

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE PROCESOS TECNOLÓGICOS
SOBRE MAÍZ FRESCO Y ENSILADO COMO SUPLEMENTO PARA BOVINOS EN
LA VEREDA LA HORMIGA DE TAME ARAUCA

EDMOND MAURICIO GUTIÉRREZ RINCÓN

Presentado Como Requisito Parcial
Para Optar al Grado de
Especialista en Nutrición Animal Sostenible

Director
WILMER ALFONSO CUERVO VIVAS
Zootecnista. Esp., MSc.
Líder Especialización Nutrición Animal

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLA, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ABRIL 2017

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PRODUCTIVA DE PROCESOS TECNOLÓGICOS
SOBRE MAÍZ FRESCO Y ENSILADO COMO SUPLEMENTO PARA BOVINOS EN
LA VEREDA LA HORMIGA DE TAME ARAUCA

EDMOND MAURICIO GUTIÉRREZ RINCÓN

TRABAJO DE GRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLA, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
TAME-ARAUCA, abril de 2017

TABLA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DE JURADOS

TAME-ARAUCA,

Abril de 2017

Life it is not how hard you hit, but how hard you can get hit and keep moving forward
Rocky Balboa

DEDICATORIA

A Dios.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Wilmer Alfonso Cuervo, por su constante apoyo y su asesoría.

A mis padres y hermano, sin ellos nada de lo que he hecho sería motivante.

A Olafo El Valiente, La Negra, Samanta y Stuart por su agradable compañía y cariño
brindado.

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es el cereal más utilizado para la alimentación animal por su alto contenido energético (1,8 Mcal/kg ENL) y su digestibilidad, aunque, tiene contenido proteico inferior a 9%. La mayor parte del cultivo de maíz destinado para alimentación de ganado bovino se ensila, el ensilaje preserva la calidad del maíz y no altera su composición química. Existen diversos métodos tecnológicos de conservación de forrajes, uno de ellos es la amonificación; amonificar con urea, incrementa de 2 a 3 veces el porcentaje de proteína cruda y en 10% la digestibilidad total. El estudio analiza el efecto de ensilar, amonificar y de utilizar los dos tratamientos de manera secuencial sobre el maíz integral en el municipio de Tame departamento de Arauca. En Tame desde la siembra de la semilla de maíz híbrido Pioneer 3862 hasta la cosecha del maíz transcurrieron 80 días, seleccionando 3 muestras (10 kg) de maíz fresco (MF) como tratamiento testigo, 3 muestras (10 kg) de maíz fresco amonificado (MFA) en micro-cápsulas por 15 días, 3 muestras (10 kg) de maíz fresco ensilado (MFE) en silo-bolsas por 30 días y 3 (10 kg) muestras de maíz ensilado (30 días) y posteriormente amonificado (25 días) (MEA) en micro-cápsulas. Extrayendo submuestras (1 kg) por tratamiento para determinar (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HCEL), celulosa (CEL) y lignina (LIG). El ensilar ($p < 0,001$) y amonificar ($p < 0,0001$) afectó significativamente el contenido de MS, PC, HCEL 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 los tratamientos cambió MS. La PC incrementó significativamente en MFA y fue aún mayor para MEA, comportándose inversamente proporcional con el contenido de LIG. Ni FDN y FDA fue diferente entre tratamientos. Aunque, numéricamente HCEL fue superior en MFA (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 MFE y MEA. En el proceso de producción de MEA se observó una disminución promedio en costos de producción de Col\$1.338,4 (45,21%) por kg/PC producido, mostrando que los forrajes sometidos a amonificación aumentan su nivel de proteína cruda, mejoran la digestibilidad y son económicamente más rentables por kg/PC con respecto a los forrajes no amonificados. 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 conservar forrajes como el maíz, enriquecerlo, aumentando su calidad composicional y mejorado su digestibilidad por la reducción de contenido de lignina.

Palabras Clave: pH, amonificación, proteína cruda, lignina, calidad nutricional, Fibra detergente neutra (FDN), Fibra detergente ácido (FDA)

ABSTRACT

Maize (*Zea mais*) is the most used cereal in the animal feeding, thanks to its high energy content (1,8 Mcal/kg DM NEL) and its digestibility value, despite its low protein content (9%). This feed is storage mainly by silage, which preserve it even for years, without changing its chemical composition.

In the other hand, the ammonification does improve the nutritional composition especially in fibrous feeds, by using the ammonia volatilization from the reaction of the urea with urease in a liquid media.

The aim of this study was to analyze and to compare the effect of; silage, the ammonification and the two sequential treatments on the chemical composition of fresh maize used as a supplement in the diet of cattle in Tame region. On this region, specifically in the Hormiga Zone, maize was harvested at 80 days, which was selected three samples of fresh maize (FM), three were under ammonification (by micro-capsule technique) (AM), three were silage (in a 20 L plastic bag) for 1 month (SM), and 3 samples were silage for 1 month and then were ammonified (SAM). For every treatment, 1Kg of sample was extracted, to analyze its dry matter (DM), crude protein (CP) neutral detergent fiber (NDF) acid detergent fiber (ADF) Hemicellulose (HCEL), cellulose (CEL) and lignin (LIG) content.

A completely random analyze was used to examine the effect of the three-experimental treatment, and to detect significantly differences a Tukey test was performed, using the PROC GLM command of SAS Software.

It was observed that silage ($p < 0,001$) and the ammonification ($p < 0,001$) significantly affect the DM, CP, HCEL and LIG content of the maize analyzed, controlling between 75 and 90% of the variation of this chemical components. The DM in FM was statistically superior, silage and ammonification did not alter the DM content in the analyzed samples.

CP content did increase dramatically on the AM samples and even more in the SAM samples. This behavior was inversely proportional with the LIG content on those samples. These observations agree with previous report of the effect of the ammonification on the reduction of the indigestible compounds in rough forages and straw.

However nor ADF or NDF were statistically different between treatments. Although HCE was numerically higher in AM (36%) than in FM (29%) there were not statistical difference among the experimental treatments.

CEL was numerically inferior in FM and went rising in SM and SAM. These results pointing that the ammonification of the maize is way more effective that silage in raising the CP level and decreasing the LIG levels on the fresh Maize.

Ammonified silage cost production was in average Col\$1.338,4 (45,21%) per Kg/CP lower than non-ammoniated treatments.

However, using the ammonification as a complementary technique of the silage, could allow to the farmers not just stock forages such maize, but enrich them to, increasing its nutritional value and possibly its digestibility by reducing its LIG content.

Tabla de contenido

1.	Introducción.....	10
2.	Justificación	11
3.	Objetivos	12
3.1.	Objetivo general.....	12
3.2.	Objetivos específico.....	12
4.	Marco teórico	13
4.1.	Amonificación	13
4.2.	Ensilaje.....	13
4.3.	Condiciones climáticas del piedemonte Llanero.....	14
4.4.	Oferta Forrajera en Piedemonte Llanero	14
4.5.	Cultivo de Maíz en Piedemonte Llanero	14
4.6.	Sistema de producción extensivo de ganado bovino	14
4.7.	Análisis nutricionales de forrajes.....	15
5.	Materiales y métodos.....	16
5.1.	Obtención de muestras de maíz integral fresco (MF)	16
5.2.	Obtención de muestras de maíz integral fresco sometido a proceso de amonificación (MFA).....	16
5.3.	Obtención de muestras de maíz integral ensilado (MFE)	17
5.4.	Obtención de muestras de maíz ensilado y amonificado (MEA).....	17
5.5.	Estructura de costos	18
5.6.	Análisis estadístico	18
6.	Resultados y discusión.....	19
6.1.	Materia Seca (MS)	19
6.2.	Proteína cruda (PC).....	20
6.3.	Fibra detergente neutro (FDN)	26
6.4.	Fibra Detergente Ácido (FDA).....	27
6.5.	Hemicelulosa (HCEL)	28
6.6.	Celulosa (CEL)	28
6.7.	Lignina (LIG)	29
6.8.	Sílice (SIL)	30
6.9.	Factores climáticos y agrícolas que influyen en la calidad nutritiva de los tratamientos	30
7.	Conclusiones	32
8.	Recomendaciones	33
9.	Glosario	33
10.	Bibliografía.....	34

1. Introducción

La altillanura colombiana es una región muy amplia, que cuenta con aproximadamente 3,5 millones de hectáreas. Las cuales, en su mayoría están dedicadas a la cría de ganado de carne bajo pastoreo en sabanas nativas y braquiarias introducidas (*Bracharia decumbens* y *Bracharia humidicola*). Sin embargo, la calidad y valor nutricional de las pasturas es moderada, debido, a las deficiencias de macro y micronutrientes que tiene el suelo en la Orinoquía. Por lo tanto, la proteína y los minerales son insuficientes para los requerimientos nutricionales de los bovinos e impiden optimizar la producción ganadera (Ruiz, 1997).

La alimentación en los sistemas de producción de ganadería bovina en los llanos orientales de Colombia se basa en: pasturas naturales, pasturas naturalizadas y pasturas introducidas. Existen diversos factores que afectan el volumen de producción de las pasturas y su calidad nutricional. No obstante, en Arauca son dos los factores principales que afectan el volumen de producción y la calidad nutricional de las pasturas:

1. La época del año: En Arauca hay dos temporadas climáticas seca y lluviosa, en la primera escasean las pasturas y en la segunda abundan, convirtiendo el departamento en un clima monomodal, con una temporada de lluvias que comprende los meses de abril a noviembre y una temporada seca que va de diciembre a marzo, en la cual se disminuye la calidad nutritiva de los forrajes (Arreazar *et al.*, 2006) y (Recio *et al.*, 2011).
2. Calidad de ingesta: El bajo nivel de tecnificación de las fincas ganaderas del departamento de Arauca, sumado a la nula capacitación de los productores en materia de calidad nutricional y de manejo de pastos y forrajes. Afecta la cosecha que hace el ganado bovino de pasturas y forrajes. Rotar el ganado y establecer tiempos de ocupación específicos por unidad de área (potreros) son aspectos determinantes que deben manejar los ganaderos, para optimizar la ingesta de pasturas y/o forrajes que realiza el ganado bovino. Cuando la proteína cruda del pasto y/o forraje es máxima y la lignina no representa un valor significativo dentro de los carbohidratos estructurales de la planta, el ganado cosecha las pasturas y/o forrajes en punto de llamada de crecimiento (Pinheiro, 2011). En las zonas cálidas de América tropical la mayoría de braquiarias alcanzan el punto de llamada de crecimiento entre el día 25 y el día 30, luego de ser pastoreadas.

Durante la época lluviosa la carga de unidades animales (UA) es de 1,4 por hectárea (ha) en pasturas mejoradas y las escases de alimento no es una característica relevante, una UA equivale a 400 kg de peso vivo. En época seca, la carga baja a 1 UA en pasturas mejoradas, puesto que, el volumen de pasto por hectárea disminuye, éste se lignifica a causa de las sequías y los fuertes vientos alisios durante el verano.

Durante la época seca la calidad nutricional de los forrajes es menor y afecta la economía de los ganaderos de la zona (Vives, 2012). Cuando se acentúa el verano en la zona, el principal evento económico que impacta de manera negativa el precio del ganado bovino es la

devaluación del precio del kilo de ganado bovino en pie, debido a que, las empresas ganaderas no pueden mantener la misma carga animal que tenían en la época lluviosa. Por lo tanto, la oferta de ganado supera la demanda.

Es importante mejorar la calidad nutricional de los forrajes 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.

2. Justificación

En Arauca la cultura de conservación de alimentos para ganado es mínima y la tecnología e infraestructura para este tipo de labores es escasa y de alto costo. Las anteriores características, sumadas al tipo al manejo extensivo, no permiten que los bovinos afronten las épocas más difíciles del año sin perjudicar la economía del ganadero. La industria procesadora de alimentos es prácticamente nula y los residuos de cosecha no siempre son una opción, debido al alto costo de transporte.

Una alternativa para reducir los problemas que se presentan en la época seca, además del ensilaje, es la amonificación. Éste es un proceso no laborioso y de bajo costo, si se compara con otro tipo de técnicas de conservación de forrajes. La amonificación permite aumentar el contenido de nitrógeno en el forraje tratado, preserva los almidones y azúcares de alto valor energético y evita la pérdida de éstos por fermentación al convertirlos en alcoholes. Además, acelera el remplazo de la flora ruminal hasta tres veces, ésta se considera como fuente de energía sobrepasante de alta calidad y permite aumentar la producción de leche y/o carne de la empresa ganadera. La amonificación aumenta el porcentaje de proteína cruda en los forrajes tratados, independientemente si la proteína es fermentable en el rumen o sobrepasante (Botero, 2007).

De tal manera, es pertinente investigar el efecto de tratamiento de almacenaje y enriquecimiento de forraje sobre la estructura de costos de producción, así como sobre la composición nutricional especialmente en lo referente a proteína cruda y fibra digerible.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Analizar el contenido nutricional y los costos de producción de dos procesos tecnológicos sobre el maíz integral, cosechado en la vereda la hormiga del municipio de Tame, Arauca.

3.2. Objetivos específico

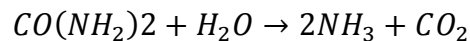
- Medir la calidad nutritiva de maíz fresco integral, maíz integral ensilado, maíz integral amonificado y maíz ensilado y posteriormente amonificado, producido en la vereda la hormiga del municipio de Tame Arauca.
- Contrastar y comparar la estructura de costos de la producción de maíz integral y los procesos tecnológicos de ensilaje y amonificación.
- Comparar los procesos tecnológicos evaluados en el estudio integrando su aporte nutricional y costo por hectárea.

4. Marco teórico

4.1. Amonificación

La amonificación de forrajes es una técnica que surgió a raíz de la baja calidad nutritiva de las pajas o materiales toscos que consumen los rumiantes para realizar sus procesos vitales. Estudios realizados en Sirilanka, Indonesia, Tailandia, Filipinas, Malasia y Vietnam indican que las pajas o materiales toscos tratados con urea son más gustosos para los animales, incrementa tres veces la proteína cruda (PC) y por lo menos 10% la digestibilidad de la materia seca (DMS) y los nutrientes digestibles totales (NDT) (Schiere & Nell, 1993).

La amonificación con urea es una técnica que puede ser manejada de manera correcta y fácil por los ganaderos; ésta consiste en rociar urea disuelta en agua sobre la paja o el forraje tosco, donde luego el forraje rociado es conservado herméticamente durante quince días y oreado durante un día, para que se complete correctamente el proceso de amonificación y el material amonificado se le pueda suministrar a los animales. Con la presencia de agua y de la enzima ureasa, además de un ambiente suficientemente cálido; la hidrólisis de la urea a amonio y dióxido de carbono a través de la enzima ureasa. Se puede explicar de la siguiente manera:



Una molécula de urea con peso de sesenta gramos genera dos moléculas de amonio de treinta y cuatro gramos, consecuentemente, un kilogramo de urea produce quinientos sesenta y seis gramos de amonio. El amonio generado provoca una reacción alcalina, que se esparce por la paja o material tosco e inicia el proceso de amonificación. En éste proceso, se disuelven los carbohidratos parietales principalmente la hemicelulosa, por lo tanto, se facilita el acceso de los microorganismos celulolíticos que se encuentran en el rumen hacia dentro de las estructuras de los carbohidratos estructurales. La amonificación, reduce la fortaleza física de las paredes celulares, facilita el proceso de rumia de los bovinos y la digestión realizada por los microorganismos. Además, enriquece el forraje en cuanto al contenido de nitrógeno (N). La hidrólisis de la urea solo puede ocurrir si la enzima ureasa está presente, la cual degrada o rebana la molécula de urea (Chenost & Kayouli, 1997).

4.2. Ensilaje

El ensilaje es un método de conservación del forraje que se obtiene por medio de un proceso fermentativo láctico y espontáneo bajo condiciones anaeróbicas, en donde las bacterias epifitas de ácido láctico fermentan a los carbohidratos hidrosolubles del forraje. En esta fase se produce ácido láctico y en una cantidad menor ácido acético, cuando éstos dos ácidos son generados, el pH baja a un nivel que inhibe la presencia de microorganismos que causan el proceso de putrefacción (Elferink *et al.*, 2001). La elaboración de silo se divide en cuatro etapas: cosecha, transporte al lugar de enfilamiento, compactación y sellado.

La cantidad de silo a elaborar, depende de la actividad comercial ganadera, el tipo de dieta de los bovinos, el área disponible y durante cuánto tiempo van a ser alimentados los bovinos con silo. Para elaborar un silo de buena calidad es necesario: ensilar forraje de alto valor nutritivo, el forraje no debe estar contaminado por partículas de suelo, debe ser cortado, picado a una longitud de dos centímetros para luego ser compactado y sellado herméticamente (Ojeda, 2001). Existen diferentes maneras de almacenar el silo, en

Colombia las más utilizadas son el almacenamiento en silo de montón, en bunker y en silo-bolsa.

4.3. Condiciones climáticas del piedemonte Llanero

El Municipio de Tame tiene una extensión de 5.300 Km². Se localiza en el extremo suroccidental del Departamento, donde confluyen dos ejes viales principales; la ruta de los libertadores (Bogotá- Tujna- Tame -Arauca -Caracas) y la troncal del llano (Bogotá-Villavicencio-Yopal-Tame-Saravena). Además, es el punto de distribución del tráfico terrestre hacia Arauca, Puerto Rondón, Cravo Norte y Fortúl. Esta localización da al municipio de Tame, ventajas comparativas en el contexto departamental. Tame limita hacia el norte con Fortúl, al oriente con Arauquita y Puerto Rondón, al sur con el departamento del Casanare, y al occidente con el departamento de Boyacá. La extensión total es de 6.457 km², la altitud de la cabecera municipal varía entre 300 msnm y 1000 msnm y la temperatura promedio es de 28 °C. (Alcaldía del municipio de Tame Arauca, 2017).

4.4. Oferta Forrajera en Piedemonte Llanero

El pie de monte llanero se caracteriza por tener suelos moderadamente ácidos con pH de 5 a 6,9, con contenidos moderadamente medios de fósforo (P), calcio (Ca), Magnesio (Mg), azufre (S), potasio (K) y materia orgánica (MO). La saturación de aluminio (Al) es media y se encuentra entre 15% y 26%. La humedad, el nivel freático y la heterogeneidad es alta. Se reportan ganancias de peso que van de 27 g/día en sabanas a 800 g/día en pasturas naturalizadas o introducidas, no obstante, gran parte del piedemonte que se dedica a la ganadería de carne y/o leche tiene establecidas *Bracharias* y en bajo porcentaje pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*). El rendimiento promedio de las pasturas naturalizadas e introducidas es de 5.840 kg de materia seca MS/ha/año (Valencia, 2013).

4.5. Cultivo de Maíz en Piedemonte Llanero

Estudios realizados en la altillanura colombiana indican que la masa foliar promedio es de 15,4 g/planta cuando transcurren 15 días. El mayor contenido de masa foliar promedio se da en el día 66 con 29,1 g/planta, el cual coincide con el llenado del grano, luego de transcurrido el día 66 la masa foliar promedio disminuye. Bajo el marco de cosecha de planta de maíz integral con base en MS que va de 30% de MS a 35%MS o con base en días que va de 80 días a 90 días la masa foliar promedio disminuye a 22,6 g/planta. Cuando disminuye la masa foliar, incrementa la masa de la mazorca o fruto (Rincón *et al.*, 2007); en el piedemonte llanero con paquetes tecnológicos (mecanización, fertilización, controles de malezas y de plagas y enfermedades) adecuados y con una densidad de siembra de 60.000 semillas por hectárea se obtiene rendimientos de silo de maíz de 25 Tm/ha/cosecha a 30 Tm/ha/cosecha.

4.6. Sistema de producción extensivo de ganado bovino

La ganadería extensiva tiene ventajas como: menor consumo de energía fósil por kilogramo de carne obtenido, protege los ecosistemas, reduce la erosión en climas áridos y semiáridos, produce productos de calidad y los animales tienen mayor bienestar animal. No obstante, también tiene ciertas desventajas como: menor eficiencia productiva, necesita más tiempo para finalizar los procesos de producción y los productos (carne y leche) no son homogéneos (Fedegan, 2013).

4.7. Análisis nutricionales de forrajes

Los análisis de los contenidos químicos de un forraje se pueden dividir de manera general en análisis proximal y análisis de fibras o de Van soest (1994). El análisis proximal o de Weende contempla análisis de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE) y cenizas (CEN). En este sentido, la materia seca es la fracción de la muestra sin contenido de humedad (Rivera & Parish, 2010) y (Kung & Shaver, 2001), en cuanto a la proteína cruda (CP) ésta se basa en el contenido de nitrógeno (N) del forraje y se calcula multiplicando 6,25 por el contenido total de N de las muestras (Rivera & Parish, 2010). La fibra detergente neutro (FDN) indica todo el contenido que respecta a la pared celular más la fibra detergente ácida. Incluye celulosa, hemicelulosa y lignina (Rivera & Parish, 2010) y la fibra detergente ácida (FDA) indica el contenido de celulosa y lignina de planta (Rivera & Parish, 2010) y (Olvera *et al*, 1993).

5. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la finca El Recreo ubicada en la vereda La hormiga del municipio de Tame departamento de Arauca, con altura de 322 msnm, coordenadas N 6.31.140 W 71.41.156 y extensión de 80 ha, de las cuales 20 ha se encuentran en cultivo constante de maíz variedad Pioneer 3862 para elaborar silo de maíz integral y 60 ha destinadas a ganadería tipo carne.

Se establecieron 4 tratamientos con 3 repeticiones, estos fueron: Maíz integral verde o fresco (MF), maíz integral verde amonificado (MFA), maíz integral verde ensilado (MFE) y maíz integral ensilado y posteriormente amonificado (MEA), con la finalidad de, comparar la calidad nutricional de cada tratamiento con el costo de elaboración del producto final. La cosecha del maíz se realizó con base en el parámetro de cosecha de materia seca (MS) que va de 30% a 35% y se determinó en campo con la metodología de microondas (Demant *et al.*, 2007). El picado de la planta de maíz integral fue de 2 cm (Rodríguez, 2016), las plantas de maíz fueron cosechadas, picadas y sometidas a los tratamientos de conservación con las mazorcas.

El muestreo para las plantas de maíz integral picadas y para el silo se realizó bajo las siguientes condiciones: para las plantas de maíz con mazorca picadas se muestreo la capa exterior, media y baja del material depositado en los remolques forrajeros a una distancia de 1 m por 1 m. En total se tomaron 16 muestras de un 1 kg cada una y se mezclaron las muestras para hacer una muestra compuesta. En el caso del maíz integral ensilado, se tomaron 8 muestras de la capa externa del silo (lugar por donde se abre el silo) a profundidad de 30 cm y se realizó una muestra compuesta, también, se muestreó la silo-bolsa de 60 m cada 10 m por ambos lados a una profundidad de 30 cm para posteriormente hacer una muestra compuesta. En cuanto a la selección del material que se sometió al proceso de amonificación, su selección se hizo bajo el procedimiento de muestreo antes descrito.

5.1. Obtención de muestras de maíz integral fresco (MF)

Se obtuvieron tres muestras de 2 kg cada una de maíz integral (hoja, tallo y mazorca) de 80 días de rebrote, las cuáles fueron expuestas al sol durante 6 horas con el objetivo de secarlas y enviarlas al laboratorio para determinar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda(PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HCEL), Celulosa (CEL), lignina (LIG) y sílice (SIL).

5.2. Obtención de muestras de maíz integral fresco sometido a proceso de amonificación (MFA)

Se obtuvieron tres muestras de 2 kg cada una de maíz integral de 80 días, las cuáles fueron sometidas a proceso de amonificación. El proceso de amonificación se realizó bajo el siguiente proceso: Se extendió un plástico sobre una superficie seca y limpia, sobre el plástico se extendió una capa delgada de plantas de maíz integral picadas de 10 kg, se molieron y regaron 300 g de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad canavalia 48, sobre la planta de maíz integral picada de una manera homogénea y se revolviaron. Se disolvieron 300 g de urea en cinco litros de agua hasta el punto de dilución y con una regadera se roció en forma pareja la

dilución agua-urea sobre la mezcla de planta de maíz integral picada y mezclada con frijol canavalia molido, se revolvió la mezcla que fue rociada. Para luego, recoger el material para empacarlo y compactarlo en micro-cápsulas (tubo de PVC de 40 cm de largo por 11 cm de ancho), en donde en su base se sella con un tapón roscado y en su otro extremo con un tapón liso introducido a presión, para generar un ambiente hermético y anaeróbico. El material empacado en las 3 micro-cápsulas se dejó en reposo durante 15 días, donde luego se sacó el forraje amonificado y se expuso al aire por 24 h. Se realizó análisis de laboratorio y se determinó MS, PC, HCEL, CEL, LIG y SIL.

5.3. Obtención de muestras de maíz integral ensilado (MFE)

Las Plantas de maíz integral en punto de cosecha, que se sometieron al proceso de ensilaje en silo-bolsa, fueron empacadas en silo-bolsas de 1,5 m de ancho y 60 m de largo; según Rodríguez (2016), el proceso fermentativo durante el ensilaje es de 21 días. Para éste estudio el maíz permaneció 30 días en la silo-bolsa, antes de ser suministrado a los animales y/o ser analizado en laboratorio. En éste caso se tomaron 8 muestras de la capa externa del silo (lugar por donde se abre el silo) a profundidad de 30 cm y se realizó una muestra compuesta, también, se muestreó la silo-bolsa de 60 m cada 10 m por ambos lados a una profundidad de 30 cm para posteriormente hacer una muestra compuesta. De la muestra compuesta se obtuvieron tres muestras de 2 kg, éstas se enviaron a laboratorio y se determinó MS, PC, HCEL, CEL, LIG y SIL.

5.4. Obtención de muestras de maíz ensilado y amonificado (MEA)

El maíz ensilado que se amonificó se seleccionó tomando 8 muestras de la capa externa del silo (lugar por donde se abre el silo) a profundidad de 30 cm y se realizó una muestra compuesta, también, se muestreó la silo-bolsa de 60 m cada diez metros por ambos lados a una profundidad de 30 cm para posteriormente hacer una muestra compuesta, que se dividió en 3 muestras que fueron amonificadas bajo el siguiente proceso: Se extendió un plástico sobre una superficie seca y limpia, sobre el plástico se extendió una capa delgada de plantas de maíz integral picadas de 10 kg, se molieron y regaron 300 g de frijol canavalia variedad canavalia 48, sobre la planta de maíz integral picada, de una manera homogénea y se revolviaron. Se disolvieron 300 g de urea en cinco litros de agua hasta el punto de dilución y con una regadera se rociaron en forma pareja la dilución agua-urea sobre la mezcla de planta de maíz integral picada y mezclada con frijol canavalia molido, se revolvió la mezcla que fue rociada. Para luego recoger el material para empacarlo y compactarlo en micro-cápsulas (tubo de PVC de 40 cm de largo y 11 cm de ancho), en donde en su base se sella con un tapón roscado y en su otro extremo con un tapón liso introducido a presión, para generar un ambiente hermético y anaeróbico. El material empacado en las 3 micro-cápsulas se dejó en reposo durante 15 días, donde luego se sacó el forraje amonificado y se expuso al aire por 24 h, se enviaron las muestras al laboratorio y se determinó MS, PC, MS, PC, HCEL, CEL, LIG y SIL.

5.5. Estructura de costos

Para el análisis de costos de los procesos tecnológicos evaluados (maíz integral, ensilaje, amonificación y ensilaje más amonificación), se utilizó estadística descriptiva, gráficas e indicadores como cantidad de proteína, fibra detergente neutro y materia seca producida por hectárea.

5.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de los resultados de laboratorio fueron procesados por medio de un análisis completamente al azar mediante el PROC GLM del Software estadístico SAS. Con el fin de establecer diferencias estadísticamente significativas, se compararon cada una de las variables analizadas (MS, PC, FDN, FDA, HCEL, CEL, LIG y SIL) para las medias de los tratamientos; maíz fresco (MF), maíz fresco amonificado (MFA) maíz fresco ensilado (MFE) y maíz ensilado y amonificado (MEA) utilizando la prueba de medias de Tukey.

6. Resultados y discusión

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

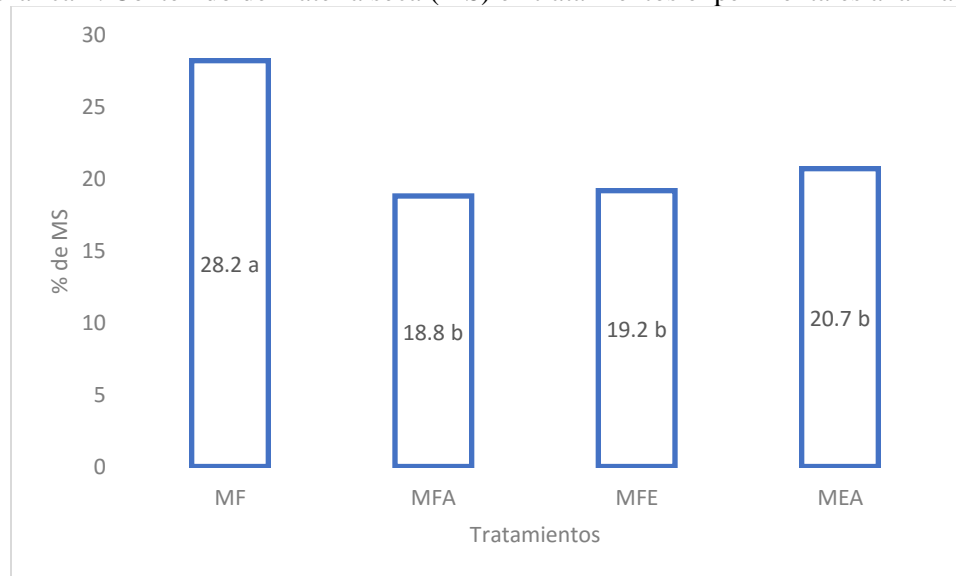
MF = Maíz fresco. MA = Maíz fresco amonificado. ME = Maíz fresco ensilado. MEA = Maíz ensilado y amonificado.

p = Significancia de los tratamientos evaluados sobre cada variable respuesta

Promedios con letras igual no presentaron diferencias estadísticamente significativas

6.1. Materia Seca (MS)

Grafica 1. Contenido de materia seca (MS) en tratamientos experimentales analizados



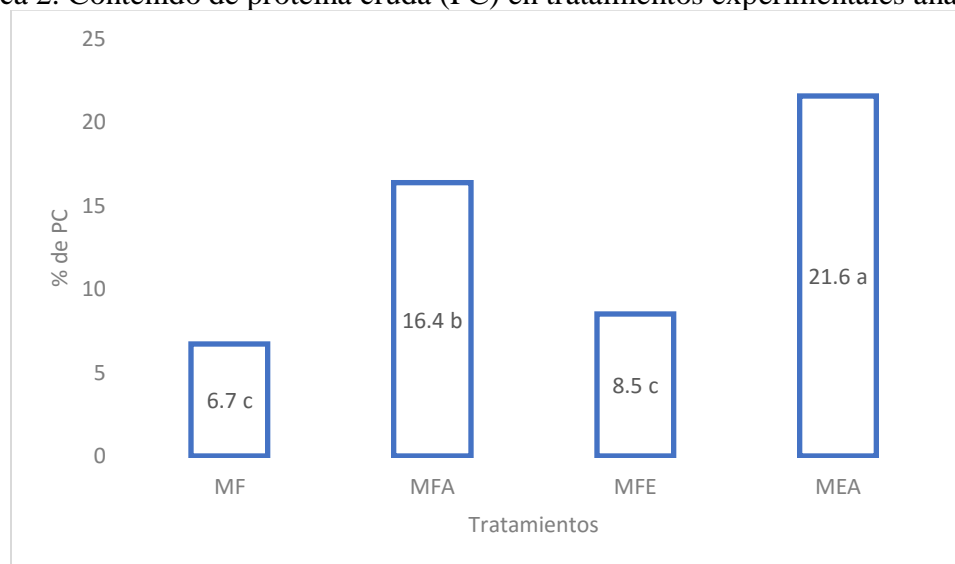
Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La gráfica 1, muestra el contenido de MS de los tratamientos experimentales analizados en la presente investigación; reportes previos de Villa et al (2010) muestran contenidos similares a los reportados en el presente estudio. En esta investigación, 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. Estos resultados son superiores a los reportados por Orama & vivas (2007) quienes

trabajando con semillas Pioneer 3041 reportaron valores promedio de MS en MF de 17,1. De tal manera, 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)

6.2. 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 gráfica 2, indica el contenido de PC en los tratamientos experimentales analizados. 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. 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 la presente investigación, los tratamientos MFA y MEA fueron estadísticamente superiores a los tratamientos MF y MFE, 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). 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). Los forrajes

amonificados en este estudio fueron de 1,9 a 3,2 veces superiores al ser comparados con los no amonificados, 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 a los obtenidos en esta investigación, 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. En las tablas 2, 3, 4 y 5 se presenta la estructura de costos de cada tratamiento.

Tabla 2. Establecimiento y cosecha de 1HA del tratamiento de **maíz fresco (MF)**

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor unidad	Valor total
Análisis de suelos	Análisis	1	\$14.000	\$14.000
Preparación del terreno	Horas maquina	6	\$60.000	\$360.000
Enmiendas y correctivos				
Cal	Toneladas	2,5	\$240.000	\$600.000
Gallinaza	Toneladas	3	\$240.000	\$720.000
Siembra	Horas maquina	1,5	\$80.000	\$120.000
Semilla certificada	Bolsa/ha	1	\$497.000	\$497.000
Maquina	Horas maquina		\$60.000	\$0
Jornales	Jornal	0,25	\$45.000	\$11.250
Control de malezas predio	Sellante	0	\$22.500	\$0
	Atrazina	2	\$8.000	\$16.000
Fertilización – siembra	Fosfato di-amónico	1	\$98.000	\$98.000
	Kieserita	1	\$85.000	\$85.000
	Menores	1	\$85.000	\$85.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Fertilización - postsiembra	Urea	1,5	\$68.000	\$102.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Control gusano 1	N/A	0	\$40.000	\$0
Control gusano 2	N/A	0	\$100.000	\$0
Control gusano 3	N/A	0	\$100.000	\$0
Control de malezas	Glifosato	3	\$18.000	\$54.000
	Jornales	3	\$45.000	\$135.000
Foliar	jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Foliar 2	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar 2	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Fertilización 3	Urea	1	\$68.000	\$68.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Cosecha	Horas maquina	13,5	\$60.000	\$810.000

	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
Bromatológicos	Análisis	1	\$16.000	\$16.000
Administración / asistencia	Global	1	\$140.000	\$140.000
Costo total				\$4.497.250
Producción toneladas forraje verde/ha		30		
Costos de producción /kg				\$149,91

La tabla 2, muestra los costos de establecimiento y cosecha de una hectárea de maíz integral de 80 días de edad. El costo de producción en pesos colombianos (Col\$) para el tratamiento de MF/kg fue de Col\$149,91; lo cual indica que para el tratamiento MF por cada kilogramo de maíz integral hay 67 g de PC. Por lo tanto, para producir 1kg de PC se necesitan 14,92 kg de maíz integral y éstos tienen un costo de producción de Col\$2.237,46.

Tabla 3. Establecimiento, cosecha y amonificación de 1HA-**maíz amonificado (MA)**

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Análisis de suelos	Análisis	1	\$14.000	\$14.000
Preparación del terreno	Horas maquina	6	\$60.000	\$360.000
Enmiendas y correctivos				
Cal	Toneladas	2,5	\$240.000	\$600.000
Gallinaza	Toneladas	3	\$240.000	\$720.000
Siembra	Horas maquina	1,5	\$80.000	\$120.000
Semilla certificada	Bolsa/ha	1	\$497.000	\$497.000
Maquina	Horas maquina		\$60.000	\$0
Jornales	Jornal	0,25	\$45.000	\$11.250
Control de malezas predio	Sellante	0	\$22.500	\$0
	Atrazina	2	\$8.000	\$16.000
Fertilización - siembra	Fosfato diamónico	1	\$98.000	\$98.000
	Kieserita	1	\$85.000	\$85.000
	Menores	1	\$85.000	\$85.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Fertilización - postsiembra	Urea	1,5	\$68.000	\$102.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Control gusano 1	Lannate	0	\$40.000	\$0
Control gusano 2		0	\$100.000	\$0
Control gusano 3		0	\$100.000	\$0
Control de malezas	Glifosato	3	\$18.000	\$54.000
	Jornales	3	\$45.000	\$135.000
Foliar	jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar	Galón	2	\$20.000	\$40.000

Foliar 2	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
foliar 2	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Fertilización 3	Urea	1	\$68.000	\$68.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Cosecha	Horas maquina	13,5	\$60.000	\$810.000
	Jornales	4	\$45.000	\$180.000
Amonificación	Frijol soya (Ton)	0,9	\$1.500.000	\$1.350.000
	Urea (Ton)	0,9	\$780.000	\$702.000
	Plástico	32	\$19.000	\$608.000
Bromatológicos	Análisis	1	\$16.000	\$16.000
Administración / asistencia	Global	1	\$140.000	\$140.000
Costo total				\$7.247.250
Producción toneladas de silo de maíz/ha	30			
Costos de producción /kg				\$241,58

La tabla 3, muestra los costos de establecimiento y cosecha de una hectárea de maíz integral de 80 días de edad amonificado con 3% de urea. El costo de producción para el tratamiento de MFA/kg fue de Col\$241,58 lo cual indica que para el tratamiento MFA por cada kilogramo de maíz integral amonificado hay 164 g de PC. Por lo tanto, para producir 1kg de PC se necesitan 6,10 kg de maíz integral amonificado y éstos tienen un costo de producción de Col\$1.473,64.

Tabla 4. Establecimiento, cosecha y ensilaje de 1HA - **maíz fresco ensilado (MFE)**

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Análisis de suelos	Análisis	1	\$14.000	\$14.000
Preparación del terreno	Horas maquina	6	\$60.000	\$360.000
Enmiendas y correctivos				
Cal	Toneladas	2,5	\$240.000	\$600.000
Gallinaza	Toneladas	3	\$240.000	\$720.000
Siembra	Horas maquina	1,5	\$80.000	\$120.000
Semilla certificada	Bolsa/ha	1	\$497.000	\$497.000
Maquina	Horas Maquina		\$60.000	\$0
Jornales	Jornal	0,25	\$45.000	\$11.250
Control de malezas predio	Sellante	0	\$22.500	\$0
	Atrazina	2	\$8.000	\$16.000
Fertilización - siembra	Fosfato diamónico	1	\$98.000	\$98.000
	Kieserita	1	\$85.000	\$85.000
	Menores	1	\$85.000	\$85.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Fertilización - postsiembra	Urea	1,5	\$68.000	\$102.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000

Control gusano 1	Lannate	0	\$40.000	\$0
Control gusano 2		0	\$100.000	\$0
Control gusano 3		0	\$100.000	\$0
Control de malezas	Glifosato	3	\$18.000	\$54.000
	Jornales	3	\$45.000	\$135.000
Foliar	jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Foliar 2	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar 2	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Fertilización 3	Urea	1	\$68.000	\$68.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Cosecha	Horas Maquina	27	\$60.000	\$1.620.000
	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
	Bolsa 60 m	0,5	\$715.000	\$357.500
	Xilol	0,5	\$150.000	\$75.000
	Bolsas	600	\$850	\$510.000
	Jornales	10	\$45.000	\$450.000
	Cabuya	1	\$10.000	\$10.000
Bromatológicos	Análisis	1	\$16.000	\$16.000
Administración / asistencia	Global	1	\$140.000	\$140.000
Costo total				\$6.709.750
Producción toneladas de silo de maíz/ha		30		
Costos de producción /kg				\$223,66

La tabla 4, muestra los costos de establecimiento, cosecha y ensilaje de maíz integral; el maíz se cosecho a los 80 días de edad y el ensilaje fue de 30 días. El costo de producción para el tratamiento de MFE/kg fue de Col\$223,66 lo cual indica que para el tratamiento MFE por cada kilogramo de maíz ensilado hay 85 g de PC. Por lo tanto, para producir 1 kg de PC se necesitan 11,76 kg de maíz integral ensilado y éstos tienen un costo de producción de Col\$2.631,29.

Tabla 5. Establecimiento, cosecha, **ensilaje y amonificación de 1HA - (MEA)**

Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Análisis de suelo	Análisis	1	\$14.000	\$14.000
Preparación del terreno	Horas maquina	6	\$60.000	\$360.000
Enmiendas y correctivos				
Cal	Toneladas	2,5	\$240.000	\$600.000
Gallinaza	Toneladas	3	\$240.000	\$720.000
Siembra	Horas maquina	1,5	\$80.000	\$120.000
Semilla Certificada	Bolsa/ha	1	\$497.000	\$497.000
Maquina	Horas maquina		\$60.000	\$0
Jornales	Jornal	0,25	\$45.000	\$11.250
Control de malezas predio	Sellante	0	\$22.500	\$0

	Atrazina	2	\$8.000	\$16.000
Fertilización - siembra	Fosfato diamónico	1	\$98.000	\$98.000
	Kieserita	1	\$85.000	\$85.000
	Menores	1	\$85.000	\$85.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Fertilización - postsiembra	Urea	1,5	\$68.000	\$102.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Control Gusano 1	Lannate	0	\$40.000	\$0
Control Gusano 2		0	\$100.000	\$0
Control Gusano 3		0	\$100.000	\$0
Control de malezas	Glifosato	3	\$18.000	\$54.000
	Jornales	3	\$45.000	\$135.000
Foliar	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Foliar 2	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
Foliar 2	Galón	2	\$20.000	\$40.000
Fertilización 3	Urea	1	\$68.000	\$68.000
	Cloruro de potasio	1	\$72.000	\$72.000
Cosecha	Horas maquina	27	\$60.000	\$1.620.000
	Jornales	2	\$45.000	\$90.000
	Bolsa 60 m	0,5	\$715.000	\$357.500
	Xilol	0,5	\$150.000	\$75.000
	Bolsas	600	\$850	\$510.000
	Jornales	10	\$45.000	\$450.000
	Cabuya	1	\$10.000	\$10.000
Amonificación	Frijol soya	0,9	\$1.500.000	\$1.350.000
	Urea	0,9	\$780.000	\$702.000
	Plástico	32	\$19.000	\$608.000
Bromatológicos	Análisis	1	\$16.000	\$16.000
Administración / asistencia	Global	1	\$140.000	\$140.000
Costo total				\$9.369.750
Producción toneladas de silo de maíz/ha		30		
Costos de producción /kg				\$312,33

La tabla 5, muestra los costos de establecimiento y cosecha de maíz integral ensilado y posteriormente amonificado; el maíz fue cosechado a los 80 días de edad, el ensilaje fue de 30 días y posteriormente se amonificó por 15 días con urea al 3%. El costo de producción para el tratamiento de MEA/kg fue de Col\$312,33 lo cual indica que para el tratamiento MEA por cada kilogramo de maíz integral ensilado y posteriormente amonificado hay 216 g de PC. Por lo tanto, para producir 1 kg de PC se necesitan 4,63 kg de maíz integral ensilado y posteriormente amonificado y éstos tienen un costo de producción de Col\$1.445,97.

En la tabla 6, se muestra en resumen los costos de producción de cada uno de los tratamientos basados en la producción de 1 kg de PC.

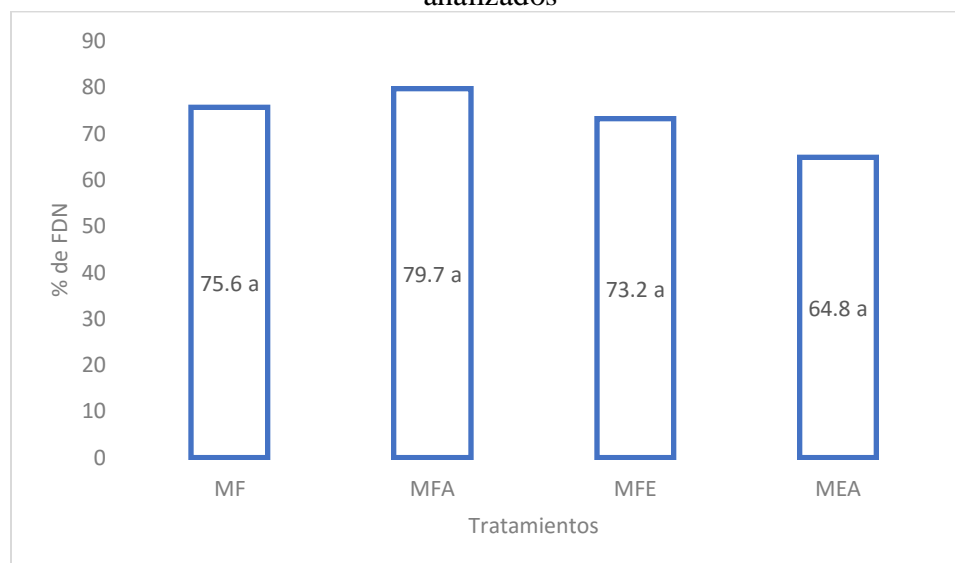
Tabla 6. Tabla resumen de costos de producción de 1 kg de PC

Tratamientos	Costo de producción (Col\$/kg)	PC (%)
MF	\$2.237,46	6,70 ^C
MFA	\$1.473,64	16,4 ^B
MFE	\$2.631,29	8,50 ^C
MEA	\$1.445,97	21,6 ^A

La tabla 6, correlaciona el costo de producción de un kilogramo de PC, con la cantidad porcentual de PC de cada tratamiento investigado. El tratamiento MFE es el que requiere mayor inversión monetaria por kilogramo de proteína producido, ya que, la finalidad de la producción de ensilaje es almacenar y conservar forrajes para un uso posterior, con una pérdida mínima de cualidades nutricionales. En Tame, Arauca donde se realizó la investigación uno de los concentrados más vendidos para ceba (engorde) de machos tiene 14% de PC, el concentrado tiene un valor en el mercado de Col\$36.000, el costo por kilogramo de PC del concentrado es de Col\$6.428. Consecuentemente, en cuanto a nivel proteico se refiere, resulta mejor suplementar el ganado con MFA y MEA, que con MF, MFE y que con el concentrado más utilizado en la zona.

6.3. Fibra detergente neutro (FDN)

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



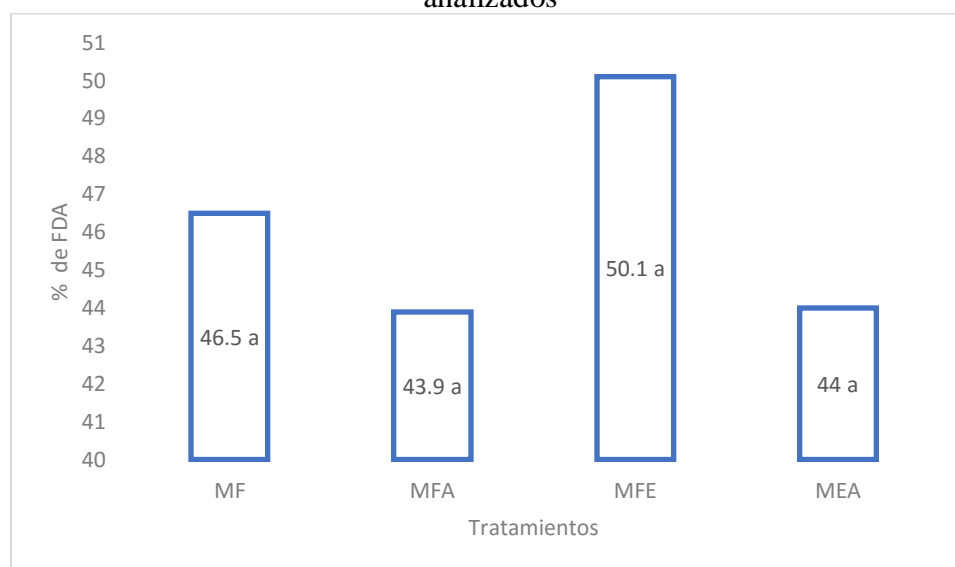
Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

En el grafico 3, indica el porcentaje de FDN en los tratamientos experimentales analizados. 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. Entre los tratamientos investigados no se presentaron diferencias estadísticas significativas de FDN, por lo tanto, se puede inferir que el nivel del forraje de maíz fresco que se cosechó, 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.

6.4. Fibra Detergente Ácido (FDA)

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

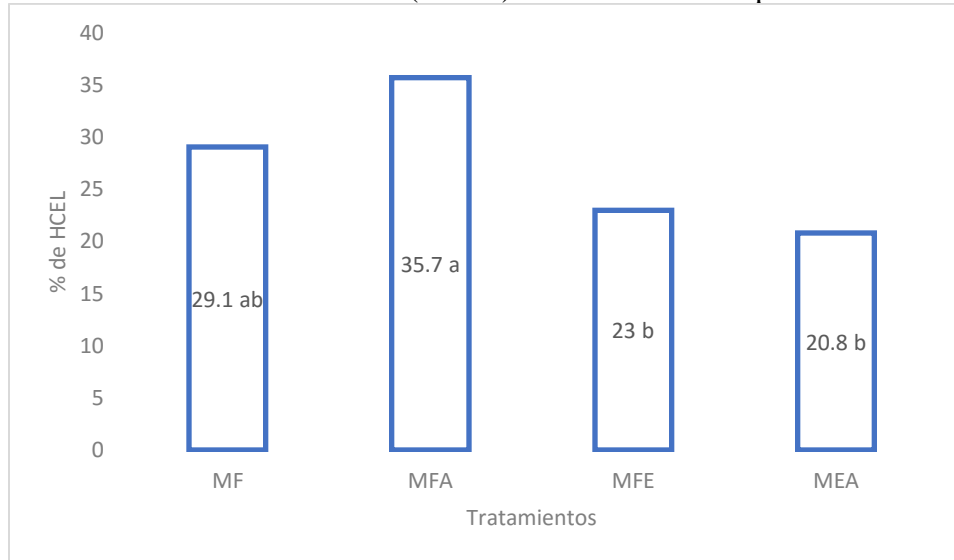


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La gráfica 4, muestra el porcentaje de FDA para cada uno de los tratamientos analizados. 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 desligue de la lignina de los demás carbohidratos no estructurales cuando el forraje tiene bajo contenido de MS o lignina, ya que, ambas están correlacionadas. Entre los tratamientos investigados no se presentaron diferencias estadísticas significativas, 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 pudo comprobar estadísticamente si la digestibilidad mejora o no mediante los diferentes procesos tecnológicos realizados en cada uno de los tratamientos

6.5. Hemicelulosa (HCEL)

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

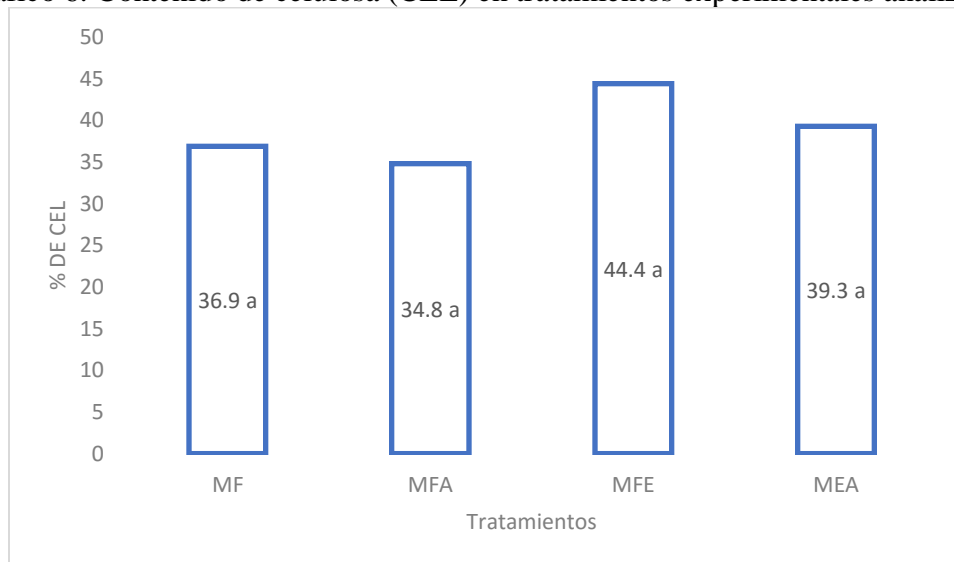


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La grafica 5, muestra la cantidad porcentual de HCEL de cada tratamiento e indica que hubo diferencias estadísticamente significativas del tratamiento MFA 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).

6.6. Celulosa (CEL)

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

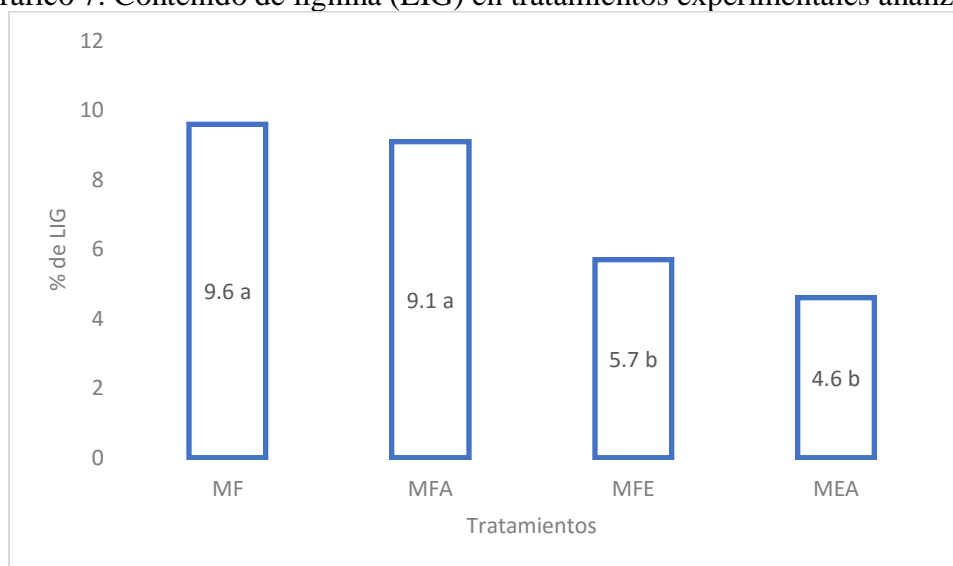


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La grafica 6, indica el porcentaje de CEL de cada tratamiento y muestra que 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).

6.7. Lignina (LIG)

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

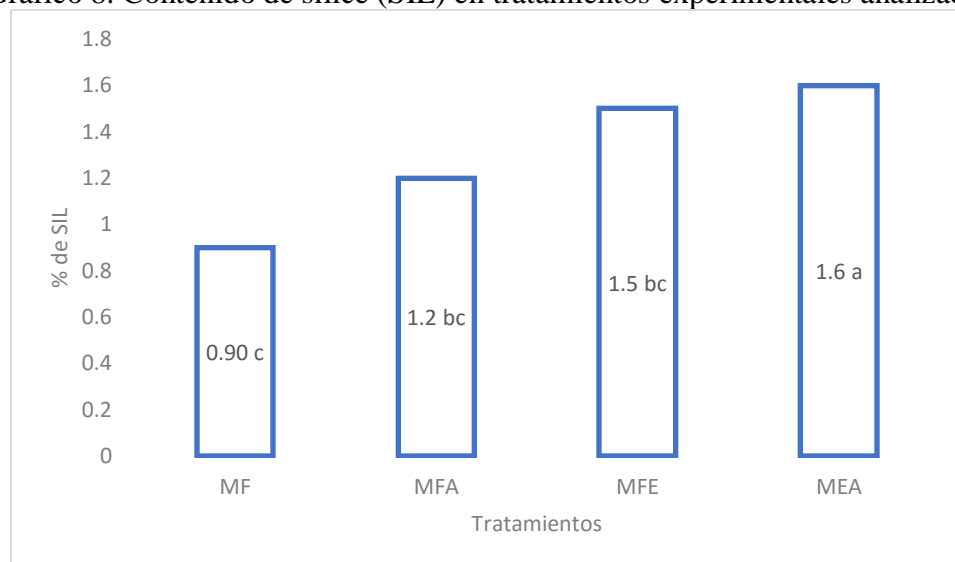


Promedios con letras diferentes no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p < 0,001$)

La grafica 7, muestra la cantidad porcentual de LIG de cada tratamiento e indica que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos MF y MFA con respecto a MFE y MEA, donde MEA es el tratamiento que menor cantidad porcentual de LIG contiene, 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.

6.8. Sílice (SIL)

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



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

La grafica 8, muestra la cantidad porcentual de SIL e indica que hubo diferencias significativas entre tratamientos, donde 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.

6.9. 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 7. Comparación de calidad de suelo

Muestra suelo	Tipo de semilla hibrida de maíz	Textura al tacto	MO %	P ppm	Ca Cationes meq/100g suelo	Mg	K	Al
Oramas & 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

*F = franco.

De la tabla 7, se puede determinar que entre más alto sea el porcentaje de MO en el suelo, la cantidad de macro-nutrientes y micro-nutrientes será mayor. Cuando lo 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, 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 8.

Tabla 8. Comparación de la calidad nutricional de ensilajes de maíz

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

En la tabla 8, se muestra la calidad nutricional de ensilajes reportada por diferentes autores, donde midieron la calidad del ensilaje por medio de la cantidad porcentual de: MS, PC, FDN, FDA, HCEL, CEL, LIG y SIL 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, enclamiento 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

7. Conclusiones

- Amonificar incrementa el porcentaje de PC de 2 a 3 veces, desliga el anclaje que hay entre la lignina y los demás carbohidratos estructurales y reduce los costos de producción de PC de 34% a 35% frente a los forrajes frescos, de 44% a 45% frente a forrajes ensilados y 77% frente a concentrados para engorde de ganado bovino.
- El proceso de ensilaje afectó significativamente el contenido de MS, PC, HCEL 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 FDN y 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 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 no afectó significativamente el contenido de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido 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.
- 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.

8. Recomendaciones

- Complementar el presente estudio con análisis de 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 les suministra en la dieta forrajes amonificados.
- Establecer un parámetro de cosecha para maíz, compuesto por: porcentaje de MS y llenado de grano, con el objetivo de, cosechar en punto óptimo.
- Complementar el presente estudio con análisis de días de siembra hasta cosecha del maíz contra temperatura y metros sobre el nivel del mar, con la finalidad de, estimar la variación en días del ciclo del cultivo según aumento o disminución de temperatura y altura sobre el nivel del mar.
- Realizar análisis de producción forrajera del cultivo de maíz contra textura del suelo según la temporada climática (seca y lluviosa), para, determinar qué tipo de textura de suelo favorece o no la productividad del cultivo de maíz según la precipitación.

9. Glosario

-Materia seca (MS)= Porción del forraje que no contiene agua.

-Proteína cruda (PC)= Nitrógeno total multiplicado por el factor de 6,25.

-Fibra detergente neutro (FDN)= Estimación de contenido de carbohidratos estructurales en un forraje (celulosa + hemicelulosa + lignina). Correlacionada inversamente con el consumo.

-Fibra detergente ácido (FDA)= estimación de los carbohidratos estructurales en un forraje (celulosa + lignina) correlacionada inversamente con la digestibilidad.

-Hemicelulosa (HCEL)= Polisacárido formado por un conjunto heterogéneo de polisacáridos en éste caso específicos unidos por un tipo de monosacárido por un enlace β (1-4) y hace parte de los carbohidratos no estructurales.

-Celulosa (CEL)= Sustancia que constituye la membrana celular de los vegetales y hace parte de los carbohidratos no estructurales.

-Lignina (LIG)= Sustancia que hace parte de la pared celular, se encuentra dentro de los carbohidratos no estructurales y a medida que las plantas envejecen aumenta.

-Nutrientes digestibles totales (NDT)= Método que valora energéticamente los forrajes.

-Nitrógeno no proteico (NNP)= compuestos con contenido de nitrógeno que pueden ser convertidos en proteína por los microorganismos.

-Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)= Determina el aprovechamiento de un alimento o la facilidad con que éste convertido en sustancias aprovechables para la nutrición, con base en la materia seca de un forraje.

-Materia orgánica (MO)= Componente principal para la formación de suelo y producción de macro-nutrientes y micro-nutrientes de éste. Es transformada por microorganismos, lombrices e insectos.

10. Bibliografía

- 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>
- 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&sqi=2&ved=0ahUKewjH0M2E6brPAhXJ8x4KHTtDDiQQ6AEIIDAB#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>
- 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
- 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\(Cómo%20diseñar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(Cómo%20diseñar%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>
- 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/determinacion-de-materia-seca-con-horno-microondas.pdf>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- Oramas, C., Vivas, N. (2007). Evaluación de dos híbridos y una variedad de maíz (*Zea mays*) en monocultivo y en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris*) para silo. Unicauca. Recuperado de <http://revistabiotechnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotechnologia/article/viewFile/51/38>
- 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
- Pinheriro, 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>

- 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.
- 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., Castilo., 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>
- Laredo, M., Anzola, H., & Cuesta, A. (1990). Efecto 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
- Saavedra, C., Omaña, M., Panadero, A., & Suárez, A. (2013). Evaluación de la amonificación de residuos de cosecha de *Zea mays* 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
- 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.ncresearchpress.com/doi/pdfplus/10.4141/cjas79-050>
- 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 Wisconsin. Recuperado de <http://fyi.uwex.edu/forage/files/2014/01/NH3silage.pdf>
- 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
- 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. Phytón. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572015000200003
- Zhishan, Z., & Quiaojuan, Y. (2002). Ammoniation of crop residues. FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/y1936e/y1936e07.htm>