

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MÉTODOS DE CONSERVACIÓN EN EL PREDIO  
DEL POROTO DE SOJA COSECHADO HÚMEDO**

**por**

**Enrique Eduardo Colzada Sellanes**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2009**

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. Laura Astigarraga

---

Ing. Agr. Ana Bianco

---

Ing. Agr. Cristina Cabrera

Fecha:

Autor:

---

Enrique Eduardo Colzada Sellanes

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que me dieron el apoyo necesario para hacer realidad esto que tanto anhelé. Mi hermana, que estuvo cerca durante casi toda la carrera aconsejándome con su experiencia, mi madre que desde el comienzo me facilitó el hogar de magisterio para quedarme los primeros años y luego siempre me apoyó durante todos estos años para todo lo que era necesario, y a mi padre que desde su profesión me brindó la iniciativa para elegir esta carrera. A mis tíos José y Silvia, y mi primo Manuel, que me cuidaron siempre cuando yo era nada más que un adolescente. No me quiero olvidar de Brian, el encargado del hogar y mis compañeros de convivencia, por la experiencia tan linda que me tocó vivir en el comienzo de la facultad.

A mi directora de tesis Ing. Agr. Laura Astigarraga quien supo centrarme en lo que es una investigación, con mucha paciencia y dedicación logró guiarme para su realización de forma correcta y honesta. Además de estar disponible en todo momento, pese a sus vastas actividades, para cualquier duda que se presente, lo que hace de una persona de la cual me ha enseñado mucho más de lo que respecta exclusivamente al trabajo final.

A la Ing. Agr. Ana Bianco quien me aportó información muy valiosa, además de estar disponible mientras yo concurría a la cátedra en los comienzos de la búsqueda de información. A los Ing. Agr. Santiago Dogliotti y Lucía Puppo, directores de una tesis que tuve que renunciar por cuestiones personales, y al compañero de la investigación Daniel Alvarez, que continuó con el trabajo.

A todos los docentes, compañeros, productores y trabajadores que hicieron que yo pueda continuar, ya sea brindándome información o facilitándome el cambio de fecha de parciales y exámenes. A todas esas personas que permitieron cumplir este sueño, no tengo nada más que decirles, muchas gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL POROTO DE SOJA Y SU EFECTO EN LA DIETA DE VACAS LECHERAS.....	2
2.1.1 <u>Composición del poroto de soja</u> .....	2
2.1.2 <u>Uso para alimentación animal</u> .....	5
2.2 INTERÉS DE LA COSECHA ANTICIPADA Y MÉTODOS DE CONSERVACIÓN A NIVEL PREDIAL.....	8
2.2.1 <u>Conservación por medio de pH ácido</u> .....	8
2.2.2 <u>Conservación por medio de pH alcalino</u> .....	12
2.3 PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN.....	17
2.3.1 <u>pH</u> .....	17
2.3.2 <u>Relación N amoniacal / N total</u> .....	17
2.3.3 <u>N asociado a las fracciones FDA o FDN</u> .....	18
2.4 CONCLUSIÓN A PARTIR DE LA REVISIÓN.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	22
3.1 LOCALIZACIÓN.....	22
3.2 MATERIALES UTILIZADOS.....	22
3.3 TRATAMIENTOS.....	22
3.4 DETERMINACIONES.....	23
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	23
4. <u>RESULTADOS</u> .....	24
4.1 EFECTO DEL CONTENIDO DE AGUA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA.....	24
4.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA SEGÚN EL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	25
4.3 EFECTO DEL AGREGADO DE UREA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA HÚMEDO SEGÚN EL PROCESAMIENTO.....	27

4.4 EFECTO DEL PROCESAMIENTO Y DEL AGREGADO DE UREA AL POROTO DE SOJA HÚMEDO SOBRE LOS PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN.....	29
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	32
5.1 EFECTO DEL CONTENIDO DE AGUA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA.....	32
5.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA SEGÚN EL CONTENIDO DE HUMEDAD.....	33
5.2.1 <u>Poroto de soja seco</u> .....	33
5.2.2 <u>Poroto de soja húmedo</u> .....	33
5.3 EFECTO DEL AGREGADO DE UREA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA HÚMEDO SEGÚN EL PROCESAMIENTO.....	34
5.3.1 <u>Poroto de soja entero</u> .....	34
5.3.2 <u>Poroto de soja molido</u> .....	35
5.4 EFECTO DEL PROCESAMIENTO Y DEL AGREGADO DE UREA AL POROTO DE SOJA HÚMEDO SOBRE LOS PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN.....	36
5.4.1 <u>Poroto húmedo molido con urea vs. Poroto húmedo entero sin urea</u> .....	36
5.4.2 <u>Poroto húmedo molido con urea vs. Poroto seco entero sin urea</u> .....	37
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	38
7. <u>RESUMEN</u> .....	39
8. <u>SUMMARY</u> .....	40
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	41

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<b>Cuadro No.</b>		<b>Página</b>
1.	Composición (%) del poroto de soja.....	3
2.	Composición química y estimación del valor nutritivo del Poroto de Soja.....	4
3.	Efecto de la composición en AA del suplemento proteico en raciones a base de ensilaje de maíz.....	6
4.	Concentración típica de los productos finales de la fermentación en ensilajes de grano húmedo.....	11
5.	Efecto del contenido de humedad sobre la conservación del poroto de soja entero sin urea.....	24
6.	Efecto del procesamiento sobre la conservación del poroto de soja según el contenido de humedad.....	26
7.	Efecto del agregado de urea sobre la conservación del poroto de soja húmedo según el procesamiento.....	28
8.	Efecto del procesamiento y el agregado de urea sobre la conservación del poroto húmedo en comparación al poroto húmedo entero y al poroto seco entero.....	30
<b>Figura No.</b>		
1.	Semilla de Soja.....	2
2.	Desarrollo y maduración de los granos.....	3

## **1. INTRODUCCIÓN**

En general en los sistemas pastoriles, cuando el suplemento no pasa del 25 al 30% de la dieta, la principal prioridad es asegurar un suministro de energía de alta calidad. Sin embargo en nuestros sistemas, durante el periodo invernal, cuando la pastura no representa más del 30% de la dieta (el resto es 30 a 40% ensilaje y 30 a 40% concentrado en base seca), el suministro de proteína de buena calidad pasa a ser una limitante de primer orden para las vacas de alta producción (30 l/d). Este problema se agudiza aun más en los tambos con alta carga (Astigarraga, 2004).

El aporte de proteína se puede paliar con el suministro de algún suplemento proteico (expeler de girasol, raicilla de cebada,...) pero no aportan la cantidad necesaria de proteína sin llevar asociado a ello una dilución del contenido energético de la dieta (ya que son suplementos proteicos pero de bajo contenido energético), sin contar el encarecimiento de la ración en la medida que en general son más costosos por kg MS que los suplementos energéticos.

El poroto de soja podría ser un excelente suplemento proteico (además de energético) para la suplementación de ganado lechero de alta producción. Es rico en aceites (polinsaturados) y su proteína es de alto valor biológico, rica en lisina y metionina (ambos aminoácidos considerados limitantes para síntesis de leche).

La difusión del uso de la soja como suplemento proteico en los tambos pasa por la búsqueda de alternativas que permitan al productor lechero producir parte del grano a utilizar (por ej. utilizando soja transgénica en áreas muy engramilladas) y cosechando el grano tempranamente de modo tal de liberar la chacra para las siembras de otoño. Por ello, es necesario ajustar métodos de conservación en el propio predio de la soja con niveles de humedad aún elevados (30% humedad).

Esta semilla no presenta gran cantidad de glúcidos solubles (a diferencia de los cereales) por lo cual es necesario verificar si la conservación por la vía de la fermentación láctica es factible o es necesario recurrir a otros métodos.

Se plantea como hipótesis que es posible conservar el poroto de soja húmedo por métodos que modifiquen el pH del material conservado en anaerobiosis. Por ello, este trabajo tiene como objetivo evaluar diferentes métodos de conservación de la soja cosechada anticipadamente, sobre la composición química de este material y su valor nutricional.

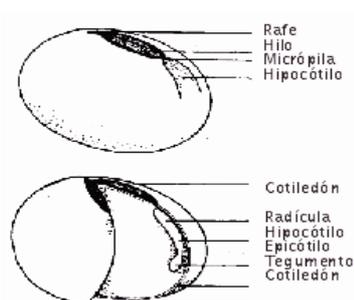
## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. CARACTERÍSTICAS DEL POROTO DE SOJA Y SU EFECTO EN LA DIETA DE VACAS LECHERAS**

#### **2.1.1 Composición del poroto de soja**

El poroto de soja se compone de una cobertura seminal o tegumento y un embrión compuesto por dos cotiledones, presentando un eje embrionario (epicótilo, hipocótilo y radícula) (Casini, 2008).

**Figura 1.** Semilla de Soja.



Fuente: Casini (2008).

Su composición se refleja por el cotiledón representando el 90 % de la semilla, mientras que su cubierta y la radícula corresponden al 8 y 2 %, respectivamente (Piquer Vidal, 1993).

Según Piquer Vidal (1993), el poroto de soja constituye una excelente fuente de energía y proteína para alimentación humana y animal como se puede apreciar en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Composición (%) del poroto de soja.

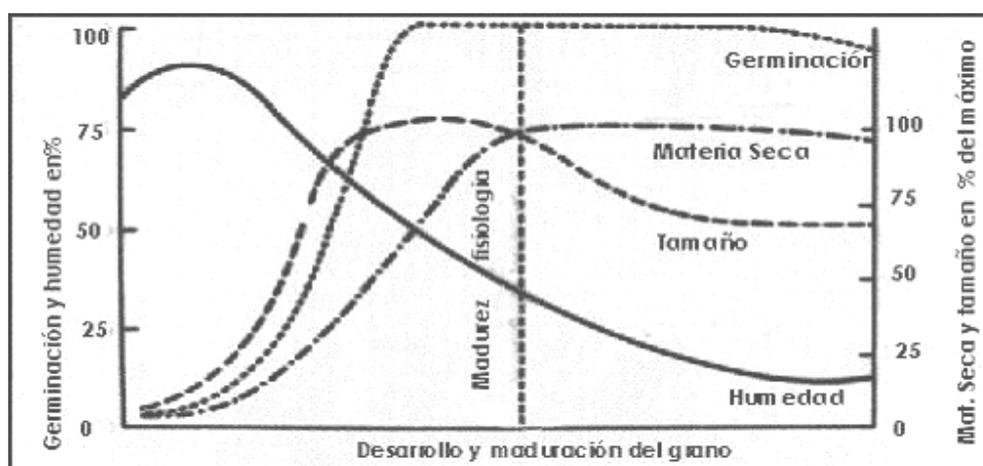
Fracción	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
Haba entera	40,0	21,0	34,0	4,9
Cotiledones	43,0	23,0	29,0	5,0
Cascarilla	8,8	1,0	86,0	4,3
Radícula	41,0	11,0	43,0	4,4

Fuente: Kawamura, citado por Piquer Vidal (1993).

El desarrollo de los granos de soja durante el cultivo es muy lento durante los primeros 10 a 15 días posteriores a la floración, el contenido de humedad aumenta hasta el 90 % y luego comienza a disminuir hasta el 50-55% a los 60 a 65 días, momento en que el grano alcanza la madurez fisiológica (MF). Luego sigue perdiendo humedad, llegando al 14% en el momento de la cosecha para extracción de grano seco.

El tamaño de los granos aumenta hasta los 60 días y luego decrece, a medida que se seca. A modo de ejemplo se muestra en la figura 2, el desarrollo y maduración del grano de soja (Casini, 2008).

**Figura 2.** Desarrollo y maduración de los granos.



Fuente: Casini (2008).

El poroto de soja puede ser incluido en la dieta del rodeo lechero. Su composición química presenta un alto contenido de proteína (Piquer Vidal 1993, Bargo 2004), y constituye además una muy buena fuente de energía (Piquer Vidal, 1993), aportando también nutrientes esenciales (Piquer Vidal, 1993).

**Cuadro 2:** Composición química y estimación del valor nutritivo del Poroto de Soja.

ITEM (% MS)	POROTO SOJA (Y SOJILLA)
Materia seca (MS)	91.4
Proteína Bruta (PB)	35.5
Fibra detergente neutro (FDN)	23.9
Fibra detergente ácido (FDA)	19.2
Lignina detergente ácido (LDA)	2.5
Lípidos (EE)	19.2
Carbohidratos No fibrosos (CNF)	13.7
Energía Neta lactancia (Mcal/kg MS)	2.69
Minerales:	
Cenizas	6.7
Calcio	0.26
Fósforo	0.71
Magnesio	0.26
Potasio	2.01
Aminoácidos (3):	
Lisina	5.98
Metionina	1.47
Arginina	7.52

Fuente: Gallardo et al. (2006).

La fracción correspondiente a los carbohidratos (34 %) se constituye de 13 a 24 % de FDN (Sniffen et al. 1992, Gaggiotti y Gallardo 2005, Gallardo et al. 2006), 19,2 % de FDA, 2,5 % de LDA y 13,7 de CNE (carbohidratos no estructurales) (Gallardo et al., 2006). Los CNE se calculan a partir de  $CNE = 100 - (PB + FDN + C + EE)$  (Gallardo et al., 2006).

El contenido de proteína cruda es elevado, puede ir desde 32,5 % (Gaggiotti y Gallardo, 2005), 35,5 % (Gallardo et al., 2006), 40 % (Piquer Vidal, 1993), hasta 42,8 % (Sniffen et al., 1992). Las proteínas almacenadas en la semilla son consideradas de reserva y son calificadas de menor calidad que las proteínas de la hoja (Van Soest, 1994).

La proteína soluble (PS) representa el 44,2 % del total de PC, la proteína insoluble en detergente ácido (PIDA) constituye un 2,9 % en el total de PC, el NNP un 22,6 % en el total de PS, y la proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) un 4,4 % en el total de PC (Sniffen et al., 1992). Presenta un elevado contenido de aminoácidos importantes como lisina, metionina y arginina (Gallardo et al., 2006).

El poroto de soja también contiene ureasas (Makkar y Singh, 1987). Estas ureasas se utilizan como indicador de la eficiencia de la desactivación de las sustancias antitripsina de la soja, cuando ésta es utilizada para alimentación de monogástricos (Vetifarma, 2006).

El tenor lipídico es alto, y puede ir desde 17,8 % (Gaggiotti y Gallardo, 2005), 18,8 % (Sniffen et al., 1992), 19,2 % (Gallardo et al., 2006), hasta 21 % (Piquer Vidal, 1993). Las cenizas representan un contenido variable: 4,9 % (Piquer Vidal, 1993), 5,8 % (Sniffen et al., 1992), 6,6 % (Gaggiotti y Gallardo, 2005) y 6,7 % (Gallardo et al., 2006). Piquer Vidal (1993) menciona la importancia del ácido linolénico en el total de ácidos grasos del poroto de soja.

A nivel mineral, contiene 0,26 % de Calcio, 0,71 % de fósforo, 0,26 % de magnesio y 2,01 % de Potasio (Piquer Vidal, 1993).

### **2.1.2 Uso para alimentación animal**

La soja como alimento para el rodeo lechero posee características muy importantes debido a su elevado aporte de proteína degradable en la dieta, conteniendo además aminoácidos generalmente limitantes en la dieta de las vacas lecheras como lo son la lisina y la metionina. De esta forma contribuye tanto a la nutrición proteica como a la nutrición energética, lo que se traduce en una mayor producción de leche. El poroto de soja tiene la ventaja de estar disponible en el campo sin tener que ser industrializado para ser utilizado, a diferencia de otros subproductos como la harina de soja (Bargo, 2004).

En un experimento realizado por Conti et al. (2004), se evaluó la sustitución de la semilla de algodón por el poroto de soja en animales consumiendo pastura. Los tratamientos consistieron en T100 (100 % Semilla de algodón), T65 (35 % Poroto soja), T35 (65 % P. soja) y T0 (100 % Poroto de soja). Las mejores respuestas en producción de grasa butirosa y en producción de leche se percibieron en T0 y T100. Los autores concluyeron, en relación a los resultados obtenidos, que el poroto de soja puede sustituir la semilla de algodón en la alimentación de vacas lecheras (Conti et al., 2004).

Por otra parte Knapp et al., citados por Piquer Vidal (1993), observaron que sustituyendo la harina de soja y maíz por el poroto de soja, se incrementaba la producción de vacas lecheras, hasta alcanzar niveles del 18 % en la dieta.

Sin embargo, cuando se intentó reemplazar una mezcla de maíz y harina de soja por el poroto de soja, Bernard, citado por Piquer Vidal (1993) no observó diferencias significativas en la producción de leche.

Los aminoácidos limitantes para la producción de leche son principalmente lisina y metionina. En la práctica, aquellos animales que no son de alta producción, probablemente no estén limitados en su potencial productivo por estos aminoácidos, ya que las proteínas microbianas cubren la totalidad de los requerimientos. Sin embargo, en animales de alta producción, pueden existir riesgos de desequilibrio, sobre todo cuando existen altos aportes de concentrado en la dieta, y más aún si la ración se compone fundamentalmente de maíz (ensilaje, grano, glutenmeal), que es particularmente pobre en lisina. El aporte de un suplemento rico en aminoácidos esenciales como la soja es fundamental en estos casos. Este efecto puede observarse en el cuadro 3, en donde se muestra la mejora en la producción de proteína de la leche cuando el concentrado proteico es torta de soja en comparación al glutenmeal.

**Cuadro 3.** Efecto de la composición en AA del suplemento proteico en raciones a base de ensilaje de maíz.

Dieta base	Concentrado energético	Concentrado proteico	PB total dieta	Leche (kg/d)	Cont. proteína (g/kg)	Cont. graso (g/kg)
Ensilaje maíz (60%)	Maíz (32%)	Torta soja (5%)	11	26.9	32.7	35.3
		Glutenmeal (4%)	11	26.6	29.9	35.0

Fuente: Rulquin y Hurtaud, citados por Astigarraga et al. (2007).

La soja es un alimento rico en lisina y metionina, dos aminoácidos esenciales en la producción de leche, lo que mejora la nutrición proteica del ganado lechero. Esto se ve reflejado en los resultados del cuadro: si bien la producción fue similar, el contenido proteico fue mayor cuando se utilizó torta de soja en comparación a glutenmeal.

Por otra parte, Gregoret et al. (2004) realizaron un ensayo en el cual se evaluaron diferentes subproductos de soja en la producción y composición de la leche, entre ellos se encontraba el poroto. Los autores del trabajo concluyeron que el poroto de soja puede corregir dietas con deficiencias de proteínas y además aporta energía debido a su alto contenido de aceites.

Cuando su destino es el ganado adulto (rumiante funcional) se puede suministrar "crudo" sin inconvenientes, siempre que se respeten las cantidades máximas recomendadas. En tal sentido, tanto para vacas secas como en producción, aun si la deficiencia energética y proteica fuese muy severa, no deberíamos suministrarlo en una proporción mayor al 20% de la materia seca total de la dieta o una cantidad tal que, con los demás ingredientes, no se supere del 6 al 7% de lípidos totales en la ración (Gaggiotti y Gallardo, 2005).

Al igual que otros concentrados, se requiere un acostumbramiento previo, comenzando los suministros con pequeñas cantidades (un 15 al 20% de la cantidad final a suministrar). Si no se tienen en cuenta estas recomendaciones se pueden producir trastornos digestivos y metabólicos (intestinales y hepáticos) que afectarán la salud y el desempeño productivo de los animales. Además, cuando la ingestión de lípidos supera los límites recomendados, se afecta la fermentación ruminal (principalmente de la fibra) y consecuentemente se desequilibra el aporte total de nutrientes a los tejidos del animal (incluida la síntesis de leche) (Gaggiotti y Gallardo, 2005).

Gaggiotti y Gallardo (2005), sostienen que si el destino de este recurso es la alimentación de terneros o categorías muy jóvenes de ganado, al poroto hay que "desactivarlo" previamente. El poroto de soja crudo (tal cual se cosecha) posee factores antinutricionales tóxicos: inhibidores de la tripsina (disminuyen la digestión péptica de la proteína), hemaglutininas (anticoagulante) y un inhibidor de la vitamina A, todos ellos termolábiles. Por tal motivo, el calentamiento de las semillas es una necesidad para suministrarlo a los no-rumiantes. Un calentamiento deficiente no asegura la destrucción de los inhibidores, mientras que un sobrecalentamiento ( $> 140^{\circ} \text{C}$ ) afecta negativamente la calidad de la proteína. Un correcto proceso de desactivado inhibe la actividad ureásica. Esta le confiere un sabor ácido al poroto, es un claro indicador de la presencia del factor antitripsina. De acuerdo con los estándares de referencia, la actividad ureásica de la soja correctamente tratada con calor debe encontrarse en alrededor de 0,2 unidades de pH.

El poroto de soja puede presentarse entero o procesado. Según Piquer Vidal (1993), la forma de presentación (molida o granulada) no parece afectar la digestibilidad. Sin embargo Pordomingo (2007), sostiene que el molido o aplastado de los granos mejora este parámetro con respecto al poroto entero.

El grano de soja es higroscópico y hay evidencias que la molienda podría llevar a una condensación de la humedad, produciendo un pequeño aumento de la humedad promedio (Cardoso et al., 2007).

## **2.2 INTERÉS DE LA COSECHA ANTICIPADA Y MÉTODOS DE CONSERVACIÓN A NIVEL PREDIAL**

Las alternativas para la conservación de grano húmedo con destino a la alimentación animal se basan en mantener el valor nutritivo, minimizando los procesos de degradación o el ataque de organismos no deseados, como los hongos (Chalkling, 2009).

A continuación se presentan dos métodos de conservación que se basan en la modificación del pH del medio, minimizando el desarrollo de microorganismos no deseados: conservación por medio de un pH ácido, y conservación por medio de un pH alcalino.

### **2.2.1 Conservación por medio de pH ácido**

Este método de conservación consiste en la conservación del grano húmedo en un medio anaeróbico con una humedad entre el 23 y 40 %, de esta forma se garantiza la conservación por una reducción del pH, llegando a valores entre 4 y 4.5. Este valor de pH inhibe la acción de los microorganismos que pueden degradar al material y también la actividad fúngica, disminuyendo de esta forma los problemas de micotoxinas (Chalkling, 2009).

Cardoso et al. (2008) mencionan que el almacenaje en silo-bolsas se basa en generar un ambiente hermético el cual posibilite modificar la atmósfera del aire intergranario. El cambio en la atmósfera se debe a la actividad biológica asociada a la respiración del grano, pero en mayor medida los microorganismos presentes en la masa de granos. Inmediatamente después del embolsado, el CO<sub>2</sub> producido por la respiración del sistema, comienza a acumularse a tal punto que si su concentración es suficiente, limita el desarrollo del proceso respiratorio aeróbico (grano, hongos e insectos).

El proceso de ensilaje luego que el material es almacenado, compactado y cubierto para excluir el aire puede dividirse en cuatro etapas. La primera fase se produce luego de la cosecha, en donde se registra respiración del material y microorganismos que están presentes. Esta fase implica pérdidas de nutrientes por lo que es aconsejable que dure el menor tiempo posible, en este momento el pH es de 6,5 a 6,0. En la siguiente fase (Fase 2 de Fermentación) se necesita un medio carente de oxígeno, con azúcares solubles, humedad, y una población adecuada de microorganismos que produzcan el máximo de ácido láctico posible. El proceso de fermentación comienza en un ambiente anaerobio y puede durar desde varios días hasta semanas, dependiendo en cierta forma del material y también de condiciones en el momento del ensilaje; pero cabe destacar que si es desarrollada con éxito, la actividad bacteriana ácido-láctica predominará; y debido a la producción de los ácidos grasos volátiles (AGV), los valores de pH llegarán a niveles de 3,8 a 4,5 (Romero et al., citados por Chalkling, 2009).

La relación de los AGV (acético, butírico y láctico) determina la calidad de conservación y por lo tanto la aceptación por parte de los animales (Acosta, Gaudin et al., Romero et al., citados por Chalkling, 2009).

La fase siguiente (Fase 3) corresponde a la estabilización, ocurren pocos cambios mientras existe un ambiente anaerobio. La flora microbiana se reduce lentamente quedando algunos microorganismos inactivados. El deterioro aeróbico ocurre en la última fase (Fase 4), esto es debido a la apertura del silo y su exposición al ambiente (Chalkling, 2009).

La conservación del grano húmedo por medio de la fermentación láctica requiere niveles de humedad adecuados. Chalkling (2009) menciona que el rango de humedad del grano óptimo para ensilar es de 23 a 30 %, de esta forma se obtiene un excelente proceso de fermentación, se minimizan las pérdidas de los nutrientes del material original y además permite que el proceso de ensilaje ocurra con adecuadas temperaturas y por lo tanto se minimicen las pérdidas de efluentes. Esto hace posible estabilizar el proceso de fermentación por al menos 21 días antes de abrir el silo, también permite finalizar y estabilizar el proceso de fermentación y reducir el pH. Valores de humedad por debajo de 25 % no alcanzan el pH de estabilidad (Bianco, 2007), por lo que se recomienda como objetivo llegar a un 30 % de humedad.

El desarrollo de bacterias fermentadoras en el silo requiere de 0,97 actividad del agua ( $a_w$ ) para multiplicarse, mientras que los hongos y levaduras necesitan menores tenores de humedad (0,77  $a_w$  y 0,89  $a_w$ , respectivamente). Por lo tanto un bajo contenido de humedad favorece la reproducción de hongos en detrimento de las bacterias (Boudra, citado por Bianco, 2007).

El biodeterioro de los granos y subproductos de origen vegetal es muy importante, las causas inherentes al ecosistema como abundantes nutrientes en el grano, temperatura del grano, disponibilidad de agua y oxígeno, capacidad de los hongos de crecer en un amplio rango de temperatura (Cabrera, 2007). Los hongos requieren de pH > 5, temperaturas de 20 °C y baja concentración de oxígeno. Por lo tanto, el crecimiento de microorganismos que favorecen la putrefacción del material, asociado a la producción de micotoxinas, se ve favorecido con rangos de pH que se aproximan a la neutralidad.

Pordomingo et al. (2002a), mencionan que el desarrollo moderado de hongos no sería un factor de relevancia en la oferta energética del grano, sino en la acumulación de micotoxinas y sobre la palatabilidad.

En relación a los parámetros de calidad se puede mencionar un porcentaje de humedad que debe oscilar entre 23 y 25 durante el proceso, el grano se cosecha cuando se llega al estado de madurez con un 35 % de humedad. El pH y el contenido de MS son los procesos que regulan la respiración, el pH debe ser entre 4,7 a 5,2. La temperatura del silo debe ser algunos grados mayor a la del ambiente. El nitrógeno indigestible (NIDA) debe oscilar alrededor de 10 % en total (Bianco, 2007). El NIDA aumenta cuando existe un excesivo calentamiento del material. El punto de cosecha debe ser cuando el grano llegó al estado de madurez, este se da con un 35% de humedad aproximadamente. Existen riesgos de reproducción de Clostridios cuando la humedad del silo supera el 35%. A pH bajos necesitamos bajos contenidos de MS, esto nos asegura la estabilidad del proceso. Este sistema tiene como ventaja que se puede guardar en cualquier lado. Es de resaltar que el óptimo de humedad en conservación del grano anda entre 25 y 35 %, mientras que el pH para los granos debe oscilar entre 4,5 a 5,5 para no tener mayores problemas (Bianco, 2007).

En relación a la proporción de carbohidratos/proteínas del material, es recomendable que se logre una adecuada fermentación, y rápida estabilización del silo. En los ensilajes de leguminosas o granos ricos en proteínas, las prácticas deben realizarse con la mayor rigurosidad y en la posibilidad combinar con aditivos específicos, de lo contrario pueden existir problemas para alcanzar la conservación deseada (Carrasco, citado por Chalkling, 2009).

Kung y Shaver, citados por Bianco (2007) establecieron rangos normales de productos de la fermentación de grano húmedo bien conservado (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Concentración típica de los productos finales de la fermentación en ensilajes de grano húmedo.

<b>Producto final</b>	<b>SGH maíz (25-30% H)</b>
pH	4.0-4.5
Ácido láctico (%)	0.5-2.0
Ácido acético (%)	<0.5
Ácido propiónico (%)	<0.1
Ácido butírico (%)	0
Etanol (%)	0.2-2
N-Amoniacal (%NT)	<10

Fuente: Kung y Shaver, citados por Bianco (2007).

El ácido láctico debe ser del orden del 65 a 70 % del total de ácidos en un ensilaje bien conservado. Altas concentraciones de amonio en los ensilajes son resultado de una degradación excesiva de la proteína durante la fermentación provocada por una bajada lenta del pH o por la acción de los clostridios. Altas concentraciones de amonio es más frecuente en materiales ricos en proteína, aunque también está asociada con un material poco compactado y un lento llenado del silo (Bianco, 2007).

Conservar en bolsas permite obtener un mínimo de pérdidas del 10%, siempre y cuando se respeten las normas de confección (momento cosecha, llenado desperejo o lento, roturas, extracción lenta, tiempo caluroso), de lo contrario se pueden verificar pérdidas de hasta un 40 % (Muck, citado por Bianco, 2007).

Otro aspecto importante es que el manejo del grano húmedo desde la cosecha hasta la realización del proceso del ensilado debe ser lo más rápido posible, preferentemente menor a un día, ya que este es un material muy susceptible al calentamiento y por lo tanto al crecimiento de hongos, lo que facilita el deterioro y su calidad, reduciendo el tiempo de almacenamiento (Bianco, 2007).

A menor tamaño de partícula, quebrado de los granos si es posible, se posibilitaría una mejor compactación, aumentando la superficie de ataque para los microorganismos del ensilaje, lográndose de esta forma un silo de mejor calidad (Chalkling, 2009).

Cuando el grano es molido se facilita la eliminación del oxígeno y además evita la germinación de los granos, permitiendo de esta forma conservar en su totalidad la energía del mismo. El tamaño del grano y la humedad del mismo juegan un rol importante en el apisonado. A modo de recomendación el grado ideal de molienda es de un 80 % de las partículas inferiores a 2 mm de diámetro (AGPM, citado por Bianco, 2007) para un grano que contenga niveles de 30 % de humedad o menor, si la humedad del grano se encuentra por encima del 30 % se aceptan partículas un poco más gruesas.

Con respecto a la eficiencia de aprovechamiento de los granos, varios autores (Tyrrell y Varga, Brennan et al., Carrasco, Gagliostro, Rearte, citados por Chalkling, 2009) han concluido que el grano que ha sufrido una destrucción de su cubierta es más aprovechado por el animal; además en relación al grano entero, si son cosechados húmedos y ensilados son más aprovechados que los granos secos, a igualdad de tratamiento (quebrados o enteros); el grano reconstituido, mediante el agregado de agua y quebrado posterior es mejor aprovechado que el grano seco que es quebrado al momento del suministro.

### **2.2.2 Conservación por medio de pH alcalino**

Como métodos alternativos de conservar el grano con niveles intermedios de humedad, la estiba con urea es uno de ellos, donde la conservación se basa en elevar el pH entre 8 y 9 provocado por la liberación de nitrógeno amoniacal desde la urea.

Es una alternativa que se desarrolla para la conservación de grano húmedo, en la que no es necesaria la anaerobiosis, donde la conservación se basa en elevar el pH (entre 8 y 9). Este efecto es provocado por la liberación de nitrógeno amoniacal desde la urea, y de esa forma mantiene el grano en condiciones adecuadas para la suplementación (Soderholm et al., Wohlt, Hill et al., Romero et al., citados por Chalkling, 2009). Esta forma de conservación no ha sido muy difundida por la mayor dificultad para realizar un correcto mezclado (Chalkling, 2009).

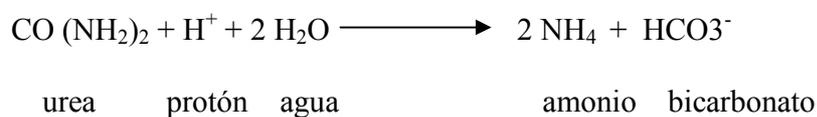
La urea es un fertilizante sólido granulado que contiene 46% de nitrógeno, su fórmula estructural es un fertilizante orgánico sintético carbamida; que al hacer contacto con el agua se transforma en gas amoniacal y gas dióxido de carbono (Mancilla, 2008).

La amonificación permite conservar los almidones y azúcares de alto valor energético, en la forma original en la que se encuentran en el alimento, evitando su pérdida por fermentación al convertirse en alcoholes. Además permite la ruptura de las cadenas de lignocelulosa, libera a la celulosa y a la hemicelulosa de la lignina, permitiendo que sean digeridas por la flora ruminal, como fuentes de energía. También conserva las proteínas verdaderas, sean fermentables en el rumen, sobrepasante, contenidas originalmente en los materiales tratados (Mancilla, 2008).

Un mezclado incorrecto representa un riesgo potencial de intoxicación, por exceso de nitrógeno; y más aún si los animales están pastoreando verdes con elevados niveles de proteína. La intoxicación por exceso de urea en la dieta podría traer aparejado importantes pérdidas económicas tanto por mermas en la producción, como por la muerte del animal. Por lo tanto si bien el almacenaje con urea puede ser muy económico, debe realizarse con las mayores precauciones para evitar pérdidas a nivel productivo, que finalmente puedan significar pérdidas económicas importantes (Chalkling y Brasesco, 1997).

Otra forma de conservar el grano húmedo es mediante el agregado de urea (Strights Direct, 2008). Se ha investigado mucho en evaluar el valor alimenticio de los forrajes de baja calidad tratados con urea (Sundstol et al., citados por Lines y Weiss 1996, Kraidees 1997, Souza et al. 2001). Estos procesos tienen como base la ruptura de las uniones químicas dentro de la pared celular (en especial a la hemicelulosa) y la hidrólisis de los glúcidos de la pared celular, separándolos de la matriz lignificada (Días-da Silva, citado por Souza et al., 2001).

La conservación se basa en incrementar el pH entre 8 y 9 (Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Chalkling 2009), provocando la liberación de amoníaco (Chevallier y Toribio 2005, Mancilla 2008, Chalkling 2009), de acuerdo a la ecuación siguiente (Chevallier y Toribio, 2005):



Este proceso impide el desarrollo de la microflora fúngica y bacteriana (Russell et al. 1988, O'Kiely 2001, Ghate y Bilansky, Russell, Lin, Thomas y Mora, Russell y Schmidt, citados por Pordomingo et al. 2002b), disminuyendo la concentración de toxinas (Chalkling, 2009).

La hidrólisis de la urea depende del contenido de humedad del grano (Ghate y Bilansky, citados por Russell et al., 1988). Souza et al. (2001) observaron como la degradación de la urea es acelerada por el aumento de humedad, en especial cuando se eleva de 20 a 30 %, esto también ha sido confirmado por diversos autores (Williams et al., Chermiti et al., Días Da Silva, Sahnoune, Dihaj, Sundstol, Souza, citados por Souza et al., 2001). Aunque un aporte superior al 40 % puede impedir la difusión del amoníaco, limitando la fijación del nitrógeno (Chenost, citado por Souza et al., 2001). Mientras que Muñoz et al., citados por Souza et al. (2001), indican que para un 40 % de humedad tiene lugar una ureólisis total y con un 20 % sólo se produce un 30 a 50 %. Pordomingo et al. (2002a) observaron una hidrólisis muy baja en los tratamientos con 15 % de humedad, por el contrario la hidrólisis fue total en los tratamientos con 22 y 30 % de humedad, y 2 a 3 % de urea. Por otra parte, Strights direct (2008) coincide con los resultados obtenidos por Pordomingo et al. (2002a) en relación a que tratar el grano con humedad por debajo de 20 % es problemático porque hay problemas de hidrolizar la urea de forma completa.

Jayasuriya y Pearce, citados por Kraidees (1997), sostienen que el proceso de amonificación por parte de la urea depende de la actividad ureásica para liberar el amoníaco de la urea, en presencia de agua. En el caso del poroto de soja, la hidrólisis es catalizada por la enzima ureasa. Este amonio produce hidroxilos (OH<sup>-</sup>) que favorecen la alcalinidad y la producción de amoníaco (Chevallier y Toribio, 2005) inclusive a bajo contenido de humedad.

Estas condiciones favorecen la acción de enzimas como las proteasas, que presentan un pH óptimo de 8 (Krishnamoorthy et al., citados por Van Soest, 1994).

Puede presentarse un fuerte olor a amoníaco aunque Pordomingo et al. (2002b) observaron que luego de los cuatro meses de conservación, el NH<sub>3</sub> disminuía de forma progresiva, esto permitiría una mayor aceptabilidad por parte de los animales, aunque también se incrementa el riesgo de desarrollo fúngico.

Esta técnica presenta muy pocas experiencias sobre grano húmedo en la región (Juan et al., Pordomingo y Juan, citados por Pordomingo et al., 2002b). Por otra parte, parecería que no requiere de la anaerobiosis necesaria en el ensilaje (Pordomingo et al. 2002a, Pordomingo et al. 2002b). Aunque O'Kiely (2001), Strights direct (2008) sostienen que el grano debe cubrirse con plástico para evitar las pérdidas del amoníaco que es liberado en el proceso, debido a que es el responsable de inhibir el crecimiento microbiano (O'Kiely, 2001).

En experimentos realizados por Pordomingo et al. (2002a), observaron en los tratamientos con 22 y 30 % de humedad, combinados con 2 y 3 % de urea, un comportamiento cuadrático de la temperatura, incrementándose hasta el día 28 para decrecer posteriormente. Atribuyen este hecho al efecto preservante del amoníaco, neutralizando la germinación de las semillas y el desarrollo de hongos.

Souza et al. (2001) coinciden con lo concluido por Makkar y Singh (1987), ya que observaron un efecto beneficioso de la temperatura, en especial para altos niveles de humedad, al igual que otros autores (Cloete y Kritzinger, Alibes, citados por Souza et al., 2001). Esto indicaría una mayor interacción de humedad por temperatura como consecuencia de una mayor cantidad de urea hidrolizada a altas humedades y temperaturas. Por lo tanto, el aumento de la temperatura contribuye a aumentar el nitrógeno total, esto también fue diagnosticado por Muñoz et al., Cloete et al., citados por Souza et al. (2001). Estos autores observaron que la pérdida de N a 35°C fue pequeña comparada con la que tuvo lugar a 24°C, ello puede ser debido al más bajo índice de conversión de urea a amoníaco a 35°C, que puede ser causado por un descenso de la actividad de la ureasa a esa temperatura.

Cloete y Kritzinger, citados por Kraidees (1997) coinciden con los demás autores, la actividad de la ureasa tendió a disminuir a 35 °C, y parecería que la actividad óptima de acción es con temperaturas de 60 °C y humedades altas (> a 50 %) (Williams y Innes, citados por Kraidees, 1997).

Es importante que el contacto entre la semilla y el NNP (urea) sea total, de esta forma se asegura que toda la cubierta sea alcanzada para que luego el agua entre en contacto con el NNP. En este sentido, Defoor et al. (2006) observaron en tratamientos con urea, que el grano fracturado puede ser beneficioso para aumentar la superficie de contacto entre la urea y la semilla, favoreciendo la hidrólisis de la misma.

Existen contradicciones en cuanto al efecto de la amonificación sobre pared celular, Sundstol et al., citados por Lines y Weiss (1996) mencionan que la hemicelulosa y FDN generalmente disminuyen con la amonificación, mientras que Weiss et al., Wittenberg et al., citados por Lines y Weiss (1996) han divulgado un aumento en FDN con este tratamiento (los valores de NDIN [nitrógeno insoluble en detergente neutro] no son reportados). La amonificación produce una mejora en el valor alimenticio del material tratado, mejorando la degradabilidad de la fibra y aumentando la digestibilidad de la materia seca (Saenger et al., citados por Souza et al., 2001). La conservación con urea le confiere al grano húmedo una estructura pastosa y blanda a la presión manual, un color tostado. El tratamiento con urea permite agrietar e interrumpir la organización de la cubierta de la semilla (Russell et al., 1988). Russell y Schmidt, citados por Pordomingo et al. (2002b), observaron un ablandamiento del pericarpio del grano, lo que haría innecesaria la molienda o partido para lograr una buena digestión en el bovino. Pordomingo et al. (2002a) no observaron diferencias en el contenido de FDA y ALM (almidón) con el agregado de urea, mientras que Lines y Weiss (1996) detectaron un aumento en la FDN, esencialmente debido a la hemicelulosa.

En lo que respecta a las fracciones nitrogenadas, Pordomingo et al. (2002b) observaron un aumento de PB en MHU (16,9) con respecto a GMS (8,8) y a SMH (9,0); similares resultados en PC obtuvieron Lines y Weiss (1996), Pordomingo et al. (2002a) a medida que se incrementaba la proporción de urea agregada. Russell et al. (1988) también observaron un aumento del  $\text{NH}_3$  y la PC con el agregado de urea, y resultados semejantes fueron obtenidos por Lines y Weiss (1996), con incrementos en NNP, Nsol, Ntot y  $\text{NH}_3$  en heno de alfalfa amonificado.

Lines y Weiss (1996) en un experimento, observaron que al agregar  $\text{NH}_3$  anhidro al heno de alfalfa, se incrementaba el NDIN (nitrógeno insoluble en detergente neutro) y el amoníaco.

El éxito de conservación depende de la humedad y del nivel contenido de amoníaco en la masa del grano para sostener la conservación en el tiempo. Además deberá tenerse en cuenta la menor aceptación inicial por parte de los animales que posteriormente será superada una vez adaptados al material (Pordomingo et al., 2002b).

## **2.3 PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN**

Los parámetros para evaluar la calidad de estos métodos de conservación son: pH, relación  $\text{NH}_3/\text{N}_{\text{tot}}$  y relación NIDA/ $\text{N}_{\text{tot}}$ .

### **2.3.1 pH**

El ambiente ácido se garantiza por disminución de pH, se llega a valores de 4 y 4,5 (Chalkling, 2009), 4,5 a 5 (Pordomingo et al., 2002b).

Se debe evitar el predominio de fermentaciones acéticas y butíricas sobre las fermentaciones lácticas. La fermentación acética es favorecida con un pH mayor a 5,5, temperaturas de 20 a 40° C, elevada humedad, provocando pérdidas de MS por disminución de los carbohidratos y problemas de consumo (Bianco, 2007).

La fermentación butírica requiere de condiciones de pH mayores a 5 (Bianco, 2007), es llevada a cabo por Clostridios (Mc Donald et al. 1991, Bianco 2007), y requieren un pH óptimo que oscila entre 7 y 7,4 (Mc Donald et al., 1991). Se favorece con temperaturas de 20 a 40° C, humedad elevada y en condiciones de bajo oxígeno. Estas fermentaciones contribuyen a la hidrólisis de la proteína con producción de  $\text{NH}_3$ . Existe pérdida de MS, olor y gusto desagradable, putrefacción y disminución del valor nitrogenado (Bianco, 2007).

Por el contrario en un ambiente alcalino se busca lograr un pH que oscile entre 8 y 9 (Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Chalkling 2009).

### **2.3.2 Relación N amoniacal / Ntotal**

Ensilajes mal compactados pueden presentar elevado  $\text{N-NH}_3$  ya que la acidificación ha sido muy lenta. Además presentan muchos otros subproductos resultantes de una mala fermentación que generan inapetencia en los animales (Riverin, 2006).

La relación  $\text{N-NH}_3/\text{N}_{\text{tot}}$  debe ser menor a 10 (Kung y Shaver, citados por Bianco, 2007), mientras que Riverin (2006) sugiere valores menores de 12 en este tipo de conservación.

Por el contrario, cuando la conservación se realiza por medio del agregado de urea, el incremento de  $\text{NH}_3$  conduce a inhibir el desarrollo fúngico responsable de la putrefacción, según lo expuesto por Pordomingo et al. (2002b).

### **2.3.3 N asociado a las fracciones FDA o FDN**

La temperatura es un factor que modifica las fracciones nitrogenadas, el calor puede provocar daños que generan una pérdida de la proteína verdadera (Van Soest, 1994).

Varios estudios han demostrado que la degradación ruminal del N puede limitarse por tratamiento térmico externamente aplicado (Yang et al., Broderick et al., citados por Coblenz et al., 2001) o por el calentamiento espontáneo durante el almacenaje (Coblenz et al., citados por Coblenz et al., 2001). Sin embargo, el calentamiento puede conducir a incrementos en el nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) (Yang et al., Broderick et al., citados por Coblenz et al., 2001) que es prácticamente indisponible para los rumiantes.

Valores de la relación  $\text{NIDA}/\text{N}_{\text{tot}}$  superiores a 15 % estarían revelando daño de la proteína cruda debido al excesivo calentamiento del material, ocurrido durante el proceso de conservación (Mieres, 2004).

Esto coincide con lo expuesto por Van Soest (1994), la temperatura es un factor que modifica las fracciones nitrogenadas, el calor puede provocar daños que generan una pérdida de la proteína verdadera.

El NIDA (nitrógeno insoluble en detergente ácido) es altamente resistente a la degradación por las enzimas microbianas y mamíferas, y se asume como inaccesible para el animal (Pichard y Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994, Thanh Tham 2008). El NIDA incluye el nitrógeno lignificado y los productos de Maillard (Goering et al., citados por Krishnamoorthy et al. 1982, Pichard y Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994).

La reacción de Maillard implica la condensación de grupos aminados con carbonilos y de deshidrorreductonas derivadas del carbohidrato seguido por la polimerización de la lignina como matriz (Van Soest, 1994). El NIDA se correlaciona altamente con el nitrógeno indigestible y sigue siendo el mejor análisis para el nitrógeno inaccesible, fracción C (Thomas et al., citados por Van Soest 1994, Licifra et al., citados por Coblenz et al. 2001).

Sin embargo Pichard y Van Soest, citados por Van Soest (1994), sostienen que también existen proteínas citoplasmáticas y cloroplásmicas correspondientes a la fracción FDN, que son sensibles al calor. El incremento de temperatura produce un aumento de la fracción FDN pero no necesariamente de FDA (no llegaría a producirse la reacción de Maillard). Por lo tanto, la temperatura parecería afectar las fracciones nitrogenadas de ambos componentes, FDN y FDA, un incremento de la misma podría llevar a un aumento de la FDN y/o FDA porque el N adherido a ellas se vería afectado por las reacciones antes mencionadas.

El NDIN (nitrógeno insoluble en detergente neutro) incluye nitrógeno asociado a la pared que es insoluble en detergente neutro (Krishnamoorthy et al. 1982, Pichard y Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994).

La significación biológica del NDIN no se ha demostrado claramente (Krishnamoorthy et al. 1982, Lines y Weiss 1996). El contenido de esta fracción es variable, evidencias han demostrado que en soja el NIDA excedió al NDIN (Krishnamoorthy et al., 1982). Esto puede deberse a la precipitación de algunos componentes solubles en detergente neutro por la solución detergente ácida y viceversa. Estas sustancias de interferencia podrían ser los productos de Maillard de pequeño peso molecular que son solubles en pH neutro pero insoluble a pH ácido (Krishnamoorthy et al., 1982).

Pichard, citado por Krishnamoorthy et al. (1982), encontró una correlación positiva entre una solubilidad lenta y el NDIN. Parecería que este nitrógeno es un componente estructural de la pared celular (Lehninger, citado por Krishnamoorthy et al. 1982, Van Soest 1994), y es probable que tenga una mayor protección contra la degradación enzimática, aunque la posibilidad del NDIN como un componente de lenta solubilización o degradabilidad es un hecho que necesita mayor investigación (Krishnamoorthy et al., 1982). El NDIN integra la fracción B (B3) que es degradada más lentamente en el rumen según el sistema de Cornell (Cornell Net Carbohydrate and Protein System - CNCPS) (Van Soest, 1994).

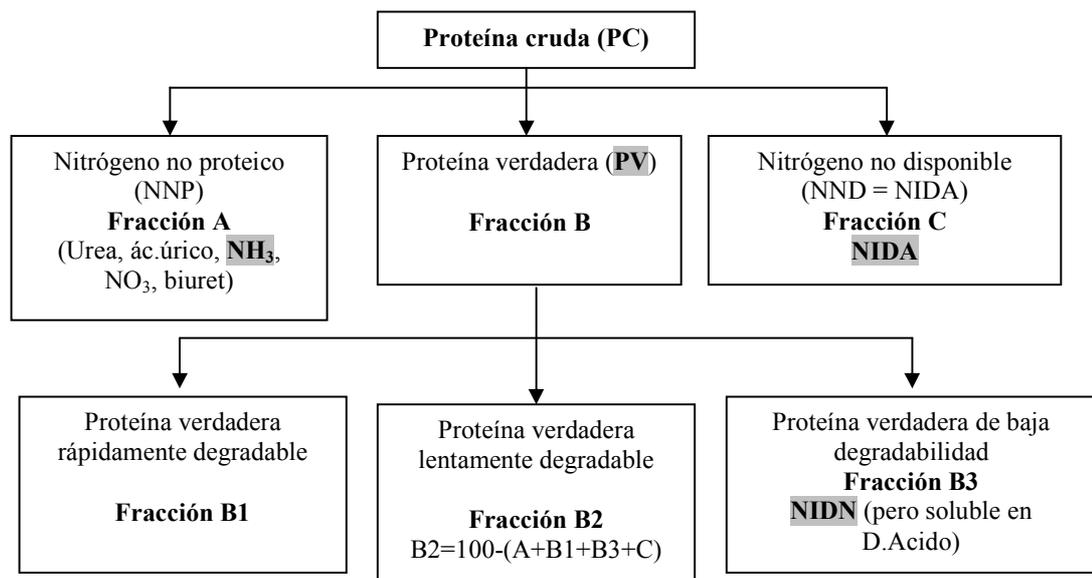
Estudios llevados a cabo por Lines y Weiss (1996) observaron un aumento de la FDN con la amonificación, este incremento fue atribuido al NDIN creciente que forma parte de la FDN (N-FDN).

Por lo tanto, de acuerdo a estas consideraciones, el nitrógeno utilizable por el animal correspondería a:

$$\text{N disponible} = \text{N total} - \text{N-NH}_3$$

$$\text{N digestible} = \text{N disponible} - \text{NIDA}$$

En el siguiente esquema de las fracciones nitrogenadas de los alimentos para rumiantes (Russell et al., citados por Borges, 2005), se resalta en color las principales fracciones nitrogenadas que se modifican según las características de la conservación por medio ácido o alcalino:



Los valores de estas fracciones en el poroto de soja seco según Sniffen et al. (1992) son:

- proteína soluble (PS) representa el 44,2 % del total de PC,
- la proteína insoluble en detergente ácido (PIDA) constituye un 2,9 % en el total de PC,
- el NNP un 22,6 % en el total de PS,
- proteína insoluble en detergente neutro (PIDN) un 4,4 % en el total de PC.

## **2.4 CONCLUSIÓN A PARTIR DE REVISIÓN**

La conservación de grano húmedo mediante acidificación presenta muchos trabajos relacionados a otros materiales, aunque en soja no se halla ahondado demasiado en la investigación.

Por otro lado, no existen experiencias en las que se evalúe la conservación del poroto de soja mediante la amonificación, pero hay evidencias de conservación en otros granos, especialmente sorgo y maíz; así como también en forrajes amonificados.

Los trabajos revisados permiten una mejor comprensión de los métodos de conservación, las reacciones involucradas, microorganismos predominantes y condiciones del medio, que beneficiarán o perjudicarán la composición química del material evaluado (poroto de soja). Esta información enriquecerá el análisis de los resultados obtenidos en el presente trabajo.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN**

El experimento se llevó a cabo en el predio del productor Ing. Agr. Juan Daniel Vago, ubicado en el paraje “Piedra Chata”, sobre la ruta nacional N° 2 en el kilómetro 162, en el departamento de Colonia, Uruguay.

#### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

La variedad de soja utilizada es indeterminada, de ciclo 5,6 (ciclo largo) y fue cosechada de dos chacras. El poroto de soja seco se levantó de una chacra que había sido sembrada como soja de primera, mientras que el poroto de soja húmedo fue extraído de otra chacra en la cual se sembró como cultivo de segunda.

Ambas cosechas fueron realizadas el 15 de abril del 2005 e inmediatamente fueron construidos los silos experimentales. Estos consistieron en baldes de 20 litros conteniendo una bolsa de nylon grueso por dentro, donde se colocaba el material y luego se cerraba herméticamente, extrayendo el aire interior. Posteriormente se procedió a tapar el recipiente. Las muestras pesaron en promedio 13,5 kg. aproximadamente.

Luego de tres meses los microsilos fueron abiertos y muestreados para su posterior análisis químico y evaluación de los parámetros de conservación.

#### **3.3 TRATAMIENTOS**

Los tratamientos consistieron en un arreglo factorial de tres variables (humedad, procesamiento y agregado de urea) con dos niveles por variable sobre la composición química del poroto de soja y los parámetros de conservación.

Los niveles de la variable humedad fueron poroto seco con 12 % de humedad y poroto húmedo con 20 % de humedad. El procesamiento del poroto se midió entero o molido (cabe aclarar que se procesó con el molino Willey, tomando como molido a todas aquellas partículas que pasaban por un tamiz de 1 cm). Por último el agregado de urea se realizó mezclando la misma con el material, a razón de 350 grs. por balde, lo que corresponde aproximadamente a un 2,9 a 3,3 % de MS, según si el tratamiento es seco o húmedo, respectivamente.

### 3.4 DETERMINACIONES

Los análisis de composición química, como ya se mencionó, se realizaron en la Facultad de Agronomía en el Laboratorio de Nutrición Animal.

Se determinó el contenido de materia seca (MS) por secado a 105 °C, cenizas (C), nitrógeno total por Kjeldahl según AOAC (1990). Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial y el nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) por el método de Van Soest et al. (1991), N soluble y N no proteico según Licifra et al. (1996), N amoniacal por AOAC (1990) y el extracto etéreo (EE) se determinó por solubilidad en solvente orgánico (AOAC, 1990).

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental consistió en un factorial completo con tres factores (humedad, procesamiento y agregado de urea), con dos niveles por factor respectivamente (seco/húmedo, entero/molido y <sup>sin</sup>/<sub>con</sub> urea), y tres repeticiones por tratamiento (2<sup>3</sup> tratamientos). El efecto del tratamiento se evaluó mediante ANOVA utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2001), según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + P_j + U_k + H_i*P_j + H_i*U_k + P_j*U_k + H_i*P_j*U_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- $\mu$  es la media poblacional,
- $H_i$  es el efecto del nivel de humedad
- $P_j$  es el efecto del nivel de procesamiento
- $U_k$  es el efecto del nivel de urea
- $\epsilon_{ijk}$  es el error experimental.

El test de comparación de medias utilizado fue el de diferencia mínima significativa ( $P < 0.05$ ).

Se realizaron contrastes ortogonales para analizar el efecto principal de las variables como así también el de las interacciones.

## **4. RESULTADOS**

A continuación se presentan los diferentes contrastes evaluados con sus respectivos resultados. En anexo se presenta la significancia de los efectos principales (% de humedad, procesamiento, agregado de urea) y de las interacciones.

### **4.1 EFECTO DEL CONTENIDO DE AGUA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA**

Para este análisis se compararon los tratamientos Seco entero sin urea (SE<sup>s</sup>/U) vs. Húmedo entero sin urea (HE<sup>s</sup>/U).

**Cuadro 5.** Efecto del contenido de humedad sobre la conservación del poroto de soja entero sin urea.

	<b>SE<sup>s</sup>/U</b>	<b>HE<sup>s</sup>/U</b>	<b>P</b>
Humedad	12,133	18,933	< 0,0001
Cenizas	4,933	5,543	0,0009
<b>Carbohidratos</b>			
FDN	21,55	17,47	0,0156
FDA	9,357	6,883	0,0053
LDA	0,86	0,24	0,0004
CNE	16,133	19,866	0,0623
CNE/FDN	0,753	1,153	0,0061
FDA/FDN	0,436	0,396	0,1662
LDA/FDN	0,04	0,0133	< 0,0001
<b>Fracciones nitrogenadas</b>			
PC	39,813	39,253	0,0208
NIDA	0,68	0,763	0,3451
N-NH <sub>3</sub>	0,0195	0,0195	1
Nsol	3,34	3,77	0,0054
NNP	0,283	0,25	0,6365
NP	5,997	5,827	0,0163
NIDA/Ntot	0,109	0,126	0,1837
Nsol/Ntot	0,532	0,62	< 0,0001
EE	19,903	20,71	0,1511
pH	7,043	6,96	0,0273

SE<sup>s</sup>/U: Seco entero sin urea

HE<sup>s</sup>/U: Húmedo entero sin urea

El tratamiento HE<sup>s</sup>/U presentó mayor contenido de humedad que el tratamiento SE<sup>s</sup>/U ( $P < 0.0001$ ). Las fracciones de la pared celular (FDN, FDA, LDA) fueron menores en el tratamiento HE<sup>s</sup>/U ( $P = 0.0156$ ,  $P = 0.0053$ ,  $P = 0.0004$ , respectivamente), siendo la relación LDA/FDN también significativamente menor ( $P < 0.0001$ ), con respecto al tratamiento SE<sup>s</sup>/U. Asociado a lo anterior, la fracción CNE presentó una tendencia a ser diferente entre ambos tratamientos ( $P = 0.0623$ ), mientras que la relación CNE/FDN difirió significativamente ( $P = 0.0061$ ).

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, el contenido de PC fue algo menor en el tratamiento HE<sup>s</sup>/U ( $P = 0.0208$ ), con un mayor contenido de N en forma lábil, como se observa a partir del mayor contenido de Nsol ( $P = 0.0054$ ), y un menor contenido de NP (no necesariamente relacionados) ( $P = 0.0163$ ), con respecto al tratamiento SE<sup>s</sup>/U. Los contenidos de NIDA total y el NIDA/N<sub>tot</sub> no variaron entre tratamientos ( $P = 0.3451$ ,  $P = 0.1837$ , respectivamente).

El contenido de EE fue similar entre tratamientos ( $P = 0.1511$ ). El pH de conservación del tratamiento HE<sup>s</sup>/U fue algo menor que en el tratamiento SE<sup>s</sup>/U ( $P = 0.0273$ ).

#### **4.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA SEGÚN EL CONTENIDO DE HUMEDAD**

Para este análisis se compararon los tratamientos: Seco entero sin urea (SE<sup>s</sup>/U) vs. Seco molido sin urea (SM<sup>s</sup>/U) y también Húmedo entero sin urea (HE<sup>s</sup>/U) vs. Húmedo molido sin urea (HM<sup>s</sup>/U).

**Cuadro 6.** Efecto del procesamiento sobre la conservación del poroto de soja según el contenido de humedad.

	SE <sup>s</sup> /U	SM <sup>s</sup> /U	P	HE <sup>s</sup> /U	HM <sup>s</sup> /U	P
Humedad	12,133	12,133	1,0000	18,933	20,533	< 0,0001
Cenizas	4,933	5,047	0,4603	5,543	5,343	0,2005
<b>Carbohidratos</b>						
FDN	21,55	22,757	0,4353	17,47	20,213	0,0876
FDA	9,357	7,727	0,0495	6,883	7,78	0,2596
LDA	0,86	0,427	0,0072	0,24	0,933	< 0,0001
CNE	16,133	16,6	0,8054	19,866	18,433	0,4405
CNE/FDN	0,7533	0,737	0,8991	1,153	0,912	0,0729
FDA/FDN	0,436	0,34	0,0032	0,396	0,385	0,6937
LDA/FDN	0,04	0,0187	0,001	0,0133	0,049	< 0,0001
<b>Fracciones nitrogenadas</b>						
PC	39,253	39,813	0,276	37,98	39,56	0,0058
NIDA	0,68	0,683	0,9694	0,763	0,763	1,0000
N-NH <sub>3</sub>	0,0195	0,05	0,3320	0,0195	0,0535	0,324
Nsol	3,34	3,233	0,4367	3,77	0,873	< 0,0001
NNP	0,283	0,377	0,1961	0,25	0,26	0,8869
NP	5,997	5,994	0,9547	5,827	6,069	0,0015
NIDA/Ntot	0,109	0,107	0,9146	0,126	0,121	0,6881
Nsol/Ntot	0,532	0,507	0,1482	0,62	0,138	< 0,0001
EE	19,903	18,123	0,0043	20,71	18,077	0,0002
pH	7,043	6,977	0,0699	6,96	6,29	< 0,0001

SE<sup>s</sup>/U: Seco entero sin urea

SM<sup>s</sup>/U: Seco molido sin urea

HE<sup>s</sup>/U: Húmedo entero sin urea

HM<sup>s</sup>/U: Húmedo molido sin urea

Comparando los tratamientos SE<sup>s</sup>/U vs. SM<sup>s</sup>/U, se puede ver que el contenido de humedad del poroto de soja entero no varió con el procesamiento. Las fracciones de la pared celular difirieron (P= 0.0495, P= 0.0072 para FDA y LDA, respectivamente), a excepción de FDN que fue similar entre tratamientos (P= 0.4353). Las relaciones FDA/FDN y LDA/FDN fueron mayores para el tratamiento SE<sup>s</sup>/U (P= 0.0032 y P= 0.001, respectivamente), con respecto al tratamiento SM<sup>s</sup>/U. El contenido de CNE, y la relación CNE/FDN no varió entre tratamientos (P= 0.8054 y P= 0.8991, respectivamente).

Dentro de las fracciones nitrogenadas, ninguna de las variables evaluadas difirió significativamente entre SE<sup>s</sup>/U y SM<sup>s</sup>/U.

El contenido de EE fue mayor en el tratamiento SE<sup>s</sup>/U (P= 0.0043) con respecto al tratamiento SM<sup>s</sup>/U. El pH presentó una tendencia a ser menor en el tratamiento SM<sup>s</sup>/U (P= 0.0699), con respecto al tratamiento SE<sup>s</sup>/U.

Observando los tratamientos HE<sup>s</sup>/U vs. HM<sup>s</sup>/U en el cuadro, se puede observar que el contenido de humedad del poroto de soja húmedo molido (HM<sup>s</sup>/U) fue mayor al del poroto de soja entero (HE<sup>s</sup>/U) (P< 0.0001). Las fracciones de la pared celular fueron mayores en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U, a excepción de la FDA que fue similar entre tratamientos (P= 0.2596). La relación LDA/FDN también fue mayor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U. El contenido de CNE fue similar entre tratamientos (P= 0,4405), mientras que la relación CNE/FDN tuvo una tendencia a ser menor en HM<sup>s</sup>/U con respecto a HE<sup>s</sup>/U (P= 0,0729).

El contenido de PC fue mayor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P= 0.0058), aunque el contenido de Nsol fue menor (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U. Ni el contenido de NIDA, ni la relación NIDA/Ntot difirieron entre tratamientos (P= 1.000 y P= 0.6881, respectivamente).

El contenido de EE fue menor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P= 0.0002). El pH fue menor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U.

#### **4.3 EFECTO DEL AGREGADO DE UREA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA HÚMEDO SEGÚN EL PROCESAMIENTO**

Para este análisis se realizó un contraste de los tratamientos: Húmedo entero sin urea (HE<sup>s</sup>/U) vs. Húmedo entero con urea (HE<sup>c</sup>/U) y Húmedo molido sin urea (HM<sup>s</sup>/U) vs. Húmedo molido con urea (HM<sup>c</sup>/U).

**Cuadro 7.** Efecto del agregado de urea sobre la conservación del poroto de soja húmedo según el procesamiento.

	HE <sup>s</sup> /U	HE <sup>c</sup> /U	P	HM <sup>s</sup> /U	HM <sup>c</sup> /U	P
Humedad	18,933	18,700	0,375	20,533	20,867	0,2111
Cenizas	5,543	5,333	0,18	5,343	5,24	0,5002
<b>Carbohidratos</b>						
FDN	17,47	25,967	< 0,0001	26,213	26,967	0,0004
FDA	6,883	7,74	0,2806	7,78	6,49	0,1121
LDA	0,24	0,257	0,9072	0,993	0,253	< 0,0001
CNE	19,866	14,4	0,0097	18,433	11,033	0,0009
CNE/FDN	1,153	0,578	0,0003	0,912	0,418	0,0012
FDA/FDN	0,396	0,298	0,0029	0,385	0,241	< 0,0001
LDA/FDN	0,0133	0,01	0,5416	0,049	0,009	< 0,0001
<b>Fracciones nitrogenadas</b>						
PC	37,98	45,1	< 0,0001	39,56	48,04	< 0,0001
NIDA	0,763	0,863	0,2601	0,763	0,547	0,0223
N-NH <sub>3</sub>	0,0195	1,275	< 0,0001	0,054	1,56	< 0,0001
Nsol	3,77	2,977	< 0,0001	0,873	4,123	< 0,0001
NNP	0,25	1,46	< 0,0001	0,26	1,633	< 0,0001
NP	5,827	5,756	0,28	6,069	6,053	0,8003
NIDA/Ntot	0,126	0,12	0,6304	0,121	0,071	0,0009
Nsol/Ntot	0,62	0,413	< 0,0001	0,138	0,537	< 0,0001
EE	20,71	18,313	0,0004	18,077	18,93	0,1303
pH	6,96	9,86	< 0,0001	6,29	9,86	< 0,0001

HE<sup>s</sup>/U: Húmedo entero sin urea

HE<sup>c</sup>/U: Húmedo entero con urea

HM<sup>s</sup>/U: Húmedo molido sin urea

HM<sup>c</sup>/U: Húmedo molido con urea

Observando los tratamientos HE<sup>s</sup>/U y HE<sup>c</sup>/U, el contenido de humedad no difirió al agregar urea en el poroto húmedo entero (P= 0.375). Las fracciones de la pared celular no difirieron (FDA y LDA), a excepción de la FDN que fue mayor en el tratamiento HE<sup>c</sup>/U (P< 0.0001). El contenido de CNE fue menor en el tratamiento HE<sup>c</sup>/U (P= 0.0097), así como también fue menor la relación CNE/FDN en relación al tratamiento HE<sup>s</sup>/U (P= 0.0003).

La fracción PC fue mayor en el tratamiento HE<sup>c</sup>/U (P< 0.0001) pero asociado a mayores contenidos de NNP (P< 0.0001) y N-NH<sub>3</sub> (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U.

El contenido de EE fue mayor en el tratamiento HE<sup>s</sup>/U (P= 0.0004). El pH fue mayor en el tratamiento HE<sup>c</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U.

En relación al contraste HM<sup>s</sup>/U vs. HM<sup>c</sup>/U, no se observan diferencias significativas en el contenido de humedad entre tratamientos (P= 0.2111). La FDN fue mayor en el tratamiento HM<sup>c</sup>/U (P= 0.0004), con respecto al tratamiento HM<sup>s</sup>/U, la FDA no difirió entre tratamientos (P= 0,1121), mientras que la LDA fue mayor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P< 0,0001), con respecto a HM<sup>c</sup>/U. El contenido de CNE y la relación CNE/FDN fue mayor en el tratamiento HM<sup>s</sup>/U (P= 0.0009 y P< 0.0012, respectivamente), con respecto al tratamiento HM<sup>c</sup>/U.

Dentro de las fracciones nitrogenadas, la PC fue mayor en el tratamiento HM<sup>c</sup>/U (P< 0.0001) asociado a un mayor contenido de NNP (P< 0.0001), Nsol (P< 0.0001) y N-NH<sub>3</sub> (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HM<sup>s</sup>/U. El NP no difirió entre tratamientos (P= 0.8003).

El EE fue similar entre tratamientos (P= 0.1303). El pH fue mayor en el tratamiento HM<sup>c</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HM<sup>s</sup>/U.

#### **4.4 EFECTO DEL PROCESAMIENTO Y DEL AGREGADO DE UREA AL POROTO DE SOJA HÚMEDO SOBRE LOS PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN**

Por último se evaluó el efecto del procesamiento y el agregado de urea sobre la conservación del poroto húmedo en comparación al poroto húmedo entero y al poroto seco entero. Para este análisis se compararon los tratamientos: Húmedo molido con urea (HM<sup>c</sup>/U) vs. Húmedo entero sin urea (HE<sup>s</sup>/U) y Húmedo molido con urea (HM<sup>c</sup>/U) vs. Seco entero sin urea (SE<sup>s</sup>/U).

**Cuadro 8.** Efecto del procesamiento y el agregado de urea sobre la conservación del poroto húmedo en comparación al poroto húmedo entero y al poroto seco entero.

	HM <sup>c</sup> /U	HE <sup>s</sup> /U	P	HM <sup>c</sup> /U	SE <sup>s</sup> /U	P
Humedad	20,867	18,933	< 0,0001	20,867	12,133	<0,0001
Cenizas	5,24	5,543	0,0599	5,24	4,933	0,0574
<b>Carbohidratos</b>						
FDN	26,967	17,47	< 0,0001	26,967	21,55	0,0024
FDA	6,49	6,883	0,6152	6,49	9,357	0,0018
LDA	0,253	0,24	0,9257	0,253	0,86	0,0005
CNE	11,033	19,866	0,0002	11,033	16,133	0,0125
CNE/FDN	0,418	1,153	< 0,0001	0,418	0,753	0,0167
FDA/FDN	0,241	0,396	< 0,0001	0,241	0,436	< 0,0001
LDA/FDN	0,009	0,013	0,3943	0,009	0,04	< 0,0001
<b>Fracciones nitrogenadas</b>						
PC	48,04	37,98	< 0,0001	48,04	39,253	< 0,0001
NIDA	0,547	0,763	0,0223	0,547	0,68	0,1391
N-NH <sub>3</sub>	1,56	0,0195	< 0,0001	1,56	0,0195	< 0,0001
Nsol	4,123	3,37	0,0177	4,123	3,34	< 0,0001
NNP	1,633	0,25	< 0,0001	1,633	0,283	< 0,0001
NP	6,053	5,827	0,0026	6,053	5,997	0,3936
NIDA/Ntot	0,071	0,126	0,0004	0,071	0,109	0,0072
Nsol/Ntot	0,537	0,62	< 0,0001	0,537	0,532	0,7589
EE	18,93	20,71	0,0043	18,93	19,903	0,0876
pH	9,86	6,96	< 0,0001	9,86	7,043	< 0,0001

HM<sup>c</sup>/U: Húmedo molido con urea

HE<sup>s</sup>/U: Húmedo entero sin urea

SE<sup>s</sup>/U: Seco entero sin urea

Observando los contrastes HM<sup>c</sup>/U y HE<sup>s</sup>/U, el procesamiento y el agregado de urea en el poroto húmedo de soja (HM<sup>c</sup>/U) elevaron el contenido de humedad (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U. La fracción FDN fue mayor en el tratamiento HM<sup>c</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HE<sup>s</sup>/U; mientras que las fracciones FDA y LDA no variaron, fueron similares entre tratamientos (P= 0,6152 y P= 0,9257, respectivamente). La relación FDA/FDN fue mayor en el tratamiento HE<sup>s</sup>/U (P< 0.0001), con respecto al tratamiento HM<sup>c</sup>/U, pero la relación LDA/FDN no varió entre ambos tratamientos (P= 0.3943). El contenido de CNE y la relación CNE/FDN fueron mayores en el tratamiento HE<sup>s</sup>/U (P= 0.0002 y P< 0.0001, respectivamente), con respecto al tratamiento HM<sup>c</sup>/U.

El contenido de PC fue mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$ ) asociado principalmente a un mayor NNP ( $P < 0.0001$ ), pero también a un mayor contenido de NP ( $P = 0.0026$ ), con respecto al tratamiento  $HE^s/U$ . Sin embargo la relación  $N_{sol}/N_{tot}$  fue mayor en el tratamiento  $HE^s/U$  ( $P < 0.0001$ ), con respecto al tratamiento  $HM^c/U$ . El contenido de NIDA fue menor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P = 0.0223$ ), como así también la relación  $NIDA/N_{tot}$  ( $P = 0.0004$ ), con respecto al tratamiento  $HE^s/U$ .

El contenido de EE fue mayor en el tratamiento  $HE^s/U$  ( $P = 0.0043$ ), con respecto al tratamiento  $HM^c/U$ . El pH fue mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$ ), con respecto al tratamiento  $HE^s/U$ .

En los tratamientos  $HM^c/U$  vs.  $SE^s/U$ , el contenido de humedad es mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$ ), con respecto al tratamiento  $SE^s/U$ . El contenido de FDN es mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P = 0.0024$ ), con respecto al tratamiento  $SE^s/U$ , pero las fracciones FDA y LDA son mayores en el tratamiento  $SE^s/U$  ( $P = 0.0018$  y  $P = 0.0005$ , respectivamente), con respecto al tratamiento  $HM^c/U$ . Las relaciones FDA/FDN y LDA/FDN fueron mayores para el tratamiento  $SE^s/U$  ( $P < 0.0001$  y  $P < 0.0001$ , respectivamente), con respecto al tratamiento  $HM^c/U$ .

El contenido de PC fue mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$ ) asociado a un mayor NNP ( $P < 0.0001$ ), mientras que el NP no varió entre tratamientos ( $P = 0.3936$ ). Los contenidos de  $N_{sol}$  y  $N-NH_3$  son también mayores en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$  y  $P < 0.0001$ , respectivamente), con respecto al tratamiento  $SE^s/U$ .

El contenido de EE presentó una tendencia a ser algo mayor en el tratamiento  $SE^s/U$  con respecto al tratamiento  $HM^c/U$  ( $P = 0.0876$ ). El pH fue mayor en el tratamiento  $HM^c/U$  ( $P < 0.0001$ ), con respecto al tratamiento  $SE^s/U$ .

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 EFECTO DEL CONTENIDO DE AGUA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA

El contenido de humedad fue mayor en el poroto de soja húmedo respecto al seco ( $P < 0.0001$ ), pero permaneció en valores intermedios a bajos para ser conservado adecuadamente por fermentación láctica y muy alto para conservarse como grano seco, sin riesgo de crecimiento de hongos. Esto coincide con lo expuesto por O'Kiely (2001), Bianco (2007), Chalkling (2009). Un pH de 6,96 es muy alto para el crecimiento de las bacterias lácticas, ya que el rango de pH para su crecimiento es de 4 a 6,8 (Mc Donald et al. 1991, Pordomingo et al. 2002b, Bianco 2007, Chalkling 2009). En estas condiciones, podrían predominar las fermentaciones acéticas (Bianco, 2007) y butíricas (Pordomingo et al. 2002b, Bianco 2007), sobre la fermentación láctica.

Además, este medio podría favorecer el desarrollo de enterobacterias (Mc Donald et al., 1991), levaduras y hongos (Mc Donald et al. 1991, Bianco 2007). Estos últimos presentan un requerimiento de actividad agua ( $a_w$ ) menor que las bacterias (Bianco, 2007). De hecho, al destapar los silos experimentales, el material presentó un micelio blanco.

En la composición química se observan las diferencias propias de cosechar una soja más avanzada en comparación a otra con menor grado de maduración (soja de 1ª vs. soja de 2ª): menor contenido de pared celular (FDN), con una menor lignificación (LDA/FDN) y mayor contenido de N soluble (Nsol/Ntot). Similares resultados fueron obtenidos por Pordomingo et al. (2002b), en FDN y FDA.

Con respecto a los parámetros de conservación, a partir del contenido de NIDA y NIDA/Ntot, se puede inferir que no hubo un calentamiento del material con mayor contenido de humedad ( $HE^S/U$ ) durante la conservación (reacción de Maillard) (Goering et al., citados por Krishnamoorthy et al. 1982, Pichard and Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994). El límite de NIDA/Ntot en el cual un valor superior indicaría reducción de la digestibilidad de la proteína cruda por calentamiento es de 12 %, mientras que valores por encima de 15 % indican daño de la proteína cruda por calentamiento (Mieres, 2004).

## **5.2 EFECTO DEL PROCESAMIENTO SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA SEGÚN EL CONTENIDO DE HUMEDAD**

### **5.2.1 Poroto de soja seco**

La composición química del poroto de soja seco sin urea no varió con el procesamiento (SE<sup>s</sup>/U vs. SM<sup>s</sup>/U), a excepción de la fracciones FDA y LDA que fueron menores en el poroto de soja molido, lo cual podría deberse a una mayor pérdida relativa de la cascarilla durante el proceso de molienda. Esto coincide con lo expuesto por Pordomingo (2007). La composición de las fracciones FDA y LDA, reflejan en gran parte los constituyentes de la cascarilla (Castro et al., 2005), el procesamiento pudo haber aumentado la proporción de las fracciones más solubles, en detrimento de las estructurales (cascarilla). Lo mismo podría decirse de la fracción EE, ya que durante el procesamiento se evidenció dicha pérdida (presencia de aceite en las manos), coincidiendo con lo mencionado por Alfaro et al. (2004).

### **5.2.2 Poroto de soja húmedo**

Con respecto al poroto de soja húmedo, la molienda afectó significativamente el contenido de humedad (+ 1,60 %). Ello podría deberse a un efecto de higroscopicidad del poroto de soja (Cardoso et al., 2007), que redundaría en un aumento de la humedad del material. También se observó una tendencia a mayor contenido de pared celular (FDN) con la molienda. Esta modificación con respecto al poroto de soja húmedo entero, podría estar asociada a una actividad microbiana, actuando sobre las fracciones no estructurales, con una leve bajada de pH (- 0,67) (Castro et al. 2005, Bianco 2007). Esto pudo aumentar proporcionalmente las fracciones asociadas a la pared celular (FDN, FDA, LDA).

Sin embargo, a partir del contenido de NIDA, se puede pensar que no existió un calentamiento del material asociado a esta actividad microbiana. El no calentamiento del material puede estar asociado a que la compactación y eliminación del oxígeno fue relativamente eficaz.

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, se ve una pérdida relativa de Nsol en el material húmedo molido, lo cual puede estar asociado a una mayor actividad de la ureasa presente en el poroto soja y mayor actividad de los microorganismos proteolíticos a pH alto. Las ureasas presentes (Makkar y Singh 1987, Kraidees 1997), asociadas a la molienda y en presencia de humedad (Ghate y Bilansky, citados por Russell et al. 1988, Krishnamoorthy et al., citados por Van Soest 1994, Pordomingo et al. 2002b), incrementaron su actividad. El incremento del nitrógeno proteico podría deberse en parte a la degradación de la fracción A de los carbohidratos, el cual incluye azúcares y proteínas asociadas (Sniffen et al., 1992). Esto proporcionaría un aumento en el nitrógeno proteico y en la proteína.

### **5.3 EFECTO DEL AGREGADO DE UREA SOBRE LA CONSERVACIÓN DEL POROTO DE SOJA HÚMEDO SEGÚN EL PROCESAMIENTO**

#### **5.3.1 Poroto de soja entero**

El poroto de soja húmedo entero con urea ( $HE^c/U$ ) presentó mayor contenido de pared celular (FDN) que el poroto de soja húmedo entero sin urea ( $HE^s/U$ ), sin embargo los contenidos de lignocelulosa (FDA) y de lignina (LDA) fueron similares en ambos tratamientos. Este efecto ha sido reportado en la bibliografía en la conservación de granos por medio de agregado de urea. Esto se puede deber al aumento de NDIN (nitrógeno insoluble en detergente neutro) asociado a la FDN (Krishnamoorthy et al. 1982, Pichard y Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994, Lines y Weiss 1996), aunque el NDIN no fue analizado en este trabajo. Parecería que este aumento de la FDN sea debido a la unión del N a la hemicelulosa como lo explica Van Soest (1994). Aunque para que esta reacción ocurra debe haber calentamiento (Van Soest, 1994), hecho que no se confirma debido a los similares valores de NIDA. Sin embargo, pudo haber ocurrido un incremento de temperatura que aumentó el NDIN pero no necesariamente el ADIN (Pichard y Van Soest, citados por Van Soest, 1994).

El componente CNE disminuyó con el agregado de urea. Sin embargo, no hay que descartar que este resultado sea un “artefacto” por el modo de cálculo empleado para hallar CNE (no analizado químicamente). Al calcular CNE como  $MS-Cenizas-PC-FDN-EE$ , es posible que se esté restando dos veces la fracción NDIN en este cálculo (al restar FDN y al restar PC).

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, el contenido de PC aumenta asociado al agregado de urea, disminuye el Nsol y aumenta el N-NH<sub>3</sub>. Este efecto puede estar asociado a la hidrólisis de la urea y de parte del Nsol por la ureasa propia de la soja, incrementando los contenidos de N-NH<sub>3</sub>. Las ureasas presentes en el material (Makkar y Singh 1987, Kraidees 1997), mejoran la conversión de urea en NH<sub>3</sub> (Jayasuriya y Pearce, citados por Kraidees, 1997), ello se traduce en un aumento importante del N-NH<sub>3</sub>. Esto conduce a un valor alto de pH (9,86) característico de la conservación por amonificación, aunque mayor al mencionado por diferentes autores (Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Mancilla 2008, Chalkling 2009). Esto pudo ser debido a la actividad de las ureasas presentes en el poroto (Makkar y Singh 1987, Kraidees 1997).

### **5.3.2 Poroto de soja molido**

El poroto de soja molido con urea presenta contenidos de humedad similares al mismo material sin urea. Sin embargo, los contenidos de LDA y CNE fueron menores, respecto al poroto molido sin urea. Probablemente la urea actuó sobre los componentes lignificados de la pared, disminuyendo la LDA (Theander, citado por Kraidees 1997, Días-da Silva, citado por Souza et al. 2001).

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, el contenido de PC es mayor asociado al agregado de urea (Russell et al. 1988, Sundstol et al., citados por Lines y Weiss 1996, Pordomingo et al. 2002a, Pordomingo et al. 2002b), como también el contenido de Nsol, NNP y N-NH<sub>3</sub>. Similares resultados obtuvieron Pordomingo et al. (2002a) en el contenido de N, y Lines y Weiss (1996) en N, NNP y N-NH<sub>3</sub>. Como ya se mencionó en la sección anterior el agregado de urea incrementa la actividad de la enzima ureasa, esto conduce a un aumento del N-NH<sub>3</sub> (Jayasuriya y Pearce, citados por Kraidees 1997, Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005). El NNP y el Nsol aumentan por efecto de la molienda, ya que al moler el poroto, queda disponible mayor cantidad de sustrato para ser atacado por las ureasas.

El pH alcalino es característico de la conservación por amonificación (Ghate y Bilanski, Russell, Lin, Thomas y Mora, Russell y Schmidt, citados por Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Mancilla 2008, Soderholm et al., Wohlt, Hill et al., Romero et al., citados por Chalkling 2009). Aunque, al igual que en el tratamiento HE<sup>c</sup>/U, el alto valor de pH podría deberse a la reacción de las ureasas que se encuentran en el poroto (Makkar y Singh 1987, Kraidees 1997).

## **5.4 EFECTO DEL PROCESAMIENTO Y DEL AGREGADO DE UREA AL POROTO DE SOJA HÚMEDO SOBRE LOS PARÁMETROS DE CONSERVACIÓN**

### **5.4.1 Poroto húmedo molido con urea vs. Poroto húmedo entero sin urea**

El contenido de FDN fue mayor en el material húmedo molido con urea con respecto al húmedo entero sin urea, mientras que las fracciones FDA y LDA fueron similares entre los materiales. El incremento de la fracción FDN podría estar debido al NDIN creciente (Krishnamoorthy et al. 1982, Lines y Weiss 1996), el cual sería disponible (Krishnamoorthy et al., 1982). Este NDIN parecería que se degrada lentamente en el rumen (Pichard y Van Soest, Chalupa et al., citados por Van Soest 1994, Thanh Tham 2008), aunque Krishnamoorthy et al. (1982) sostienen que la posibilidad del NDIN como un componente de lenta degradación es un hecho que necesita mayor investigación. La significación biológica del NDIN no se ha demostrado claramente (Krishnamoorthy et al. 1982, Lines y Weiss 1996). Su contenido es variable y experiencias realizadas en soja han demostrado que el ADIN excedió el NDIN, esto podría ser causa de los productos de Maillard (Krishnamoorthy et al., 1982). Este incremento del NDIN (en el presente trabajo) pudo deberse al aumento de temperatura, que produce un incremento del nitrógeno asociado a FDN pero no necesariamente de la FDA. Esto coincide con lo mencionado por Pichard y Van Soest, citados por Van Soest (1994). Aunque el NIDA fue menor en este tratamiento, pudo haber aumentado el NDIN por incrementos de temperatura sin que se produzca reacción de Maillard (Pichard y Van Soest, citados por Van Soest, 1994). El ADIN si bien parece tener cierta digestibilidad (Weiss et al., citados por Van Soest, 1994), sería inutilizable por el animal (Nakamura et al., citados por Van Soest, 1994), pudiendo incluso aparecer en la orina (Van Soest, 1994).

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, se observan mayores contenidos de Nsol, NNP y N-NH<sub>3</sub> (Sundstol et al., citados por Lines y Weiss 1996, Pordomingo et al. 2002a, Pordomingo et al. 2002b), asociados a la hidrólisis de la urea agregada.

El pH alcanza un valor propio en el tratamiento del poroto húmedo molido con urea. Esto también se verificó en otras investigaciones (Ghate y Bilanski, Russell, Lin, Thomas y Mora, Russell y Schmidt, citados por Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Soderholm et al., Wohlt, Hill et al., Romero et al., citados por Chalkling 2009).

#### **5.4.2 Poroto húmedo molido con urea vs. Poroto seco entero sin urea**

El poroto húmedo molido con urea presenta valores de humedad mayores que el poroto seco entero sin urea. El contenido de FDN también es mayor en el poroto húmedo molido con urea, pero explicado por el incremento de esta fracción por el N adherido a la hemicelulosa (N-FDN) (Van Soest, 1994). Las fracciones lignocelulosa (FDA) y lignina (LDA) son menores en este tratamiento, asociado a un poroto cosechado en menor estado de madurez. El pH mayor en el tratamiento con urea es característico (Ghate y Bilanski, Russell, Lin, Thomas y Mora, Russell y Schmidt, citados por Pordomingo et al. 2002b, Chevallier y Toribio 2005, Soderholm et al., Wohlt, Hill et al., Romero et al., citados por Chalkling 2009).

## **6. CONCLUSIONES**

La soja húmeda (19%) no presentó diferencias significativas en los parámetros de conservación (a excepción del Nsol y del NP posiblemente debido a un menor estadio de madurez a la cosecha), con respecto a la soja cosechada seca. Sin embargo, a simple vista, se observó la presencia de un micelio blanco superficial en los microsilos con este material.

La molienda no tuvo efecto en los parámetros de conservación de la soja seca, pero sí en la soja húmeda donde se observó un mayor contenido de N-NH<sub>3</sub> posiblemente producto de una mayor actividad de la ureasa en un medio con un mayor contenido de agua (20.5%), ya que la soja molida aumenta su contenido de agua con respecto a la soja entera debido a su higroscopicidad.

El agregado de urea en la soja húmeda produjo un incremento de la fracción pared celular (FDN) en el material entero, posiblemente explicado por el incremento de la fracción N-FDN, lo cual estaría asociado también al mayor contenido de PC en este material con respecto a la soja entera sin urea.

En la soja húmeda molida, el agregado de urea también incrementó el contenido de PC pero no por la vía de una asociación a la pared celular (FDN similar entre soja húmeda molida con y sin urea) sino por el incremento de las fracciones solubles (Nsol) explicado posiblemente por la mayor actividad ureasa al moler el poroto de soja húmedo.

Finalmente, parecería que el agregado de urea a la soja con un nivel de humedad medio (19 a 20%), permite una conservación adecuada del material y a su vez incrementa el contenido de N del material, ya sea lentamente disponible (N-FDN) como en la soja húmeda entera, o rápidamente disponible (Nsol) como en la soja húmeda molida.

## **7. RESUMEN**

En el predio del productor Ing. Agr. Daniel Vago, en el km. 162 de la ruta nacional N°2, ubicado en el paraje “Piedra Chata” en el departamento de Colonia, se realizó una investigación con el objetivo de evaluar diferentes métodos de conservación de la soja cosechada anticipadamente, sobre la composición química de este material y su valor nutricional. Las alternativas de conservación se basaron en minimizar el ataque de organismos no deseados mediante la modificación del pH del medio: conservación por medio de un pH ácido y conservación por medio de un pH alcalino. Las cosechas se realizaron el 15 de abril del 2005, y fueron realizadas en dos chacras, el poroto seco fue extraído de una chacra que había sido sembrada como soja de primera mientras que el poroto húmedo se extrajo de otra chacra en donde la soja había sido sembrada como cultivo de segunda. Los tratamientos consistieron en un arreglo factorial de tres variables (humedad, procesamiento y agregado de urea) con dos niveles por variable sobre la composición química del poroto de soja y los parámetros de conservación. Los niveles de humedad fueron poroto seco con 12 % de humedad y poroto húmedo con 20 % de humedad. El procesamiento se midió a través del molino Willey, tomando como molido a todas aquellas partículas que pasaban por un tamiz de 1 cm. El agregado de urea se realizó mezclando las mismas con el material a razón de 350 grs. por muestra. Las muestras fueron colocadas en baldes de 20 litros, pesando en promedio 13,5 kg., y cerradas herméticamente (anaerobiosis). Luego de tres meses (duración del tratamiento), los microsilos fueron destapados. Posteriormente se realizaron los análisis de composición química en el Laboratorio de nutrición Animal de la Facultad de Agronomía. Los resultados mostraron que la soja húmeda (19%) no presentó diferencias significativas en los parámetros de conservación con respecto a la soja seca, aunque se verificó la presencia de micelio blanco superficial en este material. La molienda de la soja húmeda aumentó el N-NH<sub>3</sub>, probablemente debido a una mayor actividad de la ureasa en un medio más favorecido por la humedad (20,5 %). El agregado de urea en la soja húmeda entera incrementó el N adherido a la FDN que resultó en un aumento de la FDN, explicando también el incremento de la PC. En la soja húmeda molida, el agregado de urea también aumentó la PC, aunque en este caso no fue explicado por el incremento del N unido a la FDN, sino por la mayor actividad de la ureasa que proporcionó mayores contenidos de N soluble (Nsol), favorecida su actividad por la molienda del poroto húmedo. Por lo tanto, parecería que el agregado de urea permite una conservación adecuada del material con un nivel de humedad medio (19 - 20 %). Además incrementa el contenido de N del material, ya sea lentamente disponible como en la soja húmeda entera (N-FDN), o rápidamente disponible (Nsol) como sucedió en la soja húmeda molida.

Palabras clave: Métodos de conservación; Composición química; Valor nutricional; Microsilos.

## **8. SUMMARY**

On the land of the producer agro-engineer Daniel Vago, in the km. 162 on the national route No. 2, located in “Piedra Chata” in the province of Colonia, research was carried out, with the aim of evaluating different methods of conserving the soya bean harvested in advance, into the chemical composition of this material and its nutritional value. The conservation alternatives were based on minimizing the attack of undesired organism by means of the modification of the pH of the medium: conservation by means of an acid pH and by means of an alkaline pH. The harvests were carried out on 15<sup>th</sup> April, 2005 on two different farms. The dry bean was extracted from another farm where the soya bean while the wet bean was extracted from another farm where the soya bean had been planted as a second rate crop. The treatments consisted in a factorial design of three variables (humidity, process and urea addition) with two levels per variable over the chemical composition of the soya bean and the conservation parameters. The humidity level was 12% for the dry bean and 20% for the wet one. The process was measured through the Willey mill, taking as ground all those particles that went through a 1-centimetre sieve. The addition of urea was made by mixing the same particles with the material on a basis of 350 grams per sample. The samples were placed in 20-litre-buckets weighing 13,5 grams on average and hermetically sealed (anaerobiosis). After 3 months (treatment duration), the microsilos were uncovered. Afterwards, the analyses of chemical composition were done in the Laboratory of Animal Nutrition in the Faculty of Agronomy. The results showed that the wet soya bean (19%) did not present significant differences in the conservation parameters compared with the dry bean, although the presence of superficial white mycelium was seen in this material. The grinding of the wet soya bean increased by N-NH<sub>3</sub>, probably due to a greater activity of the ureasa in a medium more favoured by humidity (20,5%). The addition of urea in the whole wet soya increased the N adhered to the FDN that resulted in a increase of the FDN, thus also explaining the increase in the PC. In the ground wet soya, the addition of urea also increased the PC, although in this case it was not explained by the increase of the N together with the FDN, but by the greater activity of the ureasa that provided bigger contents of soluble N (Nsol), its activity favoured by the grinding of the wet bean. Therefore, it would seem that the addition of urea allows a suitable conservation of the material with a medium humidity level (19-20%). Moreover, it increases the content of N of the material, either slowly available like in the whole wet soya (N-FDN), or quickly available (Nsol) as occurred in the ground wet soya.

Key words: Conservation Methods, Chemical Composition, Nutritional Value, Microsilos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ALFARO, Y.; SEGOVIA, V.; MIRELES, M.; MONASTERIOS, P.; ALEJOS, G.; PÉREZ, M. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. (en línea). Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. 6: s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/alfaro\\_y.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/alfaro_y.htm)
2. AOAC. 1990. Official methods of analysis 15th. ed Arlington, VA, USA, Association of Official Analytical Chemists. s.p.
3. ASTIGARRAGA, L. 2004. Validación de una propuesta de intensificación sobre el resultado económico de empresas lecheras. Montevideo, Uruguay, Proyecto FPTA 101 (INIA/FUCREA/Facultad de Agronomía). s.p.
4. \_\_\_\_\_. 2007. El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. Montevideo, Facultad de Agronomía. 17 p.
5. BARGO, F. 2004. Tambo vs. soja o tambo más soja. (en línea). Buenos Aires, UBA. Facultad de Agronomía. Cátedra Producción Lechera. 6 p. Consultado ago. 2008. Disponible en [http://www.agro.uba.ar/catedras/p\\_lechera/resumenbargo.pdf](http://www.agro.uba.ar/catedras/p_lechera/resumenbargo.pdf)
6. BIANCO, A. 2007. El ensilado de grano húmedo; criterios de calidad. (en línea). Montevideo, Uruguay. In: Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos (9º., 2007, Montevideo, Uruguay). Innovación y desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 35-41. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/IX\\_encuentro/preevento/bianco.htm](http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/IX_encuentro/preevento/bianco.htm)
7. BORGES, G. 2005. Métodos para la valoración de la proteína. Barquisimeto, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. 24 p.
8. CABRERA, C. 2007. Biodeterioro de los granos y subproductos de origen vegetal. Montevideo, Facultad de Agronomía. 3 p.

9. CARDOSO, M., BARTOSIK, R., RODRIGUEZ, J. 2007. Estudio de la evolución de la humedad de los granos individuales en silo-bolsas de maíz y soja. (en línea). Buenos Aires, Argentina. Cuencarural/Agricultura. s.p. Consultado set. 2008. Disponible en [http://www.cuencarural.com/agricultura/estudio\\_de\\_la\\_evolucion\\_de\\_la\\_humedad\\_de\\_los\\_granos\\_individuales\\_en\\_silo\\_bolsas\\_de\\_maiz\\_y\\_soja/](http://www.cuencarural.com/agricultura/estudio_de_la_evolucion_de_la_humedad_de_los_granos_individuales_en_silo_bolsas_de_maiz_y_soja/)
10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; OTTONELLO, G. 2008. Almacenaje de grano húmedo. (en línea). Revista Conciencia Rural. 290: 5. Consultado set. 2008. Disponible en <http://www.concienciarural.com.ar/articulos/agricultura/almacenaje-de-grano-humedo-por-que-aumentan-los-riesgos-ing-agr-marcelo-l-cardoso-ing-agr/art290.aspx>
11. CASINI, C. 2003. Conservación de granos; almacenamiento en bolsas plásticas. (en línea). Córdoba, Argentina, INTA EEA Manfredi. s.p. Consultado set. 2008. Disponible en [http://www.produccion\\_animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/58-conservacion\\_de\\_granos.htm](http://www.produccion_animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/58-conservacion_de_granos.htm)
12. \_\_\_\_\_. 2008. Los granos son los actores principales en el almacenamiento y muchas veces no se los toma en consideración. (en línea). Córdoba, Argentina, EEA INTA Manfredi. s.p. Consultado jul. 2008. Disponible en <http://www.cosechaypstcosecha.org/data/articulos/postcosecha/AlmacenamientoSoja.asp>
13. CASTRO, H.; ANDREO, N.; VOTTERO, D. 2005. La cascarilla engorda (en línea). Informe Técnico INTA EEA Rafaela. 15 (139): 17-18. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion/37-cascarilla\\_de\\_soja.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion/37-cascarilla_de_soja.htm)
14. COBLENTZ, W.; TURNER, J.; SCARBROUGH, D.; COFFEY, K.; KELLOGG, D.; MCBETH, L. 2001. Effects of spontaneous heating on estimates of ruminal nitrogen degradation in Bermudagrass hays from two harvests. Crop Science. 41: 1572-1578.
15. CONTI, G.; GREGORET, R.; GALLARDO, M.; VALTORTA, S.; GAGGIOTTI, M. 2004. Sustitución de la semilla de algodón por poroto de soja en la alimentación de vacas lecheras en pastoreo. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 24 (1): s.p. Consultado ago. 2008. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2004\\_p18.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2004_p18.htm)

16. CHALKLING, D., BRASESCO, R. 1997. Ensilaje de grano húmedo. (en línea). Río Negro, Uruguay, Uedy – Publicaciones. s.p. Consultado set. 2008. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/sgh/silo.htm>
17. \_\_\_\_\_. 2009. Ensilaje de grano húmedo. (en línea). Río Negro, Uruguay. Convenio INIA – Sociedad Rural de Río Negro. 16 p. Consultado feb. 2009. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/86-grano\\_humedo.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/86-grano_humedo.pdf)
18. CHEVALLIER, S.; TORIBIO, M. 2005. Reacción de los fertilizantes en el suelo; Proyecto Fertilizar - INTA Pergamino. (en línea). Buenos Aires, Argentina. INTA. s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/equipofertilizar/Reaccion%20en%20el%20Suelo%20de%20la%20Urea.asp>
19. DAVIT, R. 2006. Control de gramilla; informe técnico. (en línea). Colonia, Uruguay, Sociedad de Fomento Rural de Colonia Suiza. s.p. Consultado set. 2008. Disponible en [http://www.portalechero.com/ver\\_items\\_descrip.asp?wVarItem=645](http://www.portalechero.com/ver_items_descrip.asp?wVarItem=645)
20. DEFOOR, P.; GARDNER, B.; RAY, M. 2006. Treating cereal grains with non-protein nitrogen to improve grain digestibility. (en línea). Oklahoma, USA, s.e. s.p. Consultado feb. 2009. Disponible en <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=US2005026554&DISPLAY=STATUS>
21. FENZO, R. 2002. Importancia del maíz y otros cereales en alimentación de la vaca lechera. (en línea). Revista Tattersall. 178: s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://www.tattersall.cl/revista/rev178/ganaderia.htm>
22. GAGGIOTTI, M.; GALLARDO, M. 2005. Utilización de soja y sus subproductos en alimentación de ganado. (en línea). Informe Técnico INTA E.E.A. Rafaela. 15 (139): 63-66. Consultado set. 2008. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/39-soja\\_y\\_subproductos\\_en\\_alimentacion\\_de\\_ganado.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/39-soja_y_subproductos_en_alimentacion_de_ganado.htm)

23. GALLARDO, M.; CONTI, G.; CASTIGNANI, H. 2006. El poroto de soja: un recurso interesante para reemplazar a la semilla de algodón. (en línea). Córdoba, Argentina, INTA Rafaela – Argentina. s.p. Consultado ago. 2008. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/nutricion\\_porotodesoja.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/nutricion_porotodesoja.htm)
24. GREGORET, R.; GAGGIOTTI, M.; GALLARDO, M.; VALTORTA, S.; CONTI, G.; ARAKAKI, C. 2004. Subproductos de la soja para alimentar vacas lecheras en pastoreo. (en línea). Baltimore, USA. In: Congreso de la Asociación de Ciencia Lechera de USA (ADSA). (2004, Baltimore). Producción composición de leche. Buenos Aires, INTA Rafaela. s.p. Consultado feb. 2009. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2004/anuario2004\\_p16.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2004/anuario2004_p16.htm)
25. HRLSTOV, A.; ROPP, J. 2003. Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 86: 2416-2427.
26. KRAIDEES, M. 1997. Effects of temperature, addition of Soybean meal and treatment period on the nutritive value of urea treated wheat straw. *Agriculture Science*. 9: 73-86.
27. KRISHNAMOORTHY, U.; MUSCATO, T.; SNIFFEN, C.; VAN SOEST, P. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal Dairy Science*. 65: 217-225.
28. LICIFRA, G.; HERNANDEZ, T.; VAN SOEST, P. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Crop Science*. 57: 347-358.
29. LINES, L.; WEISS, W. 1996. Use of nitrogen from ammoniated Alfalfa hay, urea, Soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. *Journal Dairy Science*. 79: 1992-1999.
30. MC DONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. 1991. The biochemistry of silage. s.l., Chalcombe. 342 p.
31. MAKKAR, H.; SINGH, B. 1987. Kinetics of urea hydrolysis and binding of ammonia to wheat straw during ammoniation by urea. *Journal Dairy Science*. 70: 1313-1317.

32. MANCILLA, L. 2008. La Amonificación, una alternativa para la conservación y mejoramiento de suplementos utilizados para rumiantes en el trópico. (en línea). Revista Producción y Negocio (Venezuela). 22: s.p. Consultado feb. 2009. Disponible en [http://www.produccionynegocio.com/edicion\\_22/la\\_amonificacion.htm](http://www.produccionynegocio.com/edicion_22/la_amonificacion.htm)
33. MIERES, J. 2004. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 72-75 (Serie Técnica no. 142).
34. O'KIELY, P. 2001. Conserved moist grain. (en línea). The Irish Farmers Journal 2001: s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://translate.google.com.uy/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.farmersjournal.ie/2001/0714/crops/features.html&sa=X&oi=translate&resnum=9&ct=result&prev=/search%3Fq%3DBy%2BPadraig%2BO%25C2%25B4Kiely,%2BT eagasc,%2BGrange.%2B%2BConserved%2Bmoist%2Bgrain.%26hl%3Des%26lr%3Dlang\\_es](http://translate.google.com.uy/translate?hl=es&sl=en&u=http://www.farmersjournal.ie/2001/0714/crops/features.html&sa=X&oi=translate&resnum=9&ct=result&prev=/search%3Fq%3DBy%2BPadraig%2BO%25C2%25B4Kiely,%2BT eagasc,%2BGrange.%2B%2BConserved%2Bmoist%2Bgrain.%26hl%3Des%26lr%3Dlang_es)
35. PORDOMINGO, A.; JONAS, O.; ORROÑO, R.; JUAN, N.; AZCARATE, M. 2002a. Efecto de la humedad del grano y el agregado de urea sobre la conservación alcalina del maíz. INTA EEA. AAPA. NA no. 54. s.p
36. \_\_\_\_\_.; JUAN, N.; AZCARATE, M. 2002b. Grano de maíz húmedo conservado con urea en dietas de engorde a corral. Revista Argentina de Producción Animal. 22: 101-113.
37. \_\_\_\_\_. 2007. Suplementación con granos a bovinos en pastoreo. (en línea). La Pampa, INTA Anguil. s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en [http://www.ergomix.com/suplementacion\\_con\\_granos\\_a\\_s\\_articulos\\_1235\\_AGR.htm](http://www.ergomix.com/suplementacion_con_granos_a_s_articulos_1235_AGR.htm)
38. PERRACHON, J. 2005. ¿Cómo controlar la gramilla? (en línea). Revista del Plan Agropecuario. dic. 2005: 38-42. Consultado feb. 2009. Disponible en [http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R116/R116\\_38.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R116/R116_38.pdf)
39. PIQUER VIDAL, F. 1993. Efecto de la extracción de carbohidratos en su valor nutritivo. (en línea). In: Curso de especialización Fedna (9º., 1993, Barcelona, España). Haba de soja y sus derivados, Composición y estructura. Ames, USA, FEDNA. 11 p. Consultado set. 2008. Disponible en [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP\\_9.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_9.pdf)
40. RIVERIN, A. 2006. Comment évaluer la qualité de votre ensilage? Journal L'Agroalimentaire. juill. 2006: s.p.

41. RUSSELL, R.; LIN, J.; THOMAS, E.; MORA, E. 1988. Preservation of high-moisture milo with urea; grain properties and animal acceptability. *Journal Animal Science*. 66: 2131-2139.
42. \_\_\_\_\_.; O'CONNOR, J.; FOX, D.; VAN SOEST, P.; SNIFFEN, C. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; I. Ruminal fermentation. *Journal Animal Science*. 70: 3551-3561.
43. SNIFFEN, C.; O'CONNOR, J.; VAN SOEST, P.; FOX, D.; RUSSELL, J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*. 70: 3562-3577.
44. SOUZA, O.; CAÑEQUE, V.; GUIA, E. 2001. Efecto del tratamiento sobre el valor nutritivo de la paja tratada por urea. *Archivos de Zootecnia*. 50 (191): 343-353.
45. STRIGHTS DIRECT. 2008. Feed grade urea (en línea). s.l., Call Strights Direct. s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://straightsdirect.com/miscellaneous.com/miscellaneous.html>
46. THANH THAM, H.; VAN MAN, N.; PRESTON, T. 2008. Estimates of protein fractions of various heat-treated feeds in ruminant production (en línea). *Livestock Research for Rural Development*. 20: s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd20/supplement/tham2.htm>
47. VAN SOEST, P.; ROBERSTON, J.; LEWIS, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*. 74(5): 3583-3597.
48. \_\_\_\_\_. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant, nitrogen metabolism*, 2<sup>nd</sup>. ed. Ithaca, NY, Cornell University. pp. 290-312.
49. VETIFARMA. 2006. Inhibidor de tripsina (en línea). La Plata, Argentina. *Vetinews*. Informes y publicaciones especializadas. s.p. Consultado feb. 2009. Disponible en <http://www.vetifarma.com.ar/vetinews/bovinos.php?dest=4>
50. WIKIPEDIA. 2009. Glifosato. (en línea). s.l., Wikipedia Foundation. s.p. Consultado ene. 2009. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/glifosato>