

## Contribución de la inoculación bacteriana a la fermentación de silajes de planta entera de maíz y sorgo

*Contribution of bacterial inoculation to fermentation of maize and sorghum silages*

**Jaurena<sup>1</sup>, G.**

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

---

### Resumen

La inoculación puede contribuir a mejorar la fermentación durante el ensilaje optimizando la conservación de la masa y la calidad del forraje, sin embargo su empleo en planta entera de maíz (SMz) y sorgo (SSrg) suele cuestionarse debido a que los materiales "no inoculados" suelen alcanzar pH de estabilización aparentemente satisfactorios. El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la aplicación de inoculantes bacterianos sobre la calidad de SMz y SSrg y discutir los criterios sobre los cuales decidir la conveniencia de su aplicación. Los minisilos se confeccionaron con 16 cultivos de maíz (provenientes de 5 localidades) y 9 de sorgo granífero que fueron cosechados a mano (estado  $\frac{1}{3}$  de línea de leche para el caso del maíz y 0,60-0,80 m de altura para el sorgo), picados con una "chipeadora" estacionaria y posteriormente subdivididos en 2 fracciones: Inoculado (con bacterias lácticas) y Control. Los resultados fueron analizados en forma separada para maíz y sorgo, bloqueando por localidad en el caso del maíz. Los SMz inoculados presentaron menor pH ( $p=0,02$ ) y contenido de ácido acético ( $p=0,002$ ) y  $N-NH_3/NT$  ( $p=0,02$ ) y una mayor proporción de ácido láctico (Control = 91% de los ácidos grasos totales [AGT]; Inoculado = 95%;  $p=0,001$ ) y relación láctico/acético respecto al Control (Control = 12; Inoculado = 20;  $p=0,03$ ). Para el caso de los SSrg el 22% (2/9) de los minisilos Control tuvieron pHs altos (pHs 6,5 y 6,6) debido a una baja producción de AGT (47 y 39 g/kg MS respectivamente). Se concluyó que la aplicación de BAL en SSrg favoreció la conservación del forraje y en el caso del SMz, pese a la buena conservación de los materiales en el Control, hubo evidencias de que su aplicación mejoró el curso de la fermentación.

**Palabras clave:** inoculación bacteriana, bacterias ácido lácticas, silaje de maíz, silaje de sorgo

### Summary

Inoculation can contribute to promote the ensiling fermentation improving the mass and forage quality conservation, however its use in maize (MS) and sorghum silage (SS) is frequently disputed because "non-inoculated" materials use to reach apparently satisfactory stability pHs. The objective of this work was to assess the effect of bacterial inoculants application on MS and SS quality and to discuss the criteria to decide about the convenience of its application. Minisilos were made with 16 and 9 maize and sorghum crops from 5 locations that were hand harvested ( $\frac{1}{3}$  milk line for maize and at 0.60-0.80 m for sorghum), chopped with a stationary chopper and subsequently split into 2 fractions: Inoculated (with lactic acid bacteria) and Control. Results were

Recibido: noviembre de 2007

Aceptado: mayo de 2008

1. Ing.Agr., MSc., PhD. Av. San Martín 4453 (C1417 DSQ) Buenos Aires - Argentina. E-mail: gjauarena@agro.uba.ar

analysed as a Completely randomized block design (blocking by location) for each species (maize and sorghum separately). The inoculated MS had lower pH ( $p=0.02$ ) and content of acetic acid ( $p=0.002$ ) and  $N-NH_3/NT$  ( $p=0.02$ ) and a higher proportion of lactic acid (Control = 91% total fatty acids [TFA]; Inoculated = 95%;  $p=0.001$ ) and lactic/acetic ratio with respect to Control (Control = 12; Inoculated = 20;  $p=0.03$ ). For SS, 22% (2/9) of Control minisilos had high pHs (pH 6.5 y 6.6) brought about by a low TFA producción (47 y 39 g/kg MS respectively). It is concluded that application of inoculum in SS improved forage conservation and in the case of MS, despite the good conservation of Control materials, there was evidence that its application improved the fermentation course.

**Key words:** bacterial inoculation, lactic acid bacteria, maize silage, sorghum silage.

Abreviaturas: FDN, fibra insoluble en detergente neutro; MS, materia seca

---

### Introducción

La técnica del ensilaje es un método de conservación de forrajes con alto contenido de humedad, cuyo éxito depende del logro de adecuadas condiciones de acidez para estabilizar el material y de la preservación de las condiciones de anaerobiosis. La producción de ensilajes en forma natural requiere de la presencia de carbohidratos -especialmente azúcares- y ácidos orgánicos que a través de la fermentación por parte de bacterias -fundamentalmente bacterias lácticas (BAL)- sintetizan ácidos orgánicos (principalmente láctico y acético) que acidifican el material y que de mantenerse las condiciones de anaerobiosis evitarán que el forraje se deteriore. Con el propósito de favorecer el desarrollo de una fermentación láctica, son determinantes: el contenido de humedad, la exclusión del oxígeno, la disponibilidad de sustratos fermentables -para las BAL-, la capacidad tampón del forraje, la presencia de BAL y la ausencia de esporas de clostridios (McDonald et al, 1991; Hassanat et al., 2007).

Los aditivos para silajes se agrupan de acuerdo a sus efectos sobre la fermentación en inhibidores (e.g. ácido fórmico, formaldehído) y estimulantes (e.g. melaza, granos, enzimas e inoculantes bacterianos). Si bien los del primer grupo han sido empleados en distintas regiones del mundo (Wilkinson y Toivonen, 2004), la naturaleza poco amigable de la mayoría de ellos con el hombre, las maquinarias y el ambiente los ha posicionado

en cierta desventaja respecto a otras opciones menos conflictivas (e.g. enzimas e inoculantes bacterianos).

Los inoculantes bacterianos están constituidos principalmente por BAL bajo la forma de cultivos puros o en mezclas tales que mediante su actividad fermentativa contribuyen a mejorar la conservación del forraje, incluyendo el proceso de ensilaje en si mismo y eventualmente la etapa postapertura. Estos productos apelan a disminuir parte del riesgo asociado a la confección de silajes ofreciendo un retorno económico sobre la base de lograr mejoras en la fermentación, recuperación de materia seca y valor nutritivo del silaje ofrecido a los animales (Woolford, 1984; Khorvash et al., 2006).

Entre las principales características que debería reunir un inoculante bacteriano para resultar exitoso se han señalado: a) capacidad de dominar a la población nativa en un amplio rango de condiciones ambientales y de manejo, b) predominancia del tipo homofermentativo para convertir rápidamente los azúcares disponibles en ácido láctico, c) tolerancia a la acidez y capacidad para llevar el pH a 4 (como máximo) en el menor tiempo posible, d) capacidad para fermentar glucosa, fructosa, sucrosa, fructosanos y pentosas, e) no producir dextranos, a partir de la sacarosa, ni manitol a partir de la fructosa, f) ser capaces de desarrollar en un rango de temperaturas amplio, tolerando hasta 50°C para sobrevivir a eventuales calentamientos del material

acumulado, g) tolerar bajos contenidos de humedad para fermentar aún sobre materiales premarchitados y h) carecer de capacidad proteolítica (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991). Adicionalmente se podría agregar como deseable que el inoculante mejore la estabilidad postapertura y en aquellos ideados para ciertos cultivos específicos podría incluirse la capacidad de hidrolizar almidón (e.g. papas, leguminosas) u otros sustratos potencialmente fermentables.

A pesar de que existen en el mercado inoculantes disponibles para mejorar la conservación del forraje como silaje y pese al incremento en la cantidad de maíz y sorgo conservados como silaje en Argentina y a la incorporación de nueva tecnología (fundamentalmente bajo la forma de maquinaria más moderna), la utilización de inoculantes bacterianos es aún escasa y frecuentemente discutida tanto por técnicos y productores usuarios de éstos productos, como en la literatura especializada (Muck y Kung, 1997). En el caso del maíz y el sorgo la relación entre azúcares fermentables y capacidad buffer de la planta entera determinan óptimas condiciones de ensilabilidad y suelen fermentar razonablemente bien sin necesidad de inoculantes; por este motivo suele ponerse en duda el beneficio de agregar inoculantes bacterianos (Muck y Kung, 1997).

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de la aplicación de un inoculante bacteriano sobre la calidad de silajes de maíz y sorgo en la región húmeda de Argentina y discutir los criterios sobre los cuales decidir la conveniencia de su aplicación.

### **Materiales y Métodos**

Los tratamientos consistieron en confeccionar silajes de planta entera de maíz y sorgo con o sin inoculación de *Lactobacillus plantarum* y *Streptococcus faecium* (Pioneer Brand 1174<sup>MR</sup>). Los silajes de planta entera de maíz se confeccionaron con materiales provenientes de 16 cultivos originarios de cinco localidades de la Región Pampeana húmeda (Duggan

y Venado Tuerto, provincia de Santa Fe; Bragado, Tandil, Balcarce y Necochea, provincia de Buenos Aires) y 9 genotipos de sorgo granífero sembrados en un único establecimiento (Venado Tuerto, Pcia. de Buenos Aires).

Los cultivos fueron cosechados a mano en estado  $\frac{1}{3}$  de línea de leche para el caso del maíz (Ritchie et al., 1993) y 0,60-0,80 m de la planta para el sorgo dejando en ambos casos un remanente similar (altura de corte c.a. 30 cm). Una vez cosechadas, las plantas fueron picadas con una "chipeadora" estacionaria y posteriormente subdivididas en forma homogénea sobre dos lonas. El forraje fue inoculado con un aspersor manual de modo de lograr  $9 \times 10^7$  unidades formadoras de colonias (ufc)/g materia verde (MV). Los tratamientos testigo fueron asperjados con una cantidad de agua similar a la utilizada para la inoculación.

Los minisilos (35 cm altura  $\times$  29 cm diámetro) fueron llenados con aproximadamente 15 kg de MV compactados con un pisón de madera y cerrados con una tapa de cierre a presión provista de una válvula Bunsen para la eliminación de los gases de la fermentación. La incubación se realizó bajo galpón durante 97 a 120 días dependiendo de la localidad. Los minisilos fueron muestreados y pesados en los momentos inicial y final para estimar las mermas de materia seca (MS).

Las muestras de forraje iniciales y finales fueron secadas en estufa (65°C), molidas (tamiz 1 mm diámetro) y almacenadas para su posterior análisis. La materia seca (MS) total se estimó como el producto de la MS secada a 65°C y el secado a 105°C durante 12 hs de una alícuota del material molido. Las cenizas se determinaron sometiendo las muestras a 550°C durante 12 h. La proteína bruta (PB) se estimó como N total  $\times$  6.25 (Kjeldahl, (AOAC, 2000) y las fracciones de fibra en detergente neutro (FDN) y en detergente ácido (FDA) se realizaron según (Van Soest et al., 1991) y sobre el residuo de FDA se determinó el contenido de N (NIDA). Los carbohidratos solubles (CSol) se extrajeron por hidrólisis en medio ácido diluido a 25°C y se determinaron

los azúcares reductores por el método de Munson y Walker con titulación del óxido de cobre con permanganato de potasio (AOAC, 2000). Los ácidos grasos volátiles y el láctico fueron determinados siguiendo la técnica sugerida por Fussell (1987).

Los resultados fueron analizados por Análisis de varianza (ANVA) en forma separada para ambas especies, de acuerdo a un diseño en bloques completos aleatorizados (bloqueando por localidad × híbrido para el maíz [b=16] y por genotipo para el sorgo [b=9]). En los casos donde los resultados no cumplieron con los supuestos necesarios para el ANVA se empleó el test no paramétrico de los signos (Siegel, 1972).

## Resultados

El momento de cosecha de los cultivos fue decidido de acuerdo a su estado de desarrollo,  $\frac{1}{3}$  de línea de leche para maíz - 81% (13/16) en estado R3 y 19% (3/16) en estado cercano a R4- y 60-80 cm de altura de planta para los sorgos. El contenido de humedad de ambos cultivos fue relativamente elevado y variable (Cuadro 1). Los contenidos de FDA de los silajes de maíz fueron similares (Cuadro 1), pero las concentraciones de carbohidratos solubles variaron asociadas al estado fenológico (R3, 90 g/kg MS; R4, 18 g/kg MS). En el caso de los sorgos, los materiales fueron relativamente uniformes en su composición de FDA y azúcares solubles.

**Cuadro 1:** Composición química de los materiales originarios previo al ensilado (g/kg materia seca, salvo que se indique lo contrario).

**Table 1:** Chemical composition of pre-ensiling original material (g/kg dry matter, unless stated otherwise).

|   | Media | Mínimo | Máximo | S <sup>1</sup> | CV <sup>2</sup> (%) |
|---|-------|--------|--------|----------------|---------------------|
| <i>Maíz</i>                               |       |        |        |                |                     |
| Materia seca (g/kg materia verde)         | 299   | 246    | 389    | 459            | 15                  |
| Cenizas                                   | 60    | 47     | 71     | 58             | 10                  |
| Proteína bruta                            | 69    | 55     | 86     | 80             | 12                  |
| Fibra insoluble en detergente ácido (FDA) | 295   | 264    | 340    | 218            | 7                   |
| Nitrógeno insoluble en FDA (% N total)    | 7     | 4      | 21     | 40             | 60                  |
| Azúcares solubles                         | 76    | 10     | 169    | 499            | 65                  |
| Calcio                                    | 2,5   | 1,8    | 4,3    | 0,6            | 25                  |
| Fósforo                                   | 1,4   | 1,0    | 2,5    | 0,4            | 27                  |
| <i>Sorgo</i>                              |       |        |        |                |                     |
| Materia seca (g/kg materia verde)         | 291   | 190    | 318    | 416            | 14                  |
| Cenizas                                   | 103   | 91     | 113    | 64             | 6                   |
| Proteína bruta                            | 82    | 70     | 87     | 52             | 6                   |
| Fibra insoluble en detergente ácido (FDA) | 331   | 287    | 408    | 390            | 12                  |
| Nitrógeno insoluble en FDA (% N total)    | 13    | 2      | 21     | 6              | 46                  |
| Azúcares solubles                         | 55    | 36     | 73     | 112            | 20                  |
| Calcio                                    | 3,0   | 1,7    | 3      | 0,4            | 16                  |
| Fósforo                                   | 2,0   | 1,5    | 2,3    | 0,3            | 15                  |

<sup>1</sup> Desvío estándar. <sup>2</sup> Coeficiente de variación.

Los silajes resultaron con pesos específicos medios de 621 (error estándar de la media, EEM = 8,8) y 583 kg/m<sup>3</sup> (EEM = 9,6) respectivamente para maíz y sorgo. La recuperación de MS no difirió entre materiales inoculados o no, pero hubo diferencias entre ambos cultivos (0,98 y 1,05 kg/kg respectivamente para maíz y sorgo; SEM = 0,02, p=0,013).

Los silajes de planta entera de maíz inoculados presentaron menor pH (p=0,02; Cuadro 2), y contenidos de azúcares solubles (p=0,03) y de ácido acético (p=0,002). Coincidentemente con éste mejor perfil fermentativo se registró una menor proporción de N-NH<sub>3</sub>/N-T (p=0,02), una mayor proporción de ácido láctico (Control = 91% de los ácidos grasos totales; Inoculado = 95%; EEM = 0,007%, p=0,001) y una relación láctico/acético más amplia respecto al tratamiento Control (Control = 12; Inoculado = 20; EEM = 2,2, p=0,03).

El ANVA para los silajes de sorgo no arrojó diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables estudiadas (Cuadros 2 y 3). Sin embargo, es necesario resaltar que para satisfacer los supuestos de dicho análisis, los datos de los controles de los bloques 20 y 21 (pH 6,5 y 6,6 respectivamente) tuvieron que ser eliminados. Consecuentemente, los resultados fueron analizados por el test no paramétrico de los signos, resultando significativa la diferencia entre controles e inoculados (p<0,05;  $pH = pH_{(Inoculados)} - pH_{(Controles)}$ , pH < 0 en 4/9, pH = 0 en 4/9 y pH > 0 en 1/9 casos). Como se señaló más arriba, el 22% (2/9) de los minisilos control tuvieron pH muy altos debido a una baja producción de AGT (47 y 39 g/kg MS respectivamente). Además, en un caso predominó una fermentación acética (relación Láctico/Acético= 1) y en el otro, se registró una menor relación Láctico/AGT (0,81) respecto al resto de los resultados.

**Cuadro 2:** Composición química (medias ajustadas) de los silajes de maíz control e inoculados (g/kg materia seca, salvo que se indique lo contrario).

**Table 2:** Chemical composition (adjusted means) of control and inoculated maize silages (g/kg dry matter, unless stated otherwise).

|   | Control | Inoculado | EEM <sup>1</sup> | P <sup>2</sup> |
|---|---------|-----------|------------------|----------------|
| Materia seca (MS, g/kg material verde)    | 292     | 301       | 0,5              | 0,54           |
| Cenizas                                   | 62      | 64        | 0,9              | 0,25           |
| Proteína bruta                            | 69      | 69        | 1,3              | 0,70           |
| Azúcares solubles                         | 46      | 37        | 2,8              | 0,03           |
| Fibra insoluble en detergente ácido (FDA) | 292     | 295       | 4,3              | 0,66           |
| Nitrógeno insoluble en FDA (% N total)    | 5,0     | 5,0       | 0,22             | 0,16           |
| Calcio                                    | 2,0     | 2,0       | 0,13             | 1,0            |
| Fósforo                                   | 1,6     | 1,5       | 0,09             | 0,28           |
| pH  | 3,8     | 3,7       | 0,02             | 0,02           |
| Acido láctico (AL)                        | 9,6     | 9,4       | 3,9              | 0,76           |
| Acido acético (AAc)                       | 9,5     | 5,4       | 0,75             | 0,002          |
| Acido butírico                            | 0,4     | 0,2       | 0,26             | 0,70           |
| Acidos grasos totales (AGT)               | 105     | 100       | 4,3              | 0,34           |
| AL/AGT                                    | 0,91    | 0,95      | 0,007            | 0,002          |
| AL/AAc                                    | 12      | 20        | 2,2              | 0,03           |
| N-NH <sub>3</sub> (%Nitrógeno total)      | 4,8     | 3,4       | 0,36             | 0,02           |

<sup>1</sup> Error estándar de la media. <sup>2</sup> Valor de probabilidad para el error tipo I.

**Cuadro 3:** Composición química de los silajes de sorgo (g/kg materia seca, salvo que se indique lo contrario).

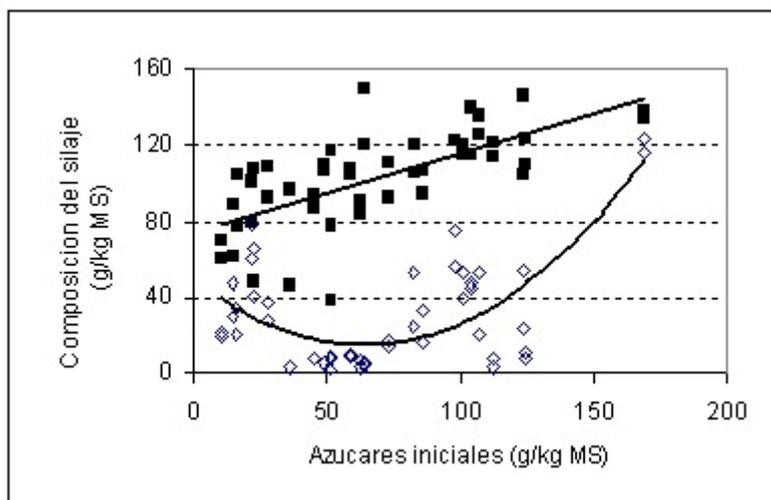
**Table 3:** Chemical composition of sorghum silages (g/kg dry matter, unless stated otherwise).

|   | Media | EE <sup>1</sup> |
|---|-------|-----------------|
| Materia seca (MS, g/kg material verde)    | 310   | 12,0            |
| Cenizas                                   | 104   | 2,6             |
| Proteína bruta                            | 80    | 1,3             |
| Azúcares solubles                         | 65    | 9,6             |
| Fibra insoluble en detergente ácido (FDA) | 339   | 10,0            |
| Nitrógeno insoluble en FDA (% N total)    | 12    | 1,0             |
| Calcio                                    | 2,1   | 0,15            |
| Fósforo                                   | 2,2   | 0,09            |
| pH <sup>2</sup>                           | 3,7   | 0,02            |
| Acido láctico (AL)                        | 8,2   | 5,7             |
| Acido acético (AA)                        | 10    | 0,8             |
| Acido butírico                            | 0     | 0               |
| Acidos grasos totales (AGT)               | 91    | 6,0             |
| AL/AGT                                    | 0,88  | 0,02            |
| AL/AAc                                    | 9     | 0,7             |
| N-NH <sub>3</sub> (%Nitrógeno total)      | 3,7   | 0,16            |

<sup>1</sup>Error estándar para N = 18. <sup>2</sup> Calculado luego de eliminar los resultados de los Controles de los bloques 20 y 21, pHs 6,5 y 6,6 respectivamente.

La producción de ácidos totales de la fermentación (ATF) estuvo asociada con el contenido de CSol presentes en el material fresco (Figura 1) de ambos cultivos. Asimismo, se observó que el contenido de los CSol

finales disminuyó linealmente por debajo de c.a. 70 g/kg MS de CSol iniciales, pero la asociación se revirtió por encima de c.a. 100 g/kg MS.



**Figura 1:** Contenido de ácidos grasos totales (AGT, ■) y azúcares solubles residuales (CSolf, ◇) en silajes de planta entera de maíz y sorgo en función del contenido de azúcares solubles del material fresco previo a ser ensilado (CSoli). AGT (g/kg materia seca, MS) = 73,7 (error estándar, EE = 5,19;  $p < 0,001$ ) + 0,42 × CSoli (EE = 0,065;  $p < 0,001$ ). CSolf ((g/kg MS) = 50,8 (EE = 9,00;  $p < 0,001$ ) - 1,13 × CSoli (EE = 0,255;  $p < 0,001$ ) + 0,009 × CSoli<sup>2</sup> (EE = 0,0016;  $p < 0,001$ ).

**Figure 1:** Total fatty acids content (AGT, ■) and residual soluble sugars (CSolf, ◇) in maize and sorghum silages in function of the soluble sugar content of the pre-ensiled fresh material (CSoli). AGT (g/kg dry matter, DM) = 73.7 (Standard error, EE = 5.19;  $p < 0.001$ ) + 0.42 × CSoli (EE = 0.065;  $p < 0.001$ ). CSolf ((g/kg DM) = 50.8 (EE = 9.00;  $p < 0.001$ ) - 1.13 × CSoli (EE = 0.255;  $p < 0.001$ ) + 0.009 × CSoli<sup>2</sup> (EE = 0.0016;  $p < 0.001$ ).

### Discusión

Los materiales originales presentaron en varios casos un contenido de materia seca inferior al óptimo deseable para ensilar estos cultivos, pero los contenidos de FDA y PB se ubicaron dentro del rango usualmente hallado en este tipo de alimentos (Jaurena y Danelón, 2001). La concentración de los carbohidratos solubles de los silajes de planta entera de maíz disminuyó en función del avance del estado fenológico, tal como es esperable (McDonald et al., 1991), sin embargo y pese a la amplia variación de localidades estudiadas, los ligeros cambios en madurez del cultivo (R3/R4) no generaron diferencias apreciables en el contenido de FDA. En el caso de los sorgos, los materiales fueron relativamente uniformes en cuanto a su composición de FDA y azúcares solubles, como probable conse-

cuencia de provenir de un mismo establecimiento.

La evaluación del proceso de ensilaje involucra aspectos relacionados con la conservación del material original y con el valor nutritivo del ensilado para el ganado. La eficiencia del proceso puede juzgarse en forma directa bajo condiciones experimentales (balance de masa) o suele inferirse indirectamente a través del perfil fermentativo con un cierto grado de incertidumbre. El valor nutritivo, si bien está asociado al resultado del perfil fermentativo, se evalúa a partir de parámetros que permiten balancear raciones (e.g. FDN, PB, concentración energética).

Los indicadores de recuperación de la MS fueron muy buenos (no difirieron estadísticamente del 100% en ningún caso) y los pesos específicos logrados para ambos cultivos se

ubicaron dentro del rango deseado y comúnmente aceptado como promedio de ensilajes comerciales. Sólo se detectaron diferencias asociadas al cultivo, pero es importante tener en cuenta que estas medidas de recuperación son sólo aproximadas y deben asumirse como subvaluadas, dado que todos los materiales fueron secados en estufa y en consecuencia se debió perder una proporción de los compuestos volátiles (e.g.  $\text{NH}_3$ , acético; Wawrzkiwicz y Juarena, 2008).

Desde el punto de vista del valor nutritivo, no se hallaron discrepancias para ninguna de las variables estudiadas. Dada la relación existente entre concentración de energía metabolizable y FDA (Juarena y Danelón, 2001), no serían esperables diferencias en concentración energética entre materiales control e inoculados, dada la similitud en contenidos de FDA.

El perfil fermentativo de todos los silajes obtenidos para ambas especies y tratamientos puede calificarse como muy bueno en virtud de los valores de pH,  $\text{N-NH}_3/\text{N}$  total (NT), proporción de láctico respecto a los AGT y relación láctico/acético. No obstante lo anterior, ambos cultivos mostraron respuestas positivas a la inoculación.

En el caso de los silajes de planta entera de maíz se observaron diferencias a favor de los materiales inoculados, dado que si bien la producción total de ácidos y de AL no cambió, sí se registró un menor contenido de ácido acético, aumentando consecuentemente la proporción de AL y la relación láctico/acético. Estos cambios disminuyeron también el pH de estabilización y la relación  $\text{N-NH}_3/\text{NT}$  en modo similar a los resultados reportados por Lindgren y Peterson (1990). Estos resultados sugieren un menor desarrollo de enterobacterias y extensión de los procesos de proteólisis y deaminación típicos de las fases iniciales del ensilaje (Woolford, 1984; Henderson, 1993).

La mayor relación láctico/acético también indica una utilización más eficiente de los azúcares disponibles en el cultivo original hacia la síntesis de ácido láctico, pese a que dicha diferencia no fuera detectada en los indicadores de recuperación de MS, sin duda debido a la falta de precisión de la técnica empleada.

En el caso de los silajes de sorgo, el 22% (2/9) de los minisilos no inoculados tuvieron pH muy altos asociados a problemas con las fermentaciones. Cabe señalar que a pesar de los relativamente bajos contenidos de CSol iniciales, los materiales que fueron inoculados lograron pH plenamente satisfactorios (3,8 y 3,9) con producciones de AGT que prácticamente duplicaron los valores de los controles y aumentando la proporción de láctico y reduciendo la participación del ácido acético entre los productos finales. Los resultados sugieren que en sorgos con bajos contenidos de carbohidratos solubles, la inoculación con BAL aumentaría las probabilidades de obtener silajes con buenas características fermentativas.

En el caso del silaje de planta entera de maíz, la inoculación induciría una fermentación más rápida mejorando ligeramente las características fermentativas del ensilado. Mas allá de éstos resultados y reconociendo la importancia de obtener una buena fermentación para minimizar las pérdidas de materia seca durante el ensilaje y promover una máxima digestibilidad y consumo voluntario, hay que tener presente que hay situaciones en las que aún habiendo pocas mejoras en las características de fermentación, el uso de inoculantes bacterianos puede resultar en mejoras sobre la producción animal (Cleale et al., 1990). Henderson (1993) sostiene que los primeros estadios de la fermentación y el efecto de los aditivos en ésta etapa generarían características (aún no identificadas) que promoverían la productividad animal y el consumo voluntario.

### Conclusiones

Frecuentemente se discute la importancia de aplicar inoculantes bacterianos a los silajes de maíz y sorgo debido al escaso efecto observado en términos de pH de estabilización y concentración de  $\text{NH}_3$ . La aplicación de BAL en cultivos de sorgo mostraron efectos positivos, mostrando que se reduciría el riesgo de fermentaciones indeseables. En el caso del silaje de planta entera de maíz, los resultados en general pueden asumirse como satisfactorios independientemente de la aplicación de BAL, pero hubo evidencias de que su aplicación mejoró el curso de la fermentación.

Estudios complementarios con monitoreo de las pérdidas de materia seca durante el ensilado y período postapertura, junto con el impacto de la inoculación sobre el consumo voluntario serían deseables para efectuar un análisis completo de los beneficios de los inoculantes bacterianos.

### Bibliografía

- AOAC. 2000. Chapter: 2.4.03. *In*: Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Cleale, R.M., IV, Firkins, J.L., Van Der Beek, F., Clark, J.H., Jaster, E.H., McCoy, G.C. and Klusmeyer, T.H. 1990. Effect of Inoculation of Whole Plant Corn Forage with *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus xylosus* on Preservation of Silage and Heifer Growth. *J. Dairy Sci.* 73(3):711-718.
- Fussell, R.J. 1987. Determination of volatile fatty acids (C2-C5) and lactic acid in silage by gas chromatography. *Analyst.* 112:1213-1216.
- Hassanat, F., Mustafa, A.F. and Seguin, P. 2007. Effects of inoculation on ensiling characteristics, chemical composition and aerobic stability of regular and brown midrib millet silages. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 139(1-2):125-140.
- Henderson, N. 1993. Silage additives. *Anim. Feed Science Technol.* 45:35-56.
- Jaurena, G. y Danelón, J.L. 2001. Tabla de composición de alimentos para rumiantes de la región pampeana Argentina. Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Khorvash, M., Colombatto, D., Beauchemin, K.A., Ghorbani, G.R. and Samei, A. 2006. Use of absorbants and inoculants to enhance the quality of corn silage. *Canadian J. Anim. Sci.* 86:97-107.
- Lindgren, S. and Petersson, K.L. eds. 1990. Proc. Eurobac Conference August 1986. University of Agricultural Sciences, Uppsala. ed, Uppsala. Swedish
- McDonald, P., Henderson, N. and Heron, S. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe Publisher, Marlow, Great Britain.
- Muck, R.E. and Kung, L.J. 1997. Effects of silage additives on ensiling. *In*: Proceedings from the silage: field to feedbunk North American Conference. North-East Regional Agricultural Engineering Service. Ithaca, New York, Hershey, Pennsylvania.
- Ritchie, S.W., Hanway, J.J. and Benson, G. 1993. How corn plants develop. Special report 48. Iowa State University, Iowa.
- Siegel, S. 1972. Estadística no Paramétrica. Trillas, México.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3568-3597.
- Wawrzkiwicz, M. y Jaurena, G. 2008. Materia seca parcial. Page 3 *In*: Programa para el mejoramiento de la evaluación de forrajes y alimentos (Promefa). G. Jaurena, ed. Centro de Investigación y Servicios en Nutrición Animal (CISNA) - Facultad de Agronomía (Univ. de Buenos Aires), Buenos Aires.
- Wilkinson, J.M. and Toivonen, M.I. eds. 2004. *World silage*. Chalcombe Publications. Welton.
- Woolford, M.K. 1984. *The Silage Fermentation*. Vol. 14. 1 ed. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.