

FRACCIONES QUIMICAS DEL MAIZ (*Zea maíz*) SOMETIDO A PROCESOS SUCESIVOS DE ENSILAJE Y AMONIFICACIÓN UTILIZADO EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN TAME ARAUCA

Wilmer Alfonso Cuervo Vivas^{1.}, Edmond Mauricio Gutiérrez rincón²

¹ Zootecnista, Especialista en Nutrición Animal, Magister en Ciencias Agrarias Docente Bioquímica Metabólica, Líder Nacional Especialización en Nutrición Animal Sostenible. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, UNAD

wilmer.cuervo@unad.edu.co

² Zootecnista, Especialista en Nutrición Animal Sostenible. Egresado Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, UNAD

e.m.gr@hotmail.com

RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mais*) está íntimamente ligado con la producción bovina a nivel mundial, siendo una de las materias primas de mayor utilización en dietas para rumiantes destinado a la producción de leche, debido a su alto contenido de energía neta de lactancia (1,8 Mcal/kg) alta digestibilidad y aceptable nivel de proteína (menos del 9%). Para su almacenamiento el principal método es el ensilaje, debido a su practicidad y fácil apropiación en diversos sistemas de producción. Así mismo, en algunas zonas del trópico centro y suramericano se cuentan con técnicas de enriquecimiento como la amonificación, en la que se aprovecha el amonio desprendido de la reacción de la enzima ureasa (contenida en algunas variedades de frijoles) sobre la urea utilizada tradicionalmente como fertilizante. Normalmente el ensilaje se realiza sobre el ensilaje maíz integral (material vegetativo y mazorca) y la amonificación sobre material vegetal, siendo técnicas que se llevan a cabo de manera separada. Por ello el objetivo del estudio fue analizar el efecto del tratamiento secuencial de ensilaje y amonificación de maíz sobre su composición química y nivel de costo. En la vereda la Hormiga (340msnm, 26°C, 75% humedad relativa) del municipio de Tame – Arauca (6°27'30"N 71°44'41"O). De esta forma se cosecho Maíz de manera precoz (80 días) del cual se seleccionaron 3 muestras (10 Kg) de maíz fresco (**MF**) como tratamiento testigo, 3 muestras de 10 Kg cada una de MF y sometidas a

DOI: <https://doi.org/10.22490/26653176.2340>

amonificación por medio de la técnica de micro capsulas (**MA**), 3 de MF ensiladas (silo bolsa) por 1 mes (**ME**) y 3 de MF ensiladas y luego amonificadas (**MEA**). Posteriormente se extrajeron submuestras (1Kg) por tratamiento para determinar en cada caso; contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), ácido (FDA), Hemicelulosa (HCE), celulosa (CEL) y lignina (LIG). Para el análisis de los datos obtenidos se utilizó Los datos obtenidos de los resultados de laboratorio fueron procesados por medio de un análisis completamente al azar a través del PROC GLM (SAS 2002) y se establecieron significancia de diferencias entre promedios por medio de prueba de medias de Tukey. El proceso de ensilado ($p < 0,001$) y amonificación ($p < 0,0001$) afectaron significativamente el contenido de MS, PC, HCE y LIG del maíz evaluado, controlando entre el 75 y 90% de la variabilidad de estas respuestas. Ninguno de los tratamientos evaluados ($p > 0,17 - p > 0,49$) afectó el contenido de FDN, FDA ni CEL del **MF**. La MS fue estadísticamente superior en **MF**, Ni ensilar, amonificar o combinar de manera secuencial los tratamientos cambió el contenido de MS. El contenido de PC aumentó significativamente en muestras de **MA** y fue aún mayor el contenido para MEA, comportamiento inversamente proporcional con el contenido de LIG. Ni FDN o FDA fue diferente entre tratamientos. Aunque numéricamente HCE fue superior en **MA** (36% Vs 29% **MF**) no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos. A Pesar de no detectarse diferencias estadísticas, CEL fue numéricamente inferior en **MF** aumentando en **ME** y **MEA** respectivamente. Los resultados indicaron que amonificar es más efectivo que ensilar **MF** para aumentar PC y disminuir LIG, siendo una técnica complementaria al ensilaje, permitiendo a los productores lecheros de la zona, además de conservar maíz integral, enriquecerlo y aumentar su calidad composicional y posiblemente su digestibilidad por la reducción de contenido de lignina.

Palabras Clave: conservación de maíz, enriquecimiento de maíz, pH, calidad nutricional, composición química.

INTRODUCCION

El maíz es un cultivo de alto valor nutricional y amplio uso en el trópico, por su alto nivel energético y proteico, así como su alta digestibilidad de la materia seca (Guardia et al 2016, Reyes y Orozco 2017). En la zona de Arauca el maíz se cosecha en promedio a los 85 días donde se logra producto de entre 30% y 35% de MS (Rincón et al., 2007). En la zona de altillanura en el oriente colombiano (3,5 millones de hectáreas) se realiza la cría de ganado de carne bajo pastoreo de sabanas nativas y Brachiarias introducidas, con alto

contenido de fibra, bajo de proteína, sostenidas en suelos con contenido mineral insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de los bovinos (Ruiz, 1997, Atehortúa et al 2015). En la zona de Tame (Arauca) se registra una distribución monodomal, siendo la época lluviosa (abril a noviembre) donde se registra mayor disponibilidad de forrajes y la época seca (diciembre a marzo) donde la calidad nutritiva de los forrajes y su disponibilidad es menor (Arreaza et al., 2006) y (Recio et al., 2011).

El engorde de Bovinos en la zona se realiza por medio de la llamada de crecimiento (rotar potreros para ofrecer al bovino forraje con el máximo de proteína) permitiendo en época de lluvias cargas de hasta 1,4 UA/Ha y de 1 UA/Ha en época seca, relacionado con la menor disponibilidad y calidad de forraje (Pinheiro, 2011). Este fenómeno afecta profundamente la sostenibilidad del sistema de producción bovino (Díaz y Valencia 2017, Fonseca et al 2015, Benavides y Guerrero 2017) en indicadores asociados con la productividad de la pradera y el desempeño animal, sino también la dinámica de oferta y demanda de ganado en pie, lo cual a su vez genera especulación del precio del Kilo en pie, afectando directamente al productor ganadero de la zona. Lo cual se acentúa por las características propias de los sistemas ganaderos extensivos, con baja inversión en suplementación, tecnología e infraestructura.

El piedemonte llanero presenta en su mayoría suelos de acidez media o alta asociada a excesos de aluminio, lo que afecta su productividad y limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Martínez et al 2013, Figueroa y Ulloa 2014), sin embargo, gracias a procesos como el aumento de la frontera agrícola, mecanización, fertilización, control de malezas, plagas y enfermedades (Ramírez et al 2017) se pueden establecer densidades de siembra de 60.000 semillas por hectárea obteniendo se pueden obtener rendimientos de silo de maíz de 25 Tm/Ha/cosecha a 30 Tm/Ha/cosecha.

Debido a que el forraje presente en estas condiciones ambientales no satisface los requerimientos nutricionales de los animales en engorde, se hace necesaria la implementación de alternativas nutricionales como subproductos agrícolas (Zambrano y Cruz 2016), animales como el lactosuero en animales de cría (Guerra et al 2013) concentrados o ensilajes. Una de las alternativas más difundidas en la ganadería de leche y de algunas explotaciones de carne semi-extensivas es el ensilaje de maíz, un proceso sencillo y de fácil apropiación en el cual se almacena (sin modificación nutricional) material vegetal picado en ausencia total de oxígeno, desde semana hasta incluso años. Adicionalmente se ha establecido que el ensilaje de materiales vegetales reduce el contenido de toxinas como alcaloides, saponinas y flavonoides

(Cuervo y Buitrago 2017), siendo materiales que pueden reducir la calidad nutricional de cualquier forraje (Varon 2014)

Por otro lado, la amonificación es una técnica de enriquecimiento de N, aumento de digestibilidad de la materia seca (DMS) y nutrientes digestibles totales (NDT) que aprovecha la liberación de amonio a partir del rompimiento de urea por la enzima ureasa contenida en frijol cannavalia (Schiere & Nell, 1993). Por ello resulta interesante cuestionar de qué manera se puede mejorar la calidad nutricional del maíz como suplemento en bovinos de la zona, por medio de diferentes técnicas de conservación y de enriquecimiento, para reducir las pérdidas económicas de las empresas ganaderas ubicadas en el piedemonte del municipio de Tame, Arauca, siendo una de las principales actividades productivas realizadas por familias campesina en Colombia (Fonseca et al 2015). Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de tratamiento de almacenaje y enriquecimiento de forraje sobre la composición química de maíz fresco sometido a técnicas secuenciales de almacenamiento y enriquecimiento.

MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se llevó a cabo en la vereda La hormiga del municipio de Tame departamento de Arauca (322 msnm, coordenadas N 6.31.140 W 71.41.156) en una granja de 80 Ha de las cuales 20 Ha estaban ocupadas con maíz para silo (Var Pioneer 3862) que fue cosechado a los 80 días. Se utilizaron 4 tratamientos a saber; Maíz integral fresco (MF), amonificado (MA), ensilado (ME) y maíz integral ensilado y posteriormente amonificado (MEA). Las plantas fueron cosechadas y picadas en picapasto y las muestras se tomaron de la capa exterior, media y baja del material depositado en los remolques forrajeros a una distancia de un metro (1m) por un metro (1m).

Tres muestras (repeticiones) de 2 Kg fueron seleccionadas para cada tratamiento, las muestras de MF fueron pre secadas (6 horas al sol) y enviadas al laboratorio.

Para obtener las muestras de MA se hizo una solución compuesta por urea (300 g), agua (5 Lt) y frijol cannavalia molido (300g), con la cual fueron regados 10 Kg de maíz integral picado y luego mezclado con pala. Finalmente se recogieron muestras de 2 Kg y almacenadas en micro-cápsulas (tubos sellados PVC 40 cm de largo y 11 cm de diámetro) durante 15 días, donde

luego se sacó el forraje amonificado y se expuso al aire por veinticuatro horas (24 h).

Para obtener las muestras de ME fueron empacado el maíz integral cosechado en silo de plástico (1,5 m x 60 m) durante 30 días. Se tomaron 8 muestras de 10 Kg (en cada borde de la bolsa y cada 10 mt) a 30 cm de profundidad y se homogenizaron 3 muestras de 2 kg, que fueron enviados al laboratorio.

De los 80 Kg de silo colectados y homogenizados, se separaron 3 muestras de 10Kg, las cuales fueron extendidas y rociadas con la solución utilizada para la amonificación, posteriormente almacenadas en micro-capsulas de PVC durante 15 días y finalmente destapadas luego durante 1 día.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en laboratorio fueron analizados por medio de un diseño completamente al azar mediante el PROC GLM (SAS 2002) y para determinar significancia de las diferencias entre tratamientos para; MS, PC, FDN, FDA, HCEL, CEL, LIG y SIL, se utilizó una prueba de medias de Tukey.

Análisis nutricionales de forrajes

Cada una de las muestras del grupo control y de los tratamientos experimentales fueron enviadas al laboratorio para determinar; contenido de materia seca (MS) utilizando una estufa de aire forzado a 65°C por 48 horas, proteína cruda(PC) por medio del método de Kjeldahl, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) y Lignina detergente ácido (LDA) por medio de los métodos descritos por Van Soest y McQueen (1973), y las fracciones de la pared Hemicelulosa (HCEL), Celulosa (CEL), lignina (LIG) y sílice (SIL) de acuerdo a lo descrito por Olvera et al (1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados para cada uno de los tratamientos se muestran en la tabla 1, la mecanización del terreno como el paquete agronómico en la pre-cosecha y la cosecha del maíz integral (planta de maíz con fruto) fue la misma para cada uno de los tratamientos. Se determinó en laboratorio la cantidad de MS, PC,

FDN, FDA, HCEL, CEL, LIG y SIL con la finalidad de: cuantificar la calidad nutricional de cada uno de los tratamientos.

Tabla 1. Calidad nutricional de cada uno de los cuatro tratamientos.

Tratamientos	MS	PC	FDN	FDA %	HCEL	CEL	LIG	SIL
MF	28,2 ^a	6,70 ^c	75,6 ^a	46,5 ^a	29,1 ^{ab}	36,9 ^a	9,60 ^a	0,90 ^c
MFA	18,8 ^b	16,4 ^b	79,7 ^a	43,9 ^a	35,7 ^a	34,8 ^a	9,10 ^a	1,20 ^{bc}
MFE	19,2 ^b	8,50 ^c	73,2 ^a	50,1 ^a	23,0 ^b	44,4 ^a	5,70 ^b	1,50 ^{bc}
MEA	20,7 ^b	21,6 ^a	64,8 ^a	44,0 ^a	20,8 ^b	39,3 ^a	4,60 ^b	1,60 ^a
<i>p</i>	0.008	<.0001	0.174	0.411	0.0015	0.095	0.0002	0.0013

MF = Maíz fresco. MA = Maíz fresco amonificado. ME = Maíz fresco ensilado. MEA = Maíz ensilado y amonificado.

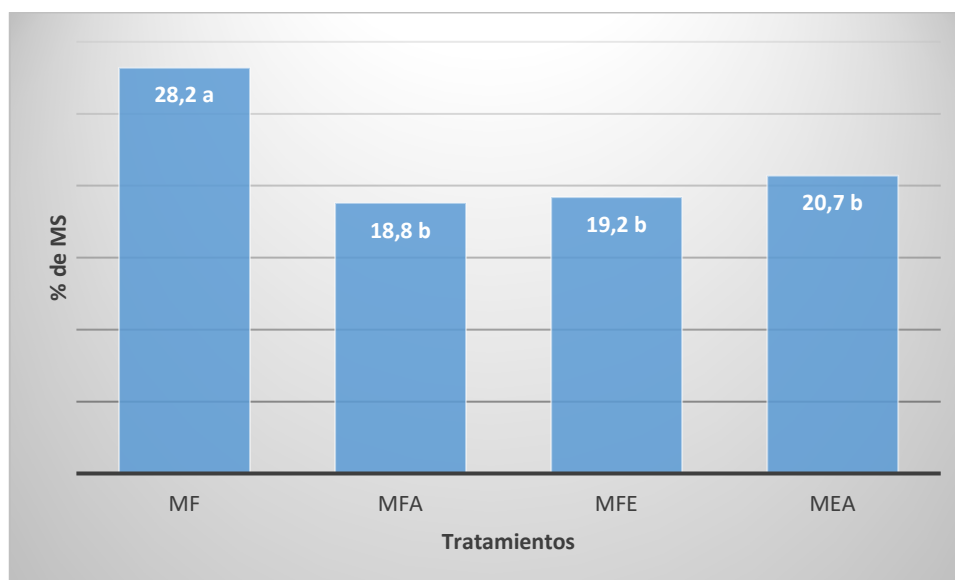
p = Significancia de los tratamientos evaluados sobre cada variable respuesta

Promedios con letras igual no presentaron diferencias estadísticamente significativas

Materia Seca (MS)

Como se observó en el estudio, únicamente el maíz fresco tuvo un contenido estadísticamente superior a los demás tratamientos analizados, indicando que cualquier adición o tratamiento pudo alterar de manera positiva el contenido de agua de la planta.

Grafica 1. Contenido de Materia Seca en tratamientos experimentales analizados

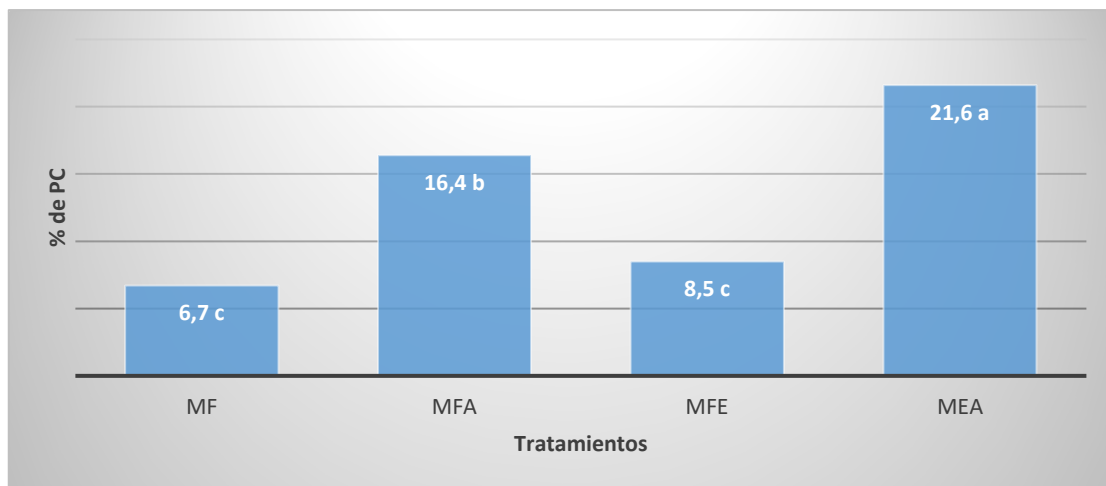


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

Estos resultados son superiores a los reportados por Orama & vivas (2007) y quienes trabajando con semillas Pioneer 3041 reportaron valores promedio de MS en MF de 17,1. sin embargo reportes previos de Villa et al (2010) muestran contenidos similares a los reportados en el presente estudio. De tal forma que La MS es ligeramente superior para la investigación realizada en la finca El Recreo, no obstante, el contenido de MS para ambas investigaciones es bajo y presuntamente se puede atribuir a los altos índices de precipitación durante la fase del cultivo; normalmente la cantidad porcentual de MS debe oscilar entre 30% y 35% para silo (Rodríguez, 2016)

Proteína cruda (PC)

Gráfica 2. Contenido de proteína cruda (PC) en tratamientos experimentales analizados



Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La presente investigación mostró que los tratamientos MFA y MEA fueron estadísticamente superiores a los tratamientos MF y ME, los cuales no fueron sometidos al proceso de amonificación. Por lo tanto, los forrajes tratados con urea en éste estudio superan el nivel crítico de nitrógeno (N) el cual equivale a 1,12% o a 7% de PC, según Botero (2007); los forrajes que tiene nivel crítico de N igual a 1,12%, generalmente tienen la capacidad para que los animales mantengan sus funciones vitales, pero no, para que tengan ganancias adicionales de peso (g/día) y/o aumento de producción de leche (Kg/día) (Ortiz y Campos 2016).

Tenores inferiores a 7% de PC obligan al ganado bovino a ser más selectivo en pastoreo y a tener pérdidas de peso. El punto óptimo de cosecha potencializa la cantidad porcentual de PC para todos los tratamientos

investigados en éste estudio, ya que, luego del día 65 después de la siembra la proteína cruda cae drásticamente (Pinto et al., 2013) y (Amador & Boschini, 2000). No obstante, en éste estudio para el día 65 después de siembra la materia seca se encontraba por debajo de 30% y el grano no tenía textura lechosa pastosa, los indicadores de cosecha óptimos se alcanzaron para el día 80 después de siembra.

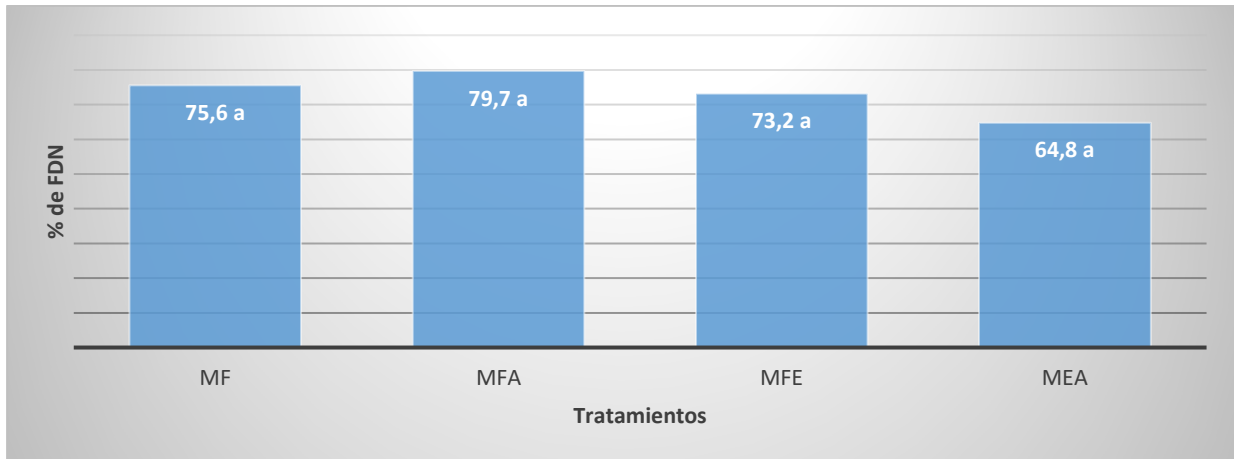
Los forrajes amonificados en este estudio fueron de 1,9 a 3,2 veces superiores, resultando similar a lo obtenido por Zhishan & Quiaojuan (2002), Barrios & Ventura (2002) Ramírez et al (2007) y Saavedra et al (2013). Luego, existen diversas fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) para amonificar forrajes; Pavón et al (1987) reporta niveles inferiores porcentuales de PC al amonificar con amonio acuoso (NH₃) al 3%; Colenbrander et al (1983) indica que la calidad de la amonificación se concentra en la reducción de pérdidas por volatilización de N durante el proceso.

No obstante, estudios realizados por Sauer et al (1989) y Shuler (2001) determinan que cuando la PC es superior a 12,5% se pueden obtener ganancias adicionales de carne y/o leche y que cuando el forraje primero, se somete a un proceso fermentativo (ensilaje) y luego a amonificación, no se afecta la calidad fermentativa del ensilaje y se potencializa la calidad de la reacción química hidrolítica de la urea a amonio más dióxido de carbono; desligando la lignina de los demás carbohidratos no estructurales. En este sentido, el proceso de amonificación logrado en la investigación puede reducir potencialmente la emisión de gases de efecto invernadero por la reducción de fibra indigerible en el material vegetal estudiado (Varon 2015).

Adicionalmente la mayor disponibilidad de N (proteína) disponible en el maíz tratado de esta manera, resultaría definitivo para procesos como el engorde de bovinos como en el levante de ganado lechero, donde parámetros como la GDP son vitales para que novillas alcancen su peso ideal para el primer servicio (Cuervo y Correa 2017, Benavides et al 2016)

Fibra detergente neutro (FDN)

Gráfica 3. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) en tratamientos experimentales analizados

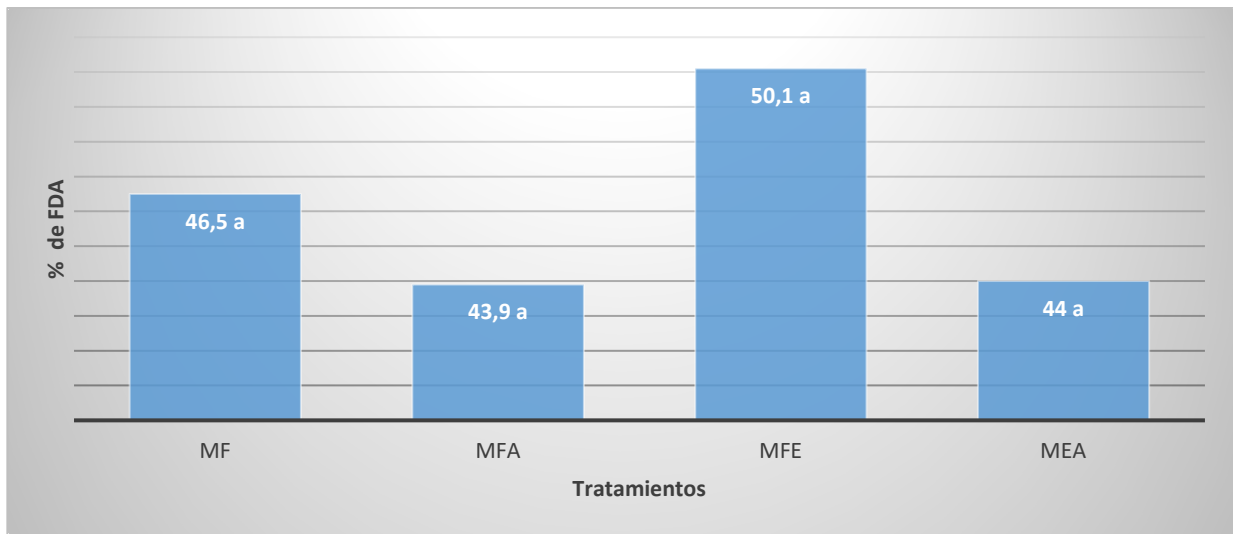


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

No se observaron diferencias significativas para FDN entre tratamientos, no obstante, Ramírez et al (2007) reporta que cuando se amonifica con concentraciones mayores a 4,5% de urea se obtienen diferencias estadísticamente significativas para FDN y se correlaciona con el aumento de consumo de forraje por parte del ganado bovino. Sin embargo, Saavedra et al (2013) reporta que al amonificar residuos de cosecha de maíz con concentración al 3% de urea, FDN disminuye. Por lo tanto, se puede inferir que el nivel del forraje de maíz fresco que se cosecho, fue colectado en punto óptimo de cosecha y debido a ello no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos porque el porcentaje de LIG es bajo y MS también

Fibra Detergente Ácido (FDA)

Gráfica 4. Contenido de fibra detergente ácido (FDA) en tratamientos experimentales analizados

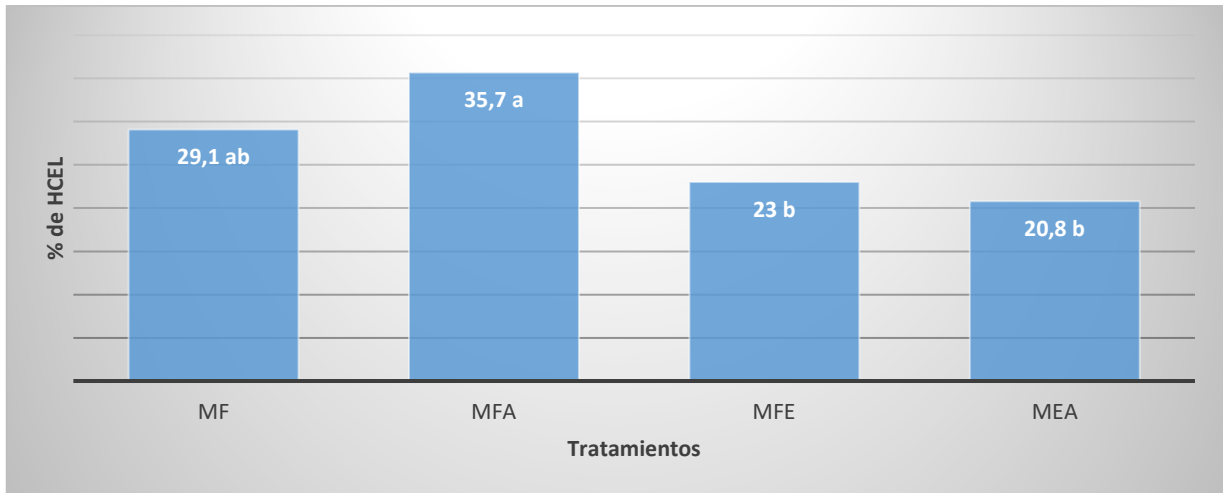


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

Al igual que con FDN, no existieron diferencias estadísticamente significativas para FDA entre tratamientos. Colenbrander et al (1987), muestra en su investigación que la amonificación aumenta el porcentaje de PC en los forrajes, pero, que pierde su potencial de deslignificación de la lignina de los demás carbohidratos no estructurales cuando el forraje tiene bajo contenido de MS o lignina, ya que, ambas están correlacionadas. Por consiguiente, para el presente estudio al ser el maíz colectado en su punto óptimo de cosecha no se generaron diferencias estadísticas significativas para FDA ni se comprobó estadísticamente la mejora o no de la digestibilidad, característica altamente deseable en forrajes tropicales utilizados para rumiantes, pilar de la determinación de la calidad nutricional de cualquier materia prima (Valencia et al 2010)

Hemicelulosa (HCEL)

Gráfico 5. Contenido de Hemicelulosa (HCEL) en tratamientos experimentales analizados

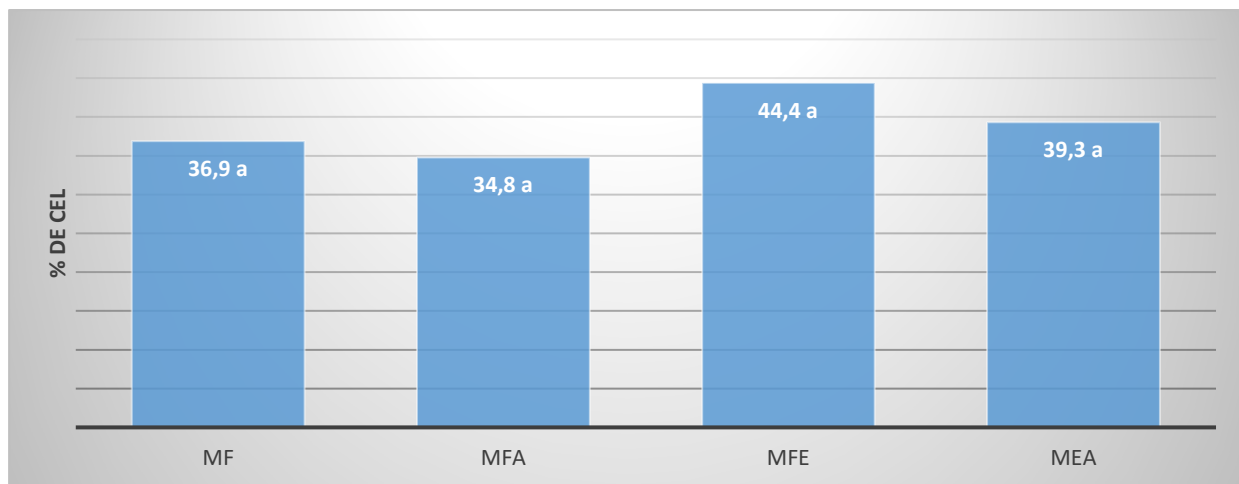


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

El contenido de Hemicelulosa fue significativamente superior en el maíz con tratamiento secuencial de ensilaje y amonificación, con respecto a los demás tratamientos. Se le atribuye mayor porcentaje de HCEL al tratamiento MFA, debido a que, es el tratamiento que menor porcentaje de MS y LIG porcentualmente tiene. Aunque no se presentaron diferencias significativas para FDN y FDA, si se puede decir que la amonificación rompió el anclaje o ligadura que tiene LIG sobre HCEL (Zhishan & Quiaojuan ,2002).

Celulosa (CEL)

Gráfico 6. Contenido de celulosa (CEL) en tratamientos experimentales analizados

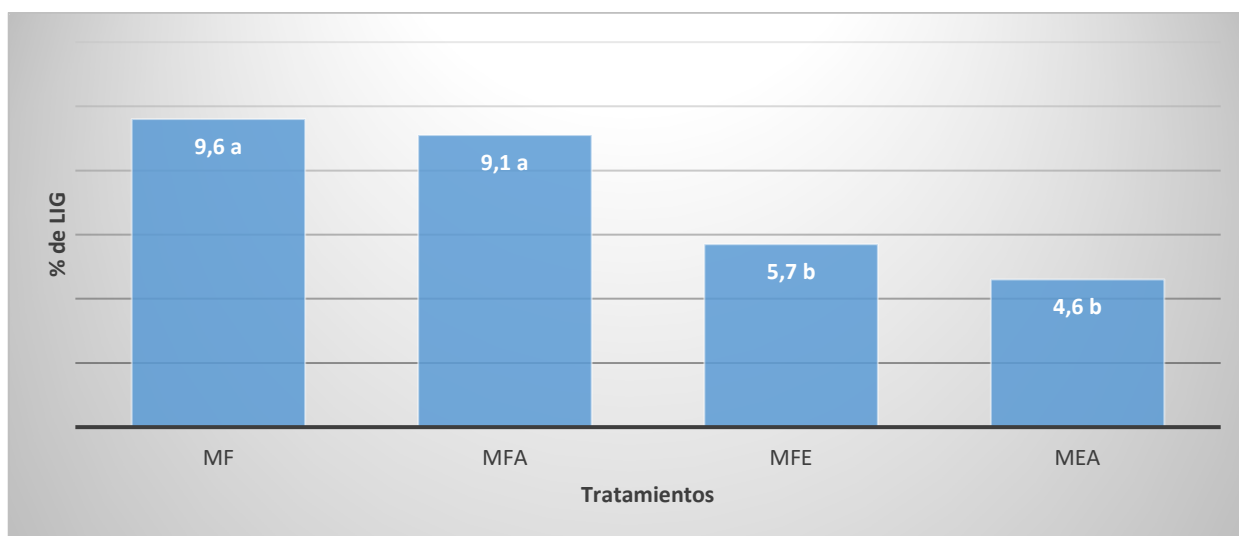


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

Como se muestra en el estudio no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, ya que, como se indicó en los parámetros de FDN y FDA, cuando se colecta un forraje en punto óptimo de cosecha y éste tiene un porcentaje bajo de MS y LIG el contenido de CEL entre tratamiento no varía de manera sustancial (Ruíz et al., 2006).

Lignina (LIG)

Gráfico 7. Contenido de lignina (LIG) en tratamientos experimentales analizado

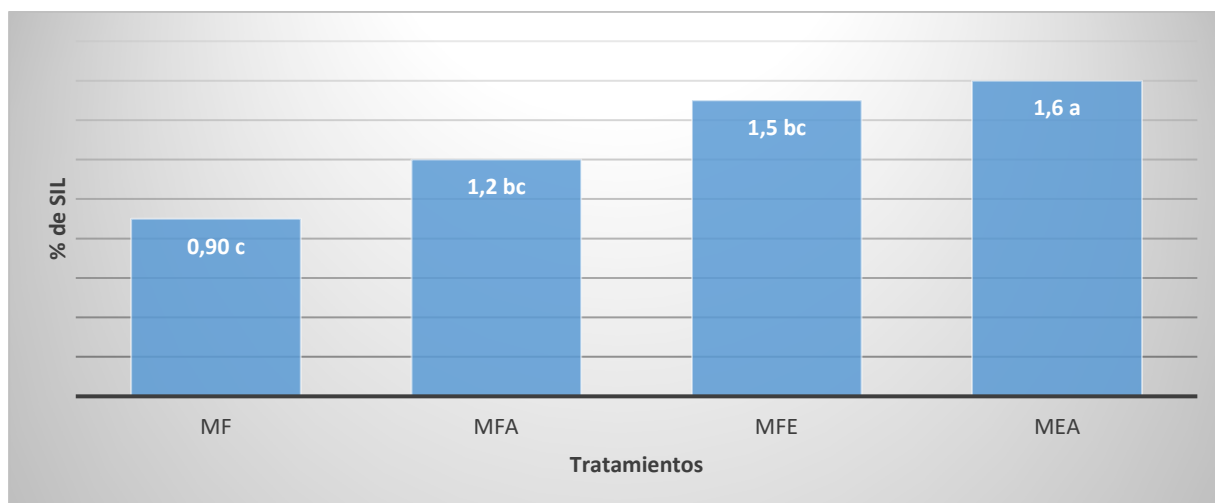


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

Se registraron diferencias significativas, donde MEA fue el tratamiento con menor contenido de LIG, por lo tanto, se puede ratificar lo obtenido en el estudio de Shuler (2001), ya que, al ser los forrajes sometidos a dos procesos uno de fermentación (ensilaje) y posteriormente a amonificación, la reacción química hidrolítica de urea a amonio más dióxido de carbono sobre un material ya ensilado incrementa el potencial de desligue y parcial eliminación de la lignina.

Sílice (SIL)

Gráfico 8. Contenido de sílice (SIL) en tratamientos experimentales analizados



Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

El contenido de Silice de las muestras de MEA fue estadísticamente superior a los demás tratamientos, consecuentemente, cuando los forrajes son sometidos a procesos tecnológicos como: amonificación, ensilaje y ensilaje y posteriormente amonificación se libera SIL. Según Laredo et al (1990) SIL ésta correlacionado inversamente con la DIVMS de las gramíneas, no obstante, solo afecta la digestibilidad de las gramíneas de climas templados.

Factores climáticos y agrícolas que influyen en la calidad nutritiva de los tratamientos

El valor nutricional del maíz integral varía según el tipo y calidad de suelo, clima, semilla utilizada y de los paquetes agrícolas que se apliquen al cultivo. Estudios realizados por Orama & Vivas (2007), muestran que la calidad del suelo influye en valor nutricional del cultivo de maíz, tabla 7.

Tabla 2. Comparación de calidad de suelo

Muestra suelo	Tipo de semilla híbrida de maíz	Textura al tacto	MO %	P ppm	Ca	Mg	K	Al
					Cationes meq/100g suelo			
Orama & Vivas (2007)	Pioneer 3041	F-arenoso	13,4	18,6	6,20	1,70	1,43	0,81

Finca El Recreo	Pioneer 3862	F-arcilloso	1,20	2,10	1,30	0,40	0,08	0,10
Diferencia	-----	-----	12,2	16,5	4,90	1,30	1,35	0,71

La materia orgánica (MO) es la porción de suelo que incluye restos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición. Entre más alto sea el porcentaje de MO en el suelo, la cantidad de macro-nutrientes y micro-nutrientes será mayor. Cuando los suelos son arenosos y el porcentaje de MO es considerable, la capacidad de retención de agua y de nutrientes del suelo mejora; en suelos arcillosos cuando el porcentaje de MO es significativo, éstos son más sueltos y su potencial para laboreo aumenta.

Investigaciones realizadas por Orama & Vivas (2007) en Popayán-Colombia, reportan mayor contenido de MO que el obtenido en el presente estudio, por lo tanto, la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas incrementa según el porcentaje de MO encontrado en el suelo.

Además, la calidad de la oferta forrajera está estrechamente ligada a la calidad del suelo (tabla 3) y a la cantidad de agua que se encuentre en solución en suelo (Yescas et al., 2015), ya que, cuando los niveles de nutrientes son altos, el rendimiento de planta por unidad de área se maximiza, puesto que, los nutrientes adicionales son almacenados en la planta (consumo de lujo), no obstante, en suelos donde la cantidad de nutrientes es máxima se debe tener cuidado con las fertilizaciones (Zabala y Prager 2015), puesto que, éstas pueden aumentar la cantidad de ciertos nutrientes a un rango tóxico (Plaster, 1997).

La calidad nutricional de los procesos tecnológicos a los cuales son sometidos los forrajes no son el único factor que determina la calidad nutricional tabla 3.

Tabla 3. Comparación de la calidad nutricional de ensilajes de maíz

Ensilajes reportado por	MS	PC	FDN	FDA	HCEL	CEL	LIG	Se
	%							
Oramas & Vivas (2007)	17,1	7,00	64,7	35,3	29,4	---	---	---
Villa et al (2010) *CF	24,0	10,9	49,8	31,9	17,9	---	---	---
Villa et al (2010) **CC	29,0	7,80	60,1	35,7	24,4	---	---	---

Ruíz et al (2006)									
***PDR	22,4	8,30	64,97	40,2	24,7	24,7	15,5	---	
El Recreo (MFE)	19,2	8,50	73,2	50,1	23,0	44,4	5,70	1,50	

*CF = *Clima frío*. **CC = *Clima cálido*. ***PDR = *Promedio de datos reportado*.

La calidad nutricional del ensilaje se determina midiendo diferentes parámetros, en este caso específico, los autores mencionados en la tabla 8, midieron la calidad del ensilaje por medio de la cantidad porcentual de: MS, PC, FDN, FDA, HCEL, CEL, LIG y Se al igual que en la presente investigación. Orama & Vivas (2007) y Ruiz et al (2006), encontraron diferencias sustanciales en cuanto a la calidad del ensilaje según el tipo de semilla sembrada; Villa et al (2010), reportó diferencias entre la calidad nutricional del ensilaje según la variación del tipo de clima donde se produzca el maíz para silo, ya sea clima cálido o frío y Bensimon et al (2015) reporta que existen aditivos que se le pueden agregar al forraje que se va a ensilar y que éstos pueden contribuir o no con la calidad energética y proteica.

Para la investigación realizada por Bensimon et al (2015) la adición de glicerina al material ensilado mejoró la calidad energética y la digestibilidad, aunque, impacto negativamente el porcentaje de PC. Al comparar la calidad nutricional de los ensilajes reportados en la tabla 6, contra el tratamiento MFE del presente trabajo, se evidencia que los días desde la siembra hasta la cosecha de cada una de las investigaciones no fueron los mismos, pero si, el indicador de cosecha para las investigaciones mencionadas fue el mismo (estado de grano lechoso pastoso), consecuentemente, la calidad del silo depende de variables como: calidad de suelo, precipitación, altura sobre el nivel del mar, clima, manejo del suelo, encalado del suelo, tipo de semilla a sembrar, fertilización, control de plagas y enfermedades, calidad de forraje cosechado, tamaño de partícula de forraje a ensilar, compactación del ensilaje, aditivos utilizados en el ensilaje y calidad fermentativa del ensilaje

Aunque no se incluyó dentro del estudio, la investigación permitió observar como al invertir U\$0,54 por Kg de maíz ensilado y amonificado, se puede reducir el 48% de la lignina y aumentar casi 200% el nivel de proteína en el maíz. De esta manera, al incluir este tipo de alternativas con miras a mejorar el contenido nutricional de cereales como el maíz, y hacer los análisis de costo – beneficio se puede reducir el impacto ambiental (Reyes et al 2012, 2015, De Prada et al 2013) relacionado con el uso de fertilizantes nitrogenados en cultivos, adicionando dicho N en procesos biotecnológicos como la amonificación donde se aprovecha una reacción bioquímica con fluidos biológicos, lo cual se consolida incluso como una nueva oportunidades de

negocio alrededor de bioinsumos y aditivos funcionales para alimentación animal y la agricultura sostenible (Gómez y Ossa 2015).

A pesar de encontrar resultados interesantes en cuanto al aumento en el contenido de N y la reducción del de lignina, este tipo de alternativa debe ser sometida a evaluación por parte del animal, permitiendo que programas como la inseminación artificial a tiempo fijo (comunes en sistemas de producción bovino en zonas tropicales) registren mayores resultados productivos (Silva y Pimentel 2017)

Conclusiones y Recomendaciones

El proceso de ensilaje afectó significativamente el contenido de MS, PC, HCE y LIG del maíz evaluado controlando el 75% de la variabilidad de estas respuestas. La Materia Seca fue estadísticamente superior en las muestras de Maíz Fresco y el hecho de ensilar, amonificar o combinar los tratamientos cambió de alguna manera el contenido de Materia Seca.

El contenido de proteína cruda incrementó significativamente en las muestras de maíz amonificado y fue aún mayor al amonificar el maíz ensilado, siendo un comportamiento inversamente proporcional con el contenido de lignina en dichas muestras. La cantidad de fibra digerible (FDN) ni indigerible (FDA) fue diferente entre los tratamientos experimentales evaluados. Aunque numéricamente el contenido de Hemicelulosa fue superior en las muestras de maíz amonificado (36% Vs 29% en maíz fresco) no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos.

No se detectaron diferencias estadísticas en el contenido de celulosa entre maíz fresco, ensilado ni ensilado y amonificado. Los resultados indicaron que amonificar es más efectivo que ensilar para aumentar PC y disminuir LIG en maíz, siendo una metodología complementaria al ensilaje, permitiendo además de conservar forrajes como el maíz, enriquecerlo y aumentar su calidad composicional y posiblemente su digestibilidad por la reducción de contenido de lignina.

Al amonificar las muestras de Maíz fresco afectó significativamente el contenido de Materia seca, proteína, Hemicelulosa y lignina del maíz evaluado, controlando el 90% de la variabilidad de estas variables. El proceso de ensilaje

y de amonificación afectó significativamente el contenido de Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Acido ni celulosa del maíz fresco.

La calidad nutritiva de los forrajes sean estos sometidos o no a procesos tecnológicos, depende de variables como: calidad de suelo, precipitación, altura sobre el nivel del mar, clima, manejo del suelo, encalamiento del suelo, tipo de semilla a sembrar, fertilización, control de plagas y enfermedades, calidad de forraje cosechado, tamaño de partícula de forraje que va ser sometido al proceso tecnológico, aditivos utilizados, compactación y método de almacenamiento.

El punto de cosecha de los forrajes se debe determinar mediante diferentes métodos que se complementen entre sí, ya que, los días de siembra a cosecha varían según las condiciones climáticas. Amonificar incrementa el porcentaje de PC de 2 a 3 veces y desliga el anclaje que hay entre la lignina y los demás carbohidratos estructurales. La amonificación en el municipio de Tame-Arauca es económicamente viable para los ganaderos si se compara con base en porcentaje de PC y costo (Col\$/Kg de PC) de forrajes verdes, forrajes ensilados y concentrados.

Los autores recomiendan complementar el presente estudio con análisis de palatabilidad y pruebas de cafetería con animales donde se puede analizar además del consumo y aceptación del suplemento, la ganancia de peso (g/día) y/o producción de leche (Kg/día) para determinar si hay o no diferencias significativas en cuanto a productividad de ganado bovino cuando se incluye en la dieta suplementos de forrajes amonificados.

Bibliografía citada

- Alcaldía del Municipio de Tame (2017). Nuestro municipio. Recuperado de: http://tame-arauca.gov.co/informacion_general.shtml
- Arreazar, L., Sánchez, L., Medrano, J. Pardo, O., Mateus, H., Becerra, J., Santana, M., Arcos, J., Romero, H., Peláez, L., Londoño. (año). Nutrición y Alimentación de Bovinos en el Trópico Bajo colombiano. (CORPOICA) Recuperado de

https://books.google.com.co/books?id=KA_90iNDK8C&pg=PA1&lpg=PA1&dq=nutricion+y+alimentacion+de+bovinos+en+el+tropico+bajo+colombiano&source=bl&ots=31ckwnnp9o&sig=40WfYsb73ZISiIeuiouyCqWPHyo&hl=es&sa=X&sqj=2&ved=0ahUKEwjHOM2E6brPAhXJ8x4KHTtDDiQQ6AEIIDAB#v=onepage&q=nutricion%20y%20alimentacion%20de%20bovinos%20en%20el%20tropico%20bajo%20colombiano&f=false

- Arreazar, R. C., García, S., Medrano, J., Roncallo, B., & Mateus, H. (2006). Guía práctica para la suplementación de ganado bovino. CORPOICA. Recuperado de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/archivos/revista/articulo9.pdf>
- Amador, A., & Boschini, C. (2000). Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. Agronomía mesoamericana. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711126>
- Atehortúa B., Galvis M., Quirama J. (2015). Características, manejo, usos y beneficios del saúco (*Sambucus nigra L.*) con énfasis en su implementación en sistemas Silvopastoriles del Trópico Alto. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 6 (1), 155-168
- Barrios, A., & Ventura, M. (2002). Uso de la amonificación seca para mejorar la calidad del heno. Universidad del Zulia. Recuperado de: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion4/articulo7-s4.pdf
- Benavides R., Guerrero H. (2017). Sostenibilidad de sistemas ganaderos bovinos de alta montaña en Colombia. RIAA 8 (2), 29-36
- Benavides R., Guerrero H., Ceballos J., Atzori A. (2016). Efecto de la edad al primer parto y los días abiertos en un bovino doble propósito sobre la huella hídrica y de carbono. RIAA 7 (2), 107-119
- Bensimon, A., Morales, G., Cabreira, C., Carlesso, T., Oliveira, T., & Rossi, M. (2015). Nutritional composition and ruminal degradability of corn

silage (*Zea mays* L.) with addition of glycerin in silage. Redalyc. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744149024>

- Botero, R. (2007). La amonificación, una opción artesanal para la conservación y mejoramiento de suplementos utilizados para rumiantes en el trópico. Engormix. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/articulos/amonificacion-opcion-artesanal-conservacion-t1848/p0.htm>
- Botero, R. (2007). Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales. Guácimo. Universidad Earth.
- Casal, J., Mateu, E. (2003). Técnicas de Muestreo. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de; [http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(Cómo%20diñar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(Cómo%20diñar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)
- Chenost, M., & Kayouli, C. (1997). Roughage Utilization in Warm Climates. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/w4988e/W4988E00.htm#TOC>
- Colenbrander, V., Weiss, W., Hill., D., & Moeller, N. (1983). Ammonia and urea in corn silage-based in complete mixed diets for dairy cows. Purdue University. Recuperado de: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/56/3/JAN0560030525>
- Cuervo W. Buitrago M. (2017). Secondary metabolites and compositional evaluation of tree weeds under silage treatment in High Tropic of Colombia. Anais da 54ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia | Foz do Iguaçu 2017 | ISSN 1983-4357 707
- Cuervo W., Correa H. (2017). Liberación ruminal de cuatro fuentes inorgánicas de magnesio por medio de la técnica in situ en ganado holstein en trópico alto. RIAA 8 (1), 39-52

- Demanet, F., Cansesco, C., Reyes, A., & Cantero, E. (2007). Determinación de materia seca con horno microondas. Universidad de la Frontera. Recuperado de <https://www.consorcirolechero.cl/chile/documentos/fichastecnicas/24junio/de-terminacion-de-materia-seca-con-horno-microondas.pdf>
- De Prada J., Gil H., Pereyra C., Becerra V. (2013). La inclusión de la dimensión económica en la Evaluación de Impacto Ambiental RIAA. Revista de investigaciones agropecuarias 39 (3), 259-266
- Díaz R., Valencia F. (2010). Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira (Valle del Cauca). Revista de Investigación Agraria y Ambiental 1 (2), 7-17
- Elfreink, O., Driehuis, F., Gottshal, J., & Spoelstra, S. (2001). Uso de ensilaje en el trópico privilegiado opciones para pequeños campesinos. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s04.htm#bm04>
- Fedegan. (2013). Ganadería intensiva vs ganadería extensiva. Fedegan. Recuperado de <http://contextoganadero.com/blog/ganaderia-intensiva-vs-ganaderia-extensiva>
- Figueroa A., Ulloa F. (2014) Efecto de especies forrajeras sobre las bases intercambiables de un suelo sulfatado ácido del municipio de Paipa (Colombia). Revista de Investigación Agraria y Ambiental 5 (1), 93-101
- Fonseca D., Manosalva V., Vargas E. (2015). Importancia de la cría de bovinos en la seguridad alimentaria de familias del área rural de Paipa, Boyacá. Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) 2 (1), 65-74
- Fonseca J., Muñoz N., Cleves J. (2015). El sistema de gestión de calidad: elemento para la competitividad y la sostenibilidad de la producción agropecuaria colombiana. Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) 2 (1), 9-22

- Gómez S., Ossa Y. (2015). Biotecnología aplicada al desarrollo agropecuario colombiano. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 6 (2), 97-108
- Guardia M., Palacios I., Arroyo H. (2016). Composición química del grano de maíz (Zea mays) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 7 (1)
- Guerra A., Castro L., Tovar A. (2013). Aprovechamiento del lactosuero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. RIAA 4 (2), 55-65 2013
- Kung, L., Shaver, R. (2001). Interpretation and Use of Silage Fermentation an Analysis Reports. University of Wisconsin. Recuperado de; <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/Fermentation.pdf>
- Laredo, M., Anzola, H., & Cuesta, A. (1990). Éfecto del contenido del silice en la digestibilidad de la materia seca de gramíneas tropicales. ICA. Recuperado de: http://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1990-vol12-rev1-2-3/Vol12_rev3_90_art3.pdf
- Martínez L., Martínez S., Cuevas R. (2013). Efecto de la tierra de diatomeas en las propiedades químicas del suelo en el cultivo de maíz (Zea mays, L.). RIAA 4 (2), 13-26
- Ojeda, F (2001). Uso de ensilaje en el trópico privilegiado opciones para pequeños campesinos. FAO. Recuperado de; <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s0a.htm>
- Oramas, C., Vivas, N. (2007). Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (Zea mayz) en monocultivo y en asociación con frijol (Phaseolus vulgaris) para silo. Unicauca. Recuperado de; <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/viewFile/51/38>

- Olvera, M., Martínez, C., & Real de León, E. (1993). Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/contents/a982de1c-98df-5e67-a0cb-1e92724d2822/AB489S00.htm>
- Ortiz L, Campos R. (2016). Control del balance energético negativo y comportamiento productivo y metabólico en vacas doble propósito bajo suplementación energética. RIAA 7 (1), 147-156
- Pavón, R., Toro, J., & Sánchez, H. (1987). Efecto de la amonificación sobre el valor nutricional del ensilaje de maíz. UNAL. Recuperado de: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15336/16125
- Pinheiro, C.L. (Ed.). (2011). Pastoreo racional voisin tecnología agroecológica para el tercer milenio. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur
- Pinto, H., Solano, H., & Rodríguez, C. (2013). Evaluación de las propiedades nutricionales de dos variedades de maíz y de su ensilaje. UPTC. Recuperado de http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/2836
- Plaster, E. (1997). La ciencia del suelo y su manejo. Madrid. Editorial Parafino.
- Ramírez, G., Aguilera, C., Garcia, G., & Nuñez, A. (2007). Effect of urea treatment on chemical composition and digestion of Cenchrus ciliaris and Cynodon dactylon hays and Zea mays residues. Medwell online. Recuperado de: <http://www.ecofisiologia.com.mx/wp-content/uploads/2012/08/2007-Effect-of-urea-treatment-on-chemical-composition.pdf>

- Ramírez E., Andradre H., Madrigal M. (2017). Percepción local del componente arbóreo en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima, Colombia. RIAA 8 (2), 17-28
- Recio, L., Fernández, A. P., Castro, F., & Ocampo, D. (Ed.). (2011). Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquía. Bogotá: Editorial La Imprenta Editores S.A.
- Reyes O., Torres C., Acevedo L. (2012). Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental 3 (1), 41-46
- Reyes O., Mosquera M., Acevedo L. (2015). Aporte de Nitrógeno al suelo por *Mucuna pruriens* y su efecto sobre el rendimiento de maíz dulce (*Zea mays* L.). Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) 4 (2), 149-155
- Reyes O., Orozco M. (2017). Consideraciones tecnológicas para el manejo agronómico sostenible de maíz en Colombia. Documentos de Trabajo ECAPMA Vol 1 (2017)
- Rincon, A., Ligarreto, G., & Sanjuanelo, D. (2007). Crecimiento del maíz y los pastos (*Bracharia* sp.) establecidos en monocultivo y asociados en suelos ácidos del piedemonte llanero. Corpoica. Recuperado de: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14129/14884>
- Rivera, D., Parish, J. (2010). Interpreting Forage and Feed Analysis Report. Mississippi State University. Recuperado de; <https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/p2620.pdf>
- Rodríguez, A. (2016). Elaboración y Determinación de la Calidad Nutricional de Silos de Maíz. Hernán Camacho (Presidencia). Elaboración de Silos de Maíz y Fertilización Racional de Suelos. Simposio Llevado en el

Segundo Encuentro de Fortalecimiento de la Base Ganadera, Tame, Arauca, Colombia.

- Ruiz Daza, Alirio. (1997). Efecto de la suplementación alimenticia a base de Arroz Paddy molido y complementos minerales en ganancia de peso en novillos de levante y acabado, universidad de ciencias aplicadas y ambientales. UDCA. Recuperado de: <http://181.49.226.34:8090/revistas/index.php/sc/article/download/83/149>
- Ruíz, O., Beltran, F., Salvador, H., Rubio, A., Castillo., G., & Castillo, Y. (2006). Valor nutricional y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. Redalyc. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017708013>
- Saavedra, C., Omaña, M., Panadero, A., & Suárez, A. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de Zea mayz como alternativa para la alimentación de rumiantes. Universidad de La Salle. Recuperado de: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:TnCSKWq_kEJ:https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/download/2648/2295+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
- Schiere J.B., Neil A.J. (1993). Feedind of Urea Treated Straw in the Tropics I.A. Review of its Technical Principes and Economycs. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90148-D](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(93)90148-D)
- Shuler, R. (2001). Adding anhydrous ammonia to corn silage. University of Winsconsin. Recuperado de; <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/NH3silage.pdf>
- Sauver, F., Erfle, J., Mahadevan, S., & Lessard, J. (1979). Urea in corn silage as a supplemental nitrogen source for lactating cows. NRC research press. Recuperado de: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdfplus/10.4141/cjas79-050>

- Silva M, Pimentel L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. RIAA 8 (2), 247-259
- Valencia-Trujillo L., Restrepo-Paredes J., Cerón-Hernández D., García W. (2010) Determinación de la digestibilidad in vivo en ovinos utilizando dietas a base de forrajes tropicales. Revista de Investigación Agraria y ambiental 1 (1), 25-29
- Valencia, R. (2013). Visión de desarrollo sostenible de los llanos orientales de Colombia. Corpoica. Recuperado de: http://www.asorinoquia.org/sites/default/files/corpoica_en_la_orinoquia_-_ruben_valencia_.pdf
- Varón L. (2014). Fitometabolitos secundarios que inciden en el valor nutricional de *Lotus corniculatus* como forraje para rumiantes. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 5 (1), 131-146
- Varón L. (2015). Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina. Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA) 2 (1), 55-64
- Van Soest, P.J. y McQueen, R.W.: The chemistry and estimation of fibre, Proc. Nutr. SOC. (1973), vol. 32, pág. 123-130
- Villa, A., Meléndez, A., Carulla, J., Pabón, M., & Cárdenas, E. (2010). Estudio microbiológico y calidad nutricional del maíz en dos ecorregiones de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012006902010000100008
- Vives, R.E. (2012). Suplementación estratégica y mejoramiento de la alimentación de bovinos en época de verano Hacienda La Nena, municipio de fundación Magdalena. Universidad Lasalle, Caldas, Colombia.

- Yescas, C., Segura, M., Martínez, L., Álvares, V., Montemayor J., Orozco, J., & Frías, J. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de las plantas. *Phyton*. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000200003
- Zabala F., Prager M. (2015). Dinámica de los hongos de Micorriza Arbuscular (MA) en un Humic Dystrudepts sembrado con maíz *Zea mays* L. y Abonos Verdes (AV). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)* 5 (1), 69-79
- Zanmbrano J., Cruz O. (2016). Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). *RIAA* 7 (1), 83-92
- Zhishan, Z., & Quiaojuan, Y. (2002). Ammoniation of crop residues. *FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/y1936e/y1936e07.htm>