS, F. N. 1979. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. *J. Anim. Sci.* 49: 802.

SOLANO, A. 2009. Conservación de forrajes de calidad. American Soybean Association.

SOUZA, O y De SANTOS, E. 2006. Aprovechamiento de los residuos agropecuarios tratados con urea en la alimentación animal. pp: 2.

STRIZLER, N.; GALLARDO, M y GINGINS, M. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3(4): 284.

SUNDSTOL, F., COXWTH, E. and MOWAT, D.N. 1978. Improving the nutritive value of straw and other lowquality roughages by treatment with ammonia. *World Anim. Rev.* 26: 13-21.

SUNDSTOL, E. and Owen, E. 1984. Straw and other fibrous by-products as feed. Elsevier Amsterdam.

KIM, T.H and Lee, Y.Y. 2003. Pretreatment of corn stover by aqueous ammonia. Department of Chemical Engineering, Auburn University, USA; Kyonggi University, Suwon, South Korea; Chonnam National University, Gwangju, South Korea. pp.40.

TESFAYE, A., CHAIRATANAYUTH, P and VIJCHULATA, P. 2006. Effects of urea levels and treatment durations on chemical composition and in vitro dry matter digestibility of maize stover. Kasetart. Journal Nat. Sci. 40. pp: 971,976.

TIMELL, T.E., 1967. Recent progress in the chemistry of wood hemicelluloses. Wood Sci. Technol. 1, 45–70.

VAN SOEST, P.J y GOERING, H.K. 1972. Análisis de fibra de forrajes, Trad. de “Forage fiber analysis”. Misión Agrícola de la Universidad de Carolina del Norte- USAID.

WANAKA, M., CHEMIST, M., MUNOZ, F. and KAYOULI, C. 1996. Methods for improving the nutritive value of fibrous feed: Treatment and supplementation. Ann. Zootech. 45, suppl.: 89-103.

WARD, G.M. 1973. Más piensos concentrados y menos forrajes toscos para ruminates. Revista Mundial de Zootecnia 6:12:23

WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M. and BREWER, A. (1984a). Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. Effects of dry matter and urea concentrations on the rate of hydrolysis of urea. Anim. Feed Sci. Technol., 1 1: 103-1 13.

WILLIAMS, TO., FERNÁNDEZ-RIVERA, S., KELLEY, TG. 1997. The influence of socioeconomic factors on the availability and utilization of crop residues as animal feeds. In: Renard C (ed). Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems. Wallingford, UK: CAB International. pp: 25-29.

YAMEOGO-BOUGOUMA, V., CORDESSE, R., ARNAUD, A and INESTA, M. 1993. Identification de l'origine des uréase simpliquées dans le traitement de la paille de blé dur à l'urée et caractérisation de la flore microbienne présente. *Ann. Zootech.*, 42: 39-47.

## **VIII. ANEXO**

## Anexo 1. Plantilla de encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF

1. DISTRIBUCIÓN DE LOS GANADEROS DE LA AGISF SEGÚN PROCEDENCIA					
Procedencia	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	
%					
2. DISTRIBUCIÓN DE LOS GANADEROS DE LA AGISF SEGÚN PRODUCCIÓN DE LECHE					
Tipo de Ganadero	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	
	%	%	%	%	
Pequeños (100 kg leche/día)					
Medianos (100 -300 kg leche/día)					
Grandes (300 kg leche/día)					
3. POBLACIÓN DE ANIMALES					
Clasificación	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	Promedio Ponderado
Animal	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº
Terneros					
Recría					
Toros					
Vacas en Producción					
Vacas seca					
Total					
Producción promedio					
PX vaca					
4. USO ACTUAL DE FORRAJE					
Tipo de alimento Categoría	Entera %	Picada %	Molida %	No usa %	
Chala para vacas					
Chala para recría					
Panca para vacas					
Panca para recrías					
Otros para vacas					
Otros para recrías					
5. PORCENTAJE DE LA DIETA FORRAJERA PROMEDIO					
Categoría	Tipo de alimento			%	
Vacas	Chala				
Recría	Panca				
	Otros				
Recría	Chala				
	Panca				
	Otros				
6. FRECUENCIA DE USO DE LA PANCA DE MAÍZ					
¿Siempre usa panca?					%
Si					
No					
¿Por qué no?					%
Prefiere usar Chala porque es mejor					
Problemas con intoxicaciones					
Baja performance del animal					
No hay disponibilidad de panca					

**Continúa...**

<b>7. CAMBIO DE USO DE CHALA Y PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Durante el año cambian las proporciones?	%
No	
Si	
¿Por qué Si?	%
Porque tiene más disponibilidad de Chala	
Porque tiene más disponibilidad de Panca	
Otros	
<b>8. ADQUISICIÓN DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Cómo obtiene la panca?	%
Compra	
No usa panca	
<b>9. PROVEEDORES DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿A quién le compra la panca?	%
Sr. Hilario (Vegueta)	
Sr. Ernesto Rosales (Chilampa)	
Sr. Marino Valencia (Huaura)	
De Vegueta	
De Huaura	
No usa panca	
Otros	
<b>10. PRECIOS DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Último precio de que pago por panca?	S/. X TM
Entera	
Molida	
<b>11. OBTENCIÓN DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
La panca que obtiene es:	%
Entera	
Picada	
Molida	
No usa Panca	
<b>12. DIFERENCIAS ENTRE LOS LOTES DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
Observa diferencias entre lotes de pancas	%
Si	
No	
No usa Panca	
¿Cuáles?	%
Humedad, se honguea rápido	
Mezclado con mucha coronta	
Fumigada recientemente	
<b>13. PROCESAMIENTO DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
Para procesar la panca usa:	%
Molino	
Picadora	
No procesa la panca	
No usa panca	

**Continúa...**

<b>14. CATEGORÍA DE USO DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿De Enero a la fecha ha usado panca?	%
En vacas	
En recría	
En vacas y recría	
Ninguna categoría	
<b>15. ENSILADO</b>	
¿Durante el año ha ensilado?	%
Si	
Si, pero no en este año	
No, nunca	
<b>16. ADQUISICIÓN DEL ALIMENTO POR PARTE DE LOS GANADEROS DE LA AGISF</b>	
El alimento que compra es preparado o lo prepara Ud. Mismo	%
Compra preparado	
Prepara el mismo	
<b>¿Dónde lo compra preparado?</b>	%
AGISF	
Otros	
<b>¿Dónde compra los insumos?</b>	%
AGISF	
Otros	
<b>17. CANTIDAD DE ALIMENTO BRINDADO POR CATEGORÍA</b>	Kg./ animal / día
Kg. de Concentrado por Animal	
Kg. para vacas en Producción.	
Kg. para recría	

## Anexo 2. Resultados de la encuesta realizada a los ganaderos de la AGISF

1. DISTRIBUCIÓN DE LOS GANADEROS DE LA AGISF SEGÚN PROCEDENCIA					
Procedencia	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	
%	70	3	17	10	
2. DISTRIBUCIÓN DE LOS GANADEROS DE LA AGISF SEGÚN PRODUCCIÓN DE LECHE					
Tipo de Ganadero	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	
	%	%	%	%	
Pequeños (100 kg leche/día)	52	0	20	33	
Medianos (100 -300 kg leche/día)	29	100	60	67	
Grandes (300 kg leche/día)	19	0	20	0	
3. POBLACIÓN DE ANIMALES					
Clasificación	Chilampa	La Querencia	La Villa	Miramar	Promedio Ponderado
Animal	N°	N°	N°	N°	N°
Terneros	1,3	4	2	1,7	1,5
Recría	7,8	7	12,6	5,7	8,4
Toros	0,3	1	0,2	1	0,4
Vacas producción en	8,4	13	17,2	8,7	10,1
Vacas seca	2,6	3	5,8	1,3	3,0
Total	20,5	28	37,8	18,3	23,4
Producción promedio	174	180	397,6	180	212,1
PX vaca	20,7	13,8	23,1	20,7	20,9
4. USO ACTUAL DE FORRAJE					
Tipo de alimento	Entera	Picada	Molida	No usa	
Categoría	%	%	%	%	
Chala para vacas	50	40	0	10	
Chala para recría	33	43	0	23	
Panca para vacas	27	7	40	27	
Panca para recrías	23	7	47	23	
Otros para vacas	20	0	0	80	
Otros para recrías	20	3	0	77	
5. PORCENTAJE DE LA DIETA FORRAJERA PROMEDIO					
Categoría	Tipo de alimento		%		
Vacas	Chala		77		
	Panca		18		
	Otros		5		
Recría	Chala		59		
	Panca		32		
	Otros		9		
6. FRECUENCIA DE USO DE LA PANCA DE MAÍZ					
¿Siempre usa panca?				%	
Si				47	
No				53	
¿Por qué no?				%	
Prefiere usar Chala porque es mejor				38	
Problemas con intoxicaciones				6	
Baja performance del animal				19	
No hay disponibilidad de panca				38	



**Continúa...**

<b>7. CAMBIO DE USO DE CHALA Y PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Durante el año cambian las proporciones?	%
No	17
Si	83
¿Por qué Si?	%
Porque tiene más disponibilidad de Chala	68
Porque tiene más disponibilidad de Panca	20
Otros	12
<b>8. ADQUISICIÓN DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Cómo obtiene la panca?	%
Compra	90
No usa panca	10
<b>9. PROVEEDORES DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿A quién le compra la panca?	%
Sr. Hilario (Vegueta)	13
Sr. Ernesto Rosales (Chilampa)	13
Sr. Marino Valencia (Huaura)	17
De Vegueta	20
De Huaura	10
No usa panca	10
Otros	17
<b>10. PRECIOS DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿Último precio de que pago por panca?	S/. X TM
Entera	97
Molida	256
<b>11. OBTENCIÓN DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
La panca que obtiene es:	%
Entera	47
Picada	
Molida	43
No usa Panca	10
<b>12. DIFERENCIAS ENTRE LOS LOTES DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
Observa diferencias entre lotes de pancas	%
Si	57
No	33
No usa Panca	10
¿Cuáles?	%
Humedad, se honguea rápido	41
Mezclado con mucha coronta	18
Fumigada recientemente	18
<b>13. PROCESAMIENTO DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
Para procesar la panca usa:	%
Molino	7
Picadora	10
No procesa la panca	73
No usa panca	10

**Continúa...**

<b>14. CATEGORÍA DE USO DE LA PANCA DE MAÍZ</b>	
¿De Enero a la fecha ha usado panca?	%
En vacas	3
En recría	7
En vacas y recría	77
Ninguna categoría	13
<b>15. ENSILADO</b>	
¿Durante el año ha ensilado?	%
Si	7
Si, pero no en este año	33
No, nunca	60
<b>16. ADQUISICIÓN DEL ALIMENTO POR PARTE DE LOS GANADEROS DE LA AGISF</b>	
El alimento que compra es preparado o lo prepara Ud. Mismo	%
Compra preparado	50
Prepara el mismo	50
<b>¿Dónde lo compra preparado?</b>	%
AGISF	100
Otros	0
<b>¿Dónde compra los insumos?</b>	%
AGISF	100
Otros	0
<b>17. CANTIDAD DE ALIMENTO BRINDADO POR CATEGORÍA</b>	Kg./ animal / día
Kg. de Concentrado por Animal	
Kg. para vacas en Producción.	6,8
Kg. para recría	1,2

**Anexo 3. Tamaño de partícula (mm) de la panca de maíz recolectada de los ganaderos**

**A. Tamaño de partícula de la panca de maíz molida recolectada de La Villa-Miramar**

<b>Código de socio</b>	<b>Zona</b>	<b>Tamaño de Partícula</b>
33	La Villa	18,11
39	La Villa	11,18
40	La Villa	25,92
45	La Villa	11,54
102	La Villa	22,35
112	Miramar	
128	Miramar	20,79
154	Miramar	22,01
<b>Promedio</b>		<b>18,84</b>

**B. Tamaño de partícula de la panca de maíz molida recolectada de La Chilampa (Chilampa 1)-La Querencia**

<b>Código de socio</b>	<b>Zona</b>	<b>Tamaño de Partícula</b>
1	Chilampa 1	16,50
10	Chilampa 1	24,27
70	Chilampa 1	22,03
78	Chilampa 1	21,95
81	Chilampa 1	18,80
84	Chilampa 1	23,30
123	La Querencia	25,77
<b>Promedio</b>		<b>21,80</b>

**C. Tamaño de partícula de la panca de maíz entera recolectada de La Chilampa (Chilampa2) que fue molida en la AGISF**

<b>Muestra</b>	<b>Zona</b>	<b>Tamaño de Partícula</b>
<b>A</b>	Chilampa 2	24,00
<b>B</b>	Chilampa 2	26,52
<b>Promedio</b>		<b>25,26</b>

**Anexo 4. Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), FDN (%), DIVMS (%) y DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 0% de urea (en base seca)**

Procedencia	Muestra 1			Muestra 2			Humedad M1 (%)	Humedad M2 (%)	Humedad Inicial * (%)	Humedad Final ** (%)	Humedad Total	Materia Seca Total	Variables en Base Seca			
	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco							PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	DIVFDN (%)
<b>Chilampa 1</b>	342	318	0,28	386	344	0,28	7,10	11,00	9,00	5,10	15,43	84,57	5,20	77,30	59,30	47,35
<b>Chilampa 1</b>	386	344	0,22	382	342	0,29	10,90	10,50	10,70	4,32	14,34	85,66	5,30	75,30	63,00	50,82
<b>Chilampa 1</b>	352	312	0,29	326	290	0,32	11,40	11,10	11,30	5,34	15,79	84,21	4,70	77,60	57,30	44,92
<b>Villa-Miramar</b>	348	308	0,27	310	276	0,25	11,60	11,00	11,30	4,29	14,79	85,21	5,30	77,30	59,10	47,12
<b>Villa-Miramar</b>	348	312	0,27	314	280	0,28	10,40	10,90	10,70	4,80	15,11	84,89	4,80	78,10	62,60	52,10
<b>Villa-Miramar</b>	384	344	0,30	324	292	0,25	10,50	10,00	10,20	4,58	14,00	86,00	5,00	77,80	62,60	51,96
<b>Chilampa 2</b>	330	286	0,23	394	342	0,19	13,40	13,20	13,30	3,98	16,65	83,35	5,20	76,70	57,20	44,27
<b>Chilampa 2</b>	296	256	0,24	386	342	0,21	13,60	11,50	12,50	4,59	15,47	84,53	5,40	77,70	61,20	50,15
<b>Chilampa 2</b>	328	328	0,27	326	282	0,25	12,90	13,60	13,20	4,56	17,44	82,56	4,80	78,00	56,80	44,66
<b>Promedio</b>									<b>11,40</b>	<b>4,62</b>	<b>15,45</b>	<b>84,55</b>	<b>5,08</b>	<b>77,31</b>	<b>59,90</b>	<b>48,15</b>

M1: muestra 1; M2: muestra 2; Humedad Inicial\*: Humedad promedio de las muestras M1 y M2;  
Humedad Total: humedad post-tratamiento

**Anexo 5. Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), FDN (%), DIVMS (%) y DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 3% de urea (en base seca)**

Procedencia	Muestra 1			Muestra 2			Humedad M1 (%)	Humedad M2 (%)	Humedad Inicial *	Humedad Final **	Humedad Total	Materia Seca Total	Variables en Base Seca			
	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco							PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	DIVFDN (%)
<b>Chilampa 1</b>	366	270	0,41	388	274	0,36	26,30	29,50	27,90	6,96	31,36	68,64	8,00	77,00	54,00	54,01
<b>Chilampa 1</b>	346	266	0,44	340	242	0,40	23,20	28,90	26,10	7,27	28,71	71,29	7,60	76,30	67,00	56,74
<b>Chilampa 1</b>	366	264	0,34	354	242	0,32	28,00	31,70	29,80	6,23	32,36	67,64	8,00	75,70	67,40	56,88
<b>Villa-Miramar</b>	322	252	0,39	384	286	0,37	21,90	25,60	23,70	7,16	27,34	72,66	7,60	77,40	62,70	51,84
<b>Villa-Miramar</b>	372	282	0,26	360	276	0,27	24,30	23,40	23,80	5,23	28,16	71,84	8,50	76,60	64,00	52,94
<b>Villa-Miramar</b>	362	274	0,40	338	252	0,38	24,40	25,60	25,80	7,24	29,79	70,21	7,80	76,50	58,20	45,32
<b>Chilampa 2</b>	386	268	0,39	346	260	0,37	30,70	25,00	27,80	7,16	35,54	64,46	8,00	75,60	60,30	47,54
<b>Chilampa 2</b>	348	250	0,31	332	262	0,32	28,30	21,20	24,70	6,38	32,74	67,26	8,50	81,50	62,60	54,09
<b>Chilampa 2</b>	314	256	0,36	334	212	0,38	18,60	36,60	27,60	6,72	23,95	76,05	8,20	75,40	54,30	39,36
<b>Promedio</b>									<b>26,30</b>	<b>6,71</b>	<b>29,99</b>	<b>70,01</b>	<b>8,02</b>	<b>76,89</b>	<b>61,17</b>	<b>50,97</b>

M1: muestra 1; M2: muestra 2; Humedad Inicial\*: Humedad promedio de las muestras M1 y M2;  
Humedad Total: humedad post-tratamiento

**Anexo 6. Contenido de humedad (%), MS (%), PC (%), FDN (%), DIVMS (%) y DIVFDN (%) de la panca de maíz tratada con 6% de urea  
(en base seca)**

Procedencia	Muestra 1			Muestra 2			Humedad M1 (%)	Humedad M2 (%)	Humedad Inicial * (%)	Humedad Final ** (%)	Humedad Total	Materia Seca Total	Variables en Base Seca			
	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco	Peso inicial	Peso final	Diferencia a peso seco							PC (%)	FDN (%)	DIVMS (%)	DIVFDN (%)
Chilampa 1	324	222	0,39	320	230	0,39	31,60	28,20	29,90	7,25	36,45	63,55	12,90	74,60	66,80	55,53
Chilampa 1	366	278	0,32	394	234	0,29	24,10	40,70	32,40	5,93	28,55	67,60	12,60	74,60	66,50	55,12
Chilampa 1	342	250	0,32	362	258	0,32	27,00	28,80	27,90	6,36	31,55	72,10	12,40	74,80	65,80	54,31
Villa-Miramar	348	250	0,29	362	260	0,30	28,20	28,30	28,30	5,82	32,34	71,70	13,10	73,30	72,60	62,67
Villa-Miramar	340	250	0,35	358	269	0,42	26,60	25,00	25,80	7,28	31,82	74,20	12,70	76,40	63,60	52,35
Villa-Miramar	326	234	0,29	370	276	0,27	28,30	25,50	26,90	6,91	33,18	73,10	13,10	74,90	66,10	54,72
Chilampa 2	374	276	0,42	376	268	0,36	26,30	28,80	27,60	7,24	31,55	72,40	12,90	74,40	66,70	55,27
Chilampa 2	340	236	0,36	362	262	0,30	30,70	27,70	29,20	7,40	35,72	70,80	13,40	76,10	63,70	52,30
Chilampa 2	348	266	0,43	340	264	0,35	23,70	22,50	23,10	6,87	28,81	76,90	13,20	74,50	67,50	56,46
<b>Promedio</b>									<b>27,90</b>	<b>6,78</b>	<b>32,22</b>	<b>71,37</b>	<b>12,92</b>	<b>74,84</b>	<b>66,59</b>	<b>55,41</b>

M1: muestra 1; M2: muestra 2; Humedad Inicial\*: Humedad promedio de las muestras M1 y M2;  
Humedad Total: humedad post-tratamiento

**Anexo 7. Ingesta potencial de materia seca y valor relativo del forraje de la panca tratada con tres niveles de urea**

Procedencia	Niveles de Urea					
	0%		3%		6%	
	INGESTA	V.R.F	INGESTA	V.R.F	INGESTA	V.R.F
Chilampa 1	1,55	71,36	1,56	65,24	1,61	83,3
Chilampa 1	1,59	77,83	1,57	81,68	1,61	82,92
Chilampa 1	1,55	68,69	1,59	82,82	1,6	81,83
Villa- Miramar	1,55	71,12	1,55	75,36	1,64	92,13
Villa- Miramar	1,54	74,56	1,57	77,72	1,57	77,44
Villa- Miramar	1,54	74,85	1,57	70,77	1,6	82,09
Chilampa 2	1,56	69,37	1,59	74,2	1,61	83,4
Chilampa 2	1,54	73,27	1,47	71,45	1,58	77,87
Chilampa 2	1,54	67,74	1,59	66,99	1,61	84,28
Promedio	1,55 <b>b</b>	72,09 <b>b</b>	1,56 <b>b</b>	74,03 <b>b</b>	1,60 <b>a</b>	82,81 <b>a</b>

a,b,c: Promedios con letras diferentes presentan diferencias significativas entre ellos (P <0,05)

**Anexo 8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para proteína cruda (PC)**

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	Significancia
Urea (U)	2	293.4820667	146.7410333	4155.01	<.0001	**
Procedencia (P)	2	0.4412667	0.2206333	6.25	0.0588	ns
Error Experimental	4	0.1412667	0.0353167	0.33	0.8515	ns
Error Submuestreo	18	1.9032667	0.1057370			
Total	26	295.9678667				

r <sup>2</sup>	CV (%)	Raíz CME (°)	Promedio (°)
0.993569	1.930315	0.325172	16.84556

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

Numero de medias (p)	2	3
ALS (Duncan)	0.2460	0.2514

	Niveles de urea			
	Unidad	0%	3%	6%
<b>Proteína</b>	(°)	13.02 <sup>c</sup>	16.45 <sup>b</sup>	21.07 <sup>a</sup>
<b>Cruda</b>	%	5.08 <sup>c</sup>	8.02 <sup>b</sup>	12.92 <sup>a</sup>



**Anexo 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la fibra detergente neutro (FDN)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Urea (U)	2	14.21147407	7.10573704	48.27	0.0016	**
Procedencia (P)	2	1.29934074	0.64967037	4.41	0.0972	ns
Error Experimental	4	0.58879259	0.14719815	0.15	0.9590	ns
Error Submuestreo	18	17.26566667	0.95920370			
Total	26	33.36527407				

<b>r<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>	<b>Raíz CME (°)</b>	<b>Promedio (°)</b>
0.482526	1.607802	0.979389	60.91481

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

<b>Numero de medias (p)</b>	2	3
<b>ALS (Duncan)</b>	0.5022	0.5132

<b>FDN</b>	<b>Niveles de urea</b>			
	<b>Unidad</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
	(°)	61.56a	61.28a	59.90b
	%	77.32a	76.92a	74.85b

**Anexo 10. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Urea (U)	2	80.55014074	40.27507037	39.71	0.0023	**
Procedencia (P)	2	9.81734074	4.90867037	4.84	0.0855	ns
Error Experimental	4	4.05677037	1.01419259	0.20	0.9351	ns
Error Submuestreo	18	91.2695333	5.0705296			
Total	26	185.6937852				

<b>r<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>	<b>Raíz CME (°)</b>	<b>Promedio (°)</b>
0.508494	4.305453	2.251784	52.30074

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

<b>Numero de medias (p)</b>	2	3
<b>ALS (Duncan)</b>	1.318	1.347

<b>DIVMS</b>	<b>Niveles de urea</b>			
	<b>Unidad</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
	(°)	50.72 <sup>b</sup>	51.48 <sup>b</sup>	54.70 <sup>a</sup>
	%	59.91 <sup>b</sup>	61.22 <sup>b</sup>	66.61 <sup>a</sup>

**Anexo 11. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para la digestibilidad in vitro de la fibra detergente neutro (DIVFDN)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Urea (U)	2	79.93142963	39.96571481	5.42	0.0727	ns
Procedencia (P)	2	21.37231852	10.68615926	1.45	0.3365	ns
Error Experimental	4	29.52005926	7.38001481	1.47	0.2526	ns
Error Submuestreo	18	90.3558000	5.0197667			
Total	26	221.1796074				

<b>r<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>	<b>Raíz CME (°)</b>	<b>Promedio (°)</b>
0.591482	4.884617	2.240484	45.86815

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

<b>Numero de medias (p)</b>	2	3
<b>ALS (Duncan)</b>	3.556	3.634

<b>DIVFDN</b>	<b>Niveles de urea</b>			
	<b>Unidad</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
	(°)	43.94 <sup>b</sup>	45.55 <sup>a,b</sup>	48.12 <sup>a</sup>
%	48.15 <sup>b</sup>	50.96 <sup>a,b</sup>	55.43 <sup>a</sup>	

**Anexo 12. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para  
la ingesta potencial de materia seca (%P.V en M.S)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Urea (U)	2	0.07528889	0.03764444	61.60	0.0010	**
Procedencia (P)	2	0.00620000	0.00310000	5.07	0.0800	ns
Error Experimental	4	0.00244444	0.00061111	0.14	0.9659	ns
Error Submuestreo	18	0.07953333	0.00441852			
Total	26	0.16346667				

<b>r<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>	<b>Raíz CME (°)</b>	<b>Promedio (°)</b>
0.513458	0.922937	0.066472	7.202222

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

<b>Numero de medias (p)</b>	2	3
<b>ALS (Duncan)</b>	0.03236	0.03306

<b>%P.V en M.S</b>	<b>Niveles de urea</b>			
	<b>Unidad</b>	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
	(°)	7.15 <sup>b</sup>	7.8 <sup>b</sup>	7.28 <sup>a</sup>
%	1.55 <sup>b</sup>	1.56 <sup>b</sup>	1.60 <sup>a</sup>	

**Anexo 13. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Duncan para**

**valor relativo del forraje (V.R.F)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fcal</b>	<b>Pr &gt; F</b>	<b>Significancia</b>
Urea (U)	2	587.2724222	293.6362111	58.96	0.0011	**
Procedencia (P)	2	55.1536222	27.5768111	5.54	0.0704	ns
Error Experimental	4	19.9214222	4.9803556	0.20	0.9360	ns
Error Submuestreo	18	451.990933	25.110607			
Total	26	1114.338400				

<b>r<sup>2</sup></b>	<b>CV (%)</b>	<b>Raíz CME</b>	<b>Promedio</b>
0.594386	6.566987	5.011049	76.30667

**Prueba de Comparación de Medias de Duncan:**

Nivel de significancia ( $\alpha$ ): 0.05

<b>Numero de medias (p)</b>	2	3
<b>ALS (Duncan)</b>	2.921	2.985

	<b>Niveles de urea</b>		
	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>6%</b>
<b>V.R.F</b>	72.09 <sup>b</sup>	74.03 <sup>b</sup>	82.81 <sup>a</sup>