

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

UNIDAD DE POSTGRADO

**Uso de desperdicios de tubérculos de papa y de rastrojos  
de maíz tratados con urea en la alimentación estratégica  
de ovinos**

TESIS

para optar el grado académico de Magíster en Producción y Reproducción  
Animal

AUTOR

Ronald Jiménez Aliaga

ASESORES

Felipe San Martín Howard

Héctor Huamán Uribe

Miguel Ara Gómez

**Lima-Perú**

**2007**

*Dedico esta tesis:*

*A mi querida esposa Amparo  
y a nuestro deseado hijo.*

*A mis padres*

*Gil Ernesto y Norma*

*A mis suegros*

*Macedonio y Elena*

*Mis sinceros agradecimientos:*

*A Dios, quien siempre ilumina mi camino*

*A mi alma mater*

*Al excelente maestro y amigo*

*Dr. Felipe San Martín Howard*

*A los Doctores Héctor Huamán*

*Y Miguel Ara por su valiosa asesoría*

*A la Dra. Teresa Arbaiza por su colaboración*

*A la Estación Experimental IVITA El Mantaro*

*Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología*

*por su apoyo financiero*

*A todos aquellos colegas y amigos*

*que siempre estuvieron pendientes*

*de la publicación de esta tesis*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	vi
SUMMARY	vii
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Sistemas de producción pecuaria en la Sierra del Perú.	3
2.2 Importancia de la producción de ovinos en la Sierra Peruana	5
2.3 Recursos alimenticios en Valles Interandinos	6
2.3.1 Pastos Naturales	6
2.3.2 Pastos Cultivados	7
2.3.3 Residuos y subproductos de cosecha	8
2.4 Influencia de la estacionalidad en la disponibilidad de recursos alimenticios	10
2.5 Tecnologías para mejorar la calidad nutritiva de las dietas empleadas en la estación seca	10
2.5.1 Tratamientos que mejoran la calidad nutritiva de los rastrojos	11
2.5.1.1 Tratamientos físicos	11
2.5.1.2 Tratamientos químicos	12
2.5.1.3 Tratamientos biológicos	13
2.5.2 Tecnologías para la conservación de forrajes	13
2.5.3 Suplementación para mejorar el aprovechamiento de los rastrojos	15
2.6 Engorde de ovinos aplicando tecnologías en la Sierra	18
III MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Lugar y fecha de ejecución	19
3.2 Ensayo1: Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación conservación sobre la digestibilidad <i>in vivo</i> y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos.	19
3.2.1 Tratamientos	19
3.2.2 Diseño experimental	20
3.2.3 Proceso de amonificación	21
3.2.4 Manejo durante el ensayo	21
3.2.5 Estimación del consumo	21

3.2.6 Cálculos de digestibilidad	21
3.2.7 Análisis estadístico	22
3.3 Ensayo 2: Efecto de suplementar rastrojo de maíz amonificado junto a tres niveles de subproducto de tubérculo de papa sobre la ganancia de peso de ovinos que pastorean una asociación gramínea leguminosa, en época seca	22
3.3.1 Tratamientos y diseño experimental	22
3.3.2 Manejo durante el ensayo	23
3.3.3 Análisis estadístico	24
3.3.4 Análisis económico	25
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación conservación sobre la digestibilidad <i>in vivo</i> y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos.	26
4.1.1 Efecto del tamaño de partícula del rastrojo sobre la digestibilidad y consumo	26
4.1.2 Efecto del tipo de amonificación-conservación del rastrojo sobre la digestibilidad y consumo	28
4.2 Efecto de suplementar rastrojo de maíz amonificado junto a tres niveles de subproducto de tubérculo de papa sobre la ganancia de peso de ovinos que pastorean una asociación gramínea leguminosa, en época seca	30
4.2.1 Efecto de la suplementación de rastrojo de maíz amonificado y subproducto de papa sobre la ganancia de peso de ovinos en pastoreo	30
4.2.2 Nivel de suplementación del subproducto de papa en ovinos alimentados con pasturas cultivadas y rastrojo de maíz amonificado	33
4.2.3 Ratio beneficio costo de los sistemas de alimentación evaluados	34
V CONCLUSIONES	36
VI BIBLIOGRAFÍA	37
APÉNDICE	45
Apéndice 1	45
Apéndice 2	51

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución porcentual de especies animales y usuarios ganaderos en los sistemas de ganados prevalentes en los valles interandinos del Perú	4
Cuadro 2. Composición de residuos y subproductos agrícolas agroindustriales de importancia para la alimentación de ovinos en la Sierra Central	9
Cuadro 3. Respuestas esperadas al consumo de energía digestible y peso vivo en vacas y ovinos, suplementadas con energía, proteína o nitrógeno (NNP) o azufre (SNP) no proteico, pastoreando forraje a diferentes niveles de disponibilidad, contenido de fibra, contenido de proteína o nitrógeno y azufre.	16
Cuadro 4. Diseño experimental del primer ensayo	20
Cuadro 5. Unidades experimentales por tratamiento para el segundo ensayo.	23
Cuadro 6. Efecto del tamaño de partícula sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos	27
Cuadro 7. Variación porcentual de estructuras foliares en rastrojo de maíz ofrecidos (RO) y rechazados (RR) en ovinos, según tipo de amonificación conservación y tamaño de partícula.	28
Cuadro 8. Efecto del tipo de amonificación conservación sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos.	29
Cuadro 9. Efecto de la suplementación con rastrojo de maíz amonificado (RMA) y subproducto de papa fresca (SPF) sobre la ganancia de peso de ovinos bajo pastoreo (g/ovino/día).	31
Cuadro 10. Consumos parciales de rastrojo amonificado de maíz con niveles crecientes de subproducto de papa en ovinos bajo pastoreo.	32
Cuadro 11. Indicadores económicos para sistemas de alimentación evaluados en el engorde de ovinos para un período de 24 días.	35

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Comedero adaptado tipo lineal para ovinos: Se empleo madera de eucalipto y plástico sobre un comedero de concreto diseñado para vacunos. 24
- Figura 2. Curvas de regresión entre ganancia de peso y suplementación con subproducto de papa. 34

## RESUMEN

Los efectos del tamaño de partícula (TP) y tipo de amonificación-conservación (TAC) fueron evaluados sobre la digestibilidad y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos. En un segundo experimento, la óptima combinación TP-TAC fue usada como dieta base para evaluar el efecto de niveles crecientes de suplementación con subproducto de papa sobre la ganancia de peso vivo, en ovinos. En el primer experimento se emplearon cuatro ovinos criollos en un arreglo factorial 4 x 4: TP (1, 2, 3 y 4 cm) x AC [no amonificado ni ensilado (SS) y tres tratamientos amonificados con variantes de conservación en silo plástico: aéreo (SA), cubierto con tierra sobre el suelo (SC) y enterrado en poza de compostaje (SE)]; dando un total de 16 tratamientos, bloqueados por ovino (4). No se encontró efecto de TP, mientras que los tratamientos con amonificación (SA, SC, SE) obtuvieron mejor digestibilidad y consumo ( $p < 0,01$ ); además SA y SE fueron mejores para la digestibilidad de proteína y fibra. En suma, la amonificación del rastrojo de maíz picado a un tamaño cercano a los 2 cm y en SA se considera el más apropiado desde el punto de vista económico, práctico y técnico. En el segundo experimento se emplearon 120 ovinos Junín (69 hembras y 51 machos) en un arreglo factorial 2 x 5 (sexo x tipo de alimentación: pastoreo 8 h y cuatro tratamientos con 4 h/día de pastoreo más rastrojo de maíz amonificado (2 cm en SA) a discreción con adición de: 0, 200, 400 y 600 g/ovino/día de subproducto de papa) para un período de engorde de 24 días. La respuesta en ganancia de peso a la suplementación con subproducto de papa fue mayor para ovinos machos ( $p < 0,01$ ), en los cuales, el patrón de respuesta para los niveles crecientes de subproductos de papa fue de tipo cuadrático ( $p < 0,05$ ), donde un nivel de 570 g de subproducto de papa dio ganancias de peso e índices económicos similares a los del sistema pastoril (8 h/día). Se concluye que la inclusión de subproducto de papa en niveles de 570 g/ovino/día a dietas de pastoreo restringido (4 h/día) más rastrojo de maíz amonificado es una estrategia de alimentación viable y económica para engordar ovinos machos durante la estación seca en la Sierra Peruana.

**Palabras clave:** ovino, engorde, pastoreo, rastrojo de maíz, amonificación, suplementación, subproducto de papa, alimentación.



## SUMMARY

The effects of particle size (PS) and type of ammoniation-preservation (AP) on the digestibility and intake of corn crop residues were evaluated using sheep as test animal. In a second experiment, the optimum PS-AP combination was used as a basal diet for evaluating the effect of increasing levels of supplementation with potato by-products on sheep liveweight gain. PS (1, 2, 3, and 4 cm) and type of AP [non ammoniated no silage (NA), and three ammoniated treatments with different plastic silage: aerial silage on the soil (AS), silage on the soil covered with ground (SC) and silage interred in a compost pit (SI)] were arranged in a 4 x 4 factorial blocked by sheep (4). There was no effect of PS. On the other hand, ammoniated silage treatments (AS, SC, SI) significantly ( $p < 0.01$ ) improved the digestibility and intake of the corn crop residue. Particularly, AS and SI performed better in protein and fiber digestibility. In short, the 2 cm-AS combination was considered the most appropriate from an economic, practical and technical point of view. In the second experiment, 120 Junín sheep (69 female and 51 male) were used in a factorial arrangement 2 x 5 (sex x feeding type: 8 h/day of grazing and four treatments with addition of 0, 200, 400 and 600 g of potato by-products over a 2 cm-AS corn crop residue basal diet on a restricted, 4-h a day grazing systems for 24 days. Liveweight gains were higher ( $p < 0.01$ ) for male sheep. The response pattern to the increasing levels of potato by-products supplementation was quadratic ( $p < 0.01$ ) with a level of 570 g of potato by-products giving a biological and economic performance similar to the full (8-h a day) grazing systems. Our data suggest that the inclusion of 570 g of potato by-products on ammoniated corn crop residues is a practical and economical feeding strategy for fattening male sheep on a 4-h a day restricted grazing regime during the dry season in the Peruvian Highland.

**Key Words:** sheep, fattening, grazing, crop corn residues, ammoniation, supplementation, potatoes by-products, feeding

## I. INTRODUCCIÓN

En diversas localidades de África, Asia, Latinoamérica y del Caribe, se hace imprescindible alimentar a rumiantes con dietas a base de residuos de cosecha (Williams y col., 1997), toda vez que la estacionalidad tiende a generar períodos de baja disponibilidad y calidad de forrajes. Para el caso particular de la Sierra Peruana, dicho período (estación seca) tiende a coincidir con una alta disponibilidad de residuos agrícolas, de aproximadamente 6 millones TM, correspondientes mayormente a maíz, cebada y trigo (Ministerio de Agricultura, 1997). En el caso particular del Valle del Mantaro, aproximadamente el 80 % de los residuos de cosecha empleados en la alimentación de rumiantes provienen del maíz (Laforé, 1999).

Generalmente la mayoría de residuos procedentes de cosechas agrícolas, como lo es el rastrojo de maíz, tienden a presentar un bajo contenido de proteína (menor a 5 %) y un alto contenido de carbohidratos estructurales con 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. Pudiendo mejorar dicho aporte de energía en los rumiantes a través de procedimientos físico y/o químicos y dada su peculiar fisiología digestiva fermentativa (Jackson, 1978; Owen, 1976).

Para mejorar el uso de los rastrojos de maíz, los ganaderos del Valle del Mantaro reducen el tamaño de la partícula en los procesos de ensilaje. Este tratamiento físico favorece el consumo de estos rastrojos en rumiantes (Minson, 1963) y permite mejorar la eficiencia de los tratamientos químicos alcalinizantes, al incrementar la superficie de contacto en el rastrojo (Escobar y Parra; 1980).

Los estudios sobre el uso de urea en rastrojos de cereales, como arroz y trigo, indican mejoras en los niveles de nitrógeno en la dieta de los rumiantes (Fahmy y Orskov, 1984), favoreciendo la síntesis de proteína microbiana y disminuyendo el poder ligante de la lignina a la hemicelulosa y celulosa dado su efecto alcalino deslignificante

(Klopfenstein, 1978), permitiendo un incremento de la digestibilidad (Horton y Steacy, 1979) y consumo (Badurdeen y col.; 1994). Sin embargo los efectos de la amonificación sobre rastrojos de maíz y factores relacionados a éstos, como el tamaño de partícula, temperatura, humedad y tiempo de reacción; han sido poco estudiados, por lo que es pertinente evaluar cambios en la digestibilidad por efecto del tratamiento de este rastrojo con urea, para diferentes tamaños de partícula y tipos de conservación.

Mejorar el aporte de nitrógeno y la digestibilidad de la fibra en rastrojos, por lo general no resulta suficiente para la demanda de nutrientes en etapas productivas, ésta dieta debe suplementarse con carbohidratos fácilmente degradables, como los contenidos en los subproductos (productos no aptos para comercio ni consumo) de tubérculo de papa, para optimizar la producción de proteína microbiana, siempre y cuando no altere la ecología ruminal.

Usar a la papa como suplemento energético para animales, presupone una competencia con el humano, pero en la Sierra Peruana el cultivo que se produce en mayor proporción es la papa y consecuentemente se da una alta disponibilidad del subproducto (10 a 15 % de la producción total) a un bajo precio. Actualmente éste subproducto, también llamado desperdicio de tubérculo de papa, se emplea en la alimentación de especies domésticas como cerdos y bovinos, pero de una manera meramente empírica. Por cuanto el presente estudio busca generar información a favor del uso eficiente del recurso subproducto de tubérculo de papa, incorporándolo como suplemento energético estratégico en la alimentación de ovinos durante la estación seca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas de producción pecuaria en la Sierra del Perú

La variabilidad de los sistemas de producción pecuaria en la Sierra Peruana (Cuadro 1), está determinado por la interacción de tres factores: a) la ubicación geográfica de las tierras junto a sus particularidades climatológicas; b) la disponibilidad de recursos y c) las perspectivas económicas de los usuarios respecto a sus recursos. Cada factor determina una característica particular para cada sistema. Tal es así que la ubicación geográfica, específicamente la altitud, conforme aumente, la extensión de los terrenos en los sistemas productivos tiende a ser más grande, desafortunadamente paralelo a la mayor altitud se presentan los accidentes geográficos, inaccesibilidad al riego y los cambios por estacionalidad son más contrastantes, por lo que los sistemas productivos bajo estas condiciones disponen de una cantidad restringida de especies vegetales y animales adaptadas.

En cuanto a la disponibilidad de recursos, si bien es parcialmente dependiente de los factores suelo, clima y acceso a cuencas hidrográficas; el acceso a la tecnología y a la calidad de recurso humano, juegan un papel muy importante en la producción de forrajes, cultivos y animales domésticos. Así, los sistemas productivos semi-intensivos, mixtos e intensivos disponen además de los pastos naturales, mejores insumos alimenticios para el ganado. A menores pisos altitudinales hay una mejor disponibilidad de recursos, haciendo que sus sistemas productivos logren mejores índices productivos.

Las perspectivas económicas de los propietarios o de quienes conducen los sistemas productivos dependen del nivel educativo. Desde que el hombre empezó a ser sedentario, buscó las condiciones para sobrevivir, las que aun prevalecen en algunos sistemas productivos dedicados al autoconsumo. Actualmente, el hombre en la búsqueda de mayores comodidades, cambia estos sistemas productivos de supervivencia a uno de

enfoque comercial, donde toda mejora pasa por una evaluación económica antes de su adopción definitiva.

Cuadro 1. Distribución porcentual de las especies animales y usuarios ganaderos en los sistemas de ganados prevalentes en los valles interandinos del Perú.

Agro-ecosistema	Recursos alimenticios	Especies					Usuarios
		Bovinos lecheros	Bovinos doble propósito	Ovinos	Cabras	Camélidos Sudam.	
Extensivo > 3,800 m	Pastos naturales	0	18	59	0	100	40
Mixto 3,000-4500 m	Pastos naturales + Sub-Prod. Agric.	24	32	32	60	0	40
Semi-Inten. 3,700-4000 m	Pastos naturales + Pastos cultivados	24	30	5	35	0	12
Intensivo 2,000-2800 m	Pastos cultivados y/o Sub-Prod. Agric.	52	20	8	5	0	8
Total		100	100	100	100	100	100

Fuente: Florez y col. (1992)

Las especies animales más productivas (bovinos) y por tanto también más exigentes en calidad y cantidad de alimento se crían mayormente en los sistemas productivos ubicados a menos altura, donde la disponibilidad de recursos alimenticios parece ser suficiente. Mientras que ovinos y caprinos se crían a una mayor altura por su versatilidad en el pastoreo de praderas nativas. Sólo los camélidos sudamericanos que tienen una mayor capacidad adaptativa para su crianza en pisos altitudinales extremos, se crían a mayor altitud. Según Florez y Bryant (1990), existe una tendencia a diversificar las especies domésticas, incluso los cultivos, aprovechando la ecología vertical; en la

mayoría de los sistemas de producción pecuario, como una alternativa para reducir riesgos que afecten los ingresos para el sistema.

En el caso particular del departamento de Junín, según datos del INEI-ORSTOM (1998) la región agraria comprende una extensión total de 4'419,722.8 Ha, donde las tierras con pastos naturales y tierras agrícolas ocupan el 27 % y 8 % (7 % seco y 1 % con riego), respectivamente.

En el departamento de Junín se ubica el Valle del Mantaro con una extensión de 53,282.75 hectáreas a una altitud promedio de 3,320 m. Posee tres zonas agroecológicas: la alta (3,950-4,250 m), la intermedia (3,500- 4,000 m) y la baja (3,000 – 3,500 m), cuyos climas varían desde subhúmedo semifrío hasta semiárido a templado (Mayer, 1981). La zona alta posee llanuras con pastos naturales, donde predomina la crianza de ovinos y camélidos; quebradas profundas y terrazas inclinadas donde se producen cultivos nativos y cebada. En la zona intermedia se cultiva papa, cereales, cultivos nativos y algunas legumbres junto a la crianza de bovinos y ovinos. La disponibilidad de tierras fértiles e irrigables en la zona baja es ideal para una producción agropecuaria de tipo comercial, en esta zona destaca la producción de papa, maíz y ganadería lechera (Fernández y Huaylinos, 1986).

Es importante señalar que muchos de los sistemas productivos prevalentes en el Valle del Mantaro han visto limitado su desarrollo por la atomización de las propiedades, situación a la que tuvieron que adaptarse.

## **2.2 Importancia de la producción de ovinos en la Sierra Peruana**

La serranía alberga a casi la totalidad (96 %) de la población total de ovinos que existe en el país, de aproximadamente 14'000,000 de cabezas y que comprende al 60 % de la población total pecuaria. Siendo su crianza principalmente a nivel de pequeños productores y bajo sistemas de crianza del tipo extensivo basado tanto en el pastoreo de áreas de pastos naturales, en las zonas altoandinas, como los que emplean para su alimentación complementaria residuos de cosechas y de malezas en los valles interandinos y sus vertientes.

En las zonas altas del Valle del Mantaro, resulta cada vez más crítico la disponibilidad de alimento para los ovinos, debido a la degradación de las praderas nativas por sobrepastoreo, esta situación obliga a los productores a incrementar la saca de sus

animales o bajarlos para un pastoreo de repaso en áreas de residuos de cosecha agrícola en las zonas intermedias durante la estación seca.

La crianza parcialmente tecnificada y con enfoque comercial se encuentra mayormente en manos de los sistemas de Sociedad Agraria de Interés Social (SAIS) y Cooperativas, cuyo crecimiento llegó a manejar hasta el 25 % de la población nacional ovina, demostrando sostenibilidad y buen nivel de especialización en la producción de ovinos. Desafortunadamente el terrorismo interrumpió este crecimiento y ha dejado un entorno desordenado y olvidado que dificulta retomar el desarrollo de la crianza ovina en el Perú.

Actualmente la tendencia de la producción de lana y carne de ovino es levemente creciente (Ministerio de Agricultura, 2006), debido a los precios poco atractivos para lana y carne a nivel de productor, a la insuficiente asistencia técnica, la despoblación del sector rural, el bajo nivel tecnológico y el uso inadecuado de los pastos naturales, suelo y agua.

### **2.3 Recursos alimenticios en Valles Interandinos**

La ecología vertical de los valles interandinos permite el crecimiento de especies vegetales que van desde pastos naturales hasta cultivos agrícolas y especies forestales; muchos de estos cultivos, además de ser fuente de alimentos para los pobladores, pueden también servir para alimentar animales domésticos sin que esto signifique competencia con el hombre. Los principales insumos alimenticios que pueden ser usados por los animales se describen a continuación:

#### **2.3.1 Pastos Naturales**

Los pastos naturales ocupan el 70 % de la superficie total agropecuaria (INEI-ORSTOM, 1998) de la Sierra Peruana. Áreas de pasturas que se localizan desde los 3,500 m hasta 4,400 m. Estas praderas se caracterizan por una vegetación baja cuyo crecimiento ocurre en la estación lluviosa; en su composición botánica las especies herbáceas dominan sobre las gramíneas y gramíneas, pero en la estación seca la vegetación esta compuesta principalmente por gramíneas. No obstante que estas praderas nativas adecuadamente manejadas pueden albergar una carga animal promedio de 0.5 unidades

ovino/ha/año, la carga animal con la que estas son pastoreadas es de 2 unidades ovino/ha/año (Florez y Bryant, 1990).

Este problema del sobrepastoreo también alcanza a las zonas altas del Valle del Mantaro, cuyo curso parece ser irreversible, pues no se evidencia cambio que asegure la sostenibilidad de las pasturas naturales, por lo que el futuro sería incierto para la ganadería.

### **2.3.2 Pastos Cultivados**

La introducción de pastos cultivados surge como una necesidad para compensar el déficit forrajero, estos proporcionan mejor cantidad y calidad de nutrientes, pero son menos resistentes que los pastos naturales. Las pasturas anuales se siembran preferentemente desde el inicio hasta la mitad de la estación lluviosa y los pastos permanentes se establecen solamente en áreas con accesibilidad al riego.

Para la instalación de pasturas, sean anuales o permanentes, se recomienda la asociación gramínea- leguminosa, este tipo de asociación simbiótica mejora el balance de nutrientes para el rumiante, entre la energía que aporta la gramínea y la proteína de las leguminosas, reduce los gastos de fertilización nitrogenada gracias a la capacidad de las leguminosas para fijar nitrógeno atmosférico al suelo y con ello incrementar el nitrógeno disponible a gramíneas asociadas, permitiéndole un mayor rendimiento y consumo (Florez y Bryant, 1990). Aunque son tolerantes a las bajas temperaturas que se dan en la estación seca, sus niveles productivos en este período son inferiores a los registrados en la estación lluviosa, período en el que la producción es 2.1 veces mayor (Bojórquez, 1998).

En el Valle del Mantaro destacan la avena, cebada y vicia como pasturas anuales y alfalfa, rye grass italiano, rye grass inglés, trébol rojo, trébol blanco y pasto ovillo como principales especies permanentes; las cuales han incrementado sus áreas de producción en los últimos tres años debido a que el productor esta cambiando gradualmente la actividad agrícola por la ganadera.

La zona intermedia del Valle del Mantaro, reúne condiciones muy favorables para la producción de pastos permanentes en asociación gramínea-leguminosa, alcanzando niveles de hasta 26,800 Kg/ha/año. Niveles que se reducen en un 20 y 60 % para las



zonas baja y alta, respectivamente (Bojórquez, 1998). Pero lamentablemente son pocas las áreas con facilidades de riego para la difusión de este tipo de pasturas.

### **2.3.3 Residuos y subproductos de cosecha**

Los residuos de cosecha o rastrojos son la parte que queda de un cultivo luego de haberse extraído el fruto comestible o cosecha, mientras que los subproductos de cosecha se originan luego del procesamiento (selección, molienda, etc.) del componente cosechado. Parte considerable de estos subproductos suele obtenerse de la agroindustria.

En el Valle del Mantaro la producción de residuos y subproductos de cosecha es proporcional al nivel de producción de cada cultivo, siendo en orden de importancia por la superficie cultivada la papa, maíz amiláceo, cebada grano, haba y trigo (INEI, 1996), aunque últimamente la alcachofa viene ampliando sus áreas de cultivo.

Cerca del 80 % de ganaderos del Valle del Mantaro emplea el rastrojo de maíz en sus diferentes formas para la alimentación de sus animales, principalmente bovinos (Laforé, 1999). Se sabe que el mejor momento para su uso como forraje es cuando los granos muestran una apariencia pastosa y están completamente turgentes (Universidad Nacional Agraria La Molina, 1974). Pero la mayor parte de estos rastrojos se recogen y utilizan al iniciar la estación seca, por que estando disponibles al finalizar la estación de lluvias (momento de cosecha) sus elevados precios en ese momento retrasan su compra e inmediata cosecha, dando lugar a la sobremaduración y pérdida de gran parte de de sus hojas a causa de la deshidratación y las primeras heladas, efectos que repercuten negativamente en la calidad nutritiva del rastrojo.

Los demás rastrojos tienen una menor frecuencia de utilización, muchos de ellos se encuentran alejados de sus granjas y los costos de recojo y transporte son un serio inconveniente para su utilización (Williams y col, 1997). Por lo que llegado el momento crítico en la disponibilidad de alimentos durante la estación seca, se ven obligados a desplazar sus animales, principalmente ovinos, para rastrojear sus campos.

La principal razón por la que los residuos de cosecha adquieren una baja calidad nutritiva es su estado avanzado de madurez, momento en que la proporción hoja tallo es menor, además ocurre una migración de nutrientes de alto valor desde hojas y tallos hacia los frutos y raíces (Flores, 1990; Escobar y Parra, 1980). Asimismo se da una disminución

del contenido proteico por dilución en los carbohidratos acumulados y se incrementa la cantidad de pared celular asociado a un aumento en la cantidad de lignina (Preston y Leng, 1987). Con lo cual quedan estructuras vegetales con no más de 10 % de proteína total y alta proporción de carbohidratos estructurales lignificados que derivan en un bajo aporte de energía metabolizable (Cuadro 2). Sin embargo manejos relacionados a la calidad del suelo como la fertilización pueden mejorar en algo el valor nutritivo del rastrojo (Preston y Leng, 1987).

Los subproductos de cosecha y agroindustriales tienen una mejor demanda y mejores precios, sobresaliendo a nivel local la papa, cereales y algunas hortalizas, muchas de ellas mal utilizadas o desperdiciadas a falta de tecnologías disponibles para su empleo. En el Valle del Mantaro se estima una producción anual de desperdicio de tubérculo de papa de 36,000 TM, y junto a subproductos de cereales, constituyen insumos energéticos que aportan cantidades significativas de energía (Cuadro 2) y su uso juega un importante rol en el balanceo de raciones para animales.

Cuadro 2. Composición de residuos y subproductos agrícolas y agroindustriales de importancia para la alimentación de ovinos en la Sierra Central.

Producto	MS %	PT %	PD Ovino %	FC %	FDN %	EM Mcal/Kg
Rastrojo de arveja <sup>1</sup>	87.3	7.6	3.8	38.9	-	-
Rastrojo de arveja <sup>2</sup>	60.0	8.9	-	-	59.0	1.6
Rastrojo de haba <sup>2</sup>	74.0	19.0	-	-	62.8	2.0
Rastrojo de maíz ensilado <sup>2</sup>	36.4	8.8	-	-	69.0	2.1
Rastrojo de maíz <sup>2</sup>	25.7	3.7	-	-	50.8	2.2
Paja de avena <sup>1</sup>	90.1	4.4	0.4	41.0	-	-
Paja de avena <sup>2</sup>	81.3	2.4	-	-	75.1	1.1
Paja de cebada <sup>1</sup>	88.2	4.1	0.7	42.4	-	-
Paja de cebada <sup>2</sup>	93.1	2.1	-	-	71.6	1.2
Maíz chala fresco <sup>1</sup>	30.6	8.2	4.8	25.7	-	-
Panca de maíz <sup>1</sup>	87.2	5.9	3.1	37.1	-	-
Papa tubérculos frescos <sup>1</sup>	24.6	9.0	5.7	2.1	-	-
Paja de trigo <sup>1</sup>	90.1	3.6	1.5	41.5	-	-
Paja de trigo <sup>2</sup>	75.2	2.6	-	-	70.4	1.3
Afrecho de trigo <sup>1</sup>	89.0	18.0	13.5	11.2	-	-
Afrechillo de trigo <sup>1</sup>	90.0	17.2	-	-	-	-
Afrechillo de trigo <sup>2</sup>	93.1	17.3	-	-	50.2	2.2
Rastrojo de alcachofa <sup>2</sup>	34.6	16.0	-	-	64.4	2.1
Afrecho de cebada <sup>2</sup>	93.9	15.0	-	-	33.7	2.3
Cáscara de cebada <sup>2</sup>	95.6	7.3	-	-	79.9	1.5

MS= materia seca, PT= Proteína total, PD= proteína digestible, FC= Fibra cruda, FDN= Fibra detergente neutro, EM= Energía metabolizable

Fuente: <sup>1</sup>Florez y Bryant (1990), <sup>2</sup>Laforé (1999)

## **2.4 Influencia de la estacionalidad en la disponibilidad de recursos alimenticios**

La mayor parte de los insumos alimenticios se obtienen de los cultivos, estos pueden ser agrícolas o forrajeros, cuyo desarrollo vegetativo, reproductivo y maduración están determinados por los factores climáticos: luz, temperatura y humedad (Bojórquez, 1998).

En la Sierra Andina, las condiciones climáticas cambian en función a los cambios de altitud, por ejemplo en esta región la atmósfera es enrarecida y permite el paso de rayos de menor longitud de onda, dando lugar a una radiación solar más intensa (Tapia, 1987), asimismo la temperatura media tiende a disminuir a una mayor altitud (Mayer, 1981). Estos eventos suelen ser muy marcados durante la estación seca, es decir las temperaturas nocturnas son muy bajas con alta frecuencia de heladas y las temperaturas diurnas calientan los suelos generando pérdidas de humedad. Consecuentemente los cambios bruscos de temperatura influyen sobre los procesos fisiológicos de las plantas al tener un mayor rango de oscilación que el intervalo óptimo entre 10 y 20° C, requerido por los pastos cultivados (Malpartida, 1992) y otros cultivos. Bajo estas circunstancias las plantas detienen su desarrollo.

La precipitación pluvial es el factor que más influye en la producción de cultivos agrícolas y pastos. En el Valle del Mantaro la estación lluviosa comienza en Septiembre y termina en Mayo, con gran irregularidad en su distribución mensual (Mayer, 1981). La lluvia mejora los niveles de humedad en los suelos, favoreciendo el óptimo crecimiento de vegetales, por esta razón, durante la estación lluviosa se producen la mayor cantidad de cultivos, cuyos residuos y subproductos quedan disponibles al inicio de la estación seca, coincidiendo con la baja producción de los pastos.

## **2.5 Tecnologías para mejorar la calidad nutritiva de las dietas empleadas en la estación seca**

La disponibilidad de alimentos en la estación seca se caracteriza por la baja producción de pastos y alta disponibilidad de rastrojos y subproductos de cosecha. Y el mejorar las raciones para este periodo implica el uso de tres tipos de tecnología que incluso pueden ser combinados: a) tratamientos para mejorar la calidad nutritiva de los rastrojos, b) técnicas de conservación de forrajes que permita aprovechar la sobreproducción de pastos durante la estación lluviosa y c) estrategias de suplementación empleando subproductos agrícolas.

## **2.5.1 Tratamientos que mejoran la calidad nutritiva de los rastrojos**

El principal problema de los rastrojos es su consumo restringido debido a su baja digestibilidad y nivel proteico, los que no permiten una fermentación ruminal eficiente (Preston y Leng, 1987), proceso indispensable para que los rumiantes obtengan la mayor parte de los nutrientes digestibles. Por cuanto el tratamiento de los rastrojos tiene por finalidad mejorar la digestibilidad y/o consumo voluntario (Jackson, 1978).

### **2.5.1.1 Tratamientos físicos**

Uno de los tratamientos físicos más practicados es la reducción del tamaño de partícula de los rastrojos mediante el picado o molienda; con lo cual se aumenta la densidad y la superficie de las partículas para una mejor acción de las enzimas a nivel del rumen (Pigden y Bender, 1972; Robles y col., 1980; Escobar y Parra, 1980). Sus principales efectos son reducción de la rumia y salivación y aumento de la tasa de fermentación post-alimentación (Minson, 1963), además de acelerar la reducción de las partículas alimenticias y aumentar su densidad para facilitar su salida del rumen retículo (Kaske y col., 1992) y consecuentemente generar una mayor tasa de pasaje, con efectos negativos en la digestibilidad de la fracción fibrosa en el rumen, pero compensada parcialmente por un aumento en la digestión de la fibra en el tracto digestivo posterior (Thomson, 1972).

Otro efecto de la reducción del tamaño de partícula es el aumento en la eficiencia de utilización de la energía digerida (Pigden y Bender, 1972; Escobar y Parra, 1980).

Con el empleo de forrajes fibrosos molidos se han logrado incrementos de consumo y mejores ganancias de peso vivo, siendo mayor el efecto cuando los forrajes son de baja digestibilidad (Jackson, 1978). Pero aún cuando el mejoramiento de valor nutritivo de rastrojos es alto, los cambios absolutos en respuesta animal son todavía bajos (Escobar y Parra, 1980).

Los efectos señalados por la reducción del tamaño de partícula parecen tener un límite, pues su reducción excesiva destruye la matriz tridimensional de las partículas y compromete la actividad degradativa de microorganismos celulolíticos (Bowman y Firkins, 1993), reportándose reducción en la velocidad de degradación de forrajes con partículas menores a 2 mm (Uden, 1988, citado por De Blas y García, 1993).

Los tratamientos de vapor (60-110 °C) con alta presión (100-200 atm) sobre los rastrojos, alcanzan a hidrolizar enlaces lignocelulósicos y mejoran la digestibilidad (Sundstol y

Owen, 1984), pero son costosos. Otro tratamiento que incrementa la digestibilidad es la irradiación gamma por su efecto sobre la solubilidad, pero también su uso es limitado por el alto costo (Owen, 1976).

#### **2.5.1.2 Tratamientos químicos**

Se han obtenido efectos sobre digestibilidad cuando se han aplicado soluciones alcalinas a los rastrojos. Según Klopfenstein (1978) el álcali reduce la fuerza de los puentes de hidrógeno intermoleculares que unen moléculas de celulosa, dando lugar a un cambio estructural de estas moléculas al interior de la pared celular, consecuentemente facilita el acceso de líquido ruminal; además saponifican los ésteres de ácidos urónicos asociados con las cadenas de xilano (Tarkow y Feist, 1969), provocando ruptura de enlaces químicos que ligan carbohidratos constituyentes de la pared celular. Estos efectos tienden a aumentar el punto de saturación de la fibra, con lo cual también aumenta la difusión de materias solubles en agua y la interacción enzima-sustrato. Por lo tanto se asume que el efecto alcalino sobre los rastrojos es consecuencia tanto de la solubilización de la hemicelulosa como del aumento de la digestibilidad en la fracción fibrosa residual (Escobar y Parra, 1980).

Entre las sustancias alcalinas empleadas el hidróxido de sodio es el más eficaz, aunque su uso es poco difundido por su costo elevado y los problemas de polución con iones de sodio (Escobar y Parra, 1980). Por su parte el hidróxido de calcio es menos corrosivo, económico y más seguro en su manejo.

La amonificación resultó más ventajosa que los dos anteriores compuestos, pues además de mejorar la digestibilidad, es una buena fuente de nitrógeno no proteico para la síntesis de proteína microbial (Hunter y Vercoe, 1984), no deja residuos, es disponible, cuesta menos y mejora la palatabilidad. La forma más convencional de este tratamiento es empleando la urea, la cual deriva en amoníaco por acción de la ureasa presente en los rastrojos y el proceso es favorecido cuando se eleva la humedad y temperatura (Orskov, 1990).

La amonificación facilita la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos ruminales al incrementar la digestibilidad en rangos de 5 a 15 unidades porcentuales (Horton y Steacy, 1979), mejorar el contenido de proteína cruda, y consecuentemente el consumo y rendimiento animal (Ibrahin y Schiere, 1985).

Entre los factores que afectan la eficiencia de los tratamientos químicos podemos mencionar el tipo de compuesto químico, su dosis, la temperatura, tiempo de reacción, humedad, tipo de rastrojo y calidad del rastrojo.

La amonificación de rastrojos es más eficiente que el tratamiento con hidróxido de calcio, pero no supera al tratamiento con hidróxido de sodio (Dixon y Escobar, 1984; Escobar y Parra, 1980). Funciona mejor cuando la dosis de amoníaco está entre 3 a 4%, ya que mayores niveles dejan de incrementar la digestibilidad (Sundstol y col., 1978). La reacción química del amonio se acelera a una mayor temperatura, por eso es más rápido el proceso en condiciones de trópico (10 días) que en zonas de clima templado (3 a 6 semanas) (Preston y Leng, 1987). Pero debe ir acompañado de un 50% de humedad, nivel en el que se reportaron efectos positivos para la amonificación (Schiere y col., 1984).

El efecto de los tratamientos alcalinos tiende a ser mayor cuando se procesan materiales de poca digestibilidad (Waiss y col., 1972), asimismo suele tener mejor efecto en gramíneas que en leguminosas, debido a que los rastrojos de leguminosas tienen un menor contenido de pared celular, hemicelulosa y alto grado de lignificación (Jackson, 1977).

### **2.5.1.3 Tratamientos biológicos**

Este tratamiento emplea microorganismos que degradan lignina, como por ejemplo algunos hongos de la pudrición blanca que degradan mayor cantidad de lignina que celulosa, dando lugar a un producto con menor contenido de lignina y mayor contenido de sustancias solubles, principalmente azúcares (Sundstol y Owen, 1984). Los resultados que se obtengan sobre la digestibilidad de los rastrojos dependen de factores similares a los mencionados en los tratamientos químicos.

### **2.5.2 Tecnologías para la conservación de forrajes**

Para los productores pecuarios les resultaría ventajoso disponer de cantidades adecuadas de forraje durante todo el año para alimentar sus animales. Contrastantemente hay períodos de abundancia y escasez, determinados por la estacionalidad. Motivo por el cual resulta importante disponer de tecnologías que

conserven el forraje no utilizable durante los períodos de abundancia para ser empleados en los momentos de escasez. Son dos las técnicas de conservación conocidas: el henificado y ensilado.

El ensilado es un proceso de fermentación anaeróbico creado hace 3,000 años por los egipcios, aunque sus mayores avances se dieron después de la Segunda Guerra Mundial (Schukking, 1976).

El ensilado simplifica los glúcidos polimerizados constituyentes del forraje hasta ácidos orgánicos, azúcares simples y anhídrido carbónico, así como también simplifica las proteínas en amidas y aminoácidos.

Las gramíneas son más apropiadas que las leguminosas para los procesos de ensilado, por su mayor contenido de carbohidratos solubles, los que son utilizados para producir ácido láctico, el cual es responsable de conservar el forraje al reducir el pH e inhibir el desarrollo de bacterias y las acciones enzimáticas. Aunque con el empleo de preservativos acidificadores del medio puede ensilarse cualquier forraje.

Es mucho mejor emplear como silos a los sacos de polietileno, para favorecer el hermetismo, el costo de inversión y el menor desperdicio del material ensilado (Jarrige y col., 1982). Asimismo es necesario el picado del forraje para aplicarse una buena compactación y exclusión del aire, mejor aun si es mecanizado para obtener un mejor producto a menos precio. Para el caso del ensilado de rastrojos, la amonificación adicional mejora su valor nutritivo y contribuye a mantener la calidad del residuo (Escobar y Parra, 1980).

Existen varios tipos de silos: desde el simple silo parva hasta los prácticos silos de polietileno con maquinaria incluida. Sin embargo en la Sierra Central del Perú muchos productores han optado por reemplazar los silos de concreto por láminas o sacos plásticos, para facilitar su manejo, donde destaca el silo horizontal superficial, que sobre el suelo usa una extensa lámina plástica, donde se coloca el material picado, que puede ser de forma mecanizada, para luego cubrirse con otra lámina similar. Se obtiene un buen producto pero debe renovarse la lámina plástica para cada ensilado, puesto que este material se deteriora al no contar con la resistencia del polietileno.

El henificado es otra técnica de conservación de forrajes, consiste en la desecación progresiva del forraje cortado hasta alcanzar un nivel de humedad (10 – 15 %) que impida la acción de los microorganismos. En este proceso es importante el momento de corte, el cual esta determinado por la aparición de granos al estado de leche para las

gramíneas anuales y el inicio de floración para las gramíneas y leguminosas perennes. En este período hay una buena proporción hoja – tallo, con ventaja de las leguminosas sobre gramíneas.

Los principales avances en el perfeccionamiento de la técnica de henificado estuvieron enfocados en desarrollar la mecanización de la desecación acelerada del forraje y el sistema de embalaje (Jarrige y col., 1982).

Los momentos de alta producción de forrajes y rastrojos empiezan en el mes de Septiembre y culminan en Mayo. Durante este período los meses apropiados para realizar la henificación por desecación natural son Octubre- Noviembre y Abril – Mayo, es decir al inicio y final de la estación lluviosa, donde la frecuencia de precipitaciones es menor.

### **2.5.3 Suplementación para mejorar el aprovechamiento de rastrojos**

La suplementación es la provisión de un alimento completo o nutrientes específicos con el propósito de incrementar el consumo de forraje disponible, digestión o metabolización del mismo de forma más eficiente, o superar la deficiencia del nutriente problema.

El panorama que se observa en la estación seca en el valle del Mantaro en cuanto a disponibilidad de alimento esta dado por pastos cultivados en cantidad restringida y con ligera reducción en su contenido de proteína y fibra respecto a los pastos de la estación lluviosa (Bojórquez, 1998); sin embargo la disponibilidad de altas cantidades de rastrojos puede cubrir la materia seca deficitaria, pero su baja calidad afectaría su consumo y el aporte suficiente de nutrientes.

Las dietas de forrajes, cuya fibra es altamente resistente a la fermentación, como es el caso de rastrojos, muestran respuesta positiva a la suplementación nitrogenada en forma proteica y no proteica, azufre no proteico y energía, con incremento de la tasa de digestión, pero con dificultades para incrementar la tasa de pasaje y consecuentemente el consumo (Siebert y Hunter, 1981).

En la mayoría de sistemas de crianza de rumiantes del Valle del Mantaro, durante la estación seca prima un patrón de alimentación caracterizado por una alta proporción de residuos de cosecha (mayormente gramíneas) y cantidades restringidas de pasto verde; que en suma se traduce en alta disponibilidad, alto contenido de fibra y un bajo contenido



proteico; esperándose una respuesta pequeña y mediana para la suplementación energética y proteica, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro. 3. Respuestas esperadas al consumo de energía digestible y peso vivo en vacas y ovinos, suplementadas con energía, proteína o nitrógeno (NNP) o azufre (SNP) no proteico, pastoreando forraje a diferentes niveles de disponibilidad, contenido de fibra, contenido de proteína o nitrógeno y azufre.

Características del forraje	Nivel (alto (A) o bajo (B))															
	B								A							
Disponibilidad	B								A							
Contenido de fibra	B				A				B				A			
Contenido de proteína	B		A		B		A		B		A		B		A	
Ratio N : S	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A
Suplemento	Respuesta (Nula (0), pequeña (+), Media (++), o alta(+++))															
Energía	+	+	+	+	++	++	++	++	0	0	0	0	+	+	+	+
Proteína	+	+	0	0	+	+	+	+	+++	+++	0	0	++	++	+	+
NNP SNP	+	+	0	0	0	0	0	0	++	++	0	0	+	+	0	0
SNP	0	+	0	0	0	0	0	0	0	++	0	0	0	+	0	0

Fuente (Siebert y Hunter, 1981)

El suministro de nitrógeno no proteico a través de la amonificación de rastrojos es la forma más económica y práctica de suplementar nitrógeno (Colenbrander y col.; 1983), ya que además de mejorar la digestibilidad y el consumo del rastrojo, pueden reemplazar parcialmente a suplementos proteicos de origen vegetal (Zorrilla-Rios y col.; 1991).

La hidrólisis microbiana de los polisacáridos contenidos en los alimentos, permite a los microorganismos ruminales disponer de monosacáridos, los cuales son degradados intracelularmente hasta ácidos grasos volátiles y de cuya reacción obtienen la energía necesaria para la síntesis de proteína microbiana (Bondi, 1988). La fuente de esta energía debe ser constante para mantener la fermentación, así como el suministro de precursores necesarios para el crecimiento celular, como amoníaco, azufre y otros

nutrientes microbiales (Preston y Leng, 1987). Los carbohidratos no estructurales fermentan a una mayor tasa que los estructurales, convirtiéndolos en una fuente inmediata de energía para el mantenimiento y crecimiento microbiano.

Las dietas con altos contenidos de carbohidratos estructurales, como los rastrojos, proporcionan poca energía digestible y luego de un lento proceso fermentativo, por lo cual suelen mostrar respuesta positiva a la suplementación energética, la cual puede ser mayor en casos de baja disponibilidad de alimento (Siebert y Hunter, 1981).

La utilización de la papa como fuente energética tiene ciertas particularidades, el contenido de almidón representa el 60 a 80 % de la materia seca (Moreno, 2007), cuyo 84 % se degrada a nivel ruminal y 14 % en intestino grueso, en bovinos (Hindle y col., 2005). Y al no degradarse en intestino delgado, significa que pese a tener un 16 % de almidón sobrepasante, la amilasa pancreática no la puede digerir, convirtiéndolo en un pobre precursor glucogénico para los bovinos comparado con el almidón de cereales. Asimismo se señala que su proceso de degradación es acelerado, pero cuando la microbiota ruminal no es la apropiada puede tardar unas 10 horas en iniciarse (Hindle y col., 2005). Además, otros factores pueden influenciar sobre los efectos de los almidones, tales como composición de la dieta, cantidad consumida por unidad de tiempo y alteraciones físicas y/o químicas (Huntington, 1997). El patrón de degradabilidad señalado no es totalmente extrapolable para los ovinos, por lo tanto no se descarta la posibilidad de que el ovino utilice más eficientemente el almidón sobrepasante de la papa.

Algunos autores resaltan la importancia de sincronizar el aporte de almidón junto al suministro de nitrógeno para reducir la absorción de amoníaco e incrementar la retención de nitrógeno en el rumiante, para lo cual se sugiere emplear alimentos proteicos y energéticos con similar tasa de degradación (Taniguchi y col., 1995; Matras y col., 1991). Sin embargo esta relación proteína energía puede tolerar hasta 48 horas en desequilibrio sin afectar el crecimiento de microbios ruminales, cuando se emplean dietas donde varió el nivel de nitrógeno ruminalmente degradable respecto a un nivel óptimo de materia orgánica fermentable (Valkeners y col., 2004). Es decir la flora ruminal puede tolerar desequilibrios en el aporte de nitrógeno, más no en el aporte energético.

## **2.6 Engorde de ovinos aplicando tecnologías en la Sierra**

La incorporación de las pasturas cultivadas en los sistemas extensivos de la Sierra Central ha permitido mejorar los indicadores productivos (más del doble de ganancia de peso diaria) y económicos (hasta 28 veces más rentable) del engorde de ovinos respecto a los pastos naturales (Bojórquez, 1981). Esta tecnología favorece la capacidad de carga, la cual varía entre 15 a 40, dependiendo de la estacionalidad (Thierolf y col., 1981), pero la falta de áreas con riego todavía la limita.

Entre las alternativas tecnológicas que contribuyen a revertir los problemas de disponibilidad de pastos durante la estación seca podemos mencionar que el empleo de pastos henificados, principalmente leguminosas, reemplazan satisfactoriamente la alimentación de ovinos de engorde bajo sistemas pastoriles (Huamán y col., 2000).

Por su parte Fernández y col. (1997), mejoraron las ganancias de peso de ovinos criados en pradera nativa, proporcionando bloques nutricionales conteniendo fuentes de carbohidratos fermentables y urea, efecto que fue mucho mejor cuando se incluyó proteína sobrepasante en los bloques.

Otros estudios han buscado mejorar el rendimiento de ovinos engordados en pasturas cultivadas, identificándose efectos positivos para la suplementación mineral (Calderón, 1980) y el empleo de hormonas de acción estrogénica (Vilchez y Castillo, 1985; Manyari y Blanco, 1985). No obstante estas tecnologías tienen baja aplicabilidad en la estación seca, ya que los rastrojos sustituyen gran parte de los pastos. Pero si estas dietas son mejoradas aportando nitrógeno y carbohidratos fermentables, la suplementación mineral podría alcanzar mejores efectos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio consistió en dos ensayos experimentales: El primero corresponde a la evaluación de digestibilidad *in vivo* de rastrojos de maíz en ovinos, con variantes de tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación, el cual se realizó durante los meses de Diciembre 2005 a Abril 2006; mientras que el segundo ensayo corresponde a evaluar alternativas de alimentación que combinan uso de rastrojos de maíz amonificado con las recomendaciones de tamaño de partícula y amonificación conservación hallados en el primer ensayo, junto a niveles de suplementación de desperdicio de tubérculo de papa, este ensayo se realizó en los meses de Julio a Septiembre del 2006.

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente estudio se realizó en la Estación Experimental El Mantaro del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Facultad de Medicina Veterinaria – Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ubicado en el Km 34 de la carretera Huancayo-Jauja, distrito de El Mantaro, provincia de Jauja, departamento de Junín; a una altitud de 3 320 m.s.n.m. y en donde se da una temperatura ambiental diaria promedio que oscila entre 19,9 °C y -1,8 ° C y una precipitación promedio anual de 770 mm.

#### **3.2. Ensayo1: Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad *in vivo* y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos**

##### **3.2.1 Tratamientos**

Se emplearon cuatro ovinos machos criollos de un año de edad para evaluar la digestibilidad *in vivo* y consumo de diferentes tipos de presentación del rastrojo de maíz determinado por cuatro diferentes tamaños de partícula (TP) de 1, 2, 3 y 4 cm, dentro de

cuatro diferentes tipos de procedimiento de amonificación-conservación (AC): no ensilado ni amonificado (SS); amonificado en silo plástico y expuesto al medio ambiente (SA); amonificado en silo plástico colocado en el suelo y cubierto con una capa de 5 cm de tierra (SC) y amonificado en silo plástico colocado en una poza de compostaje (lugar donde se eliminan los desechos orgánicos) y cubierto por 20 cm de estiércol de cobayo (SE). Correspondiendo en total a 16 tratamientos (TP x Tipo AC).

### 3.2.2 Diseño experimental

El diseño de campo correspondió al de un arreglo factorial con dos factores: tipo de AC y TP (1, 2, 3 y 4 cm), con cuatro bloques ( ovinos A, B, C y D) (Cuadro 4). La prueba de digestibilidad y consumo fue de 7 días, para lo cual se empleó cuatro ovinos en períodos secuenciales para cada tratamiento. Se aplicaron períodos de acostumbramiento de 12 días previos al inicio del experimento y de 7 días previo a cada período.

Cuadro 4. Diseño experimental del primer ensayo

Período	Subperíodos	SS				
		1	2	3	4	
I	1.1	A	B	C	D	
	1.2	D	A	B	C	
	1.3	C	D	A	B	
	1.4	B	C	D	A	
		SA				
		1	2	3	4	
		2.1	A	B	C	D
		2.2	D	A	B	C
		2.3	C	D	A	B
2.4	B	C	D	A		
		SC				
		1	2	3	4	
		3.1	A	B	C	D
		3.2	D	A	B	C
		3.3	C	D	A	B
3.4	B	C	D	A		
		SE				
		1	2	3	4	
		4.1	A	B	C	D
		4.2	D	A	B	C
		4.3	C	D	A	B
4.4	B	C	D	A		

Donde: 1, 2, 3 y 4 son tamaños de partícula (cm) del rastrojo; SS, SA, SC y SE los tipos de amonificación conservación y A, B, C y D los ovinos (bloques).

### **3.2.3 Proceso de amonificación**

El tratamiento con urea de los tratamientos consideró una relación materia seca: agua : urea de 100:50:5, La urea en solución se incorporó al rastrojo de maíz por aspersión homogénea. El rastrojo se depositó al interior de las bolsas plásticas y luego se procedió con el prensado y sellado. Los sacos con el rastrojo tratado tuvieron las formas de conservación según los tratamientos señalados anteriormente. La apertura se realizó después de 42 días de conservación, tiempo superior a los 28 días recomendados para los climas tropicales (Araujo y col. 2001) y suficientes para completar el proceso de amonificación en climas templados.

### **3.2.4 Manejo durante el ensayo**

Antes de iniciar el suministro del alimento experimental a los ovinos, estos fueron desparasitados y alojados en corrales individuales de 9 m<sup>2</sup>, cada corral contó con un comedero y un bebedero. Los animales recibieron el rastrojo de maíz según el diseño de campo y agua a discreción. A cada ovino se le colocó una bolsa colectora de heces durante la etapa experimental.

El período de recolección de datos fue de siete días. Se registró el peso y se tomó una muestra del alimento ofrecido, rechazado y las heces. La colección de heces se inició 2 días después de iniciada la colección del alimento rechazado y continuó 2 días después de finalizar la colección del alimento rechazado.

### **3.2.5 Estimación del consumo**

El consumo estimado correspondió a la diferencia entre aquella cantidad total de materia seca ofrecida menos la cantidad de materia seca rechazada durante cada período, el cual fue expresado en base a consumo diario.

### **3.2.6 Cálculos de digestibilidad**

La digestibilidad *in vivo* aparente se determinó a partir de la composición porcentual de nutrientes de alimento ofrecido, rechazado y heces. Tal como lo señala la técnica descrita

por Lascano y col. (1990).

$$D \% = \frac{MS \text{ consumida} - MS \text{ excretada en heces} \times 1000}{MS \text{ consumida}}$$

La digestibilidad de los nutrientes tuvo la siguiente fórmula:

$$Di = \frac{100 (y-x) + xD}{y}$$

Donde:

Di = Coeficiente de digestibilidad del componente de interés.

y = Porcentaje del componente en el alimento en base seca.

x = Porcentaje del componente en heces en base seca.

D = Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.

### **3.2.7 Análisis estadístico:**

El análisis estadístico consistió en análisis de varianza para un diseño factorial (TP x Tipo de AC) bloqueado por ovino. Para evaluar las diferencias entre tratamientos se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan. Las variables evaluadas fueron: digestibilidad *in vivo* aparente (materia seca, materia orgánica, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado), consumo y selectividad de estructuras foliares durante el consumo. El análisis se realizó empleando el programa estadístico SAS (2000).

## **3.3 Ensayo 2: Efecto de suplementar rastrojo de maíz amonificado junto a tres niveles de subproducto de tubérculo de papa sobre la ganancia de peso de ovinos que pastorean una asociación gramínea leguminosa, en época seca**

### **3.3.1 Tratamientos y diseño experimental**

Se emplearon 120 ovinos de la raza Junín de siete meses de edad, 69 hembras y 51 machos, distribuidos al azar en diez tratamientos en un diseño factorial, teniendo como factores el tipo de alimentación y sexo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Unidades experimentales por tratamiento para el segundo ensayo.

T0: Pastoreo 8 h		T1: Pastoreo 4 h +rastrajo de maíz amonificado		T2: Pastoreo 4 h +rastrajo de maíz amonificado + 200 g de subproducto de papa picada		T3: Pastoreo 4 h +rastrajo de maíz amonificado + 400 g de subproducto de papa picada		T4: Pastoreo 4 h +rastrajo de maíz amonificado + 600 g de subproducto de papa picada	
Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
10	14	10	14	10	14	10	14	11	13

### 3.3.2 Manejo durante el ensayo.

Los animales fueron desparasitados antes del experimento e identificaron con marcas de pintura esmalte de diferente color, para facilitar su manejo, con respecto al tratamiento de suplementación requerido. Todos los grupos pastorearon conjuntamente en una pastura compuesta por rye grass italiano de variedades Boxer y Tama más trébol rojo de la variedad Quinequelli, correspondiéndose a una carga animal de 30 ovinos por hectárea por año

El rastrojo de maíz (2, 7 TM) suministrado correspondió a un tamaño de partícula promedio de 2,3 cm, obtenido por picado mecánico y próximo al tamaño con el cual se obtuvo la mayor digestibilidad y consumo (2 cm) en el estudio previo a este. Material que fue previamente amonificado con una solución de urea y luego conservados en sacos plásticos de un metro de diámetro y a una altura de llenado de 1.5 m, manteniendo una relación urea: agua: materia seca, de 5:50:100. Los 19 sacos llenos fueron compactados y sellados con ataduras de cable de algodón en ambos extremos, lográndose el hermetismo y así almacenados en un ambiente techado (considerado como silo aéreo, el cual mostró ser idóneo, además de fácil elaboración y costo en el estudio previo). La utilización del rastrojo amonificado para este estudio tuvo lugar 12 meses después de ser elaborado. Debiéndose de desechar cuatro sacos por ruptura de los mismos y enmohecimiento del rastrojo, en estos contenidos.

Tal como se indica en el Cuadro 5, los grupos de machos y de hembras correspondientes al T0 solo tuvieron acceso a pasto cultivado por un período de ocho horas (8:00 a.m. a 4:00 p.m.), mientras que los de T1, T2, T3 y T4 además de acceder al pasto cultivado, pero solo la mitad del tiempo que los de T0, cuatro horas (12:00 m. a 4:00 p.m.), se les



suministró, previo período de acostumbramiento de 8 días, durante las primeras cuatro horas de la mañana (8:00 a.m. a 12:00 m.) el rastrojo de maíz amonificado a discreción. Adicionalmente en los grupos correspondientes a los tratamientos T2, T3 y T4 se les suplementó, previo período de acostumbramiento de 8 días, subproducto de papa picada en los niveles correspondientes a 200, 400 y 600 g/ovino, respectivamente. Todos los grupos de animales tuvieron siempre acceso a una fuente de agua en sus corrales. Los datos de consumo del rastrojo de maíz amonificado por tratamiento y ganancia de peso individual se midieron durante 24 días.



Figura 1. Comedero adaptado tipo lineal para ovinos: Se empleó madera de eucalipto y plástico sobre un comedero de concreto diseñado para vacunos.

### 3.3.3 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el análisis de varianza con la suma de cuadrados tipo III, sugerido para experimentos desbalanceados, para un diseño factorial con aplicación de polinomios ortogonales para los niveles de suplementación con papa. La variable de respuesta fue ganancia de peso. Los análisis se realizaron empleando el programa SAS (2000).

#### **3.3.4. Análisis económico**

El análisis económico de este segundo ensayo se realizó mediante la estimación de costos fijos y variables para el período de engorde evaluado, detallado en los cuadros A1 y A2. Los costos fijos fueron estimados por ovino/día, a excepción de la pastura que fue estimada en hora de pastoreo/ovino, con la finalidad de dar mayor precisión al costeo por tratamientos. Los costos variables empleados para el cálculo económico de cada tratamiento, depende de los costos de los insumos empleados en cada tratamiento, como son el costo del rastrojo de maíz amonificado y el de subproducto de papa. El costo de producción fue estimado por la suma de los costos fijos y variables.

Para la estimación del beneficio, se asumió que un kilogramo de peso vivo de ovino cuesta S/. 3,50. El beneficio final se obtuvo al multiplicar el peso ganado durante el ensayo según cada tratamiento por el costo del kilogramo de ovino vivo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad *in vivo* y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos

#### 4.1.1 Efecto del tamaño de partícula del rastrojo sobre la digestibilidad y consumo

La mayoría de rumiantes reduce su capacidad de consumo cuando son alimentados con rastrojos, debido a que se requiere un mayor tiempo de masticación y rumia hasta lograr exponer el material vegetal para una invasión efectiva de microorganismos ruminales y reducir el tamaño de partícula lo suficiente para su salida del rumen (De Blas y García, 1993).

El proceso de molienda fina, tiende a favorecer el consumo de rastrojos en rumiantes, aunque a costa de reducir su digestibilidad (Alwash y Thomas, 1974; Greenhalgh y Reid, 1973). Sin embargo los alimentos picados, además de favorecer el consumo, mejoran la digestibilidad, siempre y cuando la longitud de partícula se aproxime a 9 mm (Tafaj y col., 2001). Con partículas de mayor tamaño, los bovinos aun mantienen un consumo favorable, aunque con baja digestibilidad de fibra (Klasmeyer y col., 1990), pero en ovinos ocurre un consumo selectivo (Preston y Leng, 1987), que afecta el consumo total del rastrojo; facilitado por la separación entre estructuras foliares y tallos por efecto del picado.

No se hallaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre diferentes tamaños de partícula del rastrojo de maíz (1 a 4 cm), obtenidas por picado, sobre las variables: digestibilidad *in vivo* aparente y selectividad (Cuadro 6 y 2A). No obstante, se observa una disminución en los parámetros de digestibilidad y consumo para 3 cm de tamaño de partícula. Este fenómeno se explicaría por la probable interacción de dos efectos, la tasa de pasaje y la

selectividad de estructuras foliares, los cuales son inversa y directamente proporcionales con el tamaño de partícula.

Cuadro 6. Efecto del tamaño de partícula sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos

Tamaño de partícula (cm)	1	2	3	4	CME
Parámetros					
Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente (%)					
Materia seca	64.1	66.5	62.2	65.4	27.0
Materia orgánica	66.2	68.5	64.4	67.4	24.4
Proteína cruda	53.2	56.1	51.5	55.3	62.2
Fibra cruda	74.1	75.7	72.6	74.9	18.8
Extracto etéreo	51.3	54.8	46.5	51.1	138.4
Extracto libre de nitrógeno	63.6	66.2	61.7	65.0	29.5
Consumo de materia seca (g/ovino/día)	0.530	0.563	0.510	0.554	0.005
Selectividad de estructuras foliares en alimento ofrecido (%)	69.5	72.9	79.7	80.4	194.6
No se hallaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ )					

Según lo reportado por Tafaj y col. (2001) existe un tamaño de partícula que no solo mejora el consumo a causa de favorecer la tasa de pasaje, sino que también puede mejorar la digestibilidad. Para el caso de rastrojo de maíz empleado como alimento en ovinos, este tamaño estaría muy cercano a los 2 cm.

Resulta interesante la baja respuesta del consumo y digestibilidad cuando el TP es de 3 cm (Cuadro 6) y podría explicarse por que al incrementar el tamaño de 2 a 3 cm el ovino consume más tallos que estructuras foliares, debido a que se liberan menos estructuras foliares del rastrojo picado, favoreciéndose el consumo selectivo de hojas y vainas, caracterizadas por una mayor digestibilidad (Chemey y col., 1991) y complementados por el consumo de mayor proporción de tallos ligados a fracciones de vainas; dando lugar a una reducción en la cantidad consumida por unidad de tiempo. Mientras que el rastrojo picado a 4 cm posee una alta proporción de tallos unidos a fracciones de vainas y hojas, las cuales pueden ser desprendidos del tallo y consumido por el ovino gracias a la movilidad de sus labios, resultando un consumo mucho más rico en hojas que en el rastrojo picado a 3 cm, que consecuentemente favorece el consumo total y digestibilidad.

Cabe destacar que el consumo selectivo describe una tendencia lineal creciente con el aumento del TP, al respecto podemos observar en el Cuadro 7 la reducción de las estructuras foliares del alimento rechazado cuando se incrementa el TP.

El costo para reducir el tamaño de partícula en los rastrojos, puede ser inversamente proporcional al tamaño si son procesados de forma manual, afortunadamente se dispone en el mercado local de maquinaria de diferente magnitud, en las que resulta posible calibrar la longitud de picado hasta un mínimo de 1 cm aproximadamente, y sin variación en el costo.

Cuadro 7. Variación porcentual de estructuras foliares en rastrojos de maíz ofrecidos (RO) y rechazados (RR) en ovinos, según tipo de amonificación-conservación y tamaño de partícula.

Tamaño de partícula	SS		SA		SC		SE	
	RO	RR	RO	RR	RO	RR	RO	RR
1	55	30	54	39	53	29	46	22
2	53	16	46	17	53	22	53	49
3	43	6	46	12	49	8	44	10
4	44	8	51	13	45	6	48	12

#### 4.1.2 Efecto del tipo de amonificación-conservación del rastrojo sobre la digestibilidad y consumo

Los resultados señalan amplias diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) a favor de los tratamientos de rastrojos de maíz amonificados con respecto al rastrojo no amonificado, sobre la digestibilidad *in vivo* aparente y consumo (Cuadro 8 y 2A). Información que confirma que la digestibilidad de la materia seca de rastrojos de maíz puede mejorarse aproximadamente en 10 unidades porcentuales por efecto de la amonificación (Saenger y col., 1982). Oji y col. (1977) señalan que resultó suficiente aplicar 3 % de amonio respecto a la materia seca durante el proceso de amonificación del rastrojo, valor al cual el presente estudio estuvo próximo, considerando que 5 % de urea, aplicada en solución, se convierte en aproximadamente 2,8 % de amonio.

El contenido de proteína cruda en el rastrojo de maíz se vio incrementado por los tres tipos de amonificación-conservación de 5 a 14.4, 12 y 13.6 % para SA, SC y SE, respectivamente. Valores que corresponden con los datos de digestibilidad de proteína cruda (Cuadro 8). Si bien el efecto de la amonificación sobre el rastrojo, puede llegar a duplicar su contenido inicial de nitrógeno (Oji y col., 1979; Garret y col., 1974) o superar este nivel como en el presente estudio; la exposición a una mayor temperatura pudo haber contribuido a diluir la proteína del rastrojo y mejorar la digestibilidad para este

nutriente, pues los silos SA y SE, estuvieron expuestos al calor diurno y calor de la poza de compostaje, respectivamente; en cambio el silo SC mantuvo aislamiento térmico por una capa de tierra.

Cuadro 8. Efecto del tipo de amonificación conservación sobre la digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos

Tipo de amonificación conservación	SS	SA	SC	SE	CME
Parámetros					
Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente (%)					
Materia seca	57.6a	66.8b	65.5b	68.2b	27.0
Materia orgánica	59.2a	68.6b	68.2b	70.4b	24.4
Proteína cruda	21.8a	67.3b	60.4c	66.5b	62.2
Fibra cruda	66.6a	75.7b	73.9b	81.1c	18.8
Extracto etéreo	61.3a	43.3b	62.1a	37.0b	138.4
Extracto libre de nitrógeno	585a	64.9b	67.0b	66.2b	29.5
Consumo de materia seca (g/ovino/día)	443.8a	539.0b	594.7b	580.3b	0.005
Selectividad de estructuras foliares en alimento ofrecido (%)	83.0a	71.5b	76.2ab	71.6b	194.6

Valores con distintas letras son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

SS = No amonificado ni ensilado.

SA = Amonificado en silo plástico expuesto al medio ambiente.

SC = Amonificado en silo plástico sobre el suelo y cubierto por 5 cm de tierra.

SE = Amonificado en silo plástico y colocado en una poza de compostaje bajo 20 cm de estiércol de cobayo.

La amonificación indudablemente ejerce otro de sus principales efectos sobre la fibra, al solubilizar la hemicelulosa y con ello mejorar la digestibilidad de la pared celular (Solaiman y col., 1979). Oji y col. (1979) reportaron este efecto en rastrojos de maíz, y se corrobora en el presente estudio, por que se observó mayores niveles de digestibilidad de fibra en los rastrojos de maíz amonificados (Cuadro 8). No obstante, cabe señalar que nuevamente el factor temperatura mejoró ligeramente los efectos de digestibilidad en el tipo de amonificación-conservación SA, y en mayor grado para SE. La explicación parece estar atribuida a que para SE la temperatura es elevada y casi constante, mientras que para SA cambia la temperatura entre el día y la noche, y SC tendría un entorno de baja temperatura y constante.

Por el contrario, los efectos de la amonificación del rastrojo de maíz sobre la digestibilidad de lípidos (Cuadro 8) son negativos, cuando los tipos de amonificación conservación tuvieron mayor temperatura (SA y SE), mientras que SC no mostró mayores cambios. La explicación de este efecto podría deberse a que la temperatura diluye y sedimenta los

lípidos del rastrojo. Teniendo en cuenta el bajo contenido de lípidos en los rastrojos, no se estaría afectando de modo significativo el valor nutritivo del rastrojo amonificado.

La digestibilidad de los carbohidratos solubles contenidos en rastrojo de maíz y estimado a través del extracto libre de nitrógeno, también tuvo mejoras por efecto de la amonificación (Cuadro 8), e incrementó la disponibilidad de carbohidratos para la fermentación ruminal.

La amonificación de rastrojos de maíz puede mejorar el nivel de consumo entre 23 a 34 % (Cuadro 8), siendo superior al 15 % señalado por Escobar y Parra (1980) para otros rastrojos en ovinos. Los resultados indican mejores niveles de consumo para los rastrojos amonificados, los cuales podrían estar influenciados por la digestibilidad de carbohidratos. Pero también puede estar influenciado por el efecto del amonificado sobre la aceptabilidad del rastrojo, que parece mejorarse cuando el silo posee una cobertura (SC, SE), a diferencia del silo expuesto al ambiente que incorpora en su contenido el olor del plástico.

La interacción de los efectos del tamaño de partícula y del el tipo de amonificación-conservación sobre los parámetros de digestibilidad y consumo no fueron significativos para los tratamientos evaluados. Sin embargo es obvio que el rango de longitud de partícula evaluado en el rastrojo de maíz permitió un adecuado proceso de amonificación, si lo comparamos frente al rastrojo no picado.

#### **4.2 Efecto de suplementar rastrojo de maíz amonificado junto a tres niveles de subproducto de tubérculo de papa sobre la ganancia de peso de ovinos que pastorean una asociación gramínea leguminosa, en época seca**

##### **4.2.1 Efecto de la suplementación de rastrojo de maíz amonificado y subproducto de papa sobre la ganancia de peso de ovinos en pastoreo**

Los sistemas pastoriles de climas templados basados en asociaciones gramínea leguminosa, como los que existen en la Sierra Central, resultan suficientes para lograr cubrir satisfactoriamente las necesidades nutritivas de los ovinos en crecimiento, cuando la disponibilidad del forraje no resulta restrictivo para que los ovinos puedan maximizar su selección e ingerir los componentes foliares de mayor digestibilidad (Preston y Leng, 1987).

Los resultados del presente estudio señalan superioridad en la ganancia de peso de ovinos en el sistema pastoril frente a la mayoría de los otros tratamientos (Cuadro 9). Y arroja una respuesta de tendencia cuadrática ( $p < 0,05$ ) cuando se aplicaron niveles crecientes de suplementación con subproducto de papa a raciones que combinaban cuatro horas de pastoreo más rastrojo de maíz amonificado. El mismo patrón de respuesta cuadrática lo reportó Radunz y col. (2003) en bovinos de carne, que recibieron en su dieta niveles crecientes de subproducto de papa.

Cuadro 9. Efecto de la suplementación con rastrojo de maíz amonificado (RMA) y subproducto de papa fresca (SPF) sobre la ganancia de peso de ovinos bajo pastoreo (g/ovino/día).

Tratamiento <sup>1</sup>	T0: Pastoreo 8 h	T1: Pastoreo 4 h más RMA	T2: Pastoreo 4h más RMA más 200 g de SPF	T3: Pastoreo 4h más RMA más 400 g de SPF	T4: Pastoreo 4h más RMA más 600 g de SPF
Sexo <sup>1</sup>					
Macho	202	177	146	144	203
Hembra	131	106	100	109	109

<sup>1</sup>Factor con efecto significativo ( $p < 0,01$ )

Es entendible que el reemplazo de cuatro horas de pastoreo con rastrojo de maíz amonificado diera una menor ganancia de peso, sustentado por que el rastrojo, pese a mejorar su tasa de pasaje y consumo (3 % de peso vivo en MS, según Ensayo 1) por la amonificación, no llega a los niveles de consumo que reportan los pastos cultivados en pastoreo, estimado en 3,6 % del peso vivo en MS (para una pastura que produce 12 TM/Ha/año y tolera una carga promedio de 30 ovinos con 30 Kg de peso promedio), dando lugar a una menor digestión y absorción de nutrientes para una óptima ganancia de peso. Además, el nitrógeno proporcionado por el rastrojo amonificado generaría un desbalance proteína energía en la ración con la consecuente ineficiencia en la síntesis de proteína microbiana y pérdidas de energía, dando lugar a una menor respuesta en la ganancia de peso.

Se puede comprobar un ligero descenso en el consumo de materia seca del rastrojo cuando se incrementa el nivel de subproducto de papa, pero el consumo acumulado parcial aumenta (Cuadro 10), indicando un efecto aditivo y sustitutivo de la papa sobre el rastrojo. Es lógico suponer que los consumos de pastos cultivados en las cuatro horas de



pastoreo fueron decrecientes e inversamente proporcionales a los niveles de subproducto de papa.

Cuadro 10. Consumos parciales de rastrojo amonificado de maíz con niveles crecientes de subproducto de papa en ovinos bajo pastoreo.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Consumo de rastrojo amonificado g MS/Kg peso metabólico	23.18	22.97	21.84	21.67
Consumo de subproducto de papa g MS/Kg peso metabólico	0.00	3.50	6.83	9.95
Consumo de rastrojo y papa en g MS/Kg de peso metabólico	23.18	26.46	28.67	31.63
Consumo de rastrojo en % de peso vivo	0.96	0.97	0.91	0.90
Consumo de papa en % de peso vivo	0.00	0.15	0.29	0.41
Consumo de rastrojo y papa en % de peso vivo	0.96	1.12	1.20	1.31

Resulta un tanto controvertido que los tratamientos T2 y T3 logren menores ganancias de peso, puesto que estas raciones recibieron subproducto de papa además de lo suministrado a T1. Para lo cual tenemos dos posibles explicaciones:

a) El almidón del subproducto de papa, clasificado como almidón de lenta degradación (5 %/h), puede elevar ligeramente la concentración de ácidos grasos volátiles y el pH a nivel ruminal (Monteils y col., 2002), modificando el medio de manera sostenida por más de 12 horas para beneficio de los microorganismos amilolíticos y perjuicio de los celulolíticos. Esto traería consecuencias negativas para la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz amonificado y de la pastura.

b) Se han identificado presencia de glicoalcaloides en la papa, los que aumentan cuando esta se expone a la luz y la tornan verdosa, tienen efectos tóxicos y producen muerte celular (Friedman, 2006), efecto al que los microorganismos ruminales no escapan. Por la coloración el subproducto de papa empleada en este estudio debió contener un nivel intermedio de esos compuestos.

En cambio, para el caso de T4 el nivel de suplementación del subproducto de papa es mayor, lo cual no modifica lo señalado para T2 y T3, pero permitiría una mejor producción

de ácido propiónico, principal precursor glucogénico, ideal para cubrir los gastos energéticos del incremento de peso. En cuanto al efecto de los glicoalcaloides de la papa, estos serían reducidos debido a que el calor de fermentación ruminal, incrementado por la inclusión de una mayor cantidad de papa, inactivaría a estos compuestos.

Asimismo en T4, el nitrógeno adicional que proporciona el rastrojo de maíz junto a la energía liberada por fermentación del subproducto de papa permitiría un equilibrio entre estos dos nutrientes, haciendo eficiente la producción de proteína microbiana, componente importante para el crecimiento de los tejidos.

Los argumentos anteriormente señalados contribuirían a explicar las razones por las que T4 alcanza ganancias de peso muy cercano a lo obtenido en ovinos con pastoreo de 8 horas.

Los ovinos machos mostraron una ganancia de peso superior a las hembras ( $p < 0,01$ ), y reafirman su excelente aptitud para procesos de engorde.

#### **4.2.2 Nivel de suplementación de subproducto de papa en ovinos alimentados con pasturas cultivadas y rastrojo de maíz amonificado**

Puesto que los resultados de ganancia de peso muestran una tendencia cuadrática para los niveles crecientes de suplementación con subproducto de papa ( $p < 0,05$ ), se han elaborado dos curvas de regresión cuadrática (Figura 2), para ovinos machos y hembras, respectivamente.

Teniendo en consideración que las mejores respuestas en ganancias de peso se produjeron en sistemas pastoriles en pasturas cultivadas con 8 horas de pastoreo (Huamán y col., 2000), las ganancias de peso máximas esperadas son de 202 y 131 g/día para machos y hembras, respectivamente. Para los cuales se requerirá un nivel de suplementación de 570 y 1,011 g de subproducto de papa para ovino macho y hembra, respectivamente. Donde el dato del macho muestra una mayor confiabilidad (Figura 2).

El suministro en conjunto del rastrojo de maíz amonificado y el subproducto de papa picado en un comedero de tipo lineal, permitió observar una mayor preferencia de los ovinos por el subproducto de papa en relación al rastrojo, acción que probablemente dio lugar a ciertas ventajas para los machos en capacidad de consumo, dado su mayor fortaleza y tamaño, respecto a las hembras. Por lo tanto no se descarta que haya

ocurrido una leve subestimación del consumo del subproducto de papa en machos, sin embargo el nivel de suplementación recomendado no deja de ser un buen punto de referencia para su aplicabilidad en campo.

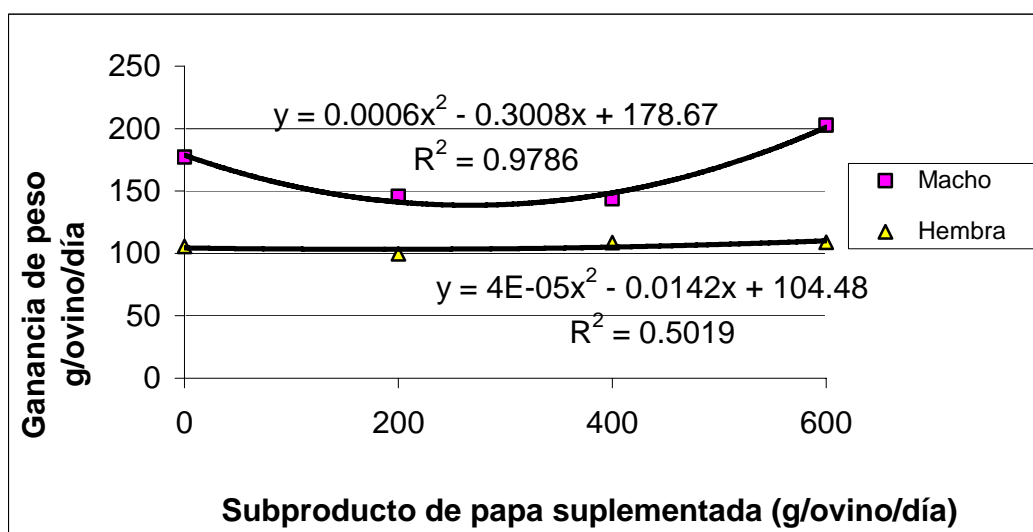


Figura 2. Curvas de regresión entre ganancia de peso y suplementación con subproducto de papa

También es factible que puedan obtenerse mayores ganancias de peso a las obtenidas con pasturas cultivadas, si la capacidad genética de los animales lo permite. Donde niveles de suplementación mayores a los evaluados mostrarían sus efectos; no obstante requiere de ensayos experimentales para su evaluación.

#### 4.2.3 Ratio beneficio costo de los sistemas de alimentación evaluados

Los indicadores económicos para el ensayo 2 del presente estudio se presentan en el Cuadro 11. Donde resaltan tres aspectos: a) la influencia positiva de la inclusión del rastrojo amonificado de maíz para abaratar costos y mejorar beneficios y b) poca respuesta del ovino hembra para actividades de engorde y c) el uso de subproducto de papa solo alcanza mérito económico con altos niveles de suplementación (600 g/ovino/día).

El costo promedio actual del rastrojo de maíz es de s/. 500 por hectárea, con un rendimiento promedio de 10 TM/Ha, pero el proceso de amonificación para mejorar su valor nutritivo agrega un costo adicional, resultando un costo aproximado de S/. 0,08 por Kg de MS de rastrojo de maíz amonificado. Este costo es menor que el costo del pasto

cultivado (rye grass - trébol), estimado en S/. 0,12. Es así que cuanto mayor sea la participación del rastrojo en la dieta beneficiará económicamente al productor. Sin embargo cuando los niveles de rastrojo de maíz amonificado alcanzan el 30 % de la ración diaria, como ocurrió en el presente estudio, la rentabilidad se reduce a causa de una menor ganancia de peso y se esperaría un decremento marcado en este parámetro cuando los niveles de rastrojo amonificado superan el 30 %.

Cuadro 11. Indicadores económicos para sistemas de alimentación evaluados en el engorde de ovinos para un período de 24 días

Sexo	Tratamientos	Costo de producción	Ganancia de peso	Beneficio	Ratio B/C	Rentabilidad (%)
Macho	T0	12.1	4.8	17.0	1.4	40
	T1	11.2	4.2	14.9	1.3	33
	T2	11.4	3.5	12.3	1.1	8
	T3	11.6	3.5	12.1	1.0	5
	T4	11.8	4.9	17.1	1.4	44
Hembra	T0	12.1	3.1	10.9	0.9	-10
	T1	11.2	2.5	8.8	0.8	-22
	T2	11.4	2.4	8.4	0.7	-26
	T3	11.6	2.6	9.1	0.8	-23
	T4	11.8	2.6	9.1	0.8	-23
Promedio	T0	12.1	4.0	13.9	1.1	15
	T1	11.2	3.4	11.8	1.1	5
	T2	11.4	3.0	10.3	0.9	-9
	T3	11.6	3.0	10.4	0.9	-10
	T4	11.8	3.7	13.1	1.1	11

Una estrategia viable para mejorar la ganancia de peso y consecuentemente la rentabilidad de ovinos alimentados con rastrojo de maíz amonificado y pastoreo restringido en pasturas asociadas es la inclusión de insumos con alto contenido de carbohidratos solubles como la papa, obviamente se da un incremento en el costo de producción. Pero la respuesta económica favorable solo es correspondida con niveles de subproducto de papa de por lo menos 600 g/ovino/día, señalado en T4 (Cuadro 11).

## V. CONCLUSIONES

1. El procesamiento que combina amonificación con un tamaño de partícula próximo a los 2 cm y en un silo plástico expuesto al medio ambiente, es un método práctico y económico que favorece la digestibilidad y consumo de rastrojos de maíz en ovinos.
2. La amonificación mejora significativamente la digestibilidad y consumo del rastrojo de maíz, en ovinos. Parámetros que mejoran cuando la amonificación se lleva a cabo en silos plásticos bajo condiciones de temperatura alta y constante.
3. La suplementación con niveles crecientes de subproducto de papa fresca a dietas de pastoreo restringido más rastrojo de maíz amonificado, muestra una respuesta cuadrática en ganancia de peso, donde un nivel de 570 g de suplemento en ovinos machos permite ganancias de peso similares a las obtenidas con pastos cultivados.
4. La inclusión de rastrojo de maíz amonificado en niveles no mayores a 30 % en las raciones de ovinos es una alternativa viable para la estación seca, pero sus beneficios económicos no superan al sistema pastoril.

## VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. Alwash, A. H., and P.C. Thomas. 1974. Effect of the size of hay particles on digestion in the sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 25:139-147.
2. Araujo, O. y Rodríguez N. 2001. La amonificación de henos como técnica para mejorar su aprovechamiento. *Rev Inv Vet Perú. Suplemento 1*:88-91.
3. Badurdeen, A. L., Ibrahim, M. N. M., and J. B. Schiere. 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. *AJAS 7*: 165-169.
4. Bojórquez A. 1981. Estudio comparativo de la producción de carne en caponcitos Junín, sometidos a 4 sistemas de explotación. Tesis para obtener el título de Ingeniero Zootecnista. UNALM. Lima Perú. 97 p.
5. Bojórquez, C. 1998. Producción de pastos cultivados en tres zonas agroecológicas de la Sierra Central. *Rev.Inv.Pec. (IVITA). UNMSM. 9(1)*:20-31.
6. Bondi, A. 1988. *Nutrición Animal*. Editorial ACRIBIA. Zaragoza. España. p. 61-70.
7. Bowman, J.G.P. and J.L. Firkins. 1993. Effects of forage species and particle size on bacterial cellulolytic activity and colonization in situ. *J. Anim. Sci.* 71(6):1623-33.
8. Calderón, J.M. 1980. Carga ovina en pasturas permanentes cultivadas en la Sierra Central. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. 60 p.

9. Chemey, D.J.R.; D.R. Mertens and J.E. Moore. 1991. Fluid and particulate retention times in sheep as influenced by intake level and forage morphological composition. J. Anim. Sci. 69:413-422.
10. Colenbrander V.F., W.P. Weiss, D.L. Hill and N.J. Moeller. 1983. Ammonia and urea in corn silage-based complete mixed diets for dairy cows. J. Anim. Sci. 56(3):525-8.
11. De Blas C. y P. García. 1993. Tamaño de partícula de los forrajes en la alimentación de vacas lecheras y conejos. Bases fisiológicas y recomendaciones. En: IX Curso de especialización FEDNA. Barcelona. (Online). Disponible: [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP\\_1.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_1.pdf). (12/03/07)
12. Dixon, R.M. y A Escobar. 1984. Tratamiento con álcalis del pasto *Pennisetum purpureum* 1. Efecto del tratamiento con NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> y urea sobre la digestibilidad en bolsas de nylon. Producción Animal Tropical. 9: 58-66
13. Escobar, A. y R. Parra. 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: memorias de una reunión de trabajo efectuada en el Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. p. 93-130.
14. Fahmy, S.T. and E.R. Orskov. 1984. Digestion and utilization of straw. Effect of different supplements on the digestion of ammonia treated straw. Anim Prod. 88: 75-81.
15. Fernández, G., F. San Martín y E. Ecurra. 1997. Uso de bloques nutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo. Rev.Inv.Pec. IVITA (Perú). 8(1):29-38.
16. Fernández, M. y A. Huaylinos. 1986. Sistemas de producción agropecuarios y zonas agroecológicas del Valle del Mantaro. Programa de colaboración de investigación en pequeños rumiantes. SR-CRSP/INIPA. p. 11-18.
17. Flores, J.A. 1990. Bromatología animal. Tercera edición. Editorial Limusa. México. p. 524-554.
18. Florez, A. y Bryant. 1990. Manual de pastos y forrajes. Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en Rumiantes Menores – Texas Tech University – Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA). Dirección general de

- investigación pecuaria. Programa de investigación pastos y forrajes. Lima. Perú. 209 p.
19. Florez, A., E. Malpartida y F. San Martín. 1992. Manual de Forrajes para Zonas Áridas y Semiáridas Andinas. 1ra Ed., p. 31-35. Red de Rumiantes Menores (RERUMEN). Lima-Perú.
  20. Friedman, M. 2006. Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *J Agric Food Chem.* 54(23): 8655-81.
  21. Garret, W.N.; H.G. Walker, G.O. Kohler, A.C. Waiss, R.P. Jr. Graham, N.E. East, M.R. Hart. 1974. Nutritive value of NaOH and NH<sub>4</sub> treated rice straw. *Proceeding of the western section of the American society of animal science.* 25:317-320.
  22. Greenhalgh, J.F.D. and G.W. Reid. 1973. The effects of pelleting various diets on intake and digestibility in sheep and cattle. *Animal Production*, 16:223-233.
  23. Hindle, V.A., A.M. Vuuren van, A. Klop, A.A. Mathijssen-Kamman, A.H. van Gelder and J.W. Cone. 2005. Site and extent of starch degradation in the dairy cow – a comparison between *in vivo*, *in situ* and *in vitro* measurements. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 89: 158-165.
  24. Horton, G.M. and M. Steacy. 1979. Effect of anhydrous ammonia treatment of the intake and digestibility of cereal straw by steers. *J. Anim. Sci.* 48: 1239-1249.
  25. Huamán, A.E., R. Dávalos, F. San Martín, C. Bojórquez, F. Carcelén y A. Pérez. 2000. Compensación al menor tiempo de pastoreo con diferentes niveles de heno de alfalfa en el engorde de ovinos. *Rev. Inv. Vet. Perú;* 11(2):1-5.
  26. Hunter, R.A. and J.F. Vercoe. 1984. The role of urea in the nutrition of ruminants fed low quality roughage diets. *Outlook on Agriculture.* 13:154-159.
  27. Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
  28. Ibrahim, M.N. y J.P. Schiere. 1985. Factors affecting urea ammonia treatment of rice straw. *Fibrous Agricultural Residues Newsletter.* 5(3):4.
  29. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 1996. III Censo nacional agropecuario. Perfil agropecuario departamento de Junín. Lima. Perú. 400 p.



30. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM). 1998. Estructuras y Dinámicas del Espacio Agropecuario. (Online). Disponible: <http://inei.inei.gob.pe/inei/cenagro1994/>. (10/12/2006).
31. Jackson, M.G. 1977. The alkali treatment of straw. *Animal feed and technology*. 2:105-130.
32. Jackson, M.G. 1978. Treating straw for animal feeding. *Animal Production and Health*. FAO-ROMA. 10:68.
33. Jarrige R., C. Demarquilly, and J.P. Dulphy. 1982. Forage conservation. In: *Nutritional limits to animal production from pastures*. Editor J.B. Hacker. Proceedings of an International Symposium held at St. Lucia, Queensland, Australia, August 24 th – 28 th, 1981. 363-387.
34. Kaske, M., S. Hatiboglu and W.V. Engelhardt. 1992. The influence of density and size of particles on rumination and passage from the retículo-rumen of sheep. *British Journal of Nutrition*. 67:235-244.
35. Klopfenstein, T. 1978. Chemical treatment of crop residues. *J. Anim. Sci.* 46:841-848.
36. Klusmeyer, T.H., M.R. Cameron, G.C. McCoy, and J.H. Clark. 1990. Effects of feed processing and frequency of feeding on ruminal fermentation, milk production and milk composition. *J. Dairy Sci.* 73(12):3538-3543.
37. Laforé, M.E. 1999. Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario en el Valle del Mantaro. Tesis para optar el Título de Médico Veterinario. UNMSM. Lima. 90 p.
38. Lascano, E.C.; R. Borel, R. Quiroz, J. Zorrilla, C. Chávez y C. Wernli. 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. En *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación*. Edit. M. Ruiz y A. Ruiz. 1ra edición. IICA-RISPAL. Costa Rica. p. 159-168.
39. Malpartida, E. 1992. Pasturas, Establecimiento y manejo. En *manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas andinas*. Editor A. Flórez. RERUMEN. Lima, Perú.

40. Manyari, C., y A. Blanco. 1985. Engorde de ovinos con pastos cultivados, sales minerales y ralgro en la C.C. "San Ignacio de Junín". En Resumen VIII Reunión Científica Anual APPA. Huancayo. Perú.
41. Matras, J., S.J. Bartle and R.L. Preston. 1991. Nitrogen utilization in growing lambs: Effects of grain (starch) and protein sources with various rates of ruminal degradation. J. Anim. Sci. 69:339.
42. Mayer, E. 1981. Uso de la tierra en los Andes. Ecología y agricultura en el Valle del Mantaro del Perú con referencia especial a la papa. CIP. Lima, Perú.
43. Ministerio de Agricultura. 1997. Estadística Agraria mensual. Oficina de Información Agraria. Lima. Perú.
44. Ministerio de Agricultura. 2006. Realidad y problemática del sector pecuario. (Online). Disponible: [http://www.minag.gob.pe/pecuaria/pec\\_real\\_ovinos.shtml](http://www.minag.gob.pe/pecuaria/pec_real_ovinos.shtml). (20/12/2006).
45. Minson, D.J. 1963. The effect of pelleting and wafering on the feeding value of roughage – a review. Journal of the British Grassland Society, 18:976-982.
46. Monteils, V., S. Jurjanz, O. Colin-Schoellen, G. Blanchart and F. Laurent. 2002. Kinetics of ruminal degradation of wheat and potato starches in total mixed rations. J. Anim. Sci. 80:235-241.
47. Moreno, J. 2007. Calidad de papa para usos industriales. Programa Regional Agrícola. CORPOICA. C.I. Tibaitatá. Santafe de Bogotá, Colombia. (Online). Disponible: <http://www.redepapa.org/calidadpapa.pdf>. (30/08/07).
48. Oji, U.I., D.N. Mowat and J.E. Winch. 1977. Alkali treatment of corn stover to increase nutritive value. J. Anim. Sci. 44:978.
49. Oji, U.I., D.N. Mowat and J.G. Buchanan-Smith. 1979. Nutritive value of thermoammoniated and steam-treated maize stover. I. Intake, digestibility and nitrogen retention. Animal Feed Science and Technology. 4:177-186.
50. Orskov, E.R. 1990. Nutrición de los rumiantes. Principios y Práctica. 2da. Ed. p. 75. Editorial Acribia S.A. Rowett Research Institute. Aberden. Zaragoza. España.

51. Owen, E. 1976. Farm wastes: straw and another fibrous materials. In: Food production and consumption, the efficiency of human food chain and nutrient cycles. A.N. Duckham. North Holland Publishing Company.
52. Pidgen, W.J. y F. Bender. 1972. Aprovechamiento de la lignocelulosa por los rumiantes. Revista Mundial de Zootecnia, FAO-ROMA, 1:7-10.
53. Preston, T.R. y R.A. Leng. 1987. 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. 2da. Ed. Centro Internacional Pecuario para África (ILCA). Colombia. p. 169-204.
54. Radunz, A.E., G.P. Lardy, M.L. Bauer, M.J. Marchello, E.R. Loe and P.T. Berg. 2003. Influence of steam-peeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. J. Anim. Sci. 81:2675-2685.
55. Robles, A.Y., R.L. Belyea, F.A. Martz and M.F. Weiss. 1980. Effect of particle size upon digestible cell wall and rate of in vitro digestion of alfalfa and orchard grass forages. J. Anim. Sci. 51(4):783-90.
56. Saenger, P.F., R.P. Lemenager and K.S. Hendrix. 1982. Anhydrous ammonia treatment of corn stover and its effects on digestibility, intake and performance of beef cattle. J. Anim. Sci. 54:419.
57. SAS. 2000. SAS/STAT® User's Guide (Release 8.1). SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA.
58. Siebert, B.D. and R.A. Hunter. 1981. Supplementary feeding of grazing animals. In: Nutritional limits to animal production from pastures. Editor J.B. Hacker. Proceedings of an International Symposium held at St. Lucia, Queensland, Australia, August 24 th – 28 th, 1981. 409-426.
59. Solaiman, S.G., G.W. Horn and F.N. Owens. 1979. Ammonium hydroxide treatment on wheat straw. J. Anim. Sci. 49:802-808.
60. Schiere J.B., A.J. Nell and M.N. Ibrahim. 1984. Approaches determine the economics of feeding urea ammonia treated straw, untreated straw or urea supplement straw. Fibrous agricultural residues newsletter. 4:3.
61. Schukking, S. 1976. The history of silage making. Stickstof 19, 2-11.

62. Sundstol, F. and E.C. Owen. (Eds) 1984. Straw and other fibrous by-products as feed. Development in Animal and Veterinary Science 14. Elsevier. Ámsterdam. The Netherlands.
63. Sundstol, F., E. Coxworth y O.N. Nowat. 1978. Mejora del valor nutritivo de la paja mediante tratamiento con amoníaco. Revista Mundial de Zootecnia. FAO Roma. 26:13-21.
64. Taniguchi, K., G.B. Huntington and B.P. Glenn. 1995. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. J. Anim. Sci. 73: 236.
65. Tapia, M.E. 1987. El ecosistema de los Andes del sur del Perú y su relación con los pastizales. En pastoreo y pastizales de los Andes sur del Perú. INIPA/PCAIRM. Lima, Perú. p. 47-76.
66. Tafaj, M., H. Steingass, W. Drochner. 2001. Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants. 2. Passage, digestibility and feed intake. Arch Tierernahr. 54(3): 243-59.
67. Tarkow, H. and Feist, W.C. 1969. A mechanism for improving the digestibility of lignocellulosic materials with dilute alkali and liquid ammonia. En Gould, R.F., ed., cellulases and their applications, Advances in chemistry, Series 95, American Chemical Society, Washington D.C. p. 197-218.
68. Thierolf, J.G., H. Castillo y F. Konold. 1981. Pastos cultivados en la Sierra y engorde compensatorio de ovinos. Cooperación Técnica en Planificación Peruano – Alemana. Lima. Perú. 85 p.
69. Thomson, D.J. 1972. Physical form of the diet in relation to rumen fermentation. Proceedings of the nutrition society, 31:127-134.
70. Universidad Nacional Agraria La Molina. 1974. Manual del maíz. Programa cooperativo de investigaciones en maíz. Comité de productores de maíz. Lima Perú. 42 p.
71. Valkeners, D., A. Théwis, F. Piron and Y. Beckers. 2004. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscled Belgian Blue bulls. J. Anim. Sci. 82:1818–1825.

72. Vilchez, J. y Castillo. 1985. Engorde de ovinos capones y caponcillos en pastos cultivados y naturales e implante de ralgro. En: Resúmenes VIII Reunión Científica Anual APPA. Huancayo. Perú.
73. Waiss, A.C., J. Jr. Güggolz, G.O. Jr. Kohler, H.G. Walter and W.N. Garrett. 1972. Improving digestibility of straws for ruminant feed by aqueous ammonia. *Journal of Animal Science*, 35:109-112.
74. Williams, T.O., S. Fernández-Rivera and T.G. Kelley. 1997. The influence of socioeconomic factors on the availability and utilization of crop residues as animal feeds. En: *Crop residues in sustainable mixed crop/livestock farming systems*. Cap 2. Ed. C. Renard. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) India.
75. Zorrilla-Rios J., G.W. Horn, W.A. Phillips and R.W. McNew. 1991. Energy and protein supplementation of ammoniated wheat straw diets for growing steers. *J. Anim. Sci.* 69(5):1809-19.

## APÉNDICE

### Apéndice 1

**Datos complementarios para el primer ensayo: Efecto del tamaño de partícula y tipo de amonificación-conservación sobre la digestibilidad *in vivo* y consumo de rastrojos de maíz, en ovinos**

Cuadro 1A. Datos de la evaluación experimental en el primer ensayo.

AC	TP	OV	DMS	DMO	DPC	DFC	DEE	DELN	PCAO	C	Sel
SS	1	A	54.36	56.52	13.33	63.5	59.1	56.6	57.1	0.525	85.9
SS	1	B	62.77	64.49	40.67	72.2	72.9	62.9	43.67	0.395	72.75
SS	1	C	56.25	57.64	12.45	66.2	69	56.5	52.48	0.479	79.58
SS	1	D	53.87	55.48	14.53	62.8	50.7	55.1	51.55	0.468	61.02
SS	2	A	58.36	60.02	23.78	67.1	59.9	59.2	58.51	0.530	72.85
SS	2	B	55.41	56.99	19.41	62	41.2	58.2	35.09	0.324	98.09
SS	2	C	64.76	66.64	40.82	74.8	79.9	64.5	57.36	0.521	80.41
SS	2	D	54.40	55.7	8.16	64.6	65.6	54.6	49.21	0.451	100
SS	3	A	47.67	49.55	0	59.9	65.6	48.1	57.09	0.507	74.79
SS	3	B	66.71	67.27	35.44	71	50.8	68.1	35.78	0.333	75.72
SS	3	C	56.51	58.45	18.3	64.7	56	58.7	50.24	0.456	88.85
SS	3	D	55.96	58.23	27.09	68.1	71.7	55.8	52.96	0.485	81.37
SS	4	A	45.77	48.6	9.74	60.9	66.7	45.5	54.47	0.505	70.25
SS	4	B	74.38	74.49	45.83	79.4	75	74.2	34.14	0.306	95.47
SS	4	C	57.04	58.31	19.36	64.6	47.9	58.4	45.72	0.422	100
SS	4	D	56.82	58.62	19.91	64.4	48.6	59.2	44.12	0.395	91.46
SA	1	A	61.44	62.81	65.31	70.9	41.6	57.2	70.36	0.596	52.02
SA	1	B	72.27	74.23	71.91	81	45.4	71.5	60.29	0.552	68.5
SA	1	C	67.42	69.12	68	76.8	55.2	64.8	59.87	0.590	41.64
SA	1	D	64.61	66.73	60.34	73.4	36.5	65.2	44.44	0.436	92.16
SA	2	A	64.50	66.79	60.41	74.5	36.3	24.1	64.38	0.580	56.52
SA	2	B	74.15	75	78.96	79.3	55.2	71.3	57.42	0.537	50.27
SA	2	C	69.07	71.26	68.37	79	39.2	68.1	62.83	0.556	80.13
SA	2	D	69.83	70.99	72.38	76.9	53	67.4	38.46	0.416	74.98
SA	3	A	60.04	62.08	60.98	71.4	40.2	56.8	57.23	0.577	68.42
SA	3	B	62.03	64.45	57.62	72.5	31.9	61.6	58.8	0.434	78.22
SA	3	C	59.20	60.48	68.15	66.3	29.2	54.6	50.4	0.422	100
SA	3	D	70.26	72.37	68.8	80.5	41.4	68.8	70.53	0.690	54.89
SA	4	A	69.90	72.02	69.23	79.6	40.7	68.9	63.63	0.715	69.85
SA	4	B	69.10	70.94	69.49	78.1	60.3	66.6	62	0.516	100
SA	4	C	69.83	71.68	66.25	77.7	45.9	70	48.53	0.478	71.81
SA	4	D	65.75	66.92	70.54	73.5	40.6	61.9	62.79	0.528	84.72
SC	1	A	61.23	63.85	57.39	71.3	55.1	61.3	54.88	0.543	65.89
SC	1	B	70.97	73.55	63.93	77.9	79.4	73.5	55.25	0.578	71.3
SC	1	C	65.50	68.15	62.18	73.8	54.6	67	55.48	0.525	85.26

SC	1	D	68.01	70.37	62.77	76	59.1	69.2	58.5	0.618	63.72
SC	2	A	62.24	65.39	56.62	71.9	51.4	64.1	58.03	0.710	82.2
SC	2	B	66.19	68.55	63.98	74.6	60.9	66.6	50.19	0.440	81.98
SC	2	C	63.69	66.95	55.12	71.5	74.5	67.3	50.22	0.637	71.6
SC	2	D	74.25	76.24	70.16	81.4	74.1	74.9	71.88	0.831	56.28
SC	3	A	65.21	67.89	60.24	74.6	60.8	66.2	65.42	0.655	67.3
SC	3	B	67.84	70.22	62.62	75.5	55.2	69.3	54.65	0.507	75.7
SC	3	C	65.36	67.76	62.9	74	59.9	65.7	48.04	0.495	89.41
SC	3	D	59.97	63.55	50.42	68.9	71.8	63.8	52.9	0.551	100
SC	4	A	65.21	68.26	56.41	74.7	74.9	67.5	67.49	0.658	78.47
SC	4	B	65.25	67.92	63.9	72	54.3	67.3	46.66	0.516	90.07
SC	4	C	69.39	71.63	64.41	76.5	57.3	70.9	58.11	0.614	90.2
SC	4	D	57.76	60.63	53.86	68.6	51.1	58	53.43	0.638	49.53
SE	1	A	62.24	64.86	58.79	78.8	42.1	57.8	62.19	0.562	80.81
SE	1	B	74.67	76.67	72.25	85.4	47.7	74.2	51.4	0.505	76.3
SE	1	C	63.97	66.47	62.8	78.6	17.5	61.4	54.35	0.548	54.64
SE	1	D	65.49	67.68	65.01	77.8	35.4	64.2	55.44	0.567	59.87
SE	2	A	65.79	68.13	63.25	79.4	52	64	71.08	0.708	50.61
SE	2	B	78.88	80.21	77.92	87.9	59.1	76.2	47.03	0.531	69.81
SE	2	C	68.37	70.94	64.97	82.2	34.7	67.4	58.73	0.601	76.04
SE	2	D	73.66	75.48	72.94	84.3	39.7	71.8	54.54	0.637	64.2
SE	3	A	63.47	66.04	61.73	78.7	16.3	60.7	59.32	0.610	72.95
SE	3	B	59.56	62.02	60.2	73	24.4	58.4	50.18	0.374	92.78
SE	3	C	69.84	71.86	67.71	82.9	41.6	66.2	53.17	0.560	69.81
SE	3	D	64.76	67.55	61.36	79.7	27.3	64.1	51.83	0.505	84.22
SE	4	A	73.43	75.68	70.15	85.5	45.2	72.2	73.66	0.893	63.3
SE	4	B	63.96	66.34	64.65	77.2	17.5	62.1	45.06	0.425	100
SE	4	C	79.18	80.53	78.63	86.8	61.1	78.3	59.09	0.671	58.97
SE	4	D	64.16	66.55	61.74	79.6	30.6	59.8	54.89	0.588	71.9

Leyenda:

AC: Amonificación conservación.

TP: Tamaño de partícula.

Ov: Ovino.

DMS: Digestibilidad de la materia seca.

DMO: Digestibilidad de la materia orgánica.

DPC: Digestibilidad de la proteína cruda.

DFC: Digestibilidad de la fibra cruda.

DEE: Digestibilidad del extracto etéreo.

DELN: Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno.

PCMS: Porcentaje de consumo de materia seca.

Sel: Selectividad.

C: Consumo.

Cuadro 2A. Digestibilidad, consumo y selectividad de rastrojos de maíz en ovinos

Tipo de amonificación conservación	No amonificado ni ensilado (SS)				Amonificado en silo plástico y expuesto al medio ambiente (SA)				Amonificado en silo plástico colocado sobre el suelo y cubierto con 5 cm de tierra (SC)				Amonificado en silo plástico colocado en una poza de compostaje y cubierto con 20 cm de estiércol de cuy (SE)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tamaño de partícula (cm)																
Parámetros																
Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente (%)																
Materia Seca <sup>a</sup>	56,8	58,2	56,7	58,5	66,4	69,4	62,9	68,6	66,4	66,7	64,6	64,4	66,6	71,7	64,4	70,2
Materia Orgánica <sup>a</sup>	58,5	59,8	58,4	60,0	68,2	71,0	64,8	70,3	69,0	69,3	67,4	67,1	68,9	73,7	66,9	72,3
Proteína cruda <sup>a</sup>	20,2	23,0	20,2	23,7	66,4	70,0	63,9	68,9	61,6	61,4	59,0	59,6	64,7	69,8	62,8	68,8
Fibra cruda <sup>a</sup>	66,2	67,1	65,9	67,3	75,5	77,4	72,7	77,2	74,7	74,8	73,2	73,0	80,1	83,4	78,6	82,3
Extracto etéreo <sup>a</sup>	62,9	61,7	61,0	59,5	44,7	45,9	35,7	46,9	62,0	65,2	61,9	59,4	35,7	46,4	27,4	38,6
Extracto libre de nitrógeno <sup>a</sup>	57,7	59,1	57,7	59,3	64,7	67,7	60,5	66,9	67,7	68,2	66,3	65,9	64,4	69,9	62,3	68,1
Consumo de materia seca (g/ovino/día) <sup>a</sup>	467	457	445	407	544	522	531	559	566	654	552	606	545	619	512	644
Porcentaje de consumo respecto al alimento ofrecido (%) <sup>a</sup>	51,2	50,0	49,0	44,6	58,7	55,8	59,2	59,2	56,0	57,6	55,3	56,5	55,8	57,8	53,6	58,2
Selectividad de estructuras foliares en alimento ofrecido (%)	74,8	87,8	80,2	89,3	63,6	65,5	75,4	81,6	71,5	73,0	83,1	77,1	67,9	65,2	79,9	73,5

<sup>a</sup> Parámetro donde hay efecto del factor tipo de amonificación conservación (p<0,01)



## Resultados del análisis de varianza

Cuadro 3A. Digestibilidad de materia seca

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	354.3	118.10	4.37	0.0088
AC	3	1093.8	364.60	13.49	<0.0001
TP	3	167.4	55.80	2.06	0.1183
ACxTP	9	93.53	10.39	0.38	0.9365
Error	45	1216.25	27.03		
Total	63	2925.27	46.43		

Cuadro 4A. Digestibilidad de materia orgánica

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	299.09	99.70	4.08	0.012
AC	3	1219.22	406.41	16.65	<0.0001
TP	3	149.42	49.81	2.04	0.1216
ACxTP	9	82.32	9.15	0.37	0.9412
Error	45	1098.37	24.41		
Total	63	2848.42	45.21		

Cuadro 5A. Digestibilidad de proteína cruda

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	869.15	289.72	4.66	0.0064
AC	3	22581.2	7527.07	121.09	<0.0001
TP	3	206.07	68.69	1.11	0.357
ACxTP	9	76.63	8.51	0.14	0.9983
Error	45	2797.31	62.16		
Total	63	26530.36	421.12		

Cuadro 6A. Digestibilidad de fibra cruda

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	107.23	35.74	1.90	0.1431
AC	3	1716.88	572.29	30.43	<0.0001
TP	3	84.43	28.14	1.50	0.2284
ACxTP	9	46.74	5.19	0.28	0.978
Error	45	846.37	18.81		
Total	63	2801.64	44.47		

Cuadro 7A. Digestibilidad del extracto etéreo

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	43.69	14.56	0.11	0.9566
AC	3	7770.04	2590.01	18.71	<0.0001
TP	3	552.34	184.11	1.33	0.2765
ACxTP	9	593.99	66.00	0.48	0.8825
Error	45	6230.06	138.45		
Total	63	15190.12	241.11		

Cuadro 8A. Digestibilidad del extracto libre de nitrógeno

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	412.84	137.61	4.66	0.0064
AC	3	725.44	241.81	8.19	0.0002
TP	3	183.09	61.03	2.07	0.1181
ACxTP	9	107.29	11.92	0.40	0.9266
Error	45	1329.24	29.54		
Total	63	2757.9	43.78		

Cuadro 9A. Porcentaje de consumo ofrecido

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	1381.89	460.63	9.38	<0.0001
AC	3	857.71	285.90	5.82	0.0019
TP	3	14.98	4.99	0.10	0.9587
ACxTP	9	182.07	20.23	0.41	0.9221
Error	45	2210.31	49.12		
Total	63	4646.95	73.76		

Cuadro 10A. Porcentaje de selectividad de estructuras foliares

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	1145.65	381.88	1.96	0.1331
AC	3	1408.17	469.39	2.41	0.0791
TP	3	1349.65	449.88	2.31	0.0888
ACxTP	9	900.85	100.09	0.51	0.8563
Error	45	8754.79	194.55		
Total	63	13559.11	215.22		

Cuadro 11A. Consumo diario de materia seca por ovino

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Ovinos	3	0.21	0.07	12.73	<0.0001
AC	3	0.22	0.07	13.20	<0.0001
TP	3	0.03	0.01	1.64	0.193
ACxTP	9	0.05	0.01	1.09	0.389
Error	45	0.25	0.01		
Total	63	0.77	0.01		

## Apéndice 2

**Datos complementarios para el segundo ensayo: Efecto de suplementar rastrojo de maíz amonificado junto a tres niveles de subproducto de tubérculo de papa sobre la ganancia de peso de ovinos que pastorean una asociación gramínea leguminosa, en época seca**

Cuadro 12A. Ganancia de peso de ovinos bajo cinco sistemas de alimentación (g/ovino/día)

Tratamientos	T0: Pastoreo 8h		T1: Pastoreo 4h +Rastrojo de maíz amonificado a discreción		T2: Pastoreo 4h +Rastrojo de maíz amonificado a discreción + 200 g de papa fresca/ovino		T3: Pastoreo 4h +Rastrojo de maíz amonificado a discreción + 400 g de papa fresca/ovino		T4: Pastoreo 4h +Rastrojo de maíz amonificado a discreción + 600 g de papa fresca/ovino		
	Sexo	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra	Macho	Hembra
Ovinos											
1	167	42	104	104	229	83	125	63	104	83	
2	208	125	146	104	167	83	83	83	208	42	
3	229	167	229	125	167	0	188	125	208	125	
4	125	125	167	125	83	146	167	146	229	104	
5	229	146	208	21	83	83	208	125	167	146	
6	250	104	208	167	125	125	21	146	271	63	
7	250	125	146	104	146	146	63	63	188	167	
8	229	125	208	125	146	83	229	146	146	125	
9	167	167	188	63	146	83	104	63	271	63	
10	167	83	167	104	167	104	250	104	208	83	
11		125		63		83		104	229	146	
12		104		83		125		146		146	
13		167		83		125		146		125	
14		229		208		125		63			
Total	2020.8	1833.3	1770.8	1479.2	1458.3	1395.8	1437.5	1520.8	2229.2	1416.7	
Promedio	202.1	131.0	177.1	105.7	145.8	99.7	143.8	108.6	202.7	109.0	
n	10	14	10	14	10	14	10	14	11	13	

## Resultados del análisis de varianza

Cuadro 13A. Efecto de la suplementación con subproducto de papa sobre la ganancia de peso

Fuente	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
Tratamiento	4	33019.64	8254.91	3.95	0.0049
Papa lineal	1	2603.14	2603.14	1.25	0.2669
Papa cuadrático	1	13623.4	13623.40	6.52	0.0121
Sexo	1	118072.66	118072.66	56.48	<0.0001
Tratamiento x sexo	4	12543.01	3135.75	1.50	0.2072
Error	110	229968.77	2090.63		
Total	119	392103.7	3294.99		

## Estimación de costos par la producción de ovinos en sistemas pastoriles en Sierra, evaluando la inclusión de rastrojos de maíz amonificado y subproductos de papa

Datos del sistema productivo para la estimación de costos fijos:

Tipo de pastura: Asociación de rye grass italiano variedad Boxer con trébol rojo variedad Quinequelli.

Producción promedio de la pastura: 12,000 Kg MS/ha/año.

Carga animal de la pastura: 30 ovinos/ha/año.

Período de engorde: 2 meses.

Cuadro 14A. Costos fijos para el engorde de ovinos

Descripción	Costo Anual (S/.)	Costo diario/ovino (S/.)	Costo de alimento/ hora de pastoreo/ovino (S/.)
Mano de obra (un pastor por cada 120 ovinos)	4800	0.110	-
Mano de obra (un guardián nocturno por cada 120 ovinos)	4800	0.110	-
Pagos (impuestos) por uso de terrenos (1 ha)	300	0.027	-
Corral dormidero para 120 ovinos (depreciación)	400	0.009	-
Cerco eléctrico con capacidad para 120 ovinos (depreciación)	350	0.008	-
Pastura (1 ha)	1904	-	0.022
Total	12554	0.264	0.022

Datos del sistema productivo para la estimación de costos variables según tratamientos:

Costo de una hectárea de rastrojo de maíz: S/. 500.00

Rendimiento promedio de una hectárea de maíz: 10 TM de materia seca

Costo por tratamiento con urea de una tonelada de rastrojo: S/. 100.00

Costo de un kilo de subproducto de papa: S/. 0.05

Cuadro 15A. Costos variables unitarios en el engorde de ovinos según tratamientos

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	T4
Costo de antiparasitarios (S/.)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Costo de rastrojo de maíz amonificado (S/.)	0	1.18	1.10	1.07	1.09
Costo de subproducto de papa (S/.)	0	0	0.24	0.48	0.72
Total	1.60	2.78	2.94	3.15	3.41

Cuadro 16A. Costos de producción unitarios por período de engorde según tratamientos

Tratamientos	T0	T1	T2	T3	T4
Costo fijo sin pastura (S/.)	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33
Costo fijo de pastura (S/.)	4.17	2.09	2.09	2.09	2.09
Costo variable (S/.)	1.60	2.78	2.94	3.15	3.41
Total	12.10	11.20	11.35	11.56	11.83