



# Desarrollo sostenible

en el centro norte  
de la provincia de Santa Fe

## 2. Sistemas productivos



**Ana María Canal**  
directora

**Silvina R. Drago · Miguel Pilatti**  
editores del volumen

ediciones **UNL**



# Desarrollo sostenible

en el centro norte  
de la provincia de Santa Fe

## **2.** Sistemas productivos

Ana María Canal

directora

Silvina R. Drago

Miguel Pilatti

editores del volumen

**ediciones UNL**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## **Producción de fermento láctico autóctono liofilizado para mejorar la calidad de ensilados de maíz**

*Ana Binetti,<sup>34</sup> Patricia Burns,<sup>36</sup> Gabriel Vinderola<sup>36</sup> y Jorge Reinheimer<sup>36</sup>*

La buena rentabilidad actual de la ganadería argentina, sumada a la competitividad por el uso de la tierra, coloca a los productores ganaderos frente a la necesidad de ajustar al máximo todos los parámetros de la cadena productiva para mejorar el rendimiento. Por lo tanto, la buena genética de los rodeos de carne y leche se debe complementar con una alimentación de los mismos que respalde y acompañe dicho potencial productivo.

El ensilado es un proceso de conservación del forraje basado en una fermentación láctica del material vegetal que produce mayoritariamente ácido láctico (y, como consecuencia, una disminución del pH por debajo de 4,5) que se destina principalmente a la alimentación de ganado bovino (Ávila, Carvalho, Pinto, Duarte y Schwan, 2014). La técnica del ensilaje permite al productor ganadero balancear la oferta forrajera a lo largo del año, cubriendo las deficiencias estacionales o las causadas por fenómenos climáticos. Las ventajas económicas del ensilaje se traducen en mayor eficiencia y rendimiento en leche y carne.

Si bien la fermentación láctica del material forrajero puede tener lugar por la actividad espontánea de la microbiota salvaje naturalmente presente, una forma de controlarla y estandarizarla para lograr mayores beneficios nutricionales y económicos se logra a través del empleo de inoculantes para silos, constituidos principalmente por Bacterias Lácticas (BAL), entre las que se destacan lactobacilos homo y heterofermentantes y pediococos. Esta estrategia permite controlar y dirigir la fermentación, lo que evita la proliferación de microorganismos indeseables (clostridios, mohos y levaduras), la producción de nitrógeno amoniacal, ácido butírico y micotoxinas, y redundando en una mayor calidad del alimento, mayor estabilidad aeróbica una vez abierto el silo y una mayor receptibilidad por parte del ganado, a un costo relativamente bajo (Muck *et al.*, 2018).

La superficie sembrada con maíz en los últimos 10 años en la Argentina aumentó de aproximadamente tres a cuatro millones ha, mientras que la superficie cosechada lo hizo desde 2,7 a 3,7 millones ha, lo que permite estimar que, anualmente, en el país se destinan aproximadamente entre 700 000 y 800 000 ha de maíz forrajero a la confección de ensilados. En particular, en

---

<sup>34</sup> Facultad de Ingeniería Química, UNL. Instituto de Lactología Industrial (INLAIN) (CONICET-UNL).

la provincia de Santa Fe, los rindes promedios para la campaña 2018–2019 se ubicaron en 95 quintales/ha, con un aumento en el rendimiento promedio del orden de 20 % respecto a la campaña anterior. De acuerdo con informes del Ministerio de la Producción y la Bolsa de Comercio de Santa Fe, la campaña 2018–2019 tuvo una superficie sembrada de 89 000 ha, una superficie cosechada (grano comercial) de 66 700 ha y una producción de 63 350 toneladas. En tanto, la superficie cosechada que se orientó al autoconsumo resultó de 22 300 ha por su parte, la superficie destinada a maíz tardío o de segunda resultó de 95 500 ha, con cultivares destinados principalmente al proceso de picado-embolsado, particularmente en las zonas de influencia de las cuencas lecheras.

Frente a la creciente demanda del mercado se planteó «desarrollar un inoculante para silos de maíz a partir de bacterias lácticas aisladas de silos naturales (no inoculados) y deshidratadas por liofilización».

Par ello los aportes del INLAIN son: (1) Estudiar la biodiversidad en cuanto a BAL nativas existentes en silos de maíz de la zona agroindustrial de Santa Fe. (2) Aislar cepas bacterianas mayoritarias (responsables de la fermentación láctica espontánea del ensilado). (3) Identificar, caracterizar y seleccionar de tres cepas nativas en base a su capacidad para llevar adelante una fermentación láctica e inhibir en el alimento (ensilado) la microflora perjudicial (mohos y levaduras) y de mejorar la estabilidad aeróbica una vez abierto el ensilado. (4) Realizar un escalado piloto de los procesos involucrados en la producción (fermentación, concentración por centrifugación y liofilización) para el desarrollo de un inoculante nacional en base a las tres bacterias lácticas nativas seleccionadas.

Se realizaron las siguientes actividades:

Se aislaron 11 cepas de BAL autóctonas a partir de silos de maíz fermentados de manera natural (sin la adición de inoculantes comerciales). Los aislamientos comprendieron seis especies bacterianas diferentes: *Lactobacillus plantarum*, *L. buchneri*, *L. fermentum*, *L. amylovorus*, *L. panis* y *Pediococcus acidilactici*. En una primera etapa, las cepas fueron caracterizadas en cuanto a su temperatura óptima de desarrollo, resistencia térmica, capacidad de desarrollo en Medio Extracto Vegetal (MEV) y producción de ácido láctico. Teniendo en cuenta estos resultados, se seleccionaron tres cepas para continuar con los estudios de determinación de la tolerancia al proceso de deshidratación (secado spray y liofilización) y evaluación de la performance de las cepas en microsilos de maíz y en silo baldes. Las cepas con mejores aptitudes fueron:

- *L. plantarum* LS71, por su rápido desarrollo en caldo MRS y su capacidad de producción de ácido láctico en MEV (característica fundamental para un inoculante que debe generar un rápido descenso del pH del ensilaje);

- *P. acidilactici* LS72, por su elevada resistencia térmica a 55 °C;
- *L. buchneri* LS141, que presentó la mayor capacidad de desarrollo en MEV y producir ácido acético.

Las tres cepas fueron capaces de desarrollar satisfactoriamente y en forma simultánea en medio MRS casero, lo que lo convierte en un medio apto para su producción industrial. Las tres cepas resistieron satisfactoriamente el proceso de secado spray y liofilización (escala laboratorio) con una sobrevivencia mayor al 90 %, manteniendo la viabilidad durante su conservación por 12 meses a 5 y 25 °C.

Con material forrajero (maíz de planta entera: *Zea mays*) sin inocular, producido en un invernadero de Monte Vera (Santa Fe) se elaboraron microsilos (500 g), estableciendo cinco grupos:

- 1) Control (C): el forraje se roció solo con agua destilada estéril.
- 2) Sustrato (S): el forraje se roció con solución crioprotectora.
- 3) Enzima (E): el forraje se roció con solución crioprotectora adicionada de enzimas celulósicas fúngicas de *Acromonium*.
- 4) Mix (M): el forraje se roció con un mix de las tres cepas secadas spray ( $5 \times 10^6$  UFC/g de material forrajero) resuspendidas en agua destilada estéril.
- 5) Mix de cepas-enzima (ME): el forraje se roció con el mix de cepas y resuspendidas en agua destilada estéril conteniendo enzimas celulósicas.

Para preparar los microsilos, el material tratado se colocó en bolsas retráctiles de alta barrera (Cryovac: BC40LA), sellándolos al vacío y conservándolos a temperatura ambiente.

La estabilidad aeróbica se define como «el número de horas que la temperatura del ensilaje permanece estable antes de subir 2 °C por encima de la temperatura ambiente» (Reich y Kung, 2010), es decir que indica cuánto tiempo el silo se mantiene sin señales de deterioro microbiano una vez abierto y expuesto al aire para su consumo por parte del ganado. Esta actividad se realizó una vez finalizada la etapa de conservación de los silos baldes, que se confeccionaron utilizando material forrajero (maíz de planta entera) sembrado, cosechado y trillado a campo en la zona de Esperanza (Santa Fe). Se establecieron los grupos siguientes:

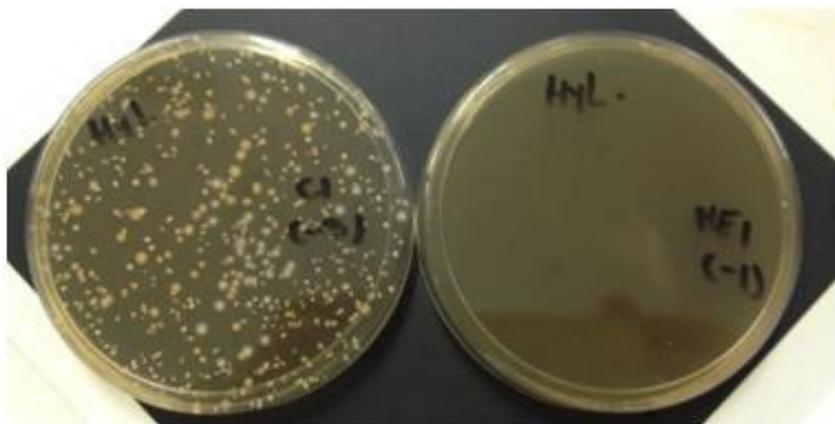
- 1) Control (C): el forraje se roció solo con agua destilada estéril.
- 2) Mix-Enzima (ME): el forraje se roció con el mix de cepas secadas spray ( $5 \times 10^6$  UFC/g de material forrajero) resuspendidas en agua estéril y conteniendo enzimas celulósicas fúngicas.

Para determinar la estabilidad aeróbica de los silo baldes una vez abiertos, luego de 50 días de almacenamiento a temperatura ambiente, se tomaron dos muestras de 2 kg c/u del centro de cada balde y se las colocó sin compactar en bolsas plásticas negras que permanecieron abiertas dentro de cajas de poliestileno expandido cubiertas con un lienzo, en condiciones de humedad y temperatura controladas. En el centro de cada bolsa se colocó un sensor de temperatura para el monitoreo de la temperatura interna y que a la vez registraba la temperatura ambiente, que se determinó 4 veces al día durante 15 días.

La producción a escala piloto comprendió las tres etapas principales de la producción del inoculante: *i) producción de biomasa*, en un fermentador de 400 L utilizando un medio de cultivo económico (MRS modificado), especialmente diseñado para el desarrollo simultáneo de las tres cepas en estudio y en las condiciones previamente determinadas a escala laboratorio, diseñando y poniendo a punto estrategias adecuadas para el cambio de escala; *ii) concentración por centrifugación*, a 13 000 rpm, obteniendo un rendimiento aproximado de 8 g de biomasa/L de medio de cultivo; y *iii) liofilización*, utilizando un medio lioprotector especialmente diseñado para la mezcla de cepas que permitió un rendimiento de 3,5 kg de producto liofilizado.

Los principales resultados muestran que: en cuanto a la performance de los cultivos secados spray para la elaboración de microsilos de maíz, se observó un descenso más rápido del pH en las dos muestras que fueron inoculadas (mix de cepas, M, y mix de cepas adicionada del complejo enzimático, ME) en los primeros cuatro días de almacenamiento a temperatura ambiente y un mayor control de mohos y levaduras luego de 30 y 60 días de fermentación (Fig. 1 y 2). Luego de 30 días de fermentación, los análisis químicos y parámetros relacionados al procesamiento y conservación de los microsilos indicaron que los valores de materia seca, proteína bruta y nitrógeno amoniacal estuvieron dentro de los parámetros reportados para silajes de maíz, indicando que no hubo degradación de aminoácidos, desaminación o degradación excesiva de proteínas. Al final de la fermentación (60 días), el pH se mantuvo por debajo de 3,8 indicando que no hubo desarrollo de microorganismos indeseables. Los valores de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se redujeron en las muestras E y ME respecto a la muestra C. Los valores de nitrógeno insoluble en detergente ácido (NIDA) fueron menores al 15 % en todas las muestras (indicando que no hubo formación de compuestos indigestibles) y se logró una disminución estadísticamente significativa en la muestra ME respecto al control. Se observó una elevada (más de 400 h) estabilidad aeróbica en silo baldes.

En base a los resultados obtenidos, las cepas seleccionadas secadas spray presentan capacidad para formar parte de un inoculante microbiano para silos de maíz ya que aceleran el proceso de fermentación logrando una reducción más rápida del pH, controlan el desarrollo de microorganismos indeseables y mejoran algunos parámetros químicos y nutricionales de los silajes. Todos los resultados de la etapa de desarrollo a nivel laboratorio fueron recientemente publicados (Burns *et al.*, 2018). A partir de estos resultados y considerando la necesidad de escalar el proceso para finalmente obtener un producto liofilizado, resultaba esperable que con un producto de estas características se lograra prolongar la vida útil del mismo, ya que las bacterias de interés conservan su viabilidad en formato liofilizado por períodos más largos que cuando se las deshidrata por secado spray. El parámetro crítico es el nivel de células viables al momento de inocular, que siempre debe asegurarse, independientemente del método usado para deshidratarlas y concentrarlas.

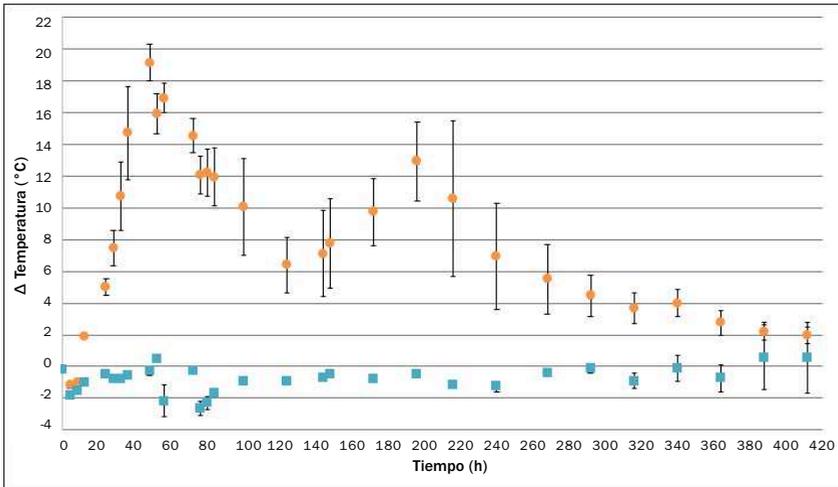


**Figura 1.** Recuento de mohos y levaduras en una muestra de silo balde control (sin inoculante, izquierda) y una muestra inoculada con una mezcla de mix bacteriano y enzima (ME, derecha) luego de 60 días de fermentación a temperatura ambiente.  
*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 2.** Muestras de silos baldes controles (sin inocular, A) e inoculada con una mezcla de mis bacteriano y enzima (B ) luego de 50 días de fermentación a temperatura ambiente.

*Fuente: Elaboración propia.*



**Figura 3.** Diferencia de temperatura ( $T_{\text{silos}} - T_{\text{ambiente}} \pm \text{SD}$ ) detectada para las muestras de silo baldes controles sin inocular (●) e inoculadas con una mezcla de mix bacteriano y enzima (●)

Fuente: *Elaboración propia.*

A partir del proceso de escalado piloto fue posible obtener un producto liofilizado con una viabilidad superior a  $10^{11}$  UFC/g, que fue finalmente adicionado de enzimas celulolíticas y excipientes, envasándolo en recipientes de polietileno de alta densidad (HDPE) con tapa de 50 mm, autoprecintable y con oblea sellada por inducción, con foil de aluminio y polietileno, adecuadamente etiquetados. Este producto final conservó una elevada viabilidad (pérdidas inferiores a 0,5 órdenes logarítmicos) durante su conservación por seis meses a  $25^{\circ}\text{C}$ , resultando apto para su comercialización bajo el nombre de BIOSILO, nombre registrado en el Senasa por Fragaria SA (Fig. 4).



Figura 4. Presentación comercial del producto BIOSILO.

Fuente: Elaboración propia.

Durante el último trimestre de 2018, la firma Fragaria SA presentó formalmente la idea de BIOSILO a su red de distribución, el primer desarrollo nacional en formato liofilizado con cepas 100 % naturalizadas y seleccionadas desde el ámbito productivo local, que ya comercializa en zonas ganaderas de Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires, compitiendo con productos de grandes empresas multinacionales.

## Recomendaciones

Favorecer los consorcios del mercado de inoculantes para silos como el de la UNL; CINCET y una empresa de la provincia de Santa Fe (Fragaria SA).

Utilizar BIOSILO porque ayuda a la conservación de la biodiversidad, sin incorporar otras especies extrañas a los ecosistemas. De esta manera, se genera un desarrollo económico que es congruente con el cuidado del medio ambiente, favoreciendo el uso sostenible de dicho producto y aumentando la estabilidad del ensilaje para el ganado vacuno, disminuyendo a su vez las pérdidas económicas y los desperdicios.

### Ganadería de precisión. Análisis y cuantificación del comportamiento alimentario de rumiantes

*Leonardo Giovanini,*<sup>35</sup> *José Chelotti,*<sup>36</sup> *Sebastián Vanrell*<sup>37</sup>  
y *Hugo Ruffiner*<sup>37</sup>

La mayoría de la producción de leche y carne de la región procede de animales alimentados a través de pastoreo. En general, los sistemas de producción pastoriles requieren de un manejo preciso de los recursos alimentarios para mantener la competitividad debido a la reducción de los márgenes de ganancias originada en los aumentos de los costos de producción (mano de obra, alimentos, suplementos y vacunas, entre otros) y la caída del valor de los productos (debido a la sobreproducción). Para resolver esta situación, es necesario que las producciones ganaderas aumenten su escala de producción sin aumentar el personal empleado, incrementar la eficiencia del uso de los recursos alimentarios y la productividad de los animales. Un elemento fundamental para alcanzar estos objetivos es la automatización de los procesos de adquisición, análisis y cuantificación relacionados con el comportamiento alimentario de los animales. Esta información permite gestionar de manera más eficiente los recursos alimentarios disponibles, caracterizar la salud y productividad de los animales, y facilitar la toma de decisiones al disponer de una mayor cantidad de información sobre el estado y comportamiento de los animales y el rodeo. Es por estas razones que este tema se ha convertido en

---

35 Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL. Instituto de Investigaciones en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)) (CONICET-UNL).

36 Instituto de Investigaciones en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)) (CONICET-UNL).

37 Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, UNL.