

## Evaluación física, química y microbiológica del ensilaje de yuca con caupí y cultivo microbiano

### *(Physical, chemical and microbiological evaluation of cassava silage with cowpea and microbial culture)*

JE Miranda-Yuquilema<sup>1</sup>, A Marin-Cárdenas<sup>2</sup>, M González-Pérez<sup>3</sup>, D Sánchez-Macías<sup>4</sup>

#### **Resumen:**

El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios físicos, químicos, microbiológicos, fibrosos y del ácido láctico del ensilaje de yuca con caupí y cultivo microbiano. Se utilizaron 50 kg de yuca integral (raíz, tallo, hojas), 20 kg de harina de caupí y 4 L de cultivo microbiano que contenía *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* y *Klyumyces fragilis* (L-4 UCLV). Las variantes evaluadas fueron: yuca integral (Y100), yuca integral más 20% caupí (Y+C), yuca integral más 20% caupí y 8% biopreparado (Y+C+BP). El material ensilado se conservó en frascos de cristal estériles con boca ancha. Se utilizó un diseño completamente aleatorio. Se evaluaron las características fisicoquímicas, fibrosas, microbiológicas y de ácido láctico. Durante 18 meses, los contenidos de materia seca, proteína cruda y verdadera, ácido láctico y la viabilidad microbiana fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento Y+C+BP a partir de los dos meses hasta el final. La fibrosidad y el pH del ensilaje fue menor ( $P < 0.05$ ) al final del estudio en el tratamiento Y+C+BP. Se concluye que con la inclusión del cultivo microbiano en el ensilaje de yuca con caupí se logra conservar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas por 18 meses; asimismo, los valores de la materia seca, proteína cruda y verdadera y ácido láctico se mejoran.

**Palabras clave:** ensilado; cultivo microbiano; caupí; yuca.

#### **Abstract:**

The aim of this work was to evaluate the physical, microbiological, fibrous and lactic acid changes of cassava silage with cowpea used on biological mix. Fifty kg whole cassava (root, stem and leaves), 20 kg of cowpea flour and 4 L of microbial culture containing *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* and *Klyumyces fragilis* (L-4 UCLV) were used. The evaluated treatments were: Y100 integral cassava (Y100), integral cassava more 20% cowpea (Y+C), and integral cassava more 20% cowpeas and 8% of microbial culture (Y+C+BP). The ensiled material was preserved in sterile glass bottles with wide mouth. A completely randomized design was used. The physicochemical, microbiological, fibrous and lactic acid characteristics were evaluated. For 18 months, the dry matter, crude and true protein, lactic acid contents and the microbial viability was higher ( $P < 0.05$ ) in Y+C+BP treatments from 2 to 18 months. The fibrosity and the pH of the silage was also lower ( $P < 0.05$ ) at the end of the study in this treatment Y+C+BP. It is concluded that with the inclusion of the microbial mix in the cassava silage with cowpea, it is possible to preserve the physicochemical and microbiological properties for 18 months, as well as the values of dry matter, crude and true protein, and lactic acid contents were improved.

**Keywords:** silage; microbial culture; cassava; cowpea.

<sup>1</sup> Instituto de Fomento a Talento Humano, SENESCYT, Ecuador (efra\_miranda@outlook.com)

<sup>2</sup> Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara – Cuba

<sup>3</sup> Centro de Investigación Agropecuarias (CIAP-UCLV), Santa Clara – Cuba

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba – Ecuador

## 1. Introducción

La producción y conservación de los tubérculos, granos, frutales y forrajes es clave en muchas regiones del mundo, sobre todo en los países en vía de desarrollo, para paliar los desafíos actuales que atraviesa el planeta. En tal sentido, se hace apremiante la búsqueda de soluciones y alternativas que logren dar respuesta a las necesidades básicas en la producción animal (Hoffman *et al.*, 2011). Un método económico y de fácil acceso es el ensilaje, el cual permite conservar productos de rápido deterioro. A su vez, permite aumentar los valores biológicos en los productos obtenidos mediante estas técnicas (Danelon *et al.*, 2010). En las últimas décadas se ha dado lugar el desarrollo de ensilaje con fines de obtener productos en mayores cantidades y con alto valor biológico durante la conservación (Fernández *et al.*, 2013) al reducir la pérdida de nutrientes por rápido deterioro y compensar los costos de producción (Miranda *et al.*, 2014; Ali *et al.*, 2014). El aumento continuo de costos de los alimentos balanceados para animales, en la mayoría de los casos llegando a superar el 80% del costo total de producción (Heguy *et al.*, 2016), ha limitado su uso y minimizado las utilidades para el pequeño y mediano productor.

No obstante, el uso de la planta entera de yuca (hoja, tallo y raíz) mezclada con harina de caupí, a lo cual se adicionan cultivos microbiológicos, pudiera resultar eficiente y económico para obtener ensilajes para la alimentación animal. En este sentido, se ha encontrado en la literatura estudios que utilizan técnicas de ensilaje como un medio idóneo para conservar el contenido nutritivo de los forrajes, tubérculos, granos y frutos (alfalfa, hojas de maíz, sorgo, plátano, yuca, patatas, frijoles forrajeros, pastos, entre otros) (Heguy *et al.*, 2012; Spanghero *et al.*, 2015).

A base de lo anterior, los alimentos alternativos han sido evaluados y utilizados para diferentes especies animales con resultados positivos. Un ejemplo de esto es el aumento de peso y ganancia media diaria de peso de cerdos en la etapa ceba (Kung *et al.*, 2015). En las vacas y cabras lecheras se ha visto mejorar la producción de leche (Danelon *et al.*, 2010; Guglielmo *et al.*, 2015). Unido a esto, Ali *et al.* (2014), al incluir 50% de ensilaje con enzimas celulolíticas en pruebas “*in situ*”, observaron mejorar la degradación de alimentos fibrosos. Asimismo, Miranda *et al.* (2014) reportaron extender el tiempo de conservación sin afectar al contenido nutritivo y con reducción de las partes fibrosas de la yuca al inocular cultivo mixto de bacterias ácido lácticas y levaduras. De igual manera, Hoffman *et al.* (2011), Dadvar *et al.* (2013) y Lynch *et al.* (2014), con el uso de un cultivo mixto se lograron controlar el crecimiento de microorganismos toxigénicos como *Clostridium*, *S. aureus*, *C. botulinum*, *Salmonella sp.* y *Listeria monocytogenes*, así como de los microorganismos asociados al deterioro directo del alimento. Si se tiene en cuenta todo lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios físicos, químicos, microbiológicos, fibrosos y ácido láctico del ensilaje de yuca con caupí al emplear cultivo microbiano, durante 18 meses de conservación.

## 2. Materiales y Métodos

**Área de estudio:** el estudio se realizó en el laboratorio de bromatología, Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) y laboratorio de microbiología, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

**Material empleado:** se emplearon 50 kg de la planta entera (hoja, tallo y raíz) de yuca (*Manihot esculenta crantz*) fresca, con las siguientes características: 43.43% de materia seca (MS), 4.5% de proteína cruda (PC) y 0,9% ceniza (Cz); 20 kg harina de caupí (*Vigna unguiculata*) que contenía 85% MS, 26.1% PC, 1.0 % extracto etéreo (EE), y 3.2 Cz, y 5 L de preparado microbiano.

**Selección, activación de las cepas y obtención del preparado microbiano:** las cepas seleccionadas para la obtención del preparado microbiano fueron *Lactobacillus*

*acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* y *Kluyveromyces fragilis* (L-4 UCLV) proveniente del banco de microorganismos de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Las cepas en formato biomasa fueron activadas en 250 mL leche de soya ácida a 37°C por 24 h en una estufa con zaranda (Nkubationshaube TH 15, Alemania) a 60 rpm. Una vez activados los microorganismos, se procedió a obtener el preparado microbiano. Se inocularon 150 mg (Balanza Analítica Radwag AS 220/C/2, Suiza) de biomasa anteriormente descrita en una mezcla de 2.5 L de yogur de soya y 600 g de melaza de caña de azúcar a 34 ± 2°C. La mezcla se incubó a 37°C durante 24 h. Finalmente se caracterizó de acuerdo con Miranda *et al.* (2014). El preparado microbiano previamente obtenido contenía 13.35% MS, 3.5% de proteína bruta (PB), 3.9 pH y 9x10<sup>8</sup> y 9.1x10<sup>7</sup> (bacterias y levaduras) UFC/mL de concentración microbiana.

**Obtención de las variantes:** la yuca entera (raíz, tallo, hojas) fue molida utilizando un molino martillo (modelo 301011, España), hasta obtener un tamaño de partículas entre 5-8 mm. Luego, según el tratamiento detallado en la *Tabla 1*, se mezcló con la harina de caupí, y posteriormente se procedió a inocular el preparado microbiano, en el caso del tratamiento con cultivo microbiano. Todos los tratamientos fueron conservados en frascos de cristal estériles de boca ancha con capacidad de 1 kg, y a una temperatura ambiente de 12 ± 2 °C.

**Tabla 1.** Los tratamientos empleados en el estudio.

Tratamientos	Variantes
Y100	Yuca integral (raíz + tallo + hoja)
Y+C	Yuca integral más 20% harina de caupí
Y+C+BP	Yuca integral más 20% harina de caupí + 8% preparado microbiano

Los tratamientos se realizaron por triplicado en diferentes días.

**Caracterización, física y química:** el color se evaluó mediante código HTML de acuerdo con Miranda *et al.* (2017). El aroma, sabor y textura se evaluaron por los sentidos sensoriales del investigador mediante la metodología descrita por Acevedo *et al.* (2009). La determinación de PC y proteína verdadera (PV) se realizó de acuerdo con Dadvar *et al.* (2015). Los contenidos de MS, Cz, EE, fibra acida detergente (FAD), lignina y celulosa, se determinaron mediante los métodos de AOAC (2012). El pH se midió con un pHmetro (HANNA® \*H 110, USA), calibrado a 4, 7 y 10.

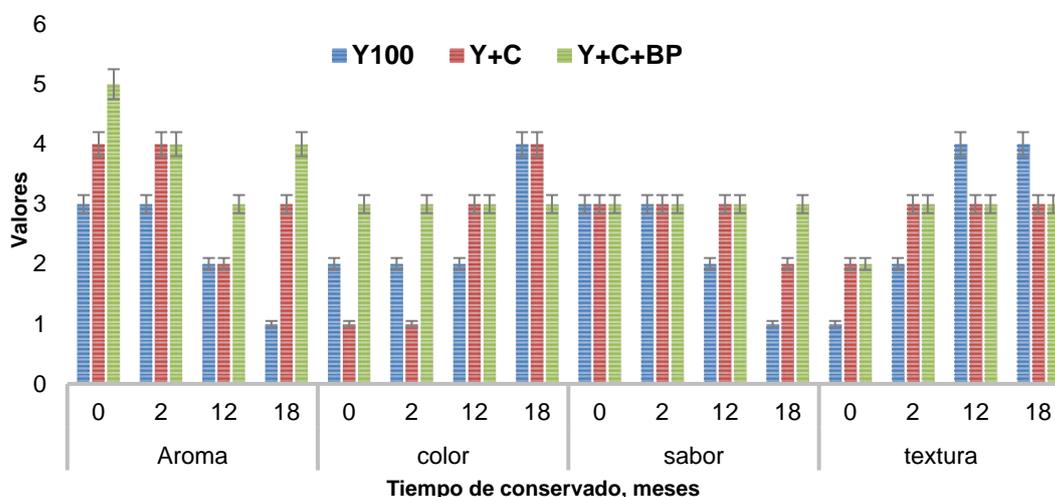
**Análisis microbiológico:** a 25 g de cada tratamiento se le añadieron 50 mL de suero fisiológico y se incubó a 37°C por 24 h. A continuación, las muestras se centrifugaron las muestras (centrífuga BD DYNAC™ III) a 600 rpm por 5 minutos. La determinación de ácido láctico se realizó según la técnica "Conway" descrita por Conway (1957). Para el análisis de viabilidad, los tratamientos fueron preparados en las diferentes concentraciones hasta la escala 0,5 del esquema McFarland para la viabilidad. Posteriormente, se cultivaron las muestras y se realizó el recuento celular de número de unidades formadoras de colonias (UFC), según la metodología descrita por Miranda *et al.* (2017).

**Análisis estadístico:** la comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Duncan (1955), y estos fueron analizados usando el *software* Statgraphic Plus versión 51.1.

### 3. Resultados

En la *Figura 1* se observa la caracterización organoléptica del ensilaje de yuca (Y100), yuca con caupí (Y+C) y de yuca más caupí y cultivo microbiano (Y+C+BP). El aroma y el sabor fueron de ácido a ácido dulzón; color verde lechoso a marrón; la textura fue semisólida al momento de ensilar para todas las variantes. Dichas características no

variaron hasta dos meses de conservado. En la medición a los 12 y 18 meses, se observó diferencias entre los tratamientos, pero el de mejor comportamiento fue la variante Y+C+BP.



**Figura 1.** Características organolépticas de los ensilajes. **Y100.** Yuca integral (hoja, talla, raíz). **Y+C,** Yuca más 20% harina de caupí. **Y+C+BP.** Yuca más 20% harina de

En la *Tabla 2* se resumen los valores medios de la composición química básica de los ensilajes. Al momento del ensilar, la MS, PC y PV fue menor ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento Y100 en comparación con los otros tratamientos, sin variación entre estos dos últimos. Además, la Cz y EE no difirió entre variantes. A los 2, 12 y 18 meses, el contenido de MS, PC y PV fue mayor ( $P > 0.05$ ) en Y+C+BP que en los otros tratamientos. En cuanto al EE, fue menor ( $P < 0.05$ ) en Y+C+BP frente a Y100 y Y+C a los 12 y 18 meses de conservado. Los valores de Cz no defirieron entre tratamientos durante todo el estudio.

**Tabla 2.** Característica química del ensilado de yuca con caupí, al emplear preparado microbiano durante la conservación.

Tiempo, meses	Indicadores	Tratamientos			SEM	P-value
		Y100	Y+C	Y+C+BP		
0	Materia seca % (m/m)	25.25 <sup>b</sup>	30.32 <sup>a</sup>	30.57 <sup>a</sup>	0.07	0.0025
	Proteína cruda %, (m/m)	11.12 <sup>b</sup>	12.34 <sup>a</sup>	12.12 <sup>a</sup>	0,01	0.0056
	Proteína verdadera % (m/m)	7.11 <sup>b</sup>	8.25 <sup>a</sup>	8.14 <sup>a</sup>	0,01	0.0125
	Extracto etéreo %, (v/v)	2.21	2.28	2.22	0.02	0.2532
	Ceniza %, (m/v)	3.92	3.73	3.68	0.03	0.2307
2	Materia seca % (m/m)	29.75 <sup>c</sup>	33.22 <sup>b</sup>	34.17 <sup>a</sup>	0.03	0.0042
	Proteína cruda %, (m/m)	11.12 <sup>c</sup>	13.14 <sup>b</sup>	14.21 <sup>a</sup>	0.11	0.0271
	Proteína verdadera % (m/m)	7.81 <sup>c</sup>	8.73 <sup>b</sup>	9.94 <sup>a</sup>	0.06	0.0125
	Extracto etéreo %, (v/v)	2.18	2.51	2.12	0.04	0.6495
	Ceniza %, (m/v)	3.52	3.63	3.44	0.87	0.1389
12	Materia seca % (m/m)	32.25 <sup>c</sup>	37.12 <sup>b</sup>	39.34 <sup>a</sup>	0,13	<.0001
	Proteína cruda %, (m/m)	10.23 <sup>c</sup>	12.84 <sup>b</sup>	13.03 <sup>a</sup>	0.10	0.0028
	Proteína verdadera % (m/m)	7.22 <sup>c</sup>	9.22 <sup>b</sup>	10.11 <sup>a</sup>	0,11	0.0125
	Extracto etéreo %, (v/v)	2.43 <sup>a</sup>	2.51 <sup>a</sup>	1.89 <sup>b</sup>	0.01	0.0054
	Ceniza %, (m/v)	3.92	3.73	3.77	0,13	0.0675
18	Materia seca % (m/m)	22.61 <sup>c</sup>	35.14 <sup>b</sup>	39.58 <sup>a</sup>	0.10	<.0001
	Proteína cruda %, (m/m)	5.12 <sup>c</sup>	11.07 <sup>b</sup>	13.33 <sup>a</sup>	0,11	<.0001
	Proteína verdadera % (m/m)	2.32 <sup>c</sup>	7.65 <sup>b</sup>	9.64 <sup>a</sup>	0.01	0.0012
	Extracto etéreo %, (v/v)	2.06 <sup>b</sup>	2.14 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>	0.11	0.0125
	Ceniza %, (m/v)	3.12	3.03	3.23	0,89	0.2030

<sup>a,b,c</sup> letras desiguales en la misma fila, las medias difieren a  $P < 0.05$  (Duncan, 1955). **Y100.** Yuca (hoja, talla, raíz). **Y+C,** Yuca más 20% harina de caupí. **Y+C+BP.** Yuca más 20% harina de caupí y 8% preparado microbiano. **m/m,** masa/masa. **v/v,** volumen/volumen. **m/v,** masa/volumen.

En la *Tabla 3* se presentan los valores medios de FAD, lignina y celulosa. Estos no variaron entre tratamientos al momento de ensilar. Tras dos meses de conservado, la FAD fue menor ( $P=0.0021$ ) en Y+C+BP, en tanto que la lignina y celulosa no variaron entre Y100 y Y+C. A los 12 meses después de ensilar las partes fibrosas se redujeron en todas las variantes, y fue menor ( $P<0.05$ ) en el Y+C+BP frente a Y100 y Y+C. La lignina no mostró variación entre Y100 y Y+C, en tanto que la celulosa no difirió entre tratamientos. En la medición realizada a los 18 meses después de ensilar fue menor ( $P<0.05$ ) en Y+C+BP frente a Y100 y Y+C, sin diferencias entre estos últimos

**Tabla 3.** Característica de la fibra del ensilado de yuca con caupí, al emplear preparado microbiano en las diferentes etapas de conservación

Tiempo, meses	Indicadores	Tratamientos			SEM	P-value
		Y100	Y+C	Y+C+BP		
0	FAD %, (m/v)	11.18	11.28	11.22	0.01	0.8401
	Lignina % (m/v)	4.78	4.72	4.88	0.01	0.5721
	Celulosa % (m/v)	0.65	0.71	0.62	0.06	0.0642
2	FAD %, (v/v)	10.98 <sup>a</sup>	10.44 <sup>b</sup>	9.62 <sup>c</sup>	0.04	0.0021
	Lignina % (m/v)	4.52 <sup>a</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.01 <sup>b</sup>	0.12	0.0125
	Celulosa % (m/v)	0.61 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>	0.04	0.0053
12	FAD %, (v/v)	10.93 <sup>a</sup>	9.98 <sup>b</sup>	8.92 <sup>c</sup>	0.01	0.0271
	Lignina % (m/v)	4.15 <sup>a</sup>	4.02 <sup>a</sup>	3.21 <sup>b</sup>	0.01	0.0125
	Celulosa % (m/v)	0.55	0.51	0.29	0.04	0.0578
18	FAD %, (v/v)	9.78 <sup>a</sup>	9.88 <sup>a</sup>	6.22 <sup>b</sup>	0.01	<.0001
	Lignina % (m/v)	3.89 <sup>a</sup>	3.43 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>	0.03	0.0025
	Celulosa % (m/v)	0.51 <sup>a</sup>	0.42 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.02	0.0125

<sup>a,b,c</sup> letras desiguales en la misma fila, las medias difieren a  $P<0.05$  (Duncan, 1955). **Y100**. Yuca (hoja, talla, raíz). **Y+C**, Yuca más 20% harina de caupí. **Y+C+BP**. Yuca más 20% harina de caupí y 8% preparado microbiano. **FAD**, fibra ácida detergente. **v/v**, volumen/volumen. **m/v**, masa/volumen.

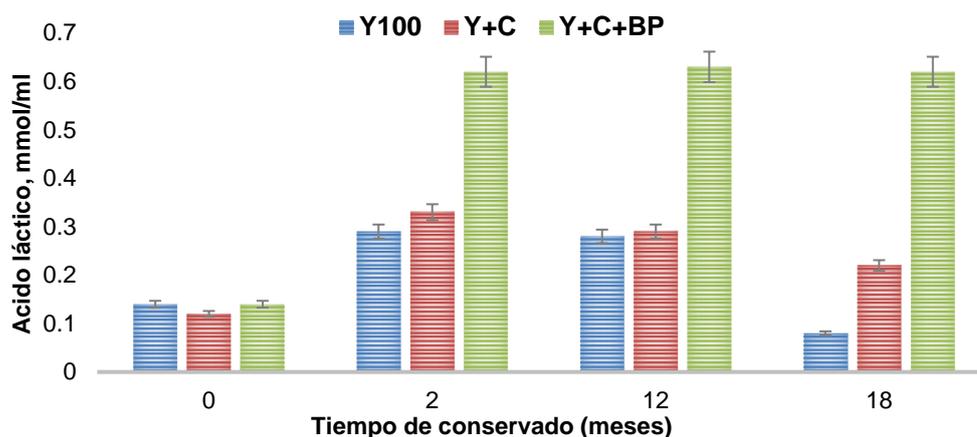
En la *Tabla 4* se observa la viabilidad microbiana y los valores de pH del ensilaje. Al momento de ensilar los valores de pH no mostró diferencia entre tratamientos, sin embargo, a partir de dos meses hasta el final del estudio fue menor ( $P<0.05$ ) en el Y+C+BP frente a los demás tratamientos. En cuanto a la viabilidad microbiana fue mayor ( $P<0.05$ ) en el Y+C+BP con respecto al Y100 y Y+C a partir de dos meses hasta los 18 meses de conservado.

**Tabla 4.** Característica microbiológica y los valores de pH del ensilaje de yuca con caupí al incluir preparado microbiano.

Tiempo, meses	Indicadores	Tratamientos			SEM	P-value
		Y100	Y+C	Y+C+BP		
0	Viabilidad % (v/v)	94	94	94	0.01	0.8431
	pH	4.42	4.46	4.37	0.12	0.2542
2	Viabilidad % (v/v)	93 <sup>b</sup>	93 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	0.01	0.0210
	pH	4.12	4.15	3.98	0.12	0.5214
12	Viabilidad %, (v/v)	89 <sup>b</sup>	90 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	0.11	<.0001
	pH	5.53 <sup>a</sup>	4.53 <sup>b</sup>	3.97 <sup>c</sup>	0.03	0.0015
18	Viabilidad %, (v/v)	81 <sup>c</sup>	89 <sup>b</sup>	93 <sup>a</sup>	0.02	0.0025
	pH	6.83 <sup>a</sup>	5.81 <sup>b</sup>	3.97 <sup>c</sup>	0.11	<.0001

<sup>a,b,c</sup> letras desiguales en la misma fila, las medias difieren a  $P<0.05$  (Duncan, 1955). **Y100**. Yuca (hoja, talla, raíz). **Y+C**, Yuca más 20% harina de caupí. **Y+C+BP**. Yuca más 20% harina de caupí y 8% preparado microbiano. **v/v**, volumen/volumen.

En la *Figura 2* se observa la concentración de ácido láctico en el ensilaje de yuca con caupí al inocular preparado microbiano. A partir de los 2 y hasta los 18 meses, los valores de ácido láctico fue mayor ( $P<0.05$ ) en el tratamiento que contenida cultivo microbiano (Y+C+BP) en comparación con Y100 y Y+C.



**Figura 2.** Comportamiento de ácido láctico del ensilaje durante 18 meses. **Y100.** Yuca (hoja, talla, raíz). **Y+C,** Yuca más 20% harina de caupí. **Y+C+BP,** Yuca más 20% harina de caupí y 8% preparado microbiano.

#### 4. Discusión

Los resultados en cuanto a las características organolépticas en las variantes ensiladas del presente estudio (*Figura 1*), podrían estar relacionados con las propiedades funcionales que son reflejados atributos intrínsecos de la composición física, así como las posibles interacciones con otros componentes (Ke *et al.*, 2015). En tal sentido, Gugglielmo *et al.* (2015) reportaron la repercusión de la materia prima utilizada en la característica física de los ensilados. Por su parte, Danelon *et al.* (2010) observaron efecto ambiental, calidad del material y el valor nutritivo en la característica física del producto final, aunque este depende fundamentalmente de la materia prima, especies y la variedad que se emplea. En tal sentido, Fernández *et al.* (2013) presumen que el empleo de los microorganismos influye positivamente en las características físicas posiblemente por la acción fermentativa de los microorganismos anaerobios en las primeras 24 horas después de ensilar (Miranda *et al.*, 2014). Los resultados obtenidos en el presente estudio se asemejan con los reportados por Fernández *et al.* (2013). Por su parte, Lynch *et al.* (2014) reportaron pH menor a 4.70 al emplear enzimas fibrolíticas en el ensilaje con alfalfa. Unido a esto, en estudio previo, Miranda *et al.* (2014) reportaron pH inferior a 4.23 al ensilar yuca más caupí y BIOPRANAL. Sin embargo, Ke *et al.* (2015) observaron pH con valores superiores a 5.85 y esto repercutía en las características físicas de los ensilajes.

Los resultados en cuanto a los parámetros químicos (*Tabla 2*) posiblemente fueron debidos al contenido de la materia prima y los microorganismos empleados para obtener ensilajes. Spanhero *et al.* (2015) observaron la influencia de materia prima sobre la calidad del ensilaje obtenido. Con referencia a lo anterior, Fernández *et al.* (2013) reportaron, efecto de la materia seca, contenido de compuestos nitrogenados, pérdidas de azúcares, cantidad de minerales y la capacidad de producir ácidos orgánicos del material a ensilar, sobre las características bromatológicas. Por su parte, Kung *et al.* (2015) observaron proteólisis durante el ensilaje, causado principalmente por los *clostridium* y esto aumentó sustancialmente los valores de pH hasta lograr la degradación el material ensilado. Mayor porcentaje de MS obtenido en el estudio podría estar relacionado con la evaporación de agua, unido al mayor desarrollo de microorganismos anaerobios empleado durante el ensilaje, similares valores fueron reportados por Miranda *et al.* (2014) al incluir BIOPRANAL en el ensilaje de yuca con caupí. Por su parte, Ke *et al.* (2015) observaron un leve aumento en la composición nutritiva al incluir bacterias ácido lácticas en el ensilaje de hojas de maíz. Un ligero aumento en la composición nutritiva también fue reportado por Ali *et al.* (2014) en pruebas realizadas “*in vitro*”. Según el estudio de Hoffman *et al.* (2011) mejoraron el contenido de PC y PV al inocular biopreparados en el ensilaje de maíz con alta humedad,

Sin embargo, Guglielmo *et al.* (2015) no observaron variación al ensilar sorgo con maíz. A diferencia de lo anterior Danelon *et al.* (2010) al emplear concentraciones energéticas en alfalfa mejoraron los valores de PC, PV y EE. No obstante, dichos parámetros se encuentran por debajo de los obtenidos en el presente estudio.

Asimismo, los valores obtenidos en cuanto a FAD, lignina y celulosa, son inferiores a los reportados por Heguy *et al.* (2010). Sin embargo, se asemejan con los reportados por, del Río *et al.* (2010). Por su parte Lynch *et al.* (2004) reportaron efecto de enzimas fibrolíticas sobre la degradación de las partes fibrosas del ensilaje. Del mismo modo, Kung *et al.* (2015) redujeron la cantidad de lignina en el ensilaje de sorgo con maíz. Por su parte Der Bedrosian *et al.* (2012) reportaron la reducción de los niveles de la celulosa y lignina al ensilar maíz planta entera. De modo similar Dadvar *et al.* (2015) observaron al fermentar pulpa de limón con *S. cerevisiae*. Por su parte, Heguy *et al.* (2016) mejoraron los índices nutritivos y redujeron los niveles de lignina al emplear enzimas. Mientras que Danelon *et al.* (2010) observaron la reducción en las fracciones celulósica y esta diferencia podría estar relacionada con el contenido de almidón y microorganismos con actividad fermentativa. Estudios previos fueron realizados por del Río *et al.* (2010) y Hoffman *et al.* (2011) al determinar los contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa, antes y después de ensilar con preparados microbianos, pero no informaron los valores obtenidos en dichos estudios.

Sin embargo, existen reportes sobre la asimilación de lactato en algunas especies de levaduras, lo que ayuda a mejorar el crecimiento de los microorganismos anaerobios en el ensilaje (Sourav y Arijit, 2010; Ali *et al.*, 2014). La viabilidad microbiana obtenida en el presente estudio pone de manifiesto que los microorganismos empleados se mantuvieron activos durante 18 meses y esto podría ser principalmente por la acción acidificante generada por las bacterias ácido lácticas (Dadvar *et al.*, 2015); el mismo comportamiento fue observada por Heguy *et al.* (2010) al emplear biopreparados. Asimismo, Hoffman *et al.* (2011) reportaron ligero aumento en la viabilidad microbiana en los ensilados al incluir 10% de yogur natural. Unido a esto, Ke *et al.* (2015) y Spanghero *et al.* (2015) observaron también mejorar la producción de microorganismos benéficos en los ensilajes al emplear medios biológicos. Por su parte, (Guglielmo *et al.*, 2015) reportaron mayor crecimiento de levaduras ligninolíticas en los ensilajes de maíz con alto grado de humedad. Sin embargo, en los estudios realizados por del Río *et al.* (2010), Ali *et al.* (2014) y Heguy *et al.* (2016) se vio que con el empleo de las enzimas en los ensilajes desarrollados con tallos de tabaco, algodón, girasol y paja de trigo la viabilidad microbiana fue menor a los obtenidos en el presente estudio.

## 5. Conclusiones y recomendaciones

La inclusión de *L. acidophilus*, *S. thermophilus* y *K. fragilis* (L-4 UCLV) aumentó los valores en la materia seca, proteína cruda y verdadera, ácido láctico y disminuyó el pH en el ensilaje de yuca integral con 20% harina de caupí, por 18 meses de conservado.

Los datos del presente estudio sugieren que la adición de preparado microbiano en el ensilaje de yuca integral con caupí puede solubilizar algunas de las partes de las fibras de fácil digestión de los carbohidratos de la pared celular y, por lo tanto, puede suministrar sustratos para la fermentación de ácido láctico.

Así mismo, la adición de bacterias lácticas y levaduras en el ensilaje podría ser eficaz para mejorar la calidad y mantener sobre los 18 meses de conservado a la yuca integral (hojas, raíz, tallo) con harina de caupí, debido a la disminución en el contenido de azúcar y/o al aumento en la concentración de proteínas.

## Agradecimiento

El autor principal agradece a Instituto de Fomento a Talento Humano (IFTH), Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), Ecuador, por la beca de formación doctoral (PhD).

## Bibliografía

- Acevedo, I., García, O., Contreras, J., y Acevedo, I. (2009). "Elaboración y evaluación de las características sensoriales de un yogurt de leche caprina con jalea semifluida de piña". *Revista UDO Agrícola*, 9 (2), 442-448.
- Ali, M., Cone, J.W., van Duinkerken, G., Klop, A., Kruisdijk, J., Blok, M.C., Bruinenberg, M., y Hendriks, W.H. (2014). "Relationship between chemical composition and in situ rumen degradation characteristics of grass silages in dairy cows". *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 70,9-15.
- AOAC. (2012). "Official methods of analysis, Association of official analytical chemist 19th edition", Washington D.C., USA.
- Conway, E.J. (1957). *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*. 4th ed. Crosby Lockwood and Son, London, Engl.
- Dadvar, P., Dayani, O., Mehdipour, M., y Morovat, M. (2015). Determination of physical characteristics, chemical composition and digestion coefficients of treated lemon pulp with *Saccharomyces cerevisiae* in goat diet. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99(1):107–113.
- Danelon, J.L., D'Alesio, M., Barletta, L., Allocati, P.A., Wawrzkievicz, M., Ceballos, E., Colatto, C., y Victoria, D. (2010). "Ensilaje de alfalfa suplementado con distintos concentrados energéticos para alimentar cabras lecheras". *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 18(1-2), 17-26.
- del Rio, S., Heguy, J.M., Lago, A. (2010). "Feed management practices on California dairies". *Journal of Dairy Science*, 93 (Suppl.1), 773.
- Der Bedrosian, M.C., Nestor, K.E., y Kung, L. (2012). "The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage". *Journal of Dairy Science*, 95:5115–5126.
- Duncan, D.B. (1955). "Multiple range and multiple F tests". *Biometrics* 11:1.
- Fernández-Herrero, A., Tabera, A., Agüeria, D., y Manca, E. (2013). "Obtención, caracterización microbiológica y físicoquímica de ensilado biológico de anchoíta (*Engraulis anchoíta*)". *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria*, 14(2).
- Guglielmo, S., Proietti, S., Moscatello, S., Stefanoni, W., y Battistelli, A. (2015). "Anaerobic digestion of corn silage on a commercial scale: Differential utilization of its chemical constituents and characterization of the solid digestate". *Biomass and Bioenergy*, 83, 17-22.
- Heguy, J.M., Karle, B.M., Price, P.L., y Meyer, D. (2010). "Calculating field nutrient removal rates to comply with General Order for Existing Milk Cow Dairies from California's Central Valley Regional Water Quality Control Board". *Journal of Dairy Science*, 93 (Suppl. 1), 412.
- Heguy, J.M., Meyer, D., y Silva-del-Río, N. (2016). "A survey of silage management practices on California dairies". *Journal of Dairy Science*, 99(2), 1-6
- Hoffman, P.C., Esser, N.M., Shaver, R.D., Coblenz, W.K., Scott, M.P., Bodnar, A.L., Schmidt, R.J., y Charley, R.C. (2011). "Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starchprotein matrix in high-moisture corn". *Journal of Dairy Science*, 94, 2465–2474.
- Ke, W.C., Yangb, F.Y., Undersander, D.J., y Guo, X.S. (2015). "Fermentation characteristics, aerobic stability, proteolysis and lipid composition of alfalfa silage ensiled with apple or grape pomace". *Animal Feed Science and Technology*, 202, 12-19.
- Kung, L., Lim, J.M., Hudson, D.J., Smith, J.M., y Joerger, R.D. (2015). "Chemical composition and nutritive value of corn silage harvested in the northeastern United States after Tropical Storm Irene". *Journal of Dairy Science*, 98(3), 2055–2062.
- Lyncha, J., Jina, L., Larab, E.C., Baaha, J., y Beauchemina, K.A. (2014). "The effect of exogenous fibrolytic enzymes and a ferulic acidesterase-producing inoculant on the

- fibre degradability, chemical composition and conservation characteristics of alfalfa silage". *Animal Feed Science and Technology*, 193, 21-31.
- Miranda, J.E., Marin, A., y Baño, D. (2017). "Elaboration of a bioprepared with probiotic effect from a mixed culture of lactic bacteria and yeasts". *Bionatura*, 2(1), 245-247.
- Miranda-Yuquilema, J.E., Marin-Cárdenas, A., y Gonzales-Pérez, M. (2014). "Selage of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with cowpeas (*Vigna unguiculata*) for pig alimentation". *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria*. 15(2).
- Sourav, B., y Arijit, D. (2010). "Study of physical and culture parameters on the bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from traditional indian fermented food". *American Journal of Food Technology*, 5 (2), 111-120.
- Spanghero, M., Zanfi, C., Signor, M., Davanzo, D., Volpe, V., y Venerus, S. (2015). "Effects of plant vegetative stage and fielddrying time on chemical composition and in vitro ruminal degradation of forage soybean silage". *Animal Feed Science and Technology*, 200,102-106.