

EVALUACION DE ALIMENTOS FERMENTADOS CON TALLOS CRUDOS Y QUEMADOS DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*)

EVALUATION OF FOOD FERMENTED WITH RAW AND BURNT SUGAR CANE (*Saccharum spp.*) STEMS

Aranda I.E.M.¹; Ramos Juárez, J.A.^{1*}; Guzmán T.A.³; Mendoza M.G.D.²; Salgado, G.S.¹; Izquierdo F.¹

¹ Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. Cárdenas, Tabasco, México. ² Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-Xochimilco. Calzada del Hueso 1100. Col. Villa Quietud Coyoacán. 04960. Ciudad de México. México. ³ Colegio de Postgraduados. Programa de Ganadería. Montecillo, Estado de México.

*Autor de correspondencia: ramosj@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la fermentación de caña de azúcar integral, tallos crudos y quemados para conservarlos como ensilaje de la variedad Mex.69-290 madura y molida en partículas de 2 mm. Se agregó 1.5% urea, 0.5% sales minerales, 0.3% sulfato de amonio. Se fermentó en forma aeróbica por 24 h en piso con espesor de 10 cm, y como tratamientos a caña integral (SCI), tallos crudos (STC) y tallos quemados (STQ), en diseño completamente al azar. En una segunda fase con arreglo factorial 3x4, se consideraron a los tipos de caña y tiempos de conservación anaeróbica (0, 20, 40 y 60 días), con ocho repeticiones. Se evaluó la materia seca (MS), proteína cruda y verdadera (PC, PV), Fibra detergente ácido y neutro (FDA, FDN), eficiencia de síntesis y fermentativos: temperatura, pH, ácido láctico, amoniaco. Los valores de PC 17.21, 16.52 y 19.78 PV 10.54, 10.65 y 14.33 Eficiencia 61.2, 64.0 y 72.6 para caña de azúcar integral, tallos crudos y tallos quemados respectivamente, significativamente superiores para tallos quemados. ($P < 0.01$). Los valores fermentativos, temperatura 38.4 °C, 37.3 °C, 42 °C, pH 6.93, 7.09, 6.53, amoniaco (2.47, 2.81 y 3.44) para caña integral, tallos crudos y tallos quemados. La conservación en forma de ensilaje a 40 días derivó un producto con 25%-28% de MS. La PV disminuyó tres unidades porcentuales. La FDN y FDA disminuyó de 7.5 a 13.8 unidades porcentuales, registrando que el alimento con tallos quemados fue superior en PV y Eficiencia de síntesis a los alimentos con caña integral y tallos crudos, la FDN y FDA fue similar en los tres alimentos, y se puede obtener alimentos para el ganado con caña integral y tallos quemados.

Palabras clave: Fermentación en sólido, caña cruda, caña quemada, ensilaje.

ABSTRACT

The fermentation of unrefined sugar cane, raw and burnt stems, was evaluated, to be conserved as ensilage of the MEX 69-290 variety, mature and ground into 2 mm particles. The following was added: 1.5 % urea, 0.5 % mineral salts, 0.3 % ammonium sulfate. It was fermented aerobically for 24 h on the floor with a thickness of 10 cm, and the treatments were unrefined sugar cane, raw stems and burnt stems, in a completely randomized design. During a second phase with factorial 3x4 arrangement, the types of sugar cane and times of anaerobic conservation (0, 20, 40 and 60 days) were considered, with eight repetitions. The dry matter (MS) was evaluated, raw and true protein (PC, PV), acid and neutral detergent fiber (FDA, FDN), efficiency and fermentative temperature, pH, lactic acid, ammonia. The values of

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 3, marzo, 2016. pp: 60-65.

Recibido: septiembre, 2015. **Aceptado:** marzo, 2016.

PC 17.21, 16.52.19.78, PV 10.54, 10.65, 14.33, synthesis efficiency 61.2, 64.0 and 72.6 for unrefined sugar cane, raw stems and burnt stems, respectively, were significantly higher for burnt stems ($P < 0.01$). The fermentative values, temperature 38.4 °C, 37.3 °C, 42 °C, pH 6.93, 7.09, 6.53 ammonia (2.47, 2.81, 3.44) for unrefined sugar cane, raw stems and burnt stems. The conservation in ensilage up to 40 days derived into a product with 25%-28% of MS. The PV decreased three percent points. The FDN and FDA decreased in 7.5 to 13.8 percent points, showing that the food with burnt stems was higher in PV and efficiency in synthesis than the foods with unrefined sugar cane and raw stems, the FDN and FDA were similar in the three foods, and meals can be obtained for livestock with unrefined sugar cane and burnt stems.

Keywords: Fermentation in solids, raw sugar cane, burnt sugar cane, ensilage.

evaluó tres tipos de caña fermentadas en forma aeróbica durante 24 horas en un diseño completamente al azar, con los tratamientos (T) T1: caña integral (tallos+hojas); T2: tallos cosechados en forma cruda (saccharina tradicional) y T3: tallos quemados con ocho repeticiones por tratamientos. En la segunda fase, se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×4 (tipos de caña: caña integral, tallos cosechados en forma cruda y tallos quemados, así como, tiempos de fermentación anaeróbica (0, 20, 40 y 60 días), con ocho repeticiones por tratamientos. Para la elaboración de la saccharina tradicional se siguió la metodología propuesta por Elías et al. (1990), usando tallos crudos de caña, limpios con °Brix de 22 a 24. En la elaboración de la saccharina de caña integral se usaron tallos, puntas y hojas secas con °Brix de 18 a 20. La saccharina elaborada con tallos quemados fue inoculada con 15% de saccharina tradicional. La caña fue molida en una picadora de cuchillas y se mezcló con 1.5% de urea (46% de Nitrógeno) y 0.5% de minerales (Minelap phos 12[®], Laboratorios LAPISA; composición química en %: P 12, Ca 13, Cl 15.6, Na 10.4, Mg 0.6, S 0.3, Zn 0.12, Mn 0.12, Cu 0.03, Co 50 mg kg⁻¹, I 30 ppm y Se 3.0 mg kg⁻¹).

Se mezclaron 10 kg de muestra y extendió en una superficie de concreto libre de los rayos solares con un espesor de 10 cm, y fue removida cada 2 h durante el primer periodo de 8 h, alcanzando un periodo total de fermentación aeróbica de 24 h. Después de lo anterior, se obtuvo una muestra de 1.250 kg por el método de cuarteo para estudiar las variables de la primera fase experimental, y el resto se ensiló en

INTRODUCCIÓN

Aproximadamente el 80% de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) usada en la agroindustria en México se quema previamente para su cosecha, lo cual puede genera contaminación ambiental, además de que las cañas quedadas o quemadas por accidente, no ingresan a los ingenios para la fabricación de azúcar y representan 20% del total de la superficie sembrada (Aranda, 2000). Existen también máquinas picadoras que cosechan la caña de azúcar integral en el campo, lo cual hace eficiente su corte y su aplicación es equivalente como caña integral a 20% más de biomasa con respecto a los tallos molederos en el ingenio azucarero. La caña de azúcar se ha utilizado como alimento en la ganadería por la escasez de forraje en periodos de sequía y eventos climáticos de vientos del norte, sin embargo, en las zonas bajas de regiones tropicales húmedas, existe déficit de forraje en el periodo de lluvias debido a que los potreros se inundan; y a pesar de la posibilidad de usar la caña para solucionar el déficit de forraje en este periodo, no es posible, debido a las dificultades de la cosecha por alta humedad del suelo; por lo cual es necesario buscar estrategias de conservación de la caña para utilizarla durante todo el año. Elías et al. (1990) desarrolló en Cuba una tecnología de enriquecimiento proteínico de la caña de azúcar (Saccharina) en la cual se usa el tallo crudo de la caña, sin embargo, pudiera ser posible utilizar la caña integral y quemada, usando como inóculo la propia saccharina elaborada con tallo de caña cruda. Con base a lo anterior, se estudió la composición química y parámetros fermentativos de la caña de azúcar integral, así como de tallos crudos y quemados, fermentados en forma aeróbica con el fin de conservarlos en forma de ensilaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el *Campus* Tabasco del Colegio de Postgraduados, ubicado en Cárdenas, Tabasco, México. Para la elaboración de caña fermentada (Saccharina) se utilizó caña del cultivar Mex. 69-290. Se evaluaron tres diferentes tipos de caña, Caña integral (tallos+hojas), tallos cosechados en forma cruda y de tallos quemados. La primera fase experimental

bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 10 kg extrayendo el aire con una aspiradora para estudiar las variables de la fase dos. Los microsilos fueron almacenados a temperatura ambiente durante 0, 20, 40 y 60 días. Las variables medidas fueron: materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (AOAC, 2012), proteína verdadera (Bernstein, 1983), Fibra detergente ácido (FDA) y neutro (FDN) con la metodología propuesta por Van Soest *et al.* (1991), ácido láctico (Erwin *et al.*, 1961), pH Hardy *et al.* (1977), nitrógeno amoniacal (McCullough, 1967) y temperatura. Los datos se analizaron con el Programa Estadístico SAS System 2012 y comparación de medias por la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS

En la primera fase no se registraron diferencias en el contenido de MS de los alimentos fermentados durante 24 h. La concentración de PB y PV fue mayor para el alimento fermentado con tallos quemados, este tratamiento también tuvo mayor eficiencia de síntesis microbiana con 72.4%. No se encontraron diferencias en las variables FDN y FDA. La MO fue mayor ($p < 0.05$) en el alimento elaborado con tallos crudo (Cuadro 1).

El alimento con tallos quemados tuvo la mayor ($p < 0.05$) temperatura y el menor valor de pH. No se encontró di-

ferencias entre los tratamientos para la concentración de amoníaco (Cuadro 2).

En relación a la segunda fase experimental, se obtuvo interacción significativa en el contenido de MS (Figura 1) de los tipos de alimentos y el tiempo de conservación en forma de ensilajes, en el día 0, el mayor ($p < 0.05$) contenido de MS se encontró STQ (23.5%), los alimentos de SCI y STC tuvieron los menores valores sin diferencias entre ellos (21.1% y 21.7%, respectivamente), en el día 20 y 40 los alimentos SCI y STQ tuvieron los mayores valores en relación a STC y en el día 60 no se registraron diferencias entre tratamientos.

Se registró interacción en el contenido de PC a medida que aumento el tiempo de conservación, en el día 0 fue mayor para la STQ, en el día 20 la STQ y STC fueron superiores a la SCI y en los días 40 y 60 no hubo diferencia (Figura 2).

Se encontró interacción en el contenido de FDN y FDA, los valores disminuyeron con el incremento del tiempo de conservación (Figura 3 y 4), la FDN en el día 0 fue mayor para SCI sin diferencia entre STC Y STQ, Los menores valores fueron para la STC y STQ en los días 20, 40 y 60.

Se encontró interacción en la temperatura y el pH, disminuyen con el incremento del tiempo de conservación (Figura 5 y 6).

La PV fue mayor para la STQ, sin diferencia entre SCI y STC, con relación al tiempo de conservación en el tiempo 0 fue mayor, disminuyendo significativamente a los 20, 40 y 60 (Cuadro 3). El ácido láctico no presentó diferencias ni para el tipo de alimento ni en tiempos de conservación.

La MS de los alimentos fermentados oscila entre 25 a 40% Torres-Salado, *et al.* (2007); aunque pueden incrementarse por efecto del aumento del tiempo de fermentación hasta valores de 40%. La fermentación de

Cuadro 1. Composición química de los tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum spp.*)

Variable (%)	Material fermentado			E.E.
	Caña integral	Tallos crudos	Tallos	
Materia Seca	21.06	21.79	23.48	0.29
Proteína cruda	17.21 ^b	16.62 ^b	19.78 ^a	0.21
Proteína verdadera	10.54 ^b	10.65 ^b	14.33 ^a	0.213
Eficiencia de síntesis	61.2	64.0	72.4	
Fibra detergente neutra	51.92	48.58	51.44	0.48
Fibra detergente acida	26.82	27.97	28.26	0.37
Materia orgánica	90.07 ^b	93.01 ^a	90.75 ^b	0.47

^{ab} Medias con diferente letra en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

Cuadro 2. Temperatura y parámetros fermentativos de los tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum spp.*)

Variable	Material fermentado			E.E.
	caña	Tallos crudos	Tallos	
Temperatura °C	38.4 ^b	37.3 ^b	42.0 ^a	2.73
pH	6.93 ^a	7.09 ^a	6.53 ^b	0.09
Amoníaco (% MS)	2.47	2.81	3.44	0.83

^{ab} Medias con diferente letra en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

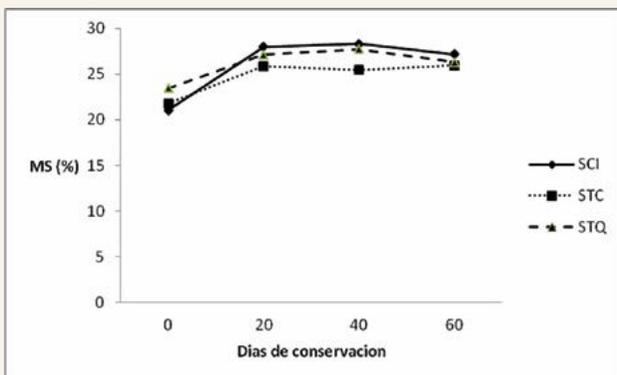


Figura 1. Efecto de los días de conservación en el contenido de materia seca de los tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

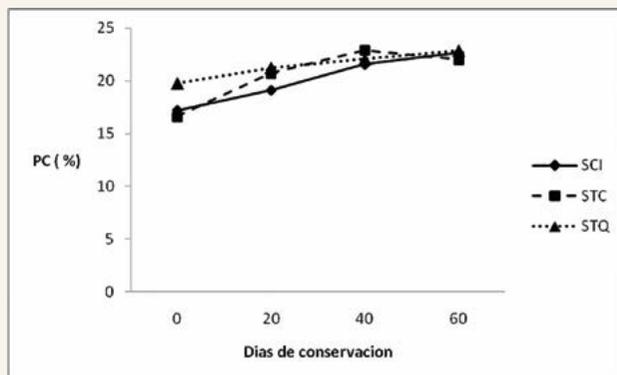


Figura 2. Efecto de los días de conservación en el contenido de proteína cruda de los tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

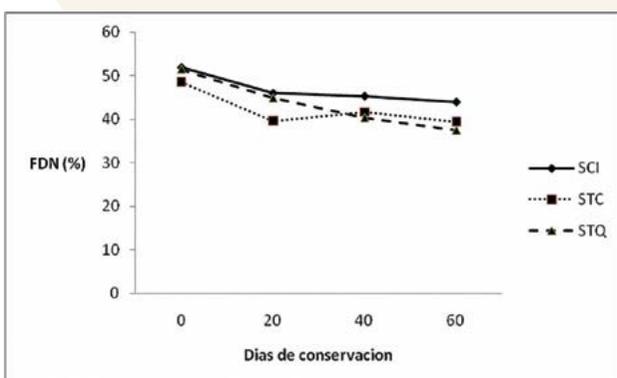


Figura 3. Efecto de los días de conservación en el contenido de fibra detergente neutro de los tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

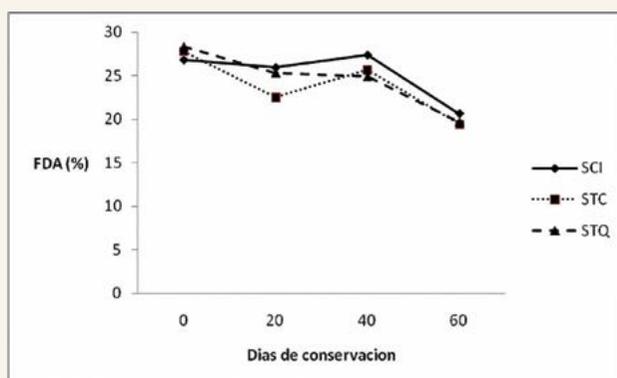


Figura 4. Efecto de los días de conservación en el contenido de fibra detergente ácido de tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

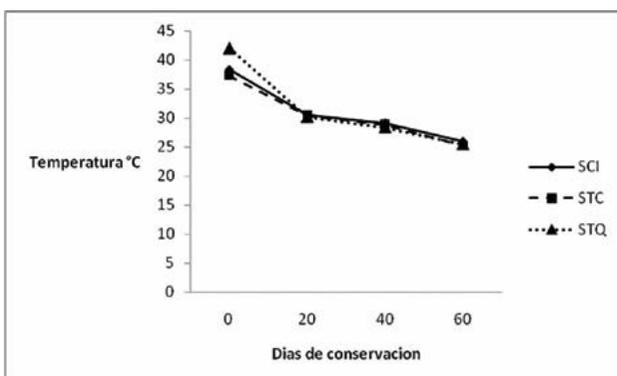


Figura 5. Efecto de los días de conservación en la temperatura de tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

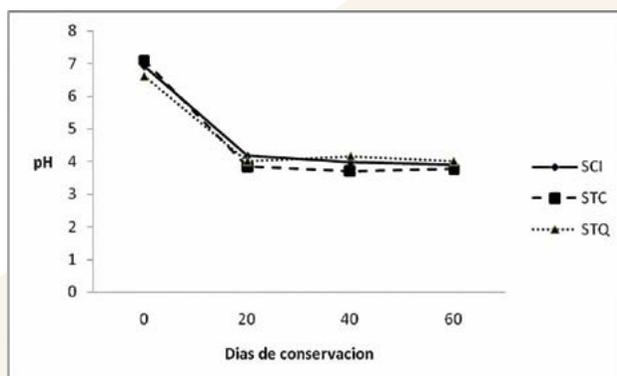


Figura 6. Efecto de los días de conservación en el pH de tres alimentos fermentados con diferentes tipos de caña (*Saccharum* spp.).

este tipo de alimento requiere humedad de entre 60% y 65% para una fermentación eficiente, si disminuye la humedad, disminuye la eficiencia de fermentación, pero si supera el contenido de humedad, los nutrientes pueden lixiviarse. El contenido de MS puede ser una limitante para transportar estos alimentos a distancias mayores de 50 km, debido a la alta humedad o para elaborar alimen-

tos balanceados. Una limitante de la caña de azúcar en la alimentación animal es su bajo contenido de proteína y baja degradación de los componentes fibrosos. Uno de los argumentos de la baja degradación de la fibra, es la alta concentración de azúcares, que inhibe la degradación de los carbohidratos estructurales de la caña de azúcar (Leng, 1989).

Cuadro 3. Efecto del tipo de alimento y los días de conservación en el contenido de proteína verdadera y concentración de ácido láctico.

Factor	Proteína verdadera (%)	Ácido láctico (% ms)
Tipo de alimento		
Caña integral	8.89 ^b	0.330
Tallos crudos	8.31 ^b	0.354
Tallos quemados	11.42 ^a	0.317
EE±	0.213	0.04
Días de conservación		
0	11.84 ^a	0
20	9.45 ^b	0.466
40	7.97 ^c	0.200
60	8.27 ^c	0.263
EE±	0.23	0.02

^{abc} Medias con diferente literal en la misma columna difieren a $P \leq 0.05$.

Un objetivo de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar, es incrementar la síntesis de proteína microbiana, por microorganismos epifitos presente en la caña de forma natural o por medio de inóculos (Cárdenas *et al.*, 2008; Elías *et al.*, 2001), y para transformar el nitrógeno adicionado en forma de urea y los azúcares de la caña usados como fuente de energía, se adicionan sales minerales y sulfato de amonio, como fuente de azufre (Elías *et al.*, 1990). La proteína total guarda una relación con la cantidad de materiales nitrogenados agregados a la caña de azúcar en el proceso de fermentación, los valores obtenidos fueron mayores comparativamente con los encontrados por Rodríguez *et al.* (2001) quien fermento caña de azúcar con boniato (*Ipomoea batata*). Un aspecto importante es el contenido de proteína verdadera, la cual puede ser resultado de la transformación de los azúcares de la caña de azúcar con el contenido de nitrógeno de la urea por la microflora epifita o por inóculos (Elías *et al.*, 2001). Los resultados de este trabajo fueron superiores a los reportados por Valdivie *et al.* (1997) con caña y adición de diferentes ingredientes, aunque los valores que se encontraron en el presente estudio (14.33% de PV) en tallos de caña quemada, pudo estar relacionada con la adición de inóculo en forma de saccharina.

El proceso de conservación como ensilaje indujo una disminución de la proteína verdadera, la cual puede estar relacionada con la degradación de la proteína a moléculas de menor tamaño, como péptidos, aminoácidos y N-amoniaco. La concentración del N-amoniaco

induce a incrementos en el pH, aspecto que no sucedió en este trabajo ya que los pH de 6.2 a 7.3 en el día 0 con los diferentes tipos de saccharina disminuyeron a pH de 3 y 4 en los periodos de 20 a 60 días, lo que pudiera hacer pensar que la disminución de proteína verdadera formó moléculas intermediarias como péptidos y aminoácidos y las concentraciones de N-amoniaco formado no tuvieron el efecto suficiente en la elevación del pH. El contenido de FDN disminuyó en los días 20, 40 y 60 y la FDA disminuyó en el día 60 con respecto al día 0, indicando posible actividad celulítica microbiana en el periodo de conservación sobre la estructura fibrosa, aunque estos resultados son contrarios a los encontrados por Monroy *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2001) al fermentar caña y boniato en proporciones de 50:50 por periodos de 24 a 36 horas donde incrementó el contenido de FDN. Una mayor disminución de la FDN podría estar relacionada con la adición de ingredientes con mayor contenido de energía (Ramos *et al.*, 2006; 2007). La temperatura de fermentación de los diferentes tipos de saccharina fueron 37.25 °C a 42.50 °C, mayores a lo recomendado por Lezcano y Elías (1992) quienes indican temperatura de 30 °C a 33 °C como apropiadas. El contenido de ácido láctico alcanzó valores a los recomendados por Muñoz y Michelena (1988) para ensilaje apropiado reflejándose en los valores de pH.

CONCLUSIONES

El alimento elaborado con tallos de caña de azúcar quemados fue superior a la de caña integral y tallos crudos en contenido de proteína y proteína verdadera con una mayor eficiencia de síntesis. Los valores de FDN y FDA fueron similares en los tres tipos de alimentos. Sus parámetros de fermentación, temperatura y pH también fueron más elevados. La conservación en forma de ensilaje a los 40 días generó un alimento con un contenido de MS (25% a 28%). El contenido de proteína verdadera disminuyó en 3%; la FDN y FDA también disminuyeron de 7.5% a 13.8%. La caña fermentada en forma de saccharina es factible de obtenerla con caña de azúcar integral y tallos de caña quemada, y usarse en zonas tropicales.

AGRADECIMIENTOS

A las líneas de investigación del Colegio de Postgraduados: LPI-5 Biotecnología microbiana vegetal animal y LPI-2 Agroecosistemas sustentables Subtema MASCAÑA Y MASGANADO por el apoyo financiero.

LITERATURA CITADA.

- AOAC. 2012. Official Methods of Analysis. 19th Ed. Off. Agric. Chem. Washington, D.C., U.S.A.
- Aranda I.E.M. 2000. Utilización de la Caña de Azúcar en la Alimentación de Rumiante. Tesis Doctoral. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM, México.
- Bernstein J. 1983. Análisis de alimento. Eds. A.L. Wintra y K.B. Winto. Tomo I. Ed. Pueblo y Educación. 84 pp.
- Elías A., Lezcano O., Lezcano P., Cordero J., Quintana L. 1990. Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico en la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido (Saccharina). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. (24): 1-12.
- Elías A. Lezcano O., Herrera F.R. 2001. Algunos indicadores y productos finales de la fermentación para la obtención de cuatro tipos de saccharina inoculada con vitafert. Rev. Cubana Cienc. Agric. 35: 153-158
- Erwin E.S., Marco G., Emery E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. (44):1768-1776.
- Hardy C., Romero R., Elías A. 1977. Una nota sobre los cambios fermentativos de dietas preparadas semanalmente con ensilaje de excreta y miel final para pollos en crecimiento. Rev. Cubana. Cien. Agric. (10):197-203.
- Leng R.A. 1989. Restricciones metabólicas para la utilización de la caña de azúcar y sus subproductos para el crecimiento y producción de leche en rumiantes mayores. Colección Geplacea, Serie Diversificación PNND. Grupo de países Latinoamericanos y del Caribe exportadores de azúcar. pp 23-57.
- Lezcano P., Elías A. 1992. Efecto de la temperatura y la urea en la fermentación de la caña de azúcar para producir saccharina. Rev. Cubana Cienc. Agric. (26):291-293
- McCullough H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct calorimetric method. Clin. Chem. Acta. (7):297-304.
- Monroy H.J.M., Aranda E., Mendoza G., Ramos J.A., Herrera J., Cobos M., Izquierdo F. 2006. Elaboration and conservation of Saccharina from integral sugarcane, with the addition of molasses and rice powder. Cuban Journal of Agricultural Science (40) 2: 155-160
- Muñoz E., Michelena J.B. 1988. Utilización de ensilados de pastos y forrajes para la producción de leche y carne bovina. En producción de leche a base de pastos tropicales. Editorial EDICA Republica de Cuba
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F. 2006. Processes for production of energy-protein feed for animals. Effect of four energy sources on solid state fermentation of sugarcane. Cuban Journal of Agricultural Science (40) 1
- Ramos J.A., Elías A., Herrera F., Aranda E., Mendoza G. 2007. Procesos para la producción de un alimento energético-proteico para animales. Efecto de niveles de miel final en la fermentación en estado sólido del Saccha-sorgo y Saccha-pulido. Rev. Cubana Cienc. Agric. (41) 2:139-143
- Rodríguez Z.R., Boucourt A., Elías M.M. 2001. Dinámica de fermentación de mezclas de caña (*Saccharum officinarum*) y boniato (*Ipomea batata* Lam.). Rev. Cubana Ciencia. Agric. 35:147-151
- SAS. 2012. Statistical Analysis System. S. A. S. User's Guide:statistics. Version 8 ed. SAS Institute Inc.
- Steel G.D.R., Torrie H.J. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw Hill Book Company, Inc. USA Cary, NC, USA.
- Torres-Salado N., Aranda E.M., Mendoza G.D., Hernández D., Hernández A., Landois L., Ramos J.A. 2007. Consumo y producción de leche de vacas de doble propósito, suplementadas con Saccharina elaborada con caña de azúcar quemada. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 41, Número 3, 223-226
- Valdivie M., González L.M., Elías A. 1997. Nuevos tipos de Saccharinas para aves. Rev. Cubana Cienc. Agric. 31:231.
- Van Soest P.J., Robertson J.P., Lewis B.A. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. (74):3583-3597.

