

CAPÍTULO

# 13



## Caracterización del valor nutritivo y estabilidad aeróbica

de ensilados  
en forma de microsilos  
para maíz forrajero

POR

Maritza de los Ángeles **MIER QUIROZ**

Ana Rosa Alexandra **MONROY ARAGÓN**

## Introducción

El ensilaje es un método de conservación de forrajes en el que se inhibe el crecimiento de microorganismos degradadores de la materia orgánica (Ashbell y Weinberg 2001). El forraje que se ensila experimenta una serie de transformaciones como consecuencia de la acción de las enzimas de la planta y de los microorganismos presentes en la superficie foliar, pudiendo incorporarse voluntariamente (aditivos), actuando sobre procesos respiratorios y la descomposición de glúcidos y proteínas (Cañete y Sancha, 1998). Esta respiración ocasiona una pérdida de materia seca muy digestible y sobre todo reduce el contenido de azúcares de la planta, perjudicando la actuación posterior de la flora láctica que no podría encontrar suficiente cantidad de hidratos de carbono (Cañete y Sancha, 1998).

Las proteínas se degradan a formas más simples del tipo aminoácidos y aminas, entre otros. Esta proteólisis disminuye a medida que el medio se acidifica y se detiene cuando el pH desciende por debajo de 4 (Cañete y Sancha, 1998).

Por otro lado, los microorganismos son beneficiosos al acidificar la masa del forraje (disminuye el pH) y desarrollarse en ausencia de aire (anaerobiosis), mientras que otros son perjudiciales, creciendo y multiplicándose en presencia de aire con lo que compiten con la microbiología láctica por los azúcares y otros (Argamentería et al., 1997).

Las bacterias involucradas en este proceso emplean como sustrato o alimento los hidratos de carbono que pueden transformar en anhídrido carbónico o ácido acético. Tras un período de tiempo que varía entre las 24 y 48 horas aparecen bacterias (*Leuconostoc* y *Streptococcus*) que transforman los azúcares en ácido láctico que ayuda a bajar el pH más rápidamente (Cañete y Sancha, 1998).

Los factores que afectan al proceso de ensilado dependen de la naturaleza del forraje de partida contenido materia seca (MS), carbohidratos hidrosolubles (CHOS), capacidad tampón (CT) (Argamentería et al., 1997).

El contenido correcto de MS (30-35%) de la planta antes del ensilado es un factor importante para el éxito de la fermentación (Ashbell y Weinberg, 2001). Así, la degradación del ácido láctico y la producción de amoníaco por bacterias butíricas se ven considerablemente atenuados (Cañete y Sancha, 1998).

Los contenidos de azúcares solubles son fructosa, sacarosa y fructosanos. Normalmente se requiere un mínimo de 6 a 12% de carbohidratos hidrosolubles sobre materia seca, para una apropiada fermentación en el ensilaje (Alaniz, 2008). Sin embargo, cuando el ensilaje no contiene cantidades suficientes de azúcares es necesario añadirle melaza o alguna otra fuente de azúcares que faciliten su fermentación (Ashbell y Weinberg 2001).

El tratamiento físico del forraje antes de ser ensilado es muy importante para conseguir una buena conservación. El tamaño de partícula es una de las principales precauciones para ensilar forrajes (Vieira da Cunha, 2009). Debe tener entre un 5 y 10% de partículas mayores a 2 cm., entre un 40 y 50% de partículas entre 0,8 y 2 cm. y el resto inferior a dicha longitud (Gallardo, 2003).

La adecuada distribución del alimento sobre el silo es importante, debiéndose hacer en capas finas inclinadas y uniformes de 10 a 30 cm de espesor como máximo. Se recomienda que la cantidad mínima de alimento que debe añadirse diariamente para mantener la calidad del ensilado sea una capa de 75 a 90 cm (Cañete y Sancha, 1998).

La estabilidad aeróbica del ensilaje es la resistencia del forraje al deterioro después de la apertura del silo, o dicho de otro modo, el tiempo que el ensilaje permanece estable sin alterar sus características físicas como química en contacto con el aire (Jobim et al., 2007). Según el criterio de O' Kiely et al. (2001), la estabilidad aeróbica se define como la elevación de 2 °C de la temperatura del ensilaje por encima de la temperatura ambiente da como medida el rompimiento de la estabilidad aeróbica.

La calidad de un ensilado depende por una parte de su valor nutritivo, que está ligado directamente a su composición química (fibra materias nitrogenadas, minerales, hidratos de carbono, etc.) y por otra de la calidad de conservación, que viene definida por los productos finales de las fermentaciones que tienen lugar en el mismo.

También la calidad puede ser evaluada visualmente, pues aunque esta información no es precisa, en conjunción con el análisis químico, factores como el olor, color o apariencia general puede suministrar una buena indicación del valor nutritivo esperado. También el aspecto y la composición química antes de ensilar nos pueden dar una idea de la futura calidad del ensilado (Cañete y Sancha, 1998).

## Materiales y métodos

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental factorial 2x3 como primer factor el tipo de ensilado con dos tratamientos (ensilado de maíz y ensilado de maíz con inóculo), y el segundo factor fue el tiempo de almacenamiento (60, 90 y 120 días), con tres tratamientos.

Por cada tratamiento se prepararon 10 microsilos, los productos evaluados fueron: T1= Ensilado de maíz, T2= Ensilado de maíz (99,3%), urea (0,7%), aditivo microbiano (0,15%). Se utilizó maíz de segundo corte, con el grano en estado pastoso – pastoso duro. Como aditivos se utilizaron urea (46% de N) y una mezcla comercial de cinco microorganismos: *Bacillus subtilis* DSM 5750, *Clostridium sporogenes* phage NCIMB 300008, *Lactobacillus amylovorans* DSM 16251, *Lactobacillus planrarum* C KKP/788/p y *Saccharomyces cerevisiae* 80566.

La fabricación de los microsilos empezó por el presecado del maíz. Se dejó secar durante seis horas, obteniéndose un contenido de 43,9% de MS aproximadamente.

El espesor del material osciló entre 3 y 8 cm, luego, en una cuba mezcladora automatizada se mezclaron el maíz, la urea y aditivo microbiano. Una vez homogeneizada la mezcla, el producto pasó a la empacadora donde fue comprimido en paquetes de 400-600Kg (peso  $540,5 \pm 107,93$  kg, altura  $0,73 \pm 0,02$  m, anchura  $0,82 \pm 0,01$  m, longitud  $1,37 \pm 0,05$ m y densidad  $649,75 \pm 151,10$  kg/m<sup>3</sup>).

Finalmente, las pacas fueron envueltas con varias capas de plástico traslúcido a modo de microsilo, que fueron almacenados durante 60 días (período de incubación), en un ambiente abierto para su fermentación con una temperatura media de 13,2 °C, durante dicho período, transcurrido este tiempo se tomaron entre 90 y 120 días para ser evaluados.

## ■ Muestreo y análisis

### Toma de muestras

#### *Evaluación de microsilos durante la fabricación y fermentación*

Para la valoración de pH se utilizó un potenciómetro sobre un extracto acuoso formado por una fracción de 25 g de ensilado y 250 ml de agua destilada, tras 1 hora de reposo (Cherney & Cherney, 2003).

Los análisis químico-nutricionales fueron efectuados en el laboratorio de Nutrición del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba. La composición químico nutricional de la materia prima y de los productos sin fermentar.

#### *Valoración de los microsilos tras la fermentación*

Se abrieron aleatoriamente tres microsilos de cada tratamiento dividiendo los microsilos longitudinalmente en dos y desechando los primeros 10 cm de cada mitad. A continuación se tomaron las temperaturas a una profundidad de 20 cm en seis puntos de cada mitad con una sonda digital y seguidamente se tomaron de cada mitad: 2 muestras de 1kg para análisis químicos, 4 muestras de 2 kg para evaluar la estabilidad y 2 muestras de 25 g para analizar el pH.

#### *Análisis químico nutricional de microsilos*

Los análisis químicos que se determinaron en las muestras fueron: materia seca (MS), proteína bruta (PB), grasa ácida (EE), cenizas (MM), materia orgánica (MO) y carbohidratos solubles (CHOS), según la metodología descrita por Silva y Queiroz (2002); fibra neutro detergente (FDN), fibra ácido detergente (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LDA) conforme Van Soest et al (1991); capacidad tampón, carbohidratos no fibrosos (CNF = 100 - (%PB + %FDN + %EE + %MM)) (adaptado de Hall, 1999), calcio, fósforo y magnesio (espectrometría de absorción atómica).

También se determinó el nitrógeno amoniacal (Preston, 1986) etanol y ácidos orgánicos: acético, propiónico, láctico y butírico.

#### *Estabilidad aeróbica*

La estabilidad aeróbica fue analizada sobre ensilajes con 90 y 120 días de conservación mediante el estudio de la variación de temperatura y la producción de gas carbónico. La variación de temperatura fue estudiada según la metodología propuesta por O' Kiely

et al. (2001), mientras que la producción de gas carbónico se evaluó con la metodología descrita por Ashbell et al. (1990).

#### *Variación de temperatura*

Las muestras de 2 kg de ensilado se pusieron inmediatamente después de la apertura de cada microsilo en cajas de poliestirén con capacidad para 5 litros e identificadas convenientemente. Las cajas se mantuvieron abiertas y se dispusieron aleatoriamente en el laboratorio. En cada una se insertó a 10 cm dentro del ensilado un termómetro de alcohol. Se registró la temperatura del ensilado cada 12 horas, desde el momento de su postura en las cajas hasta las 288 horas. La temperatura ambiental del laboratorio (mantenida artificialmente a 25 ± 1°C), fue registrada cada 15 minutos con una sonda digital (PCE 313-A).

Por otra parte, los días 0, 3, 6, 9 y 12 se tomaron muestras de cada caja para medir el pH con potenciómetro sobre el extracto acuoso de una fracción de 25 g de ensilado en 250 ml de agua destilada, tras 1 hora de reposo (Cherney & Cherney, 2003).

#### *Producción de gas carbónico*

Se utilizó la metodología propuesta por Ashbell et al (1990), que consiste en exponer una capa del ensilado al aire y determinar el gas carbónico producido a 1, 3, 6, 9, 12 días de exposición. La cantidad de gas carbónico (g/kg de MS) se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{CO}_2 = (0,044 T * V) / (A * S * \text{MS})$$

Donde:

T= volumen de HCl 1N gasto en la titulación (ml)

V= volumen total de KOH 20% (100 ml)

A= volumen de KOH 20% usado en la determinación (10 ml)

S= cantidad de ensilado (kg) colocado en los sistemas

MS= materia seca del ensilado.

#### *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos se analizaron por medio del programa estadístico Statgraphics Plus 5.0. Para evaluar el efecto de apertura de paca se desarrolló un análisis de varianza factorial con el tiempo y el inóculo, con interacciones, y para determinar el efecto individual de cada factor se utilizó el test SNK. Previamente se comprobó la normalidad y la homocedasticidad de los datos.

## Resultados y discusión

### Evaluación sensorial de los ensilajes

La evaluación sensorial se hizo sobre diez pacas por tratamiento, todas ellas presentaron características favorables en cuanto a olor y textura; en cuanto al color, algunas pacas de ensilado de maíz con inóculo presentaron leves manchas de moho en la parte superficial (ocasionado por posibles infiltraciones de aire), pero que no afectaron en sí la calidad del ensilado. En todos los casos, los ensilados fueron clasificados de buena calidad según lo señalado por Gallardo (2003). Se hicieron ediciones de pH y temperatura durante la fermentación de ensilaje de maíz con y sin inóculo (estabilidad anaeróbica).

#### pH

La **TABLA 1** muestra el análisis de varianza para el pH a los 60, 90 y 120 días para ensilado de maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento, encontrándose una diferencia altamente significativa entre los tipos de ensilado. El pH permaneció estable para ambos tratamientos durante el almacenamiento, las mediciones tomadas a los 60, 90 y 120 días corresponden a un material estable y conservado. Sin embargo, los valores de pH registrados para ensilado de maíz con inóculo fueron superiores, supuestamente por la adición de urea, pues va neutralizando parte del ácido producido. Resultados similares obtuvieron Castillo et al. (2009) al trabajar con ensilaje de maíz asociado con *Vigna radiata*.

Los valores de pH obtenidos en la presente investigación para los dos tratamientos se mantuvieron casi constantes, obteniéndose un valor por debajo de 4,2, recomendado como valor aceptable en un proceso de ensilaje (Cañete y Sancha, 1998). Para Cher-

**TABLA 1.** Análisis de varianza para el pH a los 60, 90 y 120 días para ensilado de maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento. *Fuente:* Elaboración propia

Fuente de variación	gL	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	1	1,30	43,30	0,000
Tiempo de almacenamiento	2	0,01	0,38	0,685
Tratamiento x Tiempo	2	0,02	0,56	0,579
Error	30	0,03		

**TABLA 2.** Comparaciones múltiples para el pH a los 60, 90 y 120 días para ensilado de maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento (media  $\pm$  error estándar). *Fuente:* Elaboración propia

Tiempo	Tratamiento	
	I	II
60	3,82 $\pm$ 0,07 <sup>a(a)</sup>	4,18 $\pm$ 0,07 <sup>a(b)</sup>
90	3,82 $\pm$ 0,07 <sup>a(a)</sup>	4,28 $\pm$ 0,07 <sup>a(b)</sup>
120	3,84 $\pm$ 0,07 <sup>a(a)</sup>	4,16 $\pm$ 0,07 <sup>a(b)</sup>

*diferentes letras indican diferencias significativas entre tiempos o entre tratamientos (entre paréntesis)*

ney y Cherney (2003), citados por Jobim et al. (1997), el valor de pH de 4,2 puede ser un buen indicador de la calidad de fermentación para ensilajes de bajo contenido en MS.

La **TABLA 3** muestra el análisis de varianza para la temperatura según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento. La temperatura fue significativamente afectada por el tratamiento y por el tiempo de almacenamiento ( $P < 0,000$ ). Asimismo, la interacción entre ambos factores también fue significativa ( $P < 0,000$ ).

Argamentaría et al. (1997) afirman que aunque no se conocen las causas exactas que determinan la velocidad del deterioro e incremento de temperaturas en materiales ensilados al tratarse de un proceso biológico, eso está relacionado con la temperatura ambiente y el calor generado en dicho proceso. Para Jobim et al. (1997) es sabido que la temperatura afecta de forma significativa el crecimiento y actividad de los microorganismos que actúan en los ensilajes.

**TABLA 3.** Análisis de varianza para temperatura a los 60, 90 y 120 días para ensilado de maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento. *Fuente:* Elaboración propia

Fuente de variación	gL	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	1	182,66	50,18	0,000
Tiempo de almacenamiento	2	137,4	37,75	0,000
Tratamiento x Tiempo	2	83,84	23,03	0,000
Error	196	3,64		

**TABLA 4.** Comparaciones múltiples para temperatura de maíz a los 60, 90 y 120 días para ensilado de maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento. (media  $\pm$  error estándar). *Fuente:* Elaboración propia

Tiempo	Tratamiento	
	I	II
60	11,84 $\pm$ 0,39 <sup>c(a)</sup>	12,38 $\pm$ 0,32 <sup>b(a)</sup>
90	9,59 $\pm$ 0,33 <sup>a(a)</sup>	10,34 $\pm$ 0,32 <sup>a(a)</sup>
120	10,38 $\pm$ 0,32 <sup>b(a)</sup>	12,85 $\pm$ 0,32 <sup>c(a)</sup>

*\*diferentes letras indican diferencias significativas entre tiempos o entre tratamientos (entre paréntesis)*

#### Valor nutritivo

Los resultados sobre el efecto de la adición del aditivo microbiano en ensilaje de maíz frente al ensilaje sin inóculo producidos en microsilos sobre las características bromatológicas se encuentran en la Tabla 5.

Para las variables evaluadas, MS, EE, MM, FB, FDN, FDA y ácidos orgánicos (excepto acético), no se encontraron diferencias significativas en la composición química nutricional a los 90 días de almacenamiento para el ensilado de maíz con y sin inóculo. Respuestas similares obtuvieron Bergamaschine et al. (2006), quienes evaluaron ensilajes de *B. brizantha* cv. *Marandu* producidos con distintos aditivos en donde los aditivos

**TABLA 5.** Análisis químico nutricional a los 90 días de almacenamiento para el ensilado de maíz con y sin inóculo (media  $\pm$  error estándar).  
Fuente: Elaboración propia

Variable	Tratamiento I	Tratamiento II	P
Materia seca (%)	41,93 $\pm$ 0,07	41,4 $\pm$ 0,38	NS
Azúcares reductores (%)	0,33 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,02	P<0,01
N-NH <sub>3</sub> (%)	0,8 $\pm$ 0,008	0,22 $\pm$ 0,04	P<0,05
Extracto etéreo (%)	1,0 $\pm$ 0,09	0,96 $\pm$ 0,14	NS
Etanol (g/kgMS)	0,32 $\pm$ 0,02	0,42 $\pm$ 0,02	P<0,01
Acido acético (g/kgMS)	0,7 $\pm$ 0,03	1,17 $\pm$ 0,07	P<0,001
Acido propiónico (g/kgMS)	0,33 $\pm$ 0,03	0,37 $\pm$ 0,04	NS
Acido láctico (g/kgMS)	2,15 $\pm$ 0,08	1,88 $\pm$ 0,10	NS
Acido butírico (g/kgMS)	0,42 $\pm$ 0,04	0,37 $\pm$ 0,04	NS
Capacidad tampón (meqHCl/kg)	147,0 $\pm$ 10,83	262,5 $\pm$ 33,47	P<0,01
Cenizas (%)	6,47 $\pm$ 0,09	6,57 $\pm$ 0,12	NS
Proteína bruta (%)	6,47 $\pm$ 0,12	10,23 $\pm$ 0,18	P<0,001
Fibra bruta (%)	19,13 $\pm$ 0,39	18,63 $\pm$ 0,18	NS
FDN (%)	41,87 $\pm$ 0,55	41,0 $\pm$ 0,75	NS
FDA (%)	26,67 $\pm$ 0,27	27,63 $\pm$ 0,33	NS
LDA (%)	7,05 $\pm$ 0,72	4,18 $\pm$ 0,48	P<0,01

microbianos no tuvieron efecto frente al testigo en MS, EE, MM, FDA, LDA, N-NH<sub>3</sub>, CT, obteniendo mejores resultados con la adición de pulpa cítrica. De igual manera para Ruiz et al. (2009).

En la **TABLA 5** también muestra diferencias significativas (P<0,01), observándose mayores valores de azúcares reductores, N-NH<sub>3</sub> y LDA en ensilaje de maíz sin inóculo 0,33%, 0,8% y 7,05 respectivamente, mientras que para ensilaje de maíz con inóculo se encontraron valores de 0,22% de azúcares reductores, resultado que se atribuye a la presencia de urea, que aumenta la concentración de ácido láctico y mejora la estabilidad aeróbica (Contreras et al., 2009).

### Estabilidad aeróbica. Variación de temperatura.

#### Temperatura del ensilado de maíz en cajas

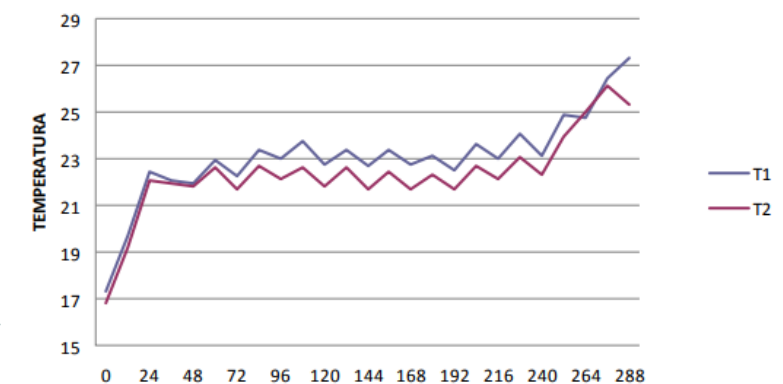
En la **TABLA 6** se presenta un análisis de varianza para la temperatura del ensilado de maíz en cajas a los 90 y 120 días según el tratamiento y el tiempo de exposición. No se encontraron diferencias significativas para las interacciones de tratamiento vs exposición y tratamiento vs tiempo vs exposición, mientras que para el resto de los componentes se encontraron diferencias significativas (P<0,000).

Según Suquilanda (1999), cada sustrato posee su propio grupo de microorganismos que actúan con mayor intensidad produciendo calor, entre los cuales los más importantes son los hongos, las bacterias y los actinomicetos.

La **FIGURA 1** muestra la evolución de la temperatura en cada tratamiento a los 120 días. Ambos tratamientos muestran una evolución similar, siendo la temperatura del tratamiento I superior a la del tratamiento II; los valores de temperatura, por lo general

**TABLA 6.** Análisis de varianza para las mediciones (en horas), de temperatura del ensilado de maíz con y sin inóculo en cajas a los 90 y 120 días según el tratamiento, tiempo y exposición. Fuente: Elaboración propia

Fuente de variación	gL	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	1	354,76	69,65	0,000
Tiempo de almacenamiento	1	45,9903	9,03	0,000
Exposición aeróbica	24	86,7688	17,04	0,000
Tratamiento x Tiempo	1	78,9157	15,49	0,000
Tratamiento x Exposición	24	3,5604	0,70	0,855
Tiempo x Exposición	24	11,1722	2,19	0,000
Tratamiento x Tiempo x Exp.	24	2,9399	0,58	0,948
Error	674	5,0935		



**FIGURA 1**

Evolución de la temperatura del ensilado de maíz con y sin inóculo, expuesto al aire según el tratamiento a los 120 días de almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia

no registran mayor diferencia entre sí, sin embargo podemos notar un leve incremento en la temperatura medida a las 120 y 240 horas para el T1 de 24,81 y 25,94 °C (respectivamente) a 90 días, frente a 22,74 y 23,13 °C (respectivamente) del T1 medido a los 120 días, la medición de la temperatura a las 24 horas para el T1 a los 120 días se registró mayor temperatura (22,44°C) ante el T1 a los 90 días (21,31°C). El T2 evaluado a los 120 días a las 12, 24 y 84 horas con temperaturas de 19,21, 22,07 y 22,67°C fueron superiores que las temperaturas 19,97, 21,0 y 21,38°C del T2 a los 90 días a las mismas horas.

### Medición de la producción de CO<sub>2</sub> a los 90 y 120 días de almacenamiento

Para la producción de gas carbónico (**TABLA 7**) se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos, día de exposición e interacción entre ambos factores (P<0,000).

El ensilado de maíz sin inóculo incrementó la producción de gas carbónico mostrando un aumento en la producción de gas con el tiempo de almacenamiento y con el tiempo de exposición, como corresponde a la mayor cantidad residual de hidratos de carbono que debe quedar en este tipo de silo, determinando con esto que fue menos estable que el ensilaje de maíz con inóculo. Tanto el tiempo de exposición como el de almacenamiento afectaron de modo similar a ambos tratamientos (**TABLA 8**).

**TABLA 7.** Análisis de varianza para CO<sub>2</sub> a los 90 y 120 días para maíz con y sin inóculo, según el tratamiento y el tiempo de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

Fuente de variación	gL	Cuadrados medios	F	P
Tratamiento	1	11368,3	34,75	0,000
Tiempo de almacenamiento	1	1017,9	3,28	0,073
Exposición aeróbica	4	6857,66	20,96	0,000
Tratamiento x Tiempo	1	91,46	0,28	0,598
Tratamiento x Exp	4	2382,5	7,28	0,000
Tiempo x Exp	4	245,48	0,75	0,560
Trat. x Tiempo x Exp	4	142,96	0,44	0,782
Error	120	327,15		

**TABLA 8.** Comparaciones múltiples para la producción de CO<sub>2</sub> del ensilado de maíz con y sin inóculo, expuesto al aire según el tratamiento, a los 90 y 120 días de almacenamiento y el tiempo de exposición aeróbica (media ± error estándar). Fuente: Elaboración propia

Día	Tratamiento	
	I	II
1	2,23 ± 4,88 <sup>a(a)</sup>	2,70 ± 4,88 <sup>a(a)</sup>
3	8,42 ± 4,88 <sup>a(a)</sup>	5,11 ± 4,88 <sup>a(a)</sup>
6	26,57 ± 4,88 <sup>b(b)</sup>	8,96 ± 4,88 <sup>ab(a)</sup>
9	39,73 ± 4,88 <sup>b(b)</sup>	15,27 ± 4,88 <sup>bc(a)</sup>
12	64,50 ± 4,88 <sup>c(b)</sup>	18,38 ± 4,88 <sup>c(a)</sup>

\*diferentes letras indican diferencias significativas entre tiempos o entre tratamientos (entre paréntesis)

Respuesta contraria obtuvieron Guim et al. (2002) al trabajar con pastos tropicales tratados con inóculo bacteriano comercial no observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre tratamientos, pudiendo destacar que al final de ocho días de aireación se pudo detectar una tendencia de producción más baja de CO<sub>2</sub> para ensilados inoculados. Para Weinberg et al. (1993), al trabajar con el mismo sistema empleado para la determinación de la producción de CO<sub>2</sub>, observaron que los ensilajes inoculados con bacterias ácido lácticas fueron más susceptibles a la exposición aeróbica que el tratamiento control (sin inóculo), indicando que las bacterias del ácido acético son las principales saboteadoras durante la exposición aeróbica de los ensilajes.

## Conclusiones

Los valores de pH registrados para ensilado de maíz con inóculo fueron superiores, como corresponde a la adición de urea, pues va neutralizando parte del ácido producido.

En la composición química nutricional se evaluó: MS, EE, MM, FB, FDN, FDA y ácidos orgánicos (excepto acético), y no se encontraron diferencias significativas a los 90 días de almacenamiento para el ensilado de maíz con y sin inóculo, mientras que se muestran diferencias en los valores de azúcares reductores, N-NH<sub>3</sub> y LDA en ensilaje de maíz sin inóculo, y para el ensilaje de maíz con inóculo se encontraron valores de mayores de azúcares reductores atribuyendo a la presencia de urea, que aumenta la concentración de ácido láctico mejorando la estabilidad aeróbica.

Ambos tratamientos de temperatura muestran una evolución similar, siendo el tratamiento I (T1) superior a la del tratamiento II porque se nota un leve incremento en la temperatura medida a las 120 y 240 horas para el T1.

El ensilado de maíz sin inóculo tiene mayor producción de gas carbónico, lo cual se debe a la mayor cantidad residual de hidratos de carbono que queda en este tipo de silo. Tanto el tiempo de exposición como el tiempo de almacenamiento afectaron de modo similar a ambos tratamientos.

## Referencias

- Alaniz Villanueva, O. (2008) *Adición de residuo de la industria cervecera al ensilaje de maíz como alternativa de forraje para ganado*. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo Regional Durango. Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, p. 1-35.
- Argamentería, G.A.; de la Roza, B.; Martínez, A.; Sánchez, L.; Martínez, A. (1997) *El ensilado en Asturias*. Centro de Investigación Aplicada y Tecnología Agroalimentaria (CIATA), p. 1-127.
- Ashbell, G., Weinberg, Z. G., Azrieli, A., Hen, Y.; Horev, B. (1990) A simple system to study the aerobic determination of silages. Technical Notes, Canadian Agricultural Engineering, Winnipeg, p.391-393.
- Ashbell, G.; Weinberg, Z.G. (2001) *Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico*. Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. Estudio FAO producción y protección vegetal 161, p. 111-119.
- Bergamaschine, A.F.; Passipieri, M.; Veriano, W.V.; Isepon, O.J.; de Almeida, L. (2006) Qualidade e valor nutritivo de silagens de capimmarandu (B. brizantha cv. Marandu) producidas com aditivos ou forragem emurcheada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 35, núm. 4, p. 1454-1462.
- Cañete, M.V.; Sacha, J.L. (1998) *Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes*, p. 1- 260.
- Castillo J. M., Rojas, A.; Wingching-Jones R. (2009) Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Nota técnica *Revista Agronomía caostarricense* 33(1), p. 133- 146.

- Contreras, F.E.; Marsalls, M.A.; Laurault L.M. (2009) *Inoculantes microbiales para ensilaje: Su uso en condiciones de clima cálido*. MN State university. Servicio de Extensión Cooperativa. Facultad de Ciencias Agrarias, Ambientales y del Consumidor Circular: 642, p.1-8.
- Cherney, J.H.; Cherney, D.J.R. (2003) Assessing Silage Quality. In: *Buxton et al. Silage Science and Technology*. Madison, Wisconsin, USA, p.141- 198.
- Gallardo, M. (2003) Tecnologías para corregir y mejorar la calidad de los forrajes conservados. *Circular planteos ganaderos*, aapresid.org.ar. EEA INTA Rafaela-Santa fe, p. 51-61.
- Guim, A.; de Andrade, P.; Iturrino-Schocken, R.; Franco, G.; Ruggieri, S.; Malheiros, E. (2002) Estabilidad aeróbica de silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurchedido e tratado com inoculante microbiano. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, vol. 31, n 6, p. 2176-2185.
- Jobin, C.; Andrade, R.; de Andrade, L.; Schocken-Iturrino, R. (1997) Presença de microorganismos na silagem grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. *Pesq. Agropecuaria*. Brasil, Brasilia v.32, n.2, p.201-204.
- Jobim, C.; Nussio, L.; Reis, R.; Schmidt, P. (2007) Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista brasileira de zootecnia*, v. 36, suplemento especial, p. 101-119.
- O' Kiely, P.O.; Clancy, M.; Doyle, E.M. (2001) Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: *International Grassland Congress*, 19, 2001. São Pedro-SP. Proceedings. Piracicaba-FEALQ, p.794-795.
- Preston, T.R. (1986) *Better utilization of crop residues and byproducts in animal feeding: Research guidelines*. 2. A practical manual for research workers. Ed. F.A.O., p. 107.
- Ruiz, B.O.; Castillo, Y.; Anchondo, A.; Rodríguez, C.; Beltran, R.; La, O.O.J.; Payan, O. (2009) Efecto de enzimas inoculantes sobre la composición del ensilaje de maíz. *Archivos de zootecnia* vol. 58, núm. 222, p. 163-171.
- Silva, D.J.; Queiroz, A.C. (2002) *Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos*. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 235p.
- Suquilanda, M. (1999) *Técnicas de manejo en Agricultura Orgánica*. Universidad Central del Ecuador. Departamento de Agronomía, p 1- 222.
- Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. (1991) *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dietary Sci., 74: 3583-3597.
- Vieira da Cunha, M. (2009) *Conservação de forragem*. Pesquisador da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Doutorando do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da UFRPE, p. 1-26.
- Weinberg, Z.G.; Ashbell, G.; Hen, Y.; Azrieli, A. (1993) The effect of applying lactic acid bacteria at ensiling on the aerobic stability of silages. *Journal of Applied Bacteriology*, 75, p. 512-518.