

Efecto de la amonificación en la composición bromatológica del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum sp*)

Bravo, Ángel¹; Vélez, Ricardo¹; Hurtado, Ernesto² y Macías, Edis³

¹ Maestrante Posgrado de Zootecnia, ESPAM-MFL. ² Carrera de Medicina Veterinaria, ESPAM MFL. ³ Carrera de Medicina Veterinaria, UTM

Contacto: mvzricardo1991@outlook.es

RESUMEN

Con el fin de evaluar el efecto de la amonificación en la composición bromatológica del bagazo de caña, se tomaron aleatoriamente muestras del material experimental del bagazo fresco de caña de azúcar (*Saccharum sp*) de la Hacienda "Puro Bravo", ubicada en el sitio "La Soledad", cantón Junín, provincia de Manabí. Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con Arreglo Factorial 3x2, donde el Factor A se representó por tres niveles de inclusión de urea (0, 3 y 5%) y el Factor B, dos tiempos de fermentación (TF) del bagazo de caña (30 y 44 días), cada combinación de estos factores constó con tres repeticiones. La composición bromatológica estudiada fue: Proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA) y ceniza. Se percibió diferencias altamente significativas para la interacción (urea x TF) en las variables PC y ceniza, siendo la combinación del 5% de urea y día 30 de fermentación los de mejores promedios (33,72 y 8%, respectivamente). Además se observó efecto significativo del factor inclusión de urea ($p < 0,01$) para cada uno de los componentes estudiados. Mientras que para el factor tiempo de fermentación la significancia ($p < 0,01$) se presentó para la variable PC. Se concluye, que la inclusión de urea y el tiempo de fermentación son factores a considerar durante la amonificación del bagazo de caña de azúcar.

Palabras clave: Urea, tiempo de fermentación, componentes nutricionales, proteína cruda.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of ammonification on the bromatological composition of cane bagasse. Samples of the experimental material of the fresh sugarcane bagasse (*Saccharum sp*) from the "Puro Bravo" Hacienda, located at the "La Soledad" site, Junín canton, province of Manabí, are randomly taken. A Completely Randomized Design with 3x2 Factorial Arrangement is found, where Factor A is represented by the different levels of urea inclusion (0, 3 and 5%) and Factor B, fermentation times (TF) of cane bagasse (30 and 44 days), each combination of these factors consisted of three repetitions. The bromatological composition studied was: Crude protein (PC), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), lignin acid detergent (LDA) and ash. Highly specific differences were perceived for the interaction (urea x TF) in the variables PC and ash, with the combination of 5% urea and on the 30th day of

fermentation the best averages (33.72 and 8%, respectively). In addition, a significant effect of the urea inclusion factor ($p < 0.01$) was observed for each of the components studied. While for the fermentation time factor the significance ($p < 0.01$) was presented for the PC variable. It is concluded that the inclusion of urea and the fermentation time are factors to consider during the ammonification of sugarcane bagasse.

Keywords: Urea, fermentation time, nutritional components, crude protein.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en la República del Ecuador se basa principalmente en el pastoreo y la producción de pastizales, su calidad y cantidad se da de acuerdo a las condiciones climáticas que se presenten, estas pueden ser secas o lluviosas. Cabe destacar que en épocas secas el rendimiento y valor nutricional de la biomasa forrajera disminuye, lo que significa la disminución del desempeño productiva de los animales. La producción ganadera es ampliamente representativa, debido a la alta demanda de producción de forraje para la alimentación (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2003).

En la literatura se reporta la caracterización del bagazo de caña de azúcar, tal como lo indica García *et al.* (2013), donde este es un residuo fibroso de la molienda de los tallos de la caña de azúcar; constituido por celulosa, hemicelulosas o pentosanos y lignina como principales polímeros naturales. Presenta, además, pequeñas cantidades de otros compuestos clasificados de conjunto como componentes extraños.

Estudios recientes como el que describe Sánchez *et al.* (2016), mencionan que la amonificación ayuda a romper estructuras químicas del subproducto fibroso o lignificado, y a su vez permite una mejor absorción y digestibilidad en los rumiantes al consumirla, además los niveles de celulosa se incrementan; son consideraciones que se deben tomar en cuenta durante este proceso.

El interés de la investigación está centrado en la acumulación del bagazo de caña de azúcar como desecho de la producción de mieles, alcoholes y azúcar en la provincia de Manabí, principalmente en el cantón Junín, consecuencia esta, que lo hace relevante ante distintos procesos de transformación, siendo una alternativa potencial en la alimentación y nutrición del bovino. De acuerdo a

estos antecedentes se consideró el efecto de los niveles de inclusión de urea y distintos tiempos de fermentación en la composición nutricional del bagazo de caña de azúcar, como potencial alternativo en la alimentación de rumiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se realizó en la Hacienda “Puro Bravo”, ubicada en el sitio “La Soledad”, cantón Junín, provincia de Manabí; situado geográficamente entre las coordenadas 0° 56” 8” latitud Sur, 80° 11” 0” Longitud Oeste y una altitud de 15 metros sobre el nivel del mar (msnm)(PDOT, 2014).

Características del Procesamiento del Bagazo de Caña

Se seleccionó el cultivo de caña de azúcar con una edad de seis (6) meses, material que se cosechó, recolectó y transportó hasta el trapiche, para la extracción del jugo de la caña; resultando el material vegetativo a utilizar, el cual fue sometido a los siguientes procedimientos:

Consistió en llenar los recipientes (tachos) de 20 kg con el bagazo, siendo compactado y humedecido en solución de urea (46% de nitrógeno) en un litro de agua (solución homogénea) hasta llenar los tachos, los mismos fueron tapados y sellados herméticamente con cinta de embalaje, garantizando un ambiente anaeróbico.

Transcurrido los primeros 15 días se procedió a la apertura de los recipientes (tachos) con sus respectivas inclusiones de urea y días de fermentación, esto permitió la ventilación del material amonificado, garantizando la eliminación excesiva del NH_3 .

Una vez que transcurrió el período de amonificación del bagazo de la caña de azúcar para cada tratamiento, las muestras se enviaron al laboratorio de la

Universidad Técnica de Manabí ubicada en el cantón Santa Ana, parroquia Lodana, donde se realizaron los análisis bromatológicos.

Las muestras a nivel de laboratorio fueron identificadas en las respectivas dosis de urea (0,3 y 5 %) y tiempos de fermentación (30 y 44 días) bajo estudio; las cuales se desecaron (72 horas, a temperaturas entre 45 a 60°), y molieron (diámetro 1 mm).

Obtención de los Componentes Bromatológicos

La obtención de la Proteína Cruda se realizó de acuerdo al método de Kjeldahl, que consistió en la determinación del nitrógeno total (Lagunes y Lagunes, 2015). La fibra detergente neutra y fibra detergente ácida se analizaron a través de los métodos analíticos eficientes descritos por AOAC (1984).

Se estimó la lignina por medio de la digestión en ácido sulfúrico concentrado (72%). Mientras que la ceniza se determinó por medio la metodología de Nollet, 1996) descrita en fundamentos y técnicas de análisis de alimentos (UNAM, 2008).

Diseño experimental y Análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con Arreglo Factorial 3x2, donde el Factor A se representó por los diferentes niveles de inclusión de urea (0, 3 y 5%) y el Factor B, tiempos de fermentación del bagazo de caña (30 y 44 días). La combinación de los niveles de estos factores, genero los tratamientos bajo estudio, repetidos tres veces cada uno.

La variabilidad de las variables medidas (Proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina detergente ácida y ceniza) fue estudiada a través de un análisis de varianza, previamente se comprobaron los supuestos de homogeneidad de varianza (Prueba de Bartlett) y normalidad de los errores (Prueba de Shapiro-Will). Además de las comparaciones de medias (Tukey al 5%) en los factores principales que resultaron ser significativos. Mientras que la interacción fue graficada cuando resulto significativa; análisis descritos realizados en el software estadístico SAS (2012).

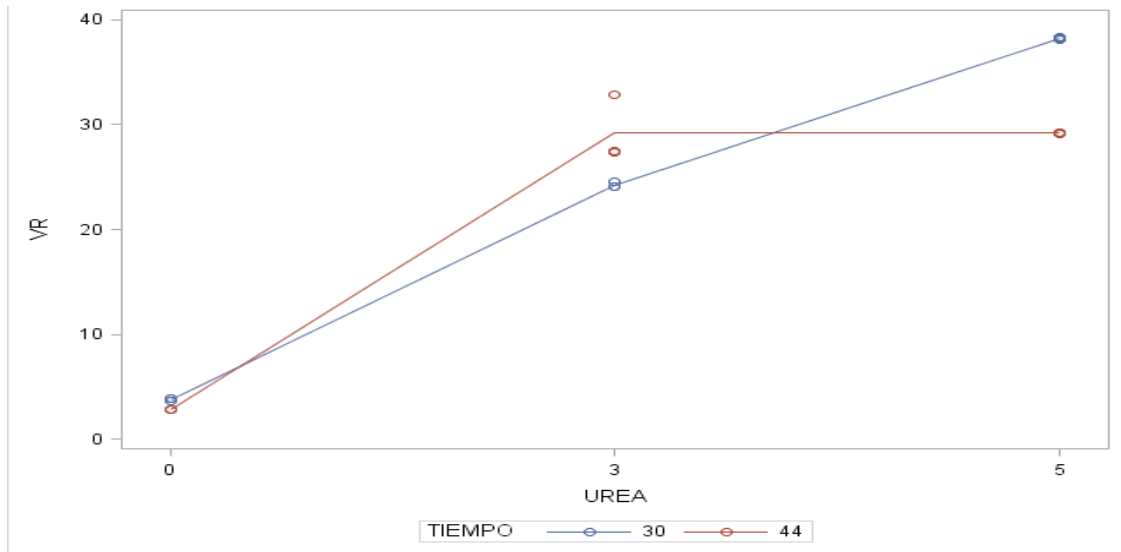
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. Efecto de los diferentes factores de estudio en la composición bromatológica del bagazo de caña

Proteína Cruda (PC)

El análisis de varianza para los factores de estudio (Urea, tiempo de fermentación e interacción) resultó con diferencias altamente significativa para la interacción, niveles de inclusión de urea y tiempos de fermentación.

La figura 1 presenta la interacción entre los factores de estudio la cual resultó ser significativa ($P < 0,001$), se observa que el efecto de la inclusión de urea sobre la proteína cruda no es el mismo en todos los niveles de los tiempos de fermentación, se percibe un cambio en la dirección; o sea una dependencia entre los factores. La literatura refiere a través de Tesfaye *et al.* (2016) un incremento en los valores de PC (14,90; 15,92 y 16,87%) al someter la panca de maíz a 4,5 y 6 % de urea durante 1,2 y 3 semanas. Esto puede relacionarse con el proceso de volatilización de la urea en los distintos tiempos de fermentación.



P – 0,0001

Figura 1. Interacción entre los distintos niveles de urea y tiempos de fermentación para la variable proteína cruda.

Según Castellanos *et al.* (2017) observaron que a mayor tiempo de amonificación y a las diferencias en la calidad inicial de la panca de maíz el contenido de PC aumento. Estos resultados, reflejan la dependencia entre los factores de estudio en la variable PC, de allí que la variabilidad observada está asociada a la combinación de los porcentajes de urea y tiempos de fermentación.

De forma similar el análisis bromatológico realizado por Arias *et al.* (2012), al examinar los diferentes porcentajes de cada uno de los alimentos utilizados en dietas de bovinos, se observó que la contribución de PC que hace el bagacillo de caña normal es de 4,76 %, valor menor al del silo de sorgo y bagacillo amonificado con 9,55 y 8,10%de proteína respectivamente. Esto demuestra que el bagacillo amonificado aumentó el porcentaje de PC con respecto al bagacillo normal, quedando por debajo del silo de sorgo por 1,45 % de proteína cruda.

El análisis de los factores principales (inclusión de urea y tiempos de fermentación se observa en las tablas 1 y 2, respectivamente. En esto se

detallan los mejores promedios para la PC, siendo estos la inclusión al 5% (33,72% \pm 2,03) y el día 30 como tiempo de fermentación (22,09% \pm 5,00).

Tabla 1. Promedios del factor urea sobre los distintos componentes bromatológicos bajo estudio.

DOSIS DE UREA	PC	FDN	FDA	LDA	CENIZA
UREA 0%	3,29 ^c \pm 0,22	81,03 ^a \pm 0,41	43,18 ^a \pm 4,67	7,74 ^a \pm 0,93	5,37 ^b \pm 0,24
UREA 3 %	26,76 ^b \pm 1,39	55,09 ^b \pm 0,71	33,15 ^b \pm 0,26	5,56 ^b \pm 0,14	5,77 ^b \pm 0,13
UREA 5%	33,72 ^a \pm 2,03	49,06 ^{1c} \pm 0,57	28,45 ^c \pm 0,45	4,75 ^b \pm 0,26	8,00 ^a \pm 0,40
PROBABILIDAD	<0,001	<0,001	<0,005	<0,006	<0,00001

PC: Proteína cruda; FDN: Fibra Detergente Neutra; Fibra detergente Ácida; LDA: Lignina Detergente Ácida.

^{a,b,c} Letras distintas en la columna difieren estadísticamente al 5% (Tukey).

Así mismo, en un estudio realizado por Jaramillo (2018), se demuestra que la PC entre el día 21 y 28 solo presentó diferencias ($p < 0,05$) entre los ensilajes del (T1 0 %), lo cual se puede generar por la proteólisis que realizan los microorganismos, disminuyendo de esta manera la cantidad de PC en la fase final de la fermentación, sin embargo, los tratamientos que tuvieron la inoculación de urea tuvieron esta variación en el porcentaje de PC ($p > 0,05$).

La urea puede ser suministrada en soluciones de melaza-urea rociadas sobre el forraje o separadamente, sin menoscabo de la respuesta animal (Chacón, 2011).

Tabla 2. Promedios del factor tiempo sobre la composición química del bagazo de caña de azúcar.

TIEMPOS DE FERMENTACIÓN	PC	FDN	FDA	LDA	CENIZA
DIA 30	22,09 ^a \pm 5,00	62,15 ^a \pm 4,81	33,28 ^a \pm 2,90	5,82 ^a \pm 0,59	6,27 ^a \pm 0,25
DIA 44	20,42 ^b \pm 4,43	61,29 ^a \pm 5,03	36,57 ^a \pm 3,09	6,22 ^a \pm 0,66	6,49 ^a \pm 0,60
PROBABILIDAD	<0,01	<0,19	<0,29	<0,53	<0,32

PC: Proteína cruda; FDN: Fibra Detergente Neutra; Fibra detergente Ácida; LDA: lignina Detergente Ácida.

^{a,b,c} Letras distintas en la columna difieren estadísticamente al 5% (Tukey).

Fibra Detergente Neutra (FDN)

Ponce (2015), cuando utilizó 3% de urea, reporta que el tiempo amonificación en el contenido de FDN disminuye a medida que aumentan los días de amonificación (día 21 65,23%; día 35 58,80%), en los resultados obtenidos donde el factor tiempo de fermentación es no significativo, atribuyéndole la disminución de la FDN al factor simple urea, altamente significativas ($p < 0,0001$), siendo el de menor valor (49,06%) con urea al 5% (Tabla 1).

Además, difieren al estudio realizado por Valiño *et al.* (2004), en el cual hubo una reducción importante de 11,05 unidades porcentuales en la fibra neutro detergente, lo que pudiera estar determinado por la elección del hongo de otra fuente de carbono (hemicelulosa) abundante en el bagazo, y menos compleja estructuralmente. Esta fracción disminuyó muy significativamente 10,71 unidades porcentuales con respecto al control ($P < 0,001$), y la lignina en 2%, aun cuando disminuyó la FAD en dos unidades porcentuales.

Benítez *et al.* (2013) indican que la FDN se redujo de 86% a 80,2%, estos resultados también los ratifica Church (1989) que la amonificación degrada la estructura de la fibra por la ruptura de las cadenas de lignocelulosa, se libera la celulosa y hemicelulosa de la lignina lo que ayuda a aumentar la digestibilidad del producto.

Fibra Detergente Ácida (FDA)

La misma variación altamente significativa se obtuvo para la variable FDA, en donde la adición de urea 5% al bagazo de caña, produjo una disminución de este componente (Tabla 1) siendo el de menor valor (28,45%)

De igual manera Rodríguez *et al.* (2001) cuando utilizaron diferentes dosis de urea 3 y 6% de urea, la concentración de FDA disminuyó. Esto se da al igual que ocurre con FDN, ya que la amonificación degrada la estructura de la fibra.

Lignina Detergente Acida (LDA)

En los factores de estudio urea, los resultados para la variable LDA proyectaron en los análisis de varianza diferencias altamente significativas, urea al 3 y 5 %, son iguales estadísticamente (Tabla 1). Sin embargo, se observa una diferencia numérica, siendo el de menor valor urea al 5 % (4,755%).

Estos resultados expuestos concuerdan con los encontrados en el estudio de Contreras *et al.* (2009), donde se muestra diferencias significativas ($P < 0,01$), mayores valores de azúcares reductores, LDA en ensilaje de maíz sin inóculo (7,05%), mientras que para ensilaje de maíz con inóculo se encontraron valores de 0,22% de azucars reductores, resultados que son atribuidos a las presencia de urea, que hace que las fermentaciones duren más tiempo y por lo tanto se consuman más azucars, 4,18% para LDA, la acción del inóculo utilizado el cual mejora la fermentación del ensilaje a través de acelerar la disminución del pH, aumentando la concentración de ácido láctico y mejorando la estabilidad anaeróbica.

Ceniza

El estudio de variabilidad del componente bromatológico ceniza, nos detalla diferencias estadísticas en el factor urea, y a su vez en la interacción, se observa que el de mayor porcentaje de ceniza (8%) en el factor de estudio urea fue en la adición de 5%.

En la figura 2 se observa el comportamiento, que tienen los factores simples en modificar la respuesta de los distintos valores de ceniza, cuando se encuentran interactuando, o sea el resultado de la combinación de incluir el amoniaco con distintos tiempos de fermentación difieren de la suma de los efectos principales de esos factores ($P < 0.0021$).

Estos resultados difieren a los reportados por Talvera *et al.* (2012) que con la comparación de los mismos niveles de urea en la biomasa del pasto guinea (*Panicum maximun*) el nivel al 3% al 5 % incrementó de 8,60 a 8,56% respectivamente.

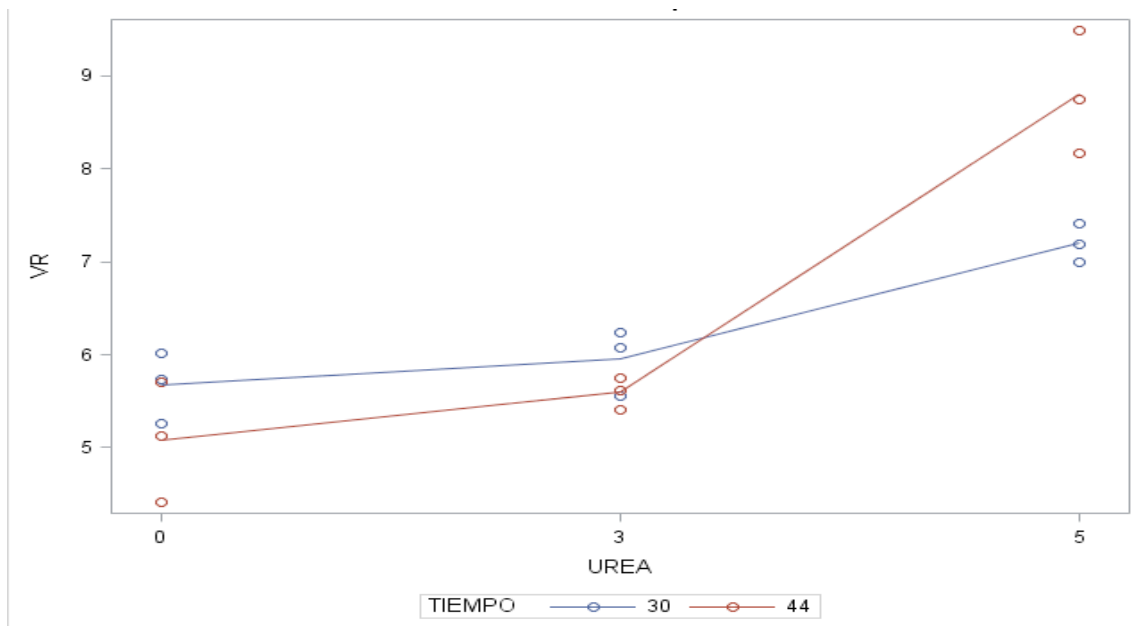


Figura 2. Efecto de la Interacción entre los distintos niveles de urea y tiempos de fermentación para la variable ceniza.

p - 0.0021

CONCLUSIONES

La inclusión de urea y tiempo de fermentación son factores a considerar para la conservación del bagazo de caña de azúcar como alternativa de alimentación en rumiantes, durante época de mayor deficiencia de forrajes.

La amonificación con niveles del 5 % de urea demuestra una práctica eficiente en el mejoramiento de los componentes nutricionales, caracterizado por el aumento de la proteína cruda y disminución a nivel de FDN, FDA y LDA en la medida que se incrementó los niveles de urea.

Es evidente la significancia estadística de la interacción, entre la inclusión de urea y tiempos de fermentación para el componente bromatológico, proteína cruda.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AOAC. 1984. Official Methods for Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 14th edition.

- Arias, C. Z. 2012. Alimentación de vacas encastadas en etapa de producción láctea, con bagacillo de caña de azúcar (*saccharum Officinarum, L*) amonificado en el municipio de Sal Ilidefonso.
- Benítez, C., Omaña, M., Panadero, N., Suarez, A. 2013. Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* como alternativa para la alimentación de rumiantes. Colombia. Revista Ciencia Animal, (6), 99 -108.
- Castellanos, S., Gamarra, J., Gómez, C., Fernández, M. 2017. Amonificación de la panca de maíz (*Zea mays L*) con tres Niveles de Urea Para la Mejora de su Digestibilidad. Rev. Inv. Perú. 28(1): 78-85
- Chacón, E. 2011. Caña de azúcar en la alimentación de vacunos en Venezuela. *Innovación y Tecnología en la Ganadería Doble Propósito*, 304-316.
- Church, D. C. 1989. Digestive Physiology and nutrition of Ruminants. Vol 2, (Second Ed), Corvallis U.S.A. p. 412
- García, L., Boradallo, E., Dopico, D., Cordero, D. 2013. Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar. *ICIDCA*. Sobre los derivados de la caña de azúcar, 47(1), 57 – 63
- González, C., Pedraza, R., Martínez, S., León, M. 2012. Amonificación con urea en la fermentación ruminal in vitro del bagazo de caña de azúcar. *Rev. prod. anim.* 24 (1)., 1-6.
- Jaramillo, D. 2018. Niveles de urea en ensilaje de pasto pennisetum Cuba OM 22: Composición Bromatológica, PH, Temperatura, cinética de degradacion Ruminal y Digestibilidad in Vitro (Tsis). Recuperado el 30 de junio de 2019, de [http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2153/1/APROBADO %20DIEGO %20ALEJANDRO %20JARAMILLO %20OSPINA.pdf](http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/2153/1/APROBADO%20DIEGO%20ALEJANDRO%20JARAMILLO%20OSPINA.pdf)
- Lagunes, F y Lagunes, M. 2015. *Manual de Laboratorio de Nutrición Animal*. (en línea) Consultado: el 17 de 07 de 2017. Disponible en: [http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/6/MANUAL %20DE %20LABORATORIO %20DE %20NUTRICION.pdf](http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/6/MANUAL%20DE%20LABORATORIO%20DE%20NUTRICION.pdf)
- Talavera. J., León, F. 2012. Composición química de la biomasa verde del pasto Guinea (*Panicum maximum*, Jack), CV Colonial, con diferentes niveles de inclusión de urea. Finca Santa Rosa, sabana Grande, Managua. Universidad Nacional Agraria, UNA).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2003. informe sobre la situación de los recursos zogenéticos en el Ecuador. Quito, República del Ecuador : MAG.
- PDOT. 2014. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Junin: Gad de Junín.
- Ponce, E. 2015. Amonificación de panca de maíz (*Zea mays*) y su efecto sobre el valor nutritivo y el consumo en bovinos adultos. Tesis. Título De Master en Ciencias de la Producción con Rumiantes. San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba p 1 - 66
- Rodríguez, N., Araujo – Febres, O., Gonzales, B., Vergara, J. 2001. Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria Humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Zulia.

- SAS Institute. 2012. SAS/OR 9.4 User's Guide: Mathematical Programming Examples. SAS institute.
- Tesfaye A, Chairatanayuth P, Vijchulata P. 2006. Effects of urea levels and treatment durations on chemical composition and in vitro dry matter digestibility of maize stover. *Kasetsart J Nat Sci* 40: 971-976.
- UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México. 2008. Fundamentos y Técnicas de Análisis de Alimentos. Laboratorio de alimentos I. Departamento de Alimentos y Biotecnología. Facultad de Química. 58 pág.
- Valiño, E., Verena, A., Carrasco, T., Albelo, N. 2004. Mejoramiento de la composición del bagazo de caña de azúcar por la cepa *Trichoderma viride* M5-2 en un biorreactor de fermentación en estado sólido. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 38, No. 2 , 144-153.