

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA MIEL DE CAÑA DE MAÍZ (*Zea Mays L.*) EN
DIFERENTES ZONAS DE VIDA DE LA PROVINCIA DEL SUMAPÁZ**

**MARÍA FERNANDA RODRÍGUEZ MOLINA
CÓDIGO: 150214235**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2019**

**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA MIEL DE CAÑA DE MAÍZ (*Zea Mays L.*) EN
DIFERENTES ZONAS DE VIDA DE LA PROVINCIA DEL SUMAPÁZ**

**MARÍA FERNANDA RODRÍGUEZ MOLINA
CÓDIGO: 150214235**

**Proyecto de grado opción investigación para optar por el título de
ZOOTECNISTA**

**Director
DAVID ESTEBAN CONTRERAS MÁRQUEZ
MVZ, MSc y Dr. en Zootecnia
Énfasis en Nutrición y Producción de Rumiantes**

**Codirectora
NATALIA ESCOBAR ESCOBAR
B. Sc., Ph.D., MSc., Esp**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2019**

Tabla de contenido

1. Introducción.....	14
2. Planteamiento del problema.....	15
3. Justificación.....	15
4. Objetivos.....	16
4.1. Objetivo general:.....	16
4.2. Objetivos específicos:.....	16
5. Marco teórico.....	16
5.1. Maíz.....	16
5.1.1. Generalidades del cultivo.....	16
5.1.2. Aspectos morfológicos del maíz.....	17
5.1.3. Clasificación taxonómica.....	17
5.1.4. Usos.....	18
5.1.5. Rastrojo del cultivo de maíz.....	19
5.2. Clasificación climática de Holdridge.....	20
Tabla 1. Clasificación climática de Holdridge.....	20
5.2.1. Bosque húmedo montano bajo (bh-MB):.....	20
5.2.2. Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB):.....	21
5.2.3. Bosque húmedo premontano (bh-PM):.....	21
5.3. Producción artesanal.....	21
5.4. Melaza de caña.....	21
5.4.1. Clasificación de la melaza de caña.....	22
5.4.2. Composición química de la melaza de caña.....	22
Tabla 2. Composición química de la melaza de caña.....	22
5.4.3. Azúcares.....	24
5.4.4. Vitaminas.....	24
5.4.5. Importancia y usos.....	24
5.5. Carbohidratos en la alimentación de rumiantes.....	24
5.5.1. Carbohidratos no estructurales.....	25
Figura 1. Producción de ácidos grasos volátiles.....	25
5.6. Balance energético negativo.....	26

Figura 2. Hormonas pancreáticas y su relación con el metabolismo de carbohidratos.....	28
6. Requerimientos nutricionales.....	28
6.1. Energía.....	28
6.1.1. Energía bruta (EB).....	29
6.1.2. Energía digestible (ED).....	29
6.1.3. Energía metabolizable (EM).....	30
6.1.4. Energía neta (EN).....	30
6.2. Requerimiento de mantenimiento.....	30
6.2.1. Requerimientos de producción.....	31
6.2.2. Crecimiento y aumento de peso.....	31
6.2.3. Reproducción.....	31
6.2.4. Gestación.....	31
6.2.5. Lactancia.....	32
7. Rentabilidad financiera.....	32
7.1.1. ¿Qué son costos?.....	32
7.1.2. Clasificación de costos.....	33
7.1.2.1. Costos fijos:.....	33
7.1.2.2. Costos variables:.....	33
7.1.2.3. Costo Total:.....	33
7.1.3. Margen de contribución.....	33
7.1.4. Punto de equilibrio.....	33
7.1.5. Valor actual neto (VAN).....	33
7.1.6. Tasa interna de retorno (TIR).....	33
7.1.7. Relación costo beneficio.....	34
8. Materiales y métodos.....	34
8.1. Localización.....	34
Figura 3. Ubicación geográfica nacional de las propiedades utilizadas para el desarrollo de la investigación en tres zonas de vida de la región del Sumapáz.....	35
8.2. Colectas y arreglo experimental.....	35
Tabla 3. Arreglo experimental.....	35
8.3. Procedimientos experimentales y toma de muestras.....	36
8.3.1. Almacenamiento y selección.....	37
8.3.2. Limpieza.....	37

Tabla 4. Descripción de fincas por zona de vida.....	38
8.3.3. Preparación y extracción de jugo.....	39
8.3.4. Filtración.....	39
8.3.5. Clarificación.....	39
8.3.6. Evaporación y concentración.....	39
8.3.7. Enfriado envasado y almacenado.....	39
Figura 4. Diagrama de procesos para la elaboración de miel de caña de maíz.....	40
8.4. Rendimiento de la miel de caña de maíz.....	41
8.5.1. Longitud del tallo:.....	41
8.5.2. Peso del tallo:.....	41
8.5.3. Número de hojas:.....	41
8.5.4. Rendimiento de jugo:.....	41
8.5.5. Rendimiento de miel:.....	41
8.5.6. Grado brix:.....	42
8.5.7. pH:.....	42
8.6. Concentración de glucosa y el potencial efecto en la alimentación de rumiantes a partir de una revisión sistemática.....	42
Tabla 5.Procedimiento para concentración de glucosa.....	42
8.6.1. Energía metabolizable:.....	43
8.7. Hipótesis.....	43
8.7.1. Ho:.....	43
8.8. Análisis estadístico.....	44
8.9. Rentabilidad de residuos de cosecha.....	44
8.9.1. Margen de contribución unitario (MCU):.....	44
8.9.2. Punto de equilibrio (PE):.....	44
8.9.3. Valor actual neto (VAC):.....	45
8.9.4. Tasa Interna de retorno (TIR):.....	45
8.9.5. Relación costo beneficio (RBC):.....	45
9. Resultados y discusión.....	46
9.5. Rendimiento de la miel de caña de maíz.....	46
9.5.1. Peso de tallo.....	46
Tabla 6. Valores para rendimiento de miel de caña de maíz cultivado en diferentes zonas de vida y estados de productividad fenológica.....	47

Figura 5. Interacción Zonas de vida vs Colecta para peso del tallo.....	48
9.5.2. Longitud del tallo.....	48
Figura 6. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Longitud del tallo.....	49
9.5.3. Rendimiento de jugo.....	49
Figura 7. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Rendimiento de jugo.....	50
9.5.4. Rendimiento de miel.....	50
Figura 8. Interacción Zonas de vida vs Colecta para rendimiento de miel.....	51
Figura 9. Días de colecta para número de hojas.....	52
9.6. Concentración de glucosa y el potencial efecto en rumiantes.....	52
Figura 10. Zonas de vida para glucosa.....	53
Tabla 7. Composición química proximal de la miel de caña de maíz.....	54
9.7. Rentabilidad financiera.....	55
Figura 11. Punto de equilibrio para miel de caña de maíz.....	61
10. Conclusiones.....	64
11. Recomendaciones.....	65
12. Referencias.....	65

Lista de tablas.

Tabla 1. Clasificación climática de Holdridge.....	20
Tabla 2. Composición química de la melaza de caña.....	22
Tabla 3. Arreglo experimental.....	35
Tabla 4. Descripción de fincas por zona de vida.....	38
Tabla 5. Procedimiento para concentración de glucosa.....	42
Tabla 6. Valores para rendimiento de miel de caña de maíz cultivado en diferentes zonas de vida y estados de productividad fenológica.....	47
Tabla 7. Composición química proximal de la miel de caña de maíz.....	54
Tabla 8. Inversiones del proyecto.....	57
Tabla 9. Amortización del crédito Finca “El vergel” (ALTO).....	58
Tabla 10. Amortización del crédito Finca “El remanso” (MEDIO).....	59
Tabla 11. Amortización del crédito Granja “La esperanza” (BAJO).....	60
Tabla 12. TIR, VAN, RBC. Zona de vida ALTO.....	63

Lista de figuras

Figura 1. Producción de ácidos grasos volátiles.....	25
Figura 2. Hormonas pancreáticas y su relación con el metabolismo de carbohidratos.....	28
Figura 3. Ubicación geográfica nacional de las propiedades utilizadas para el desarrollo de la investigación en tres zonas de vida de la región del Sumapáz.	35
Figura 4. Diagrama de procesos para la elaboración de miel de caña de maíz.....	40
Figura 5. Interacción Zonas de vida vs Colecta para peso del tallo.....	48
Figura 6. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Longitud del tallo.....	49
Figura 7. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Rendimiento de jugo.....	50
Figura 8. Interacción Zonas de vida vs Colecta para rendimiento de miel.....	51
Figura 9. Días de colecta para número de hojas.....	52
Figura 10. Zonas de vida para glucosa.....	53
Figura 11. Punto de equilibrio para miel de caña de maíz.....	61

Lista de imágenes.

Imagen 1. Planta de maíz (Zea Mays L.) Fuente: Adaptado de Plessis (2003)..... 18

Imagen 2. Prueba de glucosa-oxidasa.....43

DEDICATORIA

A Dios que con su sabiduría supo guiarme para tomar las decisiones durante todo este camino, a mi mamá que es el ser más lindo que conozco quién con su comprensión y ayuda se pudo lograr, a mi padre por sus consejos y ejemplo ha sabido llevarme por un camino de bien sin dejarme desfallecer y a mis hermanas que siempre han estado, a mi abuelita que con su gran fe me ha motivado a realizar las cosas y a mis sobrinas donde espero continuar acompañándolas en cada paso que den y darles un buen ejemplo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por cada una de las bendiciones recibidas y por llevarme de su mano en cada paso de mi vida. A mi familia nuevamente por sus consejos, comprensión, paciencia y voz de aliento, sin ellos no hubiera podido culminar.

A la Universidad y al grupo Área verde quienes me dieron la oportunidad de realizar este trabajo. A la profesora Natalia que más que una docente es un gran ser humano que me dio la oportunidad de ingresar al semillero y aprender muchas cosas tanto académicas y como persona, y fue mi guía en este proceso, también por su paciencia, motivación y sobre todo disciplina, ha sido una gran inspiración para muchos estudiantes donde me incluyo, estas palabras son cortas para todo lo que le debo, mil gracias.

Al profesor David Contreras por haber sido un excelente director y una luzcita en este camino, gracias a su preparación y conocimiento.

Al profe Edwin Correa y Mario Bernal por su contribución en el desarrollo de este trabajo y en general a los docentes del programa que con sus conocimientos y experiencias han contribuido para mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos de carrera, Stefania Patiño Escobar, por ser mi compinche y paño de lágrimas, por escucharme y apoyarme, Ivanchito por su gran nobleza y apoyo y Andrés Chacón por acompañarme en este proceso, Alejandra, Ingrid, Manuel, Juya, Moralitos, Nathalia y todos aquellos que de una u otra parte hicieron parte de este proceso.

Al factor humano de la Universidad de Cundinamarca, principalmente Erika y Sergio Andrés, infinitas gracias por su apoyo, fueron una gran ayuda en la elaboración de este trabajo, a los productores que permitieron la siembra y cosecha, probablemente se me escaparon muchas personas, pero estoy agradecida de que hayan hecho parte de este importante paso, ¡se merecen grandes cosas!

Resumen

El cultivo de maíz es uno de los cultivos más importantes en Colombia, debido a que puede utilizarse para la alimentación humana, animal y como fuente de productos industriales, sin embargo, los residuos de cosecha han sido subvalorados, siendo principalmente incinerados y en ocasiones, vertidos en aguas residuales, debido al desconocimiento de subproductos generados como la miel de caña de maíz. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el rendimiento de la miel de caña de maíz (*Zea Mays L.*) en diferentes zonas de vida, ALTO (bosque húmedo montano bajo (bh-MB)), MEDIO (bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)) y BAJO (bosque húmedo premontano (bh-PM)) de la Provincia del Sumapáz. Se recolectaron 63 plantas de maíz por día de colecta a los 76, 115 y 140 días de crecimiento, para un total de 189 plantas en donde se extrajo el jugo de la caña en un tornillo sin fin. El jugo fue pasado por procesos como filtración, clarificación, evaporación-concentración, enfriado, envasado y almacenado. De la melaza obtenida fue determinado el rendimiento, concentración de glucosa, grados brix y energía metabolizable mediante una revisión bibliográfica. Para la rentabilidad de residuos de cosecha se evaluó mediante el punto de equilibrio (PE), margen de contribución (MCU), tasa Interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y relación costo beneficio (RBC). Los resultados se evaluaron mediante arreglo en bloques completamente al azar y luego fueron sometidos a análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo con $\alpha=0,05$, además de la prueba Tukey. Los datos fueron procesados utilizando el PROC MIXED de software SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA). Para las variables peso de tallo, longitud de tallo, rendimiento de jugo y rendimiento de miel se observó efecto de interacción ($P < 0,001$) entre tratamiento y días de colecta. Mayor número de hojas fue observado al día 76 ($P = 0,001$). Mayor concentración de glucosa fue encontrada para el tratamiento BAJO (bh-PM) ($P = 0,007$). La rentabilidad de obtención de miel de caña fue superior para el tratamiento ALTO (bh-MB) ($RBC > 1$). Esta obtención de miel otorga valor agregado a la cadena productiva del maíz, gracias a la obtención de subproductos adicionales como: Miel de caña, cachaza/melote y utilización de los residuos para procesos de conservación para época de escasez o inclusión en fresco para la alimentación animal, mitigando la contaminación ambiental y generando conocimiento para el manejo de residuos agrícolas.

Palabras clave: Residuos, alimentación animal, miel de caña, maíz, agricultura, rumiantes.

Abstract

The most important crops in Colombia, because it can be used for human, animal and as a source of industrial products, however, crop residues have been undervalued, being mainly incinerated and occasionally, wastewater discharges, due to ignorance of by-products generated such as corn cane honey. The purpose of this work was to determine the yield of corn cane honey (*Zea Mays L.*) in different areas of life, HIGHT (low montane humid forest (bh-MB)), MEDIUM (low montane very humid forest (bmh -MB)) and LOW (premontane humid forest (bh-PM)) of the Province of Sumapáz. 63 corn plants were collected per day of collection at 76, 115 and 140 days of growth, for a total of 189 plants where the juice of the cane was extracted in an endless screw. The juice was passed through processes such as filtration, clarification, evaporation-concentration, cooled, packaged and stored. The yield, glucose concentration, brix degrees and raw energy were determined from the molasses obtained. For the profitability of crop residues, it was evaluated through the breakeven point (PE), contribution margin (MCU), Internal rate of return (IRR), net present value (NPV) and cost benefit ratio (RBC). The data were subjected to analysis of variance with repeated measures over time with $\alpha = 0.05$, in addition to the Tukey test. The data was processed using the PROC MIXED of SAS 9.4 software (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA). For the variables stem weight, stem length, juice yield and honey yield, an interaction effect ($P < 0.001$) was observed between treatment and days of collection. The highest number of leaves was observed at day 76 ($P = 0.001$). Higher glucose concentration was found for the LOW treatment (bh-PM) ($P = 0.007$). The profitability of obtaining cane honey was higher for the HIGH treatment (bh-MB) ($RBC > 1$). This honey production gives added value to the corn production chain, thanks to the obtaining of additional by-products such as: cane honey, cachaza / melote and use of waste for conservation processes during times of shortage or inclusion in fresh food animal, mitigating environmental pollution and generating knowledge for agricultural waste management.

Keywords: Waste, animal feed, cane honey, corn, agriculture, ruminants.

1. Introducción

El cultivo de maíz en Colombia representa 597.434 hectáreas de área sembrada en Colombia (AGRONET-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014), ocupando la segunda mayor extensión del área cultivada de cereales, seguido del arroz (DANE, 2017) este cultivo se clasifica según variedad (amarillo o blanco) y técnica de cultivo (tecnificado o tradicional) (Ortega, 2018) de las cuales la producción tradicional en Colombia ocupa el 85% y es un sistema productivo familiar (Millán, 2015). El maíz es utilizado para la alimentación humana y para la elaboración de concentrados utilizando principalmente el grano, destinándolo de la siguiente forma; para el grano, el 77% es manejado en la industria de alimentos balanceados para consumo animal y 23% para la industria de consumo humano (FENALCE, 2011). En el caso del forraje, es utilizado en varias etapas del crecimiento de la planta para pastoreo o ensilajes, alimentación de vacas lecheras de alta producción o sistemas intensivos de ganadería de ceba (Martinez *et al.*, 2016 & Robles *et al.*, 2018). Los residuos de cosecha como la caña se pueden utilizar como material para la elaboración de ensilaje, heno (Silvan *et al.*, 2015) y miel, esta última como opción de ingresos a los cultivadores (Correa, 2013). De forma tradicional, la melaza es proveniente de la extracción del jugo de la caña de azúcar, es un residuo líquido denso, negruzco y concentrado de azúcares que representan el 80% del contenido en materia seca (FEDNA, 2016) utilizada principalmente como fuente de energía y de minerales. Los carbohidratos presentes son de rápida fermentación y permite niveles de inclusión en la dieta animal de máximo 7.4% (FEDNA, 2016), cuando la melaza es utilizada como suplemento, vehículo para suministro de urea o como base energética de la dieta, los valores superiores pueden ocasionar problemas metabólicos como toxicidad de la melaza, acidosis ruminal y timpanismo (Senthilkumar *et al.*, 2016).

La melaza de caña en algunas regiones presenta costos elevados que dificultan su utilización en la alimentación animal; por otra parte, la planta de maíz, remanente de la colecta de maíz en grano, la mayoría de las veces no es utilizada, dejándola a nivel de potrero. La elaboración de melaza a partir del jugo de maíz presente en el remanente posterior a la colecta del grano, podría ser una alternativa energética de bajo costo para la alimentación de rumiantes.

Sin embargo, se ha reportado un trabajo de calidad de miel en diferentes estados fenológicos de la planta a una altitud de 2200 msnm (Correa, 2013) pero no se conoce con exactitud cómo afectan las condiciones climáticas de la región del Sumapáz a diferentes alturas, la morfología de la planta, el rendimiento de la miel de caña de maíz y algunos parámetros fisicoquímicos como pH, grado brix y concentración de glucosa a medida que cambió el estado fenológico. En consecuencia, el propósito de este estudio fue determinar el rendimiento de la miel de caña de maíz en diferentes zonas de vida.

2. Planteamiento del problema

El cultivo de maíz ocupa el 13% del área agrícola de los cuales el 60% son productores pequeños (hasta 10 hectáreas) y 30% medianos (hasta 30 hectáreas). El cultivo de maíz se puede producir en condiciones de sistemas avanzados de tecnología o con sistemas tradicionales de producción para el autoabastecimiento, siendo un soporte de la seguridad alimentaria (Tovar & Colonia, 2013), En Colombia se producen 1.614.981 toneladas de grano de maíz (FENALCE, 2018) donde Cundinamarca tiene una participación del 5,15% del total nacional (AGRONET-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016), teniendo así una disminución en la producción del 14,3% en el año 2017 debido a la poca rentabilidad y bajos precios de comercialización (Vanegas, 2017) siendo estos precios asociados a la salida de la cosecha nacional y los precios internacionales de maíz (FENALCE, 2018). Los residuos de cosecha son generalmente incinerados y en algunos casos en vertidos en aguas residuales, provocando contaminación ambiental (Fonseca *et al.*, 2017). Estos residuos podrían ser utilizados para la extracción de miel de caña de maíz, alternativa de ingreso para los cultivadores (Correa, 2013), ya que puede ser utilizada en la alimentación de rumiantes. Sin embargo, no es claro, el rendimiento de la miel de caña de maíz cultivado en diferentes zonas de vida y en diferentes etapas fenológicas, por ello, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Diferentes zonas de vida y estados fenológicos del maíz afectarán posiblemente el rendimiento de la miel de caña?

3. Justificación

Los residuos agrícolas pueden ser quemados directamente para la producción de energía o ser sometidos a procesos térmicos o mecánicos para la obtención de biocombustibles sólidos, como carbón vegetal (Abioye & Ani, 2015) también son vertidos en aguas residuales, provocando un riesgo para la población y contaminación del medio (Fonseca *et al.*, 2017) no obstante, son utilizados para elaboración de abonos orgánicos, subvalorando la utilización de residuos de cosecha para la alimentación de rumiantes como materias primas que aportan fibra a la dieta (rastrojo) o recursos con alta degradación ruminal como la miel de caña de maíz siendo sustituto de la melaza comercial obtenida de la caña de azúcar (Correa, 2013) la cual posee carbohidratos de rápida fermentación, por tanto, este material puede generar un valor agregado a la cadena productiva del maíz dentro de un manejo sostenible de los residuos de cosecha para los productores de la región del Sumapáz. teniendo en cuenta que, en Colombia, se producen alrededor de 71.943.813 t/año de residuos de cosecha (Peñaranda *et al.*, 2017) disponibles para su aprovechamiento. Para ello, es necesario generar alternativas tecnológicas para el manejo del maíz en los productores de la región del Sumapáz, debido a que el maíz, hace parte de los cultivos transitorios más utilizados en la región del Sumapáz ya que se adaptan a las condiciones climáticas y culturales y son una alternativa para la rotación de cultivos y para explorar nuevas variedades promisorias (Jaller, 2011).

En efecto, el aprovechamiento de residuos de cosecha del cultivo de maíz se puede utilizar como alternativa en la elección de materias primas para rumiantes, los cuales no compiten con la alimentación humana y puede contribuir a mejorar los ingresos de los cultivadores de la región del Sumapaz (Correa, 2013) ya que se pueden obtener tres productos y/o subproductos a partir de la misma planta, el grano de maíz, la miel obtenida del tallo y el bagazo como fuente de fibra efectiva.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general:

Determinar el rendimiento de la miel de caña de maíz en diferentes zonas de vida de la Provincia del Sumapaz.

4.2. Objetivos específicos:

Comparar el rendimiento de la miel de caña de maíz en diferentes estados fenológicos de la planta.

Estimar la concentración de glucosa y el potencial efecto en la alimentación de rumiantes a partir de una revisión sistemática.

Evaluar la rentabilidad del uso de residuos de cosecha del maíz para la obtención de subproductos con valor agregado.

5. Marco teórico

5.1. Maíz

5.1.1. Generalidades del cultivo

El maíz surgió entre los años 8000 y 600 A.C en Mesoamérica (Acosta, 2009). El maíz es una planta con un ciclo vegetativo de 80-200 días, de elevada longitud (hasta 4 metros de altura) con un tallo simple y erecto, es robusto y sin ramificaciones, no presenta entrenudos y presenta una médula esponjosa (Navarrete, 2018). El maíz se genera en diferentes ambientes, con una temperatura entre 24°C y 26°C con alturas de 600 a 1.600 m.s.n.m.; la temperatura inferior es 13°C y la temperatura máxima de 30°C, con suelos profundos, fuertes y libres de encharcamientos, alto contenido de materia orgánica y un pH entre 5,5 y 6,5. (Vanegas, 2017)

El maíz es el cultivo más importante después del trigo y se ha incrementado su producción durante la última década, teniendo un pico en el año 2013 aumentando el 18,11% con respecto al año anterior (Robles *et al.*, 2018). En el año 2016 se produjeron 959,1 millones de toneladas donde el

mayor productor de maíz fue Estados Unidos con un 39% de la producción mundial, seguido por China, Brasil, Unión Europea y Argentina con 396,2 millones de toneladas respectivamente. (FIRA, 2016). En cuanto a su diversidad, México cuenta con la mayor diversidad genética, de las 50 razas encontradas, siete son homólogas en Guatemala, seis en Colombia, cinco en Perú y dos en Brasil (Acosta, 2009).

En el año 2016, Colombia ocupó el puesto 35 a nivel mundial en producción de maíz (AGRICULTURERS, 2017). El maíz se clasifica según su variedad (amarillo o blanco) según técnica de cultivo (tecnificado o tradicional) el maíz amarillo ocupa el 63% y el maíz blanco el 37% (Ortega, 2018). En la clasificación tradicional, se ubican productores con extensiones no mayores a 5 ha y representan el 85% de la producción nacional y la tecnificada con extensiones mayores a 5 ha (Millán 2015). En la producción tradicional se utilizan semillas no certificadas y en su mayoría es dirigido al autoconsumo y la tecnificada emplea agroquímicos, maquinaria agrícola para la recolección y el procesamiento, va dirigido principalmente a la producción de alimentos balanceados para animales. (Tovar & Colonia, 2013).

El maíz es considerado como el principal cultivo de ciclo corto, ocupa 15% del área agrícola, genera el 4% de los empleos agrícolas y aporta un 3% aproximadamente al PIB agropecuario (Hoyos y Ocampo, 2018)

En Colombia, en el año 2017 se importaron 4.909.800 toneladas de maíz amarillo y blanco (77% tecnificado) y se produjeron 1.700.000 toneladas, los departamentos que se destacan en la producción son Córdoba (18%) Valle del Cauca (12%) Bolívar (8%) Antioquia (7%) y Cesar con (7%) (DANE, 2013).

5.1.2. Aspectos morfológicos del maíz

El maíz es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia gramínea; es una planta anual que posee hojas largas, anchas, planas, y alternas, y crecen en la parte superior de los nudos, abrazando el tallo, la cara superior de la hoja (pilosa) realiza absorción de energía solar y la cara inferior (glabra) tiene numerosas estomas que permiten el proceso respiratorio. (Criollo, 2009). El maíz posee flores masculinas y femeninas, las primeras, se agrupan en una panícula terminal (borla) y tiene tres estambres largamente filamentosos, y las femeninas se reúnen en varias espigas (panojas o mazorcas) (Plessis, 2003)

5.1.3. Clasificación taxonómica

Según Víctor (2012) la clasificación taxonómica del cultivo de maíz es la siguiente: Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Liliopsida, Subclase: Commelinidae, Orden: Poales, Familia: Poaceae, Subfamilia: Panicoideae Tribu: Andropogoneae, Género: Zea, Especie: Mays L. (Imagen 1).

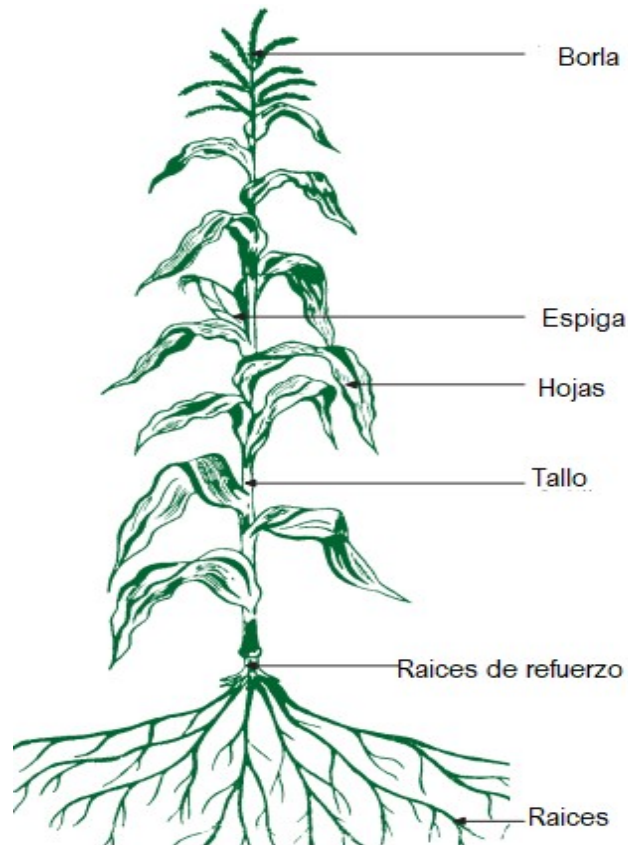


Imagen 1. Planta de maíz (*Zea Mays L.*)

Fuente: Adaptado de Plessis (2003).

El maíz cumple con etapas de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica, siendo estos concernientes a la fase vegetativa, proceso donde la semilla germina y se establecen las plántulas, se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética para la producción de biomasa, la fase reproductiva determina la formación y el número de mazorcas por planta y la fase de llenado de grano, que comienza después de la polinización y determina el peso final del grano y la mazorca (Garay & Colazzo, 2015).

5.1.4. Usos

El maíz es utilizado para la alimentación humana, elaboración de concentrados utilizando principalmente el grano, etanol para la elaboración de alcoholes industriales, bebidas alcohólicas y combustibles, jarabe de alta fructuosa como edulcorante para la elaboración de refrescos, entre otros. En el caso del forraje, es utilizado en varias etapas del crecimiento de la planta, en forma de pastoreo o ensilajes para la alimentación de vacas lecheras de alta producción o sistemas intensivos de ganadería de ceba (Martínez *et al.*, 2016 & Robles *et al.*, 2018). La cosecha de la mitad de la producción total puede explicarse, por un lado, por la necesidad de dejar una parte

de los residuos del cultivo en el campo para proteger el suelo contra la erosión hidráulica y eólica, así como para la regeneración del carbono del suelo (Berchem *et al.*, 2017)

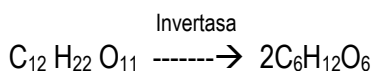
5.1.5. Rastrojo del cultivo de maíz.

El término rastrojo de maíz se refiere a la porción sobre el suelo de una planta de maíz (hojas, mazorcas, cáscaras y tallos) que quedan después de que el maíz ha sido cosechado para el grano (Chen *et al.*, 2007). Según el tipo de suelo, la topografía, el cultivo rotación y las condiciones ambientales, del 20 al 80% de la cosecha de maíz se puede cosechar de manera sostenible (Berchem *et al.*, 2017)

En el cultivo de maíz, se cosecha el 50% en forma de grano, el restante corresponde a estructuras de la planta: Caña, hojas, panoja, entre otros, produciendo 20-25 toneladas por hectárea, variando según la forma de cultivo, variedad y nivel de fertilización (Eyhérabide, 2012)

Los residuos de cultivos se pueden utilizar como forraje, ropa de cama, materiales de construcción y combustible (González *et al.*, 2017) también son utilizados en la alimentación animal utilizando el cogollo en forma fresca y ensilaje, cachaza, melote, jugo de caña, entre otros. (Riveros, 2005). El tallo corresponde al 17,6% de la biomasa residual, presentan estructuras lignificadas y de bajo contenido de proteína bruta (3.1%) comparándolo con las hojas (4-7%) (Casas, 2008). El tallo se compone de fibra, celulosa, hemicelulosa, lignina y ceniza, contiene 53.6% de jugo y está compuesto de azúcares como sacarosa (9,6%) glucosa (0,1%) y fructosa (0,1%) (Kim & Day, 2011).

Existe un proceso llamado inversión de la sacarosa el cual produce glucosa (dextrosa) y fructosa (levulosa), este fenómeno inicia en la planta y se acelera después del corte, gracias a la temperatura y pH, viéndose la madurez alcanzada por cada variedad diferente. (Mosquera *et al.*, 2007). La sacarosa es sintetizada en las hojas, la inversión inicia cuando la planta alcanza punto óptimo de madurez, acumulándose progresivamente en el tallo de la caña y aumentando a medida que pasa el tiempo (Mosquera *et al.*, 2007) se basa en la siguiente reacción:



Siendo, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$: Sacarosa; $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$: Glucosa.

La cachaza es un subproducto resultante de la limpieza del jugo, observada como una capa superficial coloidal, es un material esponjoso, amorfo, de color oscuro que absorbe grandes cantidades de agua, su composición nutricional varía de acuerdo con tipo de cocción y condiciones ambientales, posee 25,16% de materia seca y 21,02°bx (Riveros, 2005) de igual forma, se genera el melote por deshidratación de la cachaza que equivale a la mitad del peso original de la cachaza y se compone de 44,8% de materia seca con buenos resultados para la alimentación de rumiantes (Lagos & Castro, 2019).

El bagazo es un residuo fibroso obtenido después de la trituración y la extracción de jugo, compuesto por celulosa (35,2%) hemicelulosa (24,5%) lignina (22,2%) y cenizas (102,8%) (Rezende *et al.*, 2011) representa el 25% de la caña y la humedad varía entre 50-60% según el grado de extracción del jugo, no obstante, conserva el 50% de azúcares que pueden ser utilizados en la alimentación animal (Pachón *et al.*, 2005 & Osorio, 2007). Este subproducto posee una baja digestibilidad, contenido de nitrógeno y más del 20% de lignina, por lo que su uso es escaso en la elaboración de concentrados y niveles de inclusión en las raciones (Martín, 2004).

5.2. Clasificación climática de Holdridge

El término zona de vida se define como un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, la cuales tienen en cuenta condiciones del suelo-ambientales y son establecida por valores de biotemperatura (°C) y precipitación (mm) lo cuales van asociados a la latitud y altitud interceptando un monograma diseñado por Leslie Holdridge en el año 1947 (Bizarri, 2003). Colombia es un país que cuenta con todos los pisos altitudinales del mundo (Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación climática de Holdridge

Pisos latitudinales	Descripción	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)
Tropical	Tierra caliente	0-1000	>24°C
Premontano	Tierra templada	1000-2000	18-24°C
Montano bajo	Tierra fría	2000-3000	12-18°C
Montano	Subpáramo	3000-4000	6-12°C
Subalpino	Páramo	4000-4500	3-6°C
Alpino	Súper páramo	4500-4800	1.5-3°C
Nival	Nevados	Nieve	Permanente

Adaptado de Briñez *et al.*, 2011

La provincia del Sumapáz comprende una altitud entre los 480 - 3 500 msnm, y las zonas de vida que encuentran son: Bósque muy húmedo Montano Bajo (bhmMB), bosque húmedo montano Bajo (bhMB), bosque seco montano Bajo (bsMB), bosque seco premontano (bsPM), bosque húmedo premontano (bhPM), bosque muy seco premontano (bsmPM), bosque húmedo Montano (bhM) y bosque seco Tropical (bsT) (Jaller, 2011).

5.2.1. **Bosque húmedo montano bajo (bh-MB):** Ubicado a una altitud entre 2000 y 3000 msnm, la precipitación promedio anual varía entre 1000 y 2000 mm y una temperatura media anual entre 12°C Y 18°C (CORTOLIMA, 2008) esta zona se caracteriza por tener

cultivos permanentes como trigo, papa, cebada, frijol, maíz, arracacha, flores, hortalizas, frutales (peras, manzanas, ciruelas, tomate de árbol, mora de castilla, fresas, curubas, duraznos) y pastos para ganadería (Briñez *et al.*, 2011); Guzmán (1996) afirma que el clima del bh-MB es un factor de gran importancia para el desarrollo de cultivos agrícolas debido a que no es grande la cantidad de agua sobrante para la infiltración y el escurrimiento, y de este modo la fertilidad de los suelos se ha logrado mantener por años,

- 5.2.2. **Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB):** El régimen promedio anual de lluvias es de 2000 a 4000 mm y su temperatura media anual es de 12°C a 18°C, esta zona se ubica en regiones con altitud de 2000 a 3000 msnm y se forma un efecto orográfico en el incremento de las lluvias, al servir las montañas como barreras de condensación a masas de aire húmedo, formando neblina y mantos de nubes que cubren las cordilleras (Guzmán, 1996) Los terrenos, en su mayor parte, están utilizados con potreros y cultivos de papa, maíz, frijol, flores, hortalizas y reforestaciones principalmente (Briñez *et al.*, 2011).
- 5.2.3. **Bosque húmedo premontano (bh-PM):** Posee una precipitación promedio anual de 1000 a 2000 mm, una temperatura media anual de 18°C a 24°C y una altitud de 1000 a 2000 msnm. En esta zona las lluvias se distribuyen durante todo el año, pero no en igual intensidad (Cañadas *et al.*, 2016). Guzmán (1996) afirma que esta zona ha sufrido explotación intensiva por muchos años con cultivos de plátano, maíz, frijol, yuca, arracacha, hortalizas, y frutales como los cítricos, aguacate, pomo, mango, papaya y guayaba.

5.3. Producción artesanal

La producción artesanal se basa en la transformación de materias primas naturales y de procesos de producción no industrial y con predominio del trabajo físico y mental, de la misma explotación y municipio, no se busca la cantidad (capital, personal, estructura), sino la calidad: procesos manuales, producto individualizado y circuitos cortos de comercialización (Alvarado & Valdivieso, 2018).

5.4. Melaza de caña

Es una sustancia densa y de color oscuro compuesto principalmente de azúcares, minerales, compuestos fenólicos de caña y melanoidinas producidas en la reacción de Maillard (Rahiman & Pool, 2016). Es obtenida de la extracción de azúcares por cristalización, contiene 75% en materia seca y su contenido energético es apreciable debido a la concentración de hidratos de carbono (FEDNA, 2016). Contiene 80% de carbohidratos y 20% de agua y ácidos orgánicos como el ácido acético, responsable de la acidez de la miel y el sabor característico. (Aljohar *et al.*, 2018).

Usualmente es utilizada como alimento para ganado por el crecimiento microbiano en el rumen, no obstante, también se ha utilizado como edulcorante alternativo al azúcar (Rahiman & Pool, 2016).

5.4.1. Clasificación de la melaza de caña

Sossa *et al.*, (2018) afirma que existen dos formas de clasificar la melaza de caña, la primera se clasifica según el azúcar total y el contenido de humedad y la segunda se da por los grados brix en la muestra.

Según el azúcar total y el contenido de humedad:

- ✓ Melaza superior blackstrap: Melaza de caña que contiene 23,4% de humedad y 53,5% de azúcares totales (Sossa *et al.*, 2018)
- ✓ Melaza blackstrap: Melaza que contiene 23,5% a 26,4% de humedad y 48,5% a 53,5% de azúcares totales (Sossa *et al.*, 2018)

Según grados brix en la muestra:

- ✓ Melaza blackstrap: Melaza de caña que contiene 42,5 grados brix (Sossa *et al.*, 2018)
- ✓ Melaza de caña alimenticia: Es la melaza blackstrap diluida con agua hasta una concentración no menor a 39,75 grados brix, sin embargo, no se le ha asignado un valor de concentración de azúcares (Sossa *et al.*, 2018)

5.4.2. Composición química de la melaza de caña

Fajardo & Sarmiento (2008) afirman que la composición de la melaza es muy heterogénea y puede variar según la variedad de la caña, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia en procesos de operación. La melaza contiene sacarosa, azúcares invertidos, sales y otros compuestos solubles, en la tabla 2 se puede apreciar la composición química de la melaza de caña.

Tabla 2. Composición química de la melaza de caña

Componentes	Constituyentes	Contenido %
Componentes mayores	Materia seca	78%
	Proteínas	3%
	Sacarosa	60-63%
	Azúcares reductores	3-5%

	Agua	16%
	Grasas	0,40%
	Cenizas	9%
Contenido de minerales	Calcio	0,74%
	Magnesio	0,35%
	Fósforo	0,08%
	Potasio	3,67%
Contenido de aminoácidos	Glicina	0,10%
	Leucina	0,01%
	Lisina	0,01%
	Treonina	0,06%
	Valina	0,02%
Contenido de vitaminas	Colina	600 ppm
	Niacina	48,86 ppm
	Ácido pantoténico	42,90 ppm
	Piridoxina	44 ppm
	Riboflavina	4,40 ppm
	Tiamina	0,88 ppm

Fuente: Adaptado de Fajardo & Sarmiento (2008)

5.4.3. Azúcares

Los principales azúcares de la melaza de caña son la sacarosa (60-63%) glucosa (6-9%) fructosa (5-10%) siendo estas últimas la mayor porción de azúcares reductores. El contenido de glucosa y fructosa puede variar de acuerdo a hidrólisis de la sacarosa, a valores de pH ácido y a temperaturas altas (Fajardo & Sarmiento, 2008)

5.4.4. Vitaminas

Para el caso de las vitaminas, las vitaminas presentes en la melaza de caña son aquellas resistentes al calor, siendo la niacina, ácido pantoténico y riboflavina importantes para el crecimiento microbiano y pueden estar presentes en cantidades significativas (Fajardo & Sarmiento, 2008)

5.4.5. Importancia y usos

Para el caso de la alimentación animal, la melaza es portadora de energía de fácil aprovechamiento, la cual representa del 70-75% del valor energético del maíz (Fajardo & Sarmiento, 2008) es utilizada principalmente como aditivo para incrementar la palatabilidad, también en varios alimentos con bajo contenido de carbohidratos o suplemento adicionado con otros componentes como urea y ácido fosfórico (Tercero & Solano, 2015)

No obstante, también es utilizada como fertilizante para suelos, mezclada con bagazo y en procesos de fermentación como elaboración de ensilajes, levaduras, para alimentación animal y humana y alcohol etílico (Cuartas *et al.*, 2018)

5.5. Carbohidratos en la alimentación de rumiantes.

El suministro de energía a los rumiantes sigue siendo limitado en condiciones tropicales (Tariq *et al.*, 2018). El tipo de carbohidratos consumidos por los rumiantes puede modificar la población microbiana, influenciada por el pH y cantidades de ácidos grasos volátiles (AGV) (Barnes *et al.*, 2018). La alimentación de rumiantes para disminuir costos se basa en la disponibilidad local de subproductos alimenticios y el aprovechamiento de los microorganismos del rumen para digerir la fibra estructural y cubrir requerimientos de nutrientes para etapas productivas (McCarthy *et al.*, 2019).

Los carbohidratos (CHO) son la principal fuente de energía para los microorganismos del rumen y el componente más grande (60 a 70%) de la dieta, ellos representan el componente principal de la energía neta para mantenimiento, crecimiento y producción (Ishler & Varga, 2016).

La energía debe sincronizarse con la proteína microbiana para mejorar la eficiencia en la conversión de proteínas, viéndose la proteína microbiana como la fuente más importante de aminoácidos esenciales para la vaca, en el caso de la vaca lechera, los cambios en el suministro de AGV individuales están relacionados con composición de la leche (Firkins *et al.*, 2006).

5.5.1. Carbohidratos no estructurales

Los carbohidratos no estructurales son de fermentación rápida y son aquellos que no hacen parte de la pared celular de la planta, formados por almidón y azúcares libres principalmente. El uso de carbohidratos no estructurales a concentraciones arriba de 35 % de la dieta, provoca una reducción en la producción de CH₄, gracias a la utilización de hidrógeno en el rumen, incrementando el consumo y degradación del alimento, el flujo ruminal e incrementando la producción de ácido propiónico (McCarthy, 2019). Como se observa en la Figura 1, el acetato y el butirato se forman a partir del acetil coA y el propionato se forma del succinato y, en menor medida, por la vía del lactato (acrilato) (Noziere *et al.*, 2010).

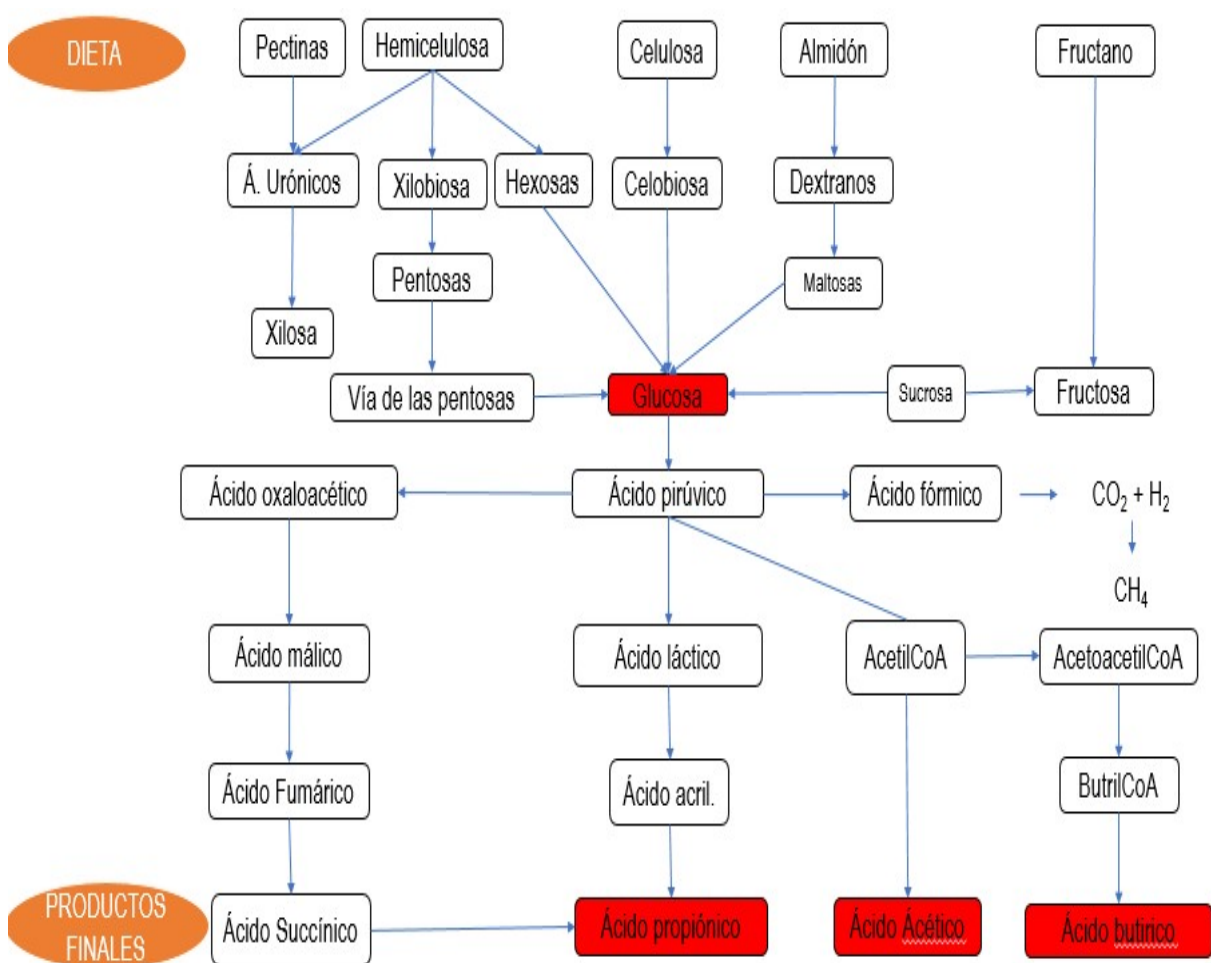


Figura 1. Producción de ácidos grasos volátiles

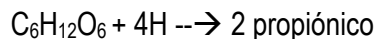
Fuente: Noziere *et al.*, (2010) Adaptado por Autor (2019).

El aumento de carbohidratos solubles en la dieta generalmente aumenta la proporción de acetato: propionato, pero la mayor respuesta a los cambios en las proporciones molares se debe a los

cambios en la producción de propionato (Sutton *et al.*, 2003 citado por Firkins *et al.*, 2006). La concentración de ácido acético se asocia con un aumento del rendimiento y grasa de la leche, el ácido butírico, con concentración de grasa láctea, el ácido propiónico se relaciona inversamente con la concentración de grasa de la leche, pero se relaciona positivamente con la cantidad de leche (Khatab, 2017).

La producción de ácidos grasos volátiles (AGV), CO₂ y CH₄, indica que el acetato y el butirato promueven la producción de CH₄, mientras que la formación de propionato conserva hidrógeno y por consiguiente reduce la producción de metano y de energía, por lo que se esperaría mayores pérdidas en sistemas de alimentación de bovinos alimentados con forrajes (Mendoza *et al.*, 2008).

Moss *et al.*, (2000) resume las rutas de fermentación de la siguiente forma:



5.6. Balance energético negativo

El almacenamiento de carbohidratos en el cuerpo es limitado, por lo que cuando la ingesta de carbohidratos en la dieta no satisface las necesidades energéticas del animal, los carbohidratos se deben sintetizar a partir de otros combustibles o se debe utilizar una fuente de combustible alternativa (Knegsel *et al.*, 2005 & Herd, 2000), este balance energético negativo es usual al inicio de la lactación, sin embargo, las vacas hacen frente al BEN mediante adaptación metabólica, obteniendo una fuente de combustible alternativa mediante síntesis de glucosa denominada gluconeogénesis (Herd, 2000).

Con la lactancia, existe un aumento de los requerimientos de glucosa para la síntesis de leche (Aschenbach *et al.*, 2011) por ello, la insulina juega un papel clave en la regulación del metabolismo energético durante el período de transición en las vacas lecheras y su efecto antilipolítico inhibe la liberación de NEFA durante este tiempo (Weber *et al.*, 2016) debido a que el tejido adiposo representa la energía almacenada del cuerpo y está compuesto de células llenas de triglicéridos (adipocitos) (Herd, 2000) que se descomponen en glicerol y ácidos grasos. Durante el balance energético negativo existe una acumulación de ácidos grasos libres en el hígado de la vaca lactante, siendo susceptible a patologías como el hígado graso en la lactancia temprana (Choi *et al.*, 2015). Este balance energético negativo induce a la utilización de lípidos para el aporte de energía, afectando rasgos económicos como la producción y calidad de la leche en el ganado, así como el marmoleo en la carne (Hristov *et al.*, 2015).

La glucosa es el primer representante del metabolismo energético, todos los tejidos requieren un mínimo de glucosa, sin embargo, para el caso del cerebro, eritrocitos y glándula mamaria, esta es

imprescindible (Quintero *et al.*, 2011). Como se observa en la figura 2, el metabolismo de la glucosa está regulado por la interacción de la acción de las hormonas de las células de los islotes pancreáticos con el hígado, los músculos y el tejido adiposo (Skyler, 2016). La glucosa se sintetiza principalmente en el hígado a través de la gluconeogénesis del propionato absorbido (Roh *et al.*, 2016) siendo el propionato el principal precursor de la gluconeogénesis (Bell *et al.*, 1997)

El hígado es un órgano pasivo que se ve alterado por la disponibilidad de nutrientes (alimentación y ayuno) (Stefan, 2013) la gluconeogénesis, es una vía metabólica que da como resultado la formación de glucosa a partir de sustratos de carbono no carbohidrato, se destaca en el ganado lechero por la falta de absorción intestinal de glucosa que se produce como consecuencia de la extensa fermentación de carbohidratos de la dieta libre en el rumen (Donkin, 2016), su importancia radica en rumiantes alimentados principalmente con forrajes ricos en fibra, ya que su organismo absorbe cantidades insignificantes de glucosa y su almacenamiento de glucógeno en el hígado es limitada (Noro & Wittwer, 2012).

Para las vacas lecheras durante el período de transición, el hígado coordina las adaptaciones relacionadas con la transición para el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas (Skibieli *et al.*, 2018), este periodo se caracteriza por cambios metabólicos drásticos que están dirigidos a satisfacer los requerimientos de energía de las vacas lecheras mientras canalizan sustratos hacia el feto y las glándulas mamarias (Weber *et al.*, 2016). Aproximadamente 60% de la glucosa del rumiante en lactancia es utilizada para la síntesis de la lactosa ya que para sintetizar 30 litros de leche se necesitan 2200 g de glucosa (Noro & Wittwer, 2012), por ello, el sistema endocrino juega un papel importante en el metabolismo de la glucosa (Roh *et al.*, 2016).

El páncreas con su función endocrina secreta insulina y glucagón en el torrente sanguíneo directamente involucrado en el metabolismo (Suckale & Solimena, 2018), se compone de islotes langerhans, los cuales contienen células alfa (α) que secretan la hormona glucagón (aumenta glucosa en sangre) y células beta (β) que secretan insulina y corresponde al 60% de las células de los islotes (disminución de glucosa en sangre e inhibe la secreción de glucagón) y las células δ secretan somatostatina (regula las células α y β) (Qaid & Abdelrahman, 2016).

Dependiendo de la concentración de glucosa, funciona el mecanismo de la insulina y el glucagón en el metabolismo de carbohidratos, ya que cuando la concentración de glucosa es alta, se libera insulina que promueve la glucólisis para reducir los niveles de glucosa (Slezak & Andersen, 2001). Por el contrario, cuando la concentración de glucosa disminuye, se libera glucagón para promover la gluconeogénesis y aumentar los niveles de glucosa en la sangre (Ramnanan *et al.*, 2011)

La insulina es el principal regulador hormonal del metabolismo en el animal en reposo considerándose una hormona anabólica. En ausencia de insulina, la captación de glucosa disminuye en los tejidos y aumenta la movilización de lípidos en los adipocitos (Figura 8). En presencia de insulina, la absorción de glucosa aumenta en los tejidos y disminuye la movilización de lípidos en los adipocitos (Qaid & Abdelrahman, 2016)

De este modo, la captación periférica de glucosa asociada a la secreción de insulina, puede contribuir a la saciedad, un aumento del uso de glucosa periférica puede inducir señales de saciedad, asimismo, la insulina puede estimular la ingesta de alimento en respuesta al suministro insuficiente de nutrientes (Nikkhah, 2018),



Figura 2. Hormonas pancreáticas y su relación con el metabolismo de carbohidratos.

Fuente: Russell (1963) citado por Nayawo, A. A., & Isyaku, S. (2017) Adaptado por Autor (2019).

6. Requerimientos nutricionales

Es el conjunto de sustancias químicas (energía, proteína, minerales y vitaminas), para cumplir con las necesidades básicas del animal y mantener su equilibrio con el ambiente. Son expresados como demanda diaria y están influenciados por factores como peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros. (Lanuzza & Remehue, 2008). La energía se define como la capacidad de realizar un trabajo, y se deriva de lo compuesto orgánicos ingeridos por un animal, siendo el trabajo el producto de una fuerza dada que actúa a lo largo de una distancia determinada (Pond *et al.*, 2012).

6.1. Energía

La energía es posible medirla cuando se transforma de una forma a otra, sin embargo en la nutrición es medida como energía química dada en términos de calor que se produce en la oxidación y se expresa como caloría (cal) que es definida como como la cantidad de calor necesaria para aumentar un grado la temperatura de 1g de agua (Pond *et al.*, 2012).siendo la unidad de energía; en producción animal se habla de kilo caloría (Kcal), es decir, 1.000 calorías y es común ver también el término Megacalorías (Mcal) que corresponde a 1.000 Kcal o un millón de calorías. 1 Mcal - 1.000 Kcal = 1.000.000 calorías (Sánchez, 1993),

Vera *et al.*, (2014) afirma que en la producción de rumiantes es necesario conocer los requerimientos de energía en sus diferentes estados fisiológicos para formular raciones, programar el suministro de alimentos mediante la siembra y cosecha de forrajes, suplementos y aprovechamiento de subproductos y residuos de cosecha.

6.1.1. Energía bruta (EB)

La energía química total contenida en los alimentos se conoce como energía bruta o calor de combustión y es la cantidad total de calor proveniente de la oxidación completa del alimento (Pond *et al.*, 2012) es almacenada en celulosa, hemicelulosa, almidón, aminoácidos de las proteínas y ácidos grasos de las grasas y su eficiencia para la utilización de la energía bruta por los rumiantes está determinada por complejas interacciones entre las características físicas y químicas del alimento, procesos digestivos y actividades metabólicas asociadas con el mantenimiento y crecimiento, teniendo pérdidas en los procesos de prehensión, digestión, absorción, transporte y metabolismo de los nutrientes (Vera *et al.*, 2014)la energía bruta de diferentes materiales varía pero algunos valore típicos son (en Kcal/g): Carbohidratos, 4,1; proteínas, 5,7; y grasas, 9,4; y la diferencia van ligada al estado de oxidación del compuesto inicial (Pond *et al.*, 2012). En el caso del monosacárido glucosa con formula química $C_6H_{12}O_6$ tiene un átomo de oxígeno por un átomo de carbono, en tanto que una molécula de grasa glicerol trioleato tiene una composición molar de $C_{57}H_{104}O_6$ o 6 átomos de oxígeno por 57 átomos de carbono, por ello la grasa requiere más oxígeno para la oxidación y depende más calor en el proceso. (Pond *et al.*, 2012)

6.1.2. Energía digestible (ED)

Es el producto de la EB por su coeficiente de digestibilidad (Sánchez, 1993) utiliza el alimento y el excremento para determinar el contenido de energía, y varía de acuerdo a la especie del animal y la dieta, teniendo pérdidas del 10% en animales alimentados con leche y 80% o más en animales que consumen forraje con naturaleza fibrosa y de baja calidad (Pond *et al.*, 2012) sin embargo, no es un indicador de la digestibilidad en los nutrientes de la dieta ya que el tubo gastrointestinal es un sitio activo de excreción de varios productos que terminan en el excremento, asimismo las células pueden desechar cantidades de desperdicios (Pond *et al.*, 2012).

6.1.3. Energía metabolizable (EM)

Es la energía resultante, después de restar pérdidas de energía de las heces, pérdidas de energía de la orina y gases (Sánchez, 1993). Se utiliza comúnmente para evaluar forraje, en rumiante sirve como punto de partida para la energía neta (Pond *et al.*, 2012).

Lo producto gaseosos de la digestión incluyen gases combustibles que se producen en el conducto digestivo durante la fermentación del alimento, siendo el metano el principal gas combustible y por lo general la proporción de EI (Energía ingerida) se pierde como EG (Energía de gases) disminuye cuando aumenta la ingesta de alimento en rumiantes, en rumiante la producción de EG es cerca del 8% de la EI en el mantenimiento y disminuye 6-7% a mayores niveles de alimentación. La pérdida de energía urinaria (EU) es cercana al 3% de EI o alrededor de 12 a 35 Kcal/g de nitrógeno excretado. (Pond *et al.*, 2012)

6.1.4. Energía neta (EN)

Los gases del rumen, la orina y el incremento de calor por trabajo de digestión, se obtiene la energía neta, que representa el valor neto real del alimento para fines productivos como el crecimiento, el aumento de peso, la producción de leche, la actividad muscular, etc (Sánchez, 1993).

6.2. Requerimiento de mantenimiento

Son necesidades nutritivas, destinadas a mantener el funcionamiento normal de los procesos vitales, independiente de la función productiva del animal, como respiración, circulación, mantención del tono muscular y otros y depende de la demanda de energía de los alimentos que el animal consume

y de la actividad biológica (Lanuzza & Remehue, 2008). En este sentido el animal no pierde ni gana energía corporal (Pond *et al.*, 2012)

6.2.1. Requerimientos de producción

Son los nutrientes para crecimiento, aumento de peso, producción de leche y gestación, que son utilizados cuando se cubren las demandas de mantención, la energía y demás nutrientes, son canalizados a satisfacer los requerimientos de producción. (Lanuzza & Remehue, 2008).

6.2.2. Crecimiento y aumento de peso

Este hace alusión a que mientras más avanzada la edad, el aumento de peso en el animal adulto estará representado por una mayor proporción de grasa en la composición química de la ganancia de peso (Pond *et al.*, 2012). El animal joven, posee una mayor proporción de proteína (músculo) en desmedro de la grasa. El depósito de grasa en el cuerpo, le significa al animal un mayor costo energético que si deposita proteína, por ello, los animales adultos deben aumentar su consumo de alimentos para poder compensar su mayor ineficiencia en el uso de energía. (Lanuzza & Remehue, 2008). En crecimiento medido por el incremento del peso corporal es más rápido en la primera etapa de vida y se reduce gradualmente hasta la pubertad, seguido por un índice más lento hasta la madurez, el índice de crecimiento disminuye porque el estímulo biológico para crecer se reduce (Pond *et al.*, 2012).

6.2.3. Reproducción

Las necesidades nutricionales para la reproducción son más críticas que las de mantenimiento, teniendo que la deficiencia de nutrientes que se presentan antes de la gestación puede producir índice de fertilidad bajo o falla para establecer o mantener la preñez (Pond *et al.*, 2012).

6.2.4. Gestación

Este se debe manejar correctamente para la adaptación del tejido mamario y de la función ruminal al nuevo estado fisiológico. Hacia el final de la gestación y al inicio de la lactancia, hay disminución del consumo voluntario de alimentos provocando déficit de energía, movilizándose reservas de grasa corporal para cubrir los requerimientos. (Lanuza & Remehue, 2008). La subalimentación produce demora en la madurez sexual, sin embargo, la sobrealimentación suele ser la más perjudicial para la fertilidad, las necesidades energéticas de la mayoría de la especie durante la preñez son más críticas durante el último tercio de la gestación, teniendo un aumento en el depósito diario de energía en los días 200 y 280.

6.2.5. Lactancia

La leche contiene de 80 a 88% de agua, siendo crítica para la etapa de lactación, en esta etapa, todas las necesidades de nutrientes aumentan con la lactación ya que los componentes de la leche se adquieren por la vía sanguínea o se sintetizan en la glándula mamaria, en bovinos la producción máxima se genera en los días 69 y 90 después del parto (Pond *et al.*, 2012). Es el estado fisiológico que define al sistema productivo. En condiciones de óptima eficiencia, se puede iniciar una nueva lactancia con el siguiente parto, en doce meses más. (Lanuza & Remehue, 2008).

7. Rentabilidad financiera.

La rentabilidad financiera es una condición que genera provecho financiero, donde el valor contable está dado por la suma del valor de sus activos tangibles y se desmerita los recursos intangibles porque son difíciles de controlar y medir, sin embargo, si estos elementos no se miden no se pueden gestionar, y se desconocen las potencialidades que se encuentran en la organización (Pardo *et al.*, 2017)

7.1.1. ¿Qué son costos?

Los costos se definen como la medición en términos monetarios, de la cantidad de recursos para algún propósito u objetivo, para la venta general o un proyecto de construcción. Los recursos emplean materia prima, materiales de empaque, horas de mano de obra trabajada, prestaciones, personal salariado de apoyo, suministros y servicios comprados y capital atado en inventario, terrenos edificios y equipo (Dávila, 2012)

7.1.2. Clasificación de costos

7.1.2.1. **Costos fijos:** Son los costos que permanecen constantes dentro de un período determinado, sin importar si cambia el nivel de actividad en la organización, son aquellas erogaciones necesarias, pero que se utilizarán en más de una actividad (Castellanos & Rodríguez, 2011).

7.1.2.2. **Costos variables:** son los costos que aumentan o disminuye en relación directa con el nivel de actividad de los programas que desarrolla la empresa, las erogaciones que se realizan y ocupan totalmente en la actividad que se está analizando (Castellanos & Rodríguez, 2011).

7.1.2.3. **Costo Total:** Es la suma del costo fijo más el costo variable (Castellanos & Rodríguez, 2011).

7.1.3. Margen de contribución

El margen de contribución es la diferencia entre el valor que se obtiene como ingreso por la prestación de un servicio o producto y su costo variable, es decir, cuánto aporta cada uno de los servicios o productos para cubrir costos fijos y generar algún superávit que podrá ser destinado a atender a más personas y/o generar más o nuevos servicios (Castellanos & Rodríguez, 2011).

7.1.4. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es el volumen de actividad o nivel de ingresos necesario para asegurar un adecuado funcionamiento de la organización. (Castellanos & Rodríguez, 2011).

7.1.5. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN), es un método de evaluación de proyectos que determina si un proyecto de inversión es rentable midiendo el resultado de descontar la inversión de un proyecto al valor actual o presente del flujo de caja neto que tendrá, para lo cual, si el resultado es positivo es porque existe una ganancia y, por tanto, el proyecto es rentable (Márquez & Castro, 2015)

7.1.6. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento (TD) de un proyecto de inversión que permite que el beneficio neto actualizado (BNA) sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la

máxima tasa de descuento (TD) que puede tener un proyecto para que sea rentable ya que una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0). (Márquez & Castro, 2015)

7.1.7. Relación costo beneficio

Es la toma de los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso invertido en el proyecto, siendo los ingresos netos, los ingresos que se recibirán en los años proyectados. Al mencionar los egresos presente netos se toman aquellas partidas que efectivamente generarán salidas de efectivo durante los diferentes periodos, horizonte del proyecto (Márquez & Castro, 2015).

8. Materiales y métodos

8.1. Localización

La investigación fue desarrollada entre los meses de octubre de 2018 a marzo de 2019 en tres propiedades privadas en la región del Sumapáz (Figura 3). La región del Sumapáz se encuentra ubicada al suroccidente del Departamento de Cundinamarca y posee una superficie de 183,865 Ha de los cuales, la zona rural tiene una superficie de 176.137 hectáreas, que corresponde al 96% del área total (Jaller, 2011). Limita al norte, con la Provincia de Soacha; al oriente con Bogotá y el Departamento del Meta; al sur, con el Departamento del Tolima; al Occidente el Departamento del Tolima, la Provincia del Tequendama y la Provincia del Alto Magdalena y está conformada por 10 municipios que son Arbeláez, Cabrera, Fusagasugá, Granada, Pandi, Pasca, San Bernardo, Sylvania, Tibacuy y Venecia (Cardona & Barrientos, 2011). La agricultura ocupa el primer lugar de la producción, ocupando 13.111 hectáreas y extendiendo su explotación al cultivo de hortalizas, cebolla larga y de bulbo, arveja, tomate chonto y milano, papa y maíz; frutales como la mora, granadilla, gulupa, lulo, curubo, tomate de árbol, manzana, uchuva, naranja, mandarina, guanábana, guayaba, banano, café, caña de azúcar, plátano, yuca y frijol, principalmente (Jaller, 2011).

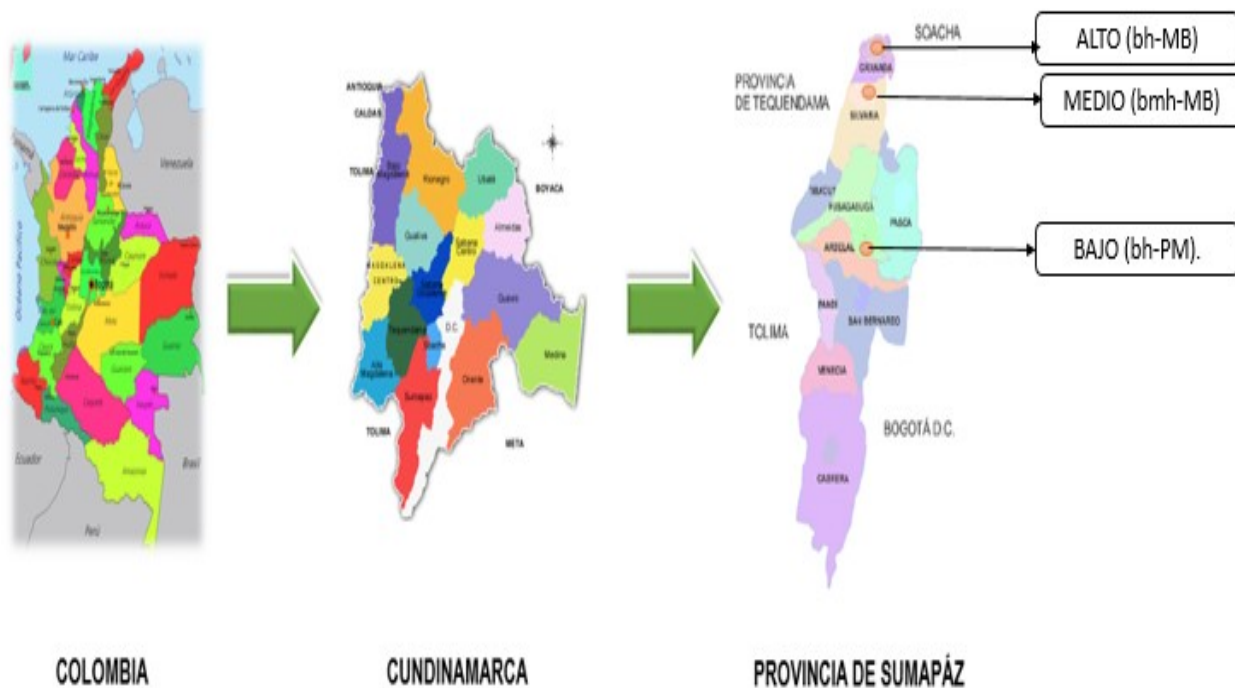


Figura 3. Ubicación geográfica nacional de las propiedades utilizadas para el desarrollo de la investigación en tres zonas de vida de la región del Sumapáz.

Fuente: El autor, 2019

8.2. Colectas y arreglo experimental

De acuerdo a la tabla 3, el experimento fue conducido y analizado en bloques completamente al azar siendo los factores las tres zonas de vida (ALTO, MEDIO y BAJO) descritas en la tabla 4 y los días de colecta (76, 115 y 140)

Tabla 3. Arreglo experimental

Condiciones	Días de colecta	Estado fenológico		
Factor (K1)	Factor (K2)	-	-	-
ALTO	76	A76	A76	A76
	115	A115	A115	A115
	140	A140	A140	A140
MEDIO	76	M76	M76	M76
	115	M115	M115	M115

	140	M140	M140	M140
BAJO	76	B76	B76	B76
	115	B115	B115	B115
	140	B140	B140	B140

Fuente: El autor, 2019

Se colectaron 63 plantas por día de colecta, 21 para cada tratamiento, para un total de 189 plantas colectadas durante la investigación. Teniendo en cuenta la tabla BBCH que indica el desarrollo de las plantas mediante los estadios principales (Hack *et al.*, 1992) y los modelos de predicción fenológica propuestos por Valdez *et al.*, (2012) los días de colecta en este trabajo hace referencia a los siguientes estados fenológicos:

Día 76. Floración masculina (R0)

Día 115: Grano lechoso (R3)

Día 140: Grano masoso dentado (R5)

De acuerdo a lo descrito por Chuine & Régnière (2017) la floración de maíz es el periodo más crítico para el rendimiento final ya que periodos de sequía o estrés provocado por temperatura y plagas causarán daño en la planta afectando la etapa reproductiva, además, en este estado se determina el número de granos.

Para el caso de grano lechoso, la etapa de llenado de granos, es una de las etapas fenológicas más importantes debido a que las reservas de carbohidratos se movilizan hacia el grano pudiendo causar un vuelco si no se presentan las condiciones óptimas (principalmente humedad) para el desarrollo del cultivo (Lafitte, 2001) no obstante, cuando el cultivo se destina para choclo, la cosecha se realiza en estado "lechoso, y se reconoce cuando los estigmas están de color oscuro y la punta de la mazorca se dobla con el dedo con facilidad (Wang *et al.*, 2018 & Oñate, 2015).

Paliwal (2001) afirma que generalmente el maíz dentado es el maíz cultivado comúnmente para grano y ensilaje y se reconoce cuando aparece una línea de leche que se acerca hacia la coronta a medida que pasa el tiempo y desaparece definitivamente cuando los granos alcanzan el estado de madurez fisiológica.

8.3. Procedimientos experimentales y toma de muestras

Para la elaboración de miel de caña de maíz se tuvo en cuenta una serie de procesos llevados en el siguiente orden: Almacenamiento y selección de la caña, preparación y extracción del jugo, filtración, evaporación y concentración, enfriado, envasado y almacenado (Figura 4)

8.3.1. Almacenamiento y selección

Una vez colectadas las plantas, la caña fue almacenada en un tiempo no mayor a 48 horas para evitar daños por el sol y bajas en el rendimiento del jugo y su calidad (Fajardo & Sarmiento, 2007) en el laboratorio de nutrición animal de la Universidad de Cundinamarca (Figura 4)

8.3.2. Limpieza

Siguiendo las recomendaciones de Casas, (2008) se realizó la limpieza de tallos de las hojas secas, raíces, tierra y otros que pudieran afectar la obtención de un zumo limpio y puro. (Figura 4).

Tabla 4. Descripción de fincas por zona de vida.

ALTO (Bosque húmedo montano bajo (bh-MB))	MEDIO (Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB))	BAJO (Bosque húmedo premontano (bh-PM))
<i>Finca el Vergel</i>	<i>Finca el Remanso</i>	<i>Granja la Esperanza</i>
<p>Ubicada en la vereda San Raimundo del municipio de Granada, departamento de Cundinamarca, en el sector de la 22 a 18 km de Bogotá a una altitud de 2362 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una temperatura promedio anual de 16° Celsius y humedad relativa anual del 88% y una precipitación anual de 2000mm, con una ubicación geográfica de N 4° 31' 34" Y W 074° 21' 50.8". Una extensión total de 10 hectáreas de las cuales se utilizaron 300 metros cuadrados para la recolección de las muestras.</p>	<p>Ubicada en la vereda las Delicias de la inspección de Subia del municipio de Silvania, departamento de Cundinamarca, a 44 km de Bogotá a una altitud de 1915 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una temperatura promedio anual de 18° Celsius y humedad relativa anual del 88% y una precipitación anual de 2000mm, con una ubicación geográfica de 4°27'59.3"N y W 074° 22' 53.3". Una extensión total de 2 hectáreas de las cuales se utilizaron 300 metros cuadrados para la recolección de las muestras.</p>	<p>Ubicada en la vereda Guavio bajo del municipio de Fusagasugá del departamento de Cundinamarca, a 74,6 km de Bogotá a una altitud de 1726 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una temperatura promedio anual de 20° Celsius y humedad relativa anual del 85% y una precipitación anual de 1250mm, con una ubicación geográfica de 4°16'40"N y W 074° 23' 22". Una extensión total de 20 hectáreas de las cuales se utilizaron 300 metros cuadrados para la recolección de las muestras.</p>

8.3.3. Preparación y extracción de jugo

La extracción del jugo se realizó de dos formas: La primera, siguiendo las recomendaciones Gómez (2017) con ayuda de un trapiche panelero con triple pasada en el Centro de Fusagasugá introduciendo las cañas entre dos rodillos superpuestos que giran en sentido contrario uno del otro, produciendo una fuerza de cizalla que presiona a los tallos haciendo que se desprenda el zumo. La segunda, siguiendo las recomendaciones de Naranjo (2008) con ayuda del extractor de tornillo sin fin en el laboratorio de Nutrición animal de la Universidad de Cundinamarca, se realizó la extracción del jugo en el siguiente orden: Descortezado (las cañas fueron sometidas al retiro de la corteza en forma manual mediante una herramienta de trabajo filosa (machete) para facilitar el descortezado), troceado (la caña fue partida en trozos más pequeños de forma manual mediante una herramienta de trabajo filosa) y prensado (para la extracción del jugo se utilizó el extractor de tornillo) (Figura 4)

8.3.4. Filtración

La filtración del jugo se realiza con el fin de eliminar impurezas y residuos de la caña (Arteaga, 2015) posterior a esto se realizó la medición en mililitros de la cantidad de jugo por zona de vida y estado fenológico (Figura 4).

8.3.5. Clarificación

Este procedimiento se realizó con base a las recomendaciones por Muñoz & Rodríguez (2013) y consiste en eliminar los sólidos en suspensión, iniciando con el calentamiento del jugo a una temperatura de 55°C, hasta la formación de cachaza, y retirándola antes de que el jugo alcance el punto de ebullición (Figura 4).

8.3.6. Evaporación y concentración

Siguiendo las recomendaciones de Naranjo (2008) luego de que se formara la cachaza se agitó constantemente hasta llegar a las concentraciones deseadas de sólidos solubles (60-70°bx) determinándolas con el refractómetro (Figura 4).

8.3.7. Enfriado envasado y almacenado

Todas las muestras de melaza fueron envasadas en recipiente de plástico de 500 ml, pesadas en balanza analítica para determinar cantidad de miel producida. Las muestras se almacenaron en un

lugar fresco y seco, lejos de la luz solar, para evitar alteraciones en los resultados de cada una de las muestras (Figura 4)

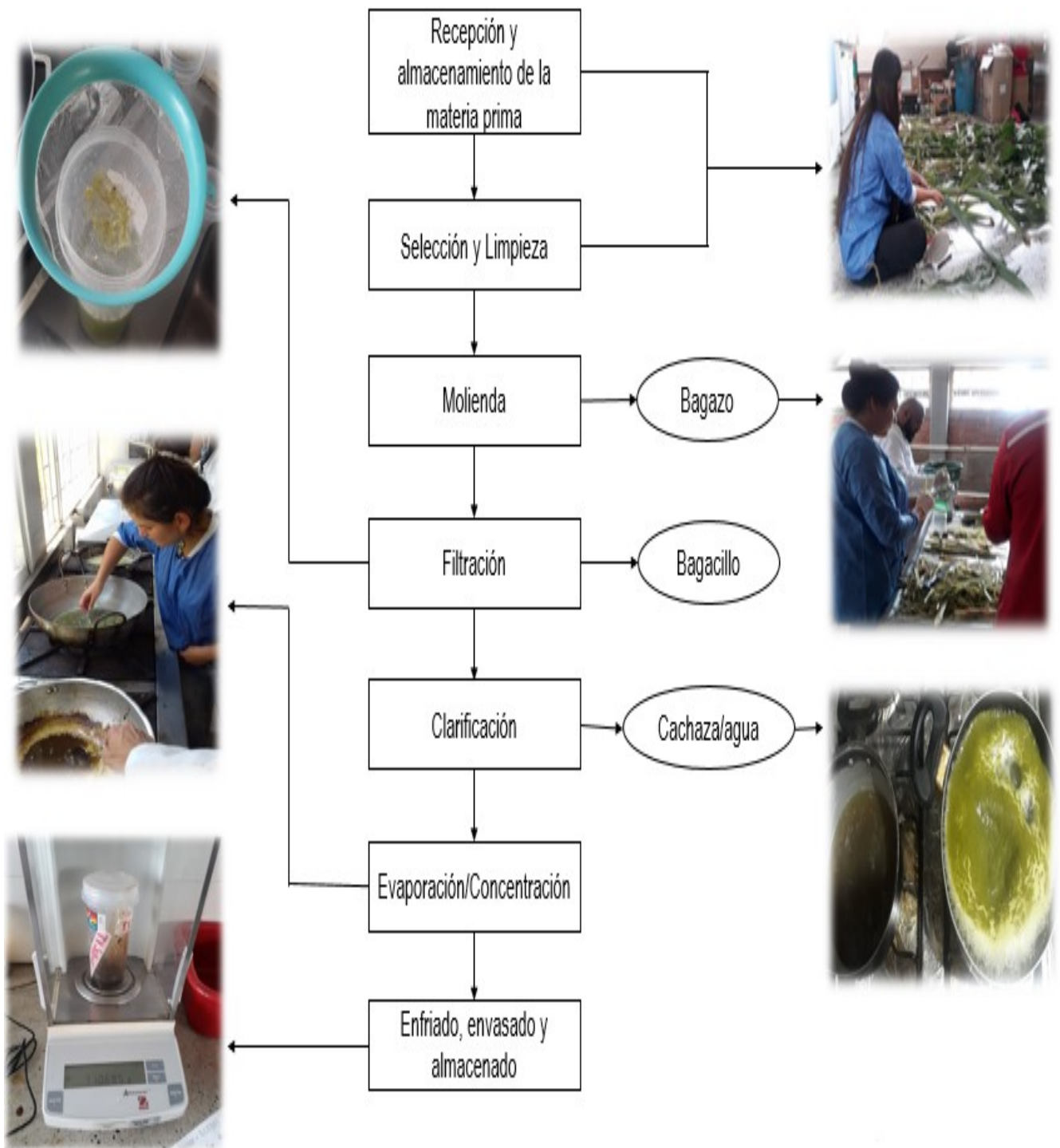


Figura 4. Diagrama de procesos para la elaboración de miel de caña de maíz

Fuente: El autor, 2019.

8.4. Rendimiento de la miel de caña de maíz

Para el rendimiento de la miel de caña de maíz, se tuvieron en cuenta las variables peso del tallo, longitud del tallo, número de hojas, rendimiento de jugo, rendimiento de miel, grados brix y pH, si se compara estas variables con otras variedades y/o especies, se tienen en cuenta valores superiores o inferiores, lo cuales, influyen en la masa fresca bajo las condiciones evaluadas (Patiño & Bladimir 2011). por consiguiente, su crecimiento, el cual involucra la relación de esta variable en función del tiempo

8.5.1. **Longitud del tallo:** Para la longitud del tallo se tuvo en cuenta las recomendaciones dadas Criollo (2009) y consiste en la lectura directa, midiendo con un metro desde la base del tallo hasta la base del rizoma hasta el punto apical de crecimiento, este parámetro puede determinar el grado de desarrollo del área foliar y el tamaño final de la planta. En algunos casos el mayor tamaño de una planta es más importante que la duración del período de llenado de grano en la determinación de rendimientos (Rawson & Macpherson, 2001).

8.5.2. **Peso del tallo:** Para el peso del tallo se utilizó una balanza de precisión, esta variable es un indicador de la cantidad de sustancias en una planta, no obstante, su importancia radica en la función del paso de estas sustancias de los tallos hacia las hojas como agua y sales minerales, asimismo el soporte de la planta para su rendimiento. (Gutiérrez *et al.*, 2008)

8.5.3. **Número de hojas:** Para el número de hojas se realizó el conteo de hojas por planta, Noriega *et al.*, (2011) señala que el crecimiento de biomasa en un área cultivada depende del desarrollo de las hojas que van cubriendo un área disponible y aumenta gradualmente la capacidad vegetal para aprovechar la energía solar.

8.5.4. **Rendimiento de jugo:** Para el rendimiento del jugo se tuvo en cuenta las recomendaciones por Muñoz & Rodríguez (2013) para el porcentaje de extracción que significa la relación del peso del jugo extraído (PJ), con respecto al peso de la caña molida (PC)

$$RJ = \frac{PJ}{PC} \times 100$$

Dónde, RJ: Rendimiento jugo; PJ: Peso del jugo extraído; PC: Peso de la caña molida.

8.5.5. **Rendimiento de miel:** Para el caso de la miel, se tuvo en cuenta la relación del peso de la miel (PM), con respecto al peso del jugo (PJ).

$$RM = \frac{PM}{PJ} \times 100$$

Dónde, RM: Rendimiento miel; PM: Peso de la miel extraída; PJ: Peso del jugo extraído.

8.5.6. **Grado brix:** El porcentaje de sólidos solubles se determinó por medio del refractómetro, método A.O.A.C. (Garfield, 1991)

8.5.7. **pH:** Se determinó por medio del Potenciómetro, método A.O.A.C. (Garfield, 1991)

8.6. Concentración de glucosa y el potencial efecto en la alimentación de rumiantes a partir de una revisión sistemática.

La concentración glucosa se determinó utilizando kit comercial de glucosa-oxidasa de la marca Biosystems® el cual consistió en pipetear lo tubos de ensayo como se muestra en la tabla 5:

Tabla 5. Procedimiento para concentración de glucosa

	Blanco	Patrón	Muestra
Patrón (S)		10 µl	
Muestra			10 µl
Reactivo	1,0 mL	1,0 mL	1,0 mL

Fuente: Adaptado de Biosystems (2013)

Posterior a esto, las muestras se agitaron y se incubaron durante 5 minutos a 37°C. Todas las muestras fueron analizadas por colorimetría (Imagen 2), utilizando espectrofotómetro UV visible con tamaño de onda regulado para 500 nm y la concentración de glucosa de las muestras se calculó a partir de la siguiente ecuación, de acuerdo con las recomendaciones de Biosystems (2013).

$$C_{muestra} = \frac{A_{muestra}}{A_{patrón}} \times C_{patrón}$$

Donde, $C_{muestra}$: Concentración de glucosa de la muestra; $A_{muestras}$: absorbancia de la muestra; $A_{patrón}$: absorbancia del patrón; $C_{patrón}$: concentración del patrón



Imagen 2. Prueba de glucosa-oxidasa.

Fuente: El autor, 2019

8.6.1. **Energía metabolizable:** Para la energía metabolizable se tuvo en cuenta las recomendaciones de Pond *et al.*, (2012) con relación a la siguiente ecuación:

$$EM = ED \times 0,93 - 0,30$$

Dónde EM, Energía metabolizable; ED: Energía digestible.

Para la revisión sistemática se diseñó una revisión sistemática de literatura teniendo en cuenta los términos de referencia: Glucosa, metabolismo de carbohidratos, periodo de transición, importancia de la glucosa en el cerebro, insulina, rumiantes, entre otros y una búsqueda en las bases de datos de Google académico. Se escogió la selección de filtro que incluyera la fecha a partir del año 2015 hasta el 2019 y artículos que sujetaran principalmente el idioma inglés.

8.7. Hipótesis

8.7.1. **Ho:** Zonas de vida y días de colecta no influirán significativamente ($p > 0,05$) en el rendimiento de la miel de caña de maíz obtenida.

8.8. Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza de acuerdo con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1, \dots, t \quad j=1, \dots, b.$$

Dónde Y_{ij} : observaciones de la variable dependiente correspondiente al individuo (planta) j sometido al tratamiento (zonas de vida) i ; μ : media general; T_i : efecto fijo del tratamiento; B_j : efecto del bloque ε_{ij} : error aleatorio, no observable, asociado a cada observación j sometida al tratamiento i , supuesto NID $(0, \sigma_e^2)$.

Para las variables evaluadas, se utilizó el Test de comparación de medias Tukey y todas las variables fueron analizadas como medidas repetidas en el tiempo, siendo, día de colecta la variable repetida. La selección de la estructura más apropiada de la covarianza fue basada en el menor valor del criterio de información de Akaike corregido. Para todos los procedimientos estadísticos fue utilizado el PROC MIXED do software SAS 9.4 (Statistical Analysis System, Inc., Cary, NC, USA) y se adoptó $\alpha = 0,05$ como nivel crítico de probabilidad para el error tipo I.

8.9. Rentabilidad de residuos de cosecha.

Para la rentabilidad de residuos de cosecha se tuvieron en cuenta las herramientas de evaluación de proyectos como: Margen de contribución (MCU), punto de equilibrio (PE), tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN) y relación costo beneficio (RBC) en cada una de las fincas ubicadas en las tres zonas de vida para ver cuál de ellas podría ser la más factible financieramente., no obstante, se tuvo en cuenta solamente el estado fenológico R5 (estado masoso dentado) estado fenológico viable financieramente para la obtención de muestras de miel de caña

8.9.1. **Margen de contribución unitario (MCU):** Para hallar el margen de contribución unitario, se utilizaron las recomendaciones dadas por Castellanos & Rodríguez (2011) donde se establece el siguiente cálculo:

$$MCU = VVU - CVU \times 100$$

Dónde, VVU: Valor venta unitario; CVU: Costo variable unitario.

8.9.2. **Punto de equilibrio (PE):** Para hallar el punto de equilibrio se siguieron las recomendaciones dadas por Castellanos & Rodríguez (2011) quienes establecen la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CF}{MCU}$$

Dónde, CF: Costo fijo; MCU: Margen de contribución unitario.

8.9.3. **Valor actual neto (VAC):** Para el valor actual neto, se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por Márquez & Castro (2015) quienes establecen la siguiente fórmula, utilizando el programa de Excel versión 2010.

$$VAC = \left(\frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \right) - C$$

Dónde, FNE: Flujo neto en efectivo en el año n; "i": Tasa de descuento; C: Costo inicial de la inversión.

8.9.4. **Tasa Interna de retorno (TIR):** Para la tasa interna de retorno se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por Márquez & Castro (2015) dónde se establece la siguiente fórmula, utilizando el programa de Excel versión 2010.

$$TIR = n \sum T = 0 = \frac{FN}{(1+i)^n} = 0$$

8.9.5. **Relación costo beneficio (RBC):** Para la relación costo beneficio se tuvieron en cuenta las recomendaciones dadas por (Márquez & Castro, 2015) dónde se establecen la siguiente fórmula, utilizando el programa de Excel versión 2010.

$$RBC = \frac{VAC \text{ beneficios}}{VAC \text{ ingresos}}$$

Para lo cual se establece que, si el resultado es mayor que 1, significa que los ingresos netos son superiores a los egresos netos, por otro lado, si el resultado es igual a 1, los beneficios igualan a los sacrificios sin generar riqueza alguna, razón por la cual sería indiferente ejecutar o no el proyecto, si el resultado es <1 significa que los egresos son superiores a los ingresos.

Para los ingresos del proyecto anuales se tuvo en cuenta los datos de la variación de la inflación según lo reportado por el banco de la república hasta el mes de agosto del año 2019, posterior a esto se utilizó la función de crecimiento del programa de Excel para la proyección a 5 años que es el tiempo estipulado para la recuperación de los recursos en la elaboración de miel de caña.

9. Resultados y discusión

9.5. Rendimiento de la miel de caña de maíz.

De acuerdo a la tabla 6, la interacción entre diferentes altitudes y días de cosecha impuestas en este estudio proporcionó información en relación a peso de tallo, longitud de tallo, rendimiento de jugo y miel, grados brix, pH y número de hojas para productores de la región del Sumapáz.

Para las variables peso de tallo, longitud de tallo, rendimiento de jugo y rendimiento de miel se observó efecto de interacción ($P < 0,001$) entre tratamiento y días de colecta. Independientemente del tratamiento, mayor número de hojas fue observado al día 76 ($P = 0,001$) cuando comparados con los días 115 y 140. No se observó diferencia entre tratamientos ($P > 0,05$) para las variables grados brix y potencial de hidrogeno (Tabla 6).

9.5.1. Peso de tallo

En la figura 5 se observa los resultados de la prueba Tukey para variable peso del tallo donde existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los días de cosecha y las zonas de vida. El mayor peso de tallo se encontró al día 76 para las zonas de vida ALTO y MEDIO comparadas con BAJO; al día 115 y 140 se observó mayor peso de tallo para la zona de vida MEDIO cuando comparado con ALTO y BAJO. Por tanto, se podría afirmar que la zona de vida MEDIO fue la variable que obtuvo mayor peso aparte de los días de cosecha. Independientemente de las zonas de vida de estudio, el peso del tallo se redujo conforme avanza el estado fenológico, la disminución del peso hace alusión al llenado de grano, según Borrás *et al.*, (2003) es una respuesta a cambios en relación fuente-sumidero después de la floración durante el llenado rápido de granos, los cuales son independientes de los cambios en el estado del agua de la planta, en efecto, las diferentes partes de la planta compiten por recursos que casi siempre están en cantidades limitantes (Pérez *et al.*, 2012). Las sales minerales y el agua recorren distancias a lo largo del xilema que inicia desde la teoría de presión radicular o existe una función succionadora desde arriba conocida como teoría de la cohesión-tensión (Bussweiler *et al.*, 2017) sin embargo, a medida que avanza el estado fenológico, los productos sintetizados en las hojas durante la fotosíntesis (savia elaborada) como el caso de la mezcla de azúcares (principalmente sacarosa) aminoácidos, sales y agua son transportados desde las zonas de producción (fuente) hacia las zonas de consumo (sumidero) realizada en el floema, siendo las hojas la fuente y los órganos destino, el sumidero (Margulis & Sagan, 2012).

Tabla 6. Valores para rendimiento de miel de caña de maíz cultivado en diferentes zonas de vida y estados de productividad fenológica.

ÍTEMS	ZONAS DE VIDA			DÍAS DE COLECTA			EEM ±	Valor <i>P</i>		
	ALTO	MEDIO	BAJO	76	115	140		ZV	DC	ZVx DC
Peso de tallo (g)	836,370 ^B	914,310 ^A	679,730 ^C	925,470 A	774,560 B	730,380 B	56,228	<0,00 1	<0,00 1	0,006
Longitud de tallo (cm)	290,190 ^A	288,320 ^A	246,580 ^B	285,470 A	259,730 B	279,890 A	6,994	0,001	<0,00 1	<0,001
Rendimiento jugo (%)	16,399 ^A	11,190 ^B	5,862 ^C	14,573 ^A	11,280 ^B	7,598 ^C	0,777	<0,00 1	<0,00 1	<0,001
Grados brix (bx)	73,433	71,466	70,100	-----	-----	-----	1,126	0,119	-----	-----
Ph	5,906	5,890	6,160	-----	-----	-----	0,099	0,107	-----	-----
Glucosa (g/L)	7,807 ^B	8,674 ^{AB}	10,021 ^A	-----	-----	-----	0,035	0,007	-----	-----
Rendimiento miel (%)	6,778 ^A	4,888 ^B	4,186 ^B	5,193	5,182	5,476	0,334	<0,00 1	0,136	<0,001
Número de hojas	10,810	11,001	10,448	11,09 ^A	10,413 ^C	10,748 ^B	0,205	0,185	0,001	0,255

EPM: Error padrón de la media; ZV: Zonas de vida; DC: días de colecta; ZV x DC: Efecto de interacción entre tratamiento y días de colecta.

^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

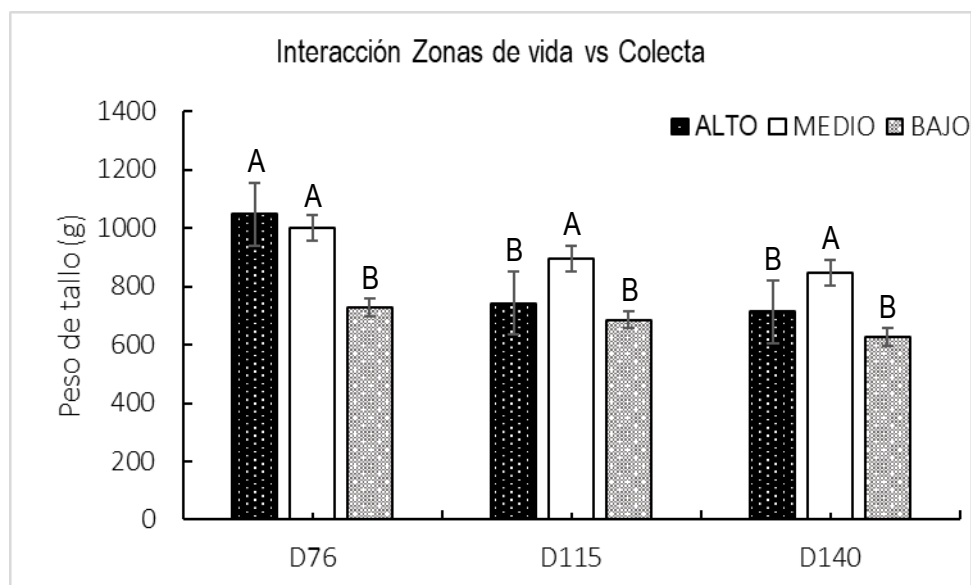


Figura 5. Interacción Zonas de vida vs Colecta para peso del tallo.

D76: Día 76 de colecta; D115: Día 115 de colecta; D140: Día 140 de colecta.

^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

9.5.2. Longitud del tallo

En la figura 6, se observan los resultados de la prueba Tukey para la variable longitud del tallo donde existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los días de cosecha y las zonas de vida. Mayor longitud de tallo a los 76 días se observó en la zona de vida ALTO cuando comparado con MEDIO y BAJO; sin embargo, al día 115 no se observó diferencias significativas ($p < 0,05$) para la longitud del tallo en las tres zonas, al día 140 se observó mayor longitud de tallo para el tratamiento MEDIO seguido de ALTO y BAJO. Por tanto, la menor longitud del tallo se encuentra en la zona de vida BAJO. Resultados similares a lo reportado por Gaytán *et al.*, (2009) en variedades y origen diferente de maíz, en tres altitudes diferentes (2197, 2090, 1912 msnm) sin embargo, se observa una relación negativa con lo reportado por Amador y Boschini (2000) en diferentes días de cosecha, una altura de planta superior a la reportada en este trabajo. Según Shin *et al.*, (2015) Las plantas detienen o disminuyen su crecimiento en las últimas etapas de desarrollo, por lo cual, se observaron en R3 y R5 plantas de menor tamaño, lo que pudo deberse a que las evaluaciones no eran las mismas plantas o un error de muestreo en esas etapas Lazo (2019). Una altitud menor como la de

este trabajo pudo influir en el crecimiento de las plantas, observándose una menor longitud del tallo en el tratamiento BAJO.

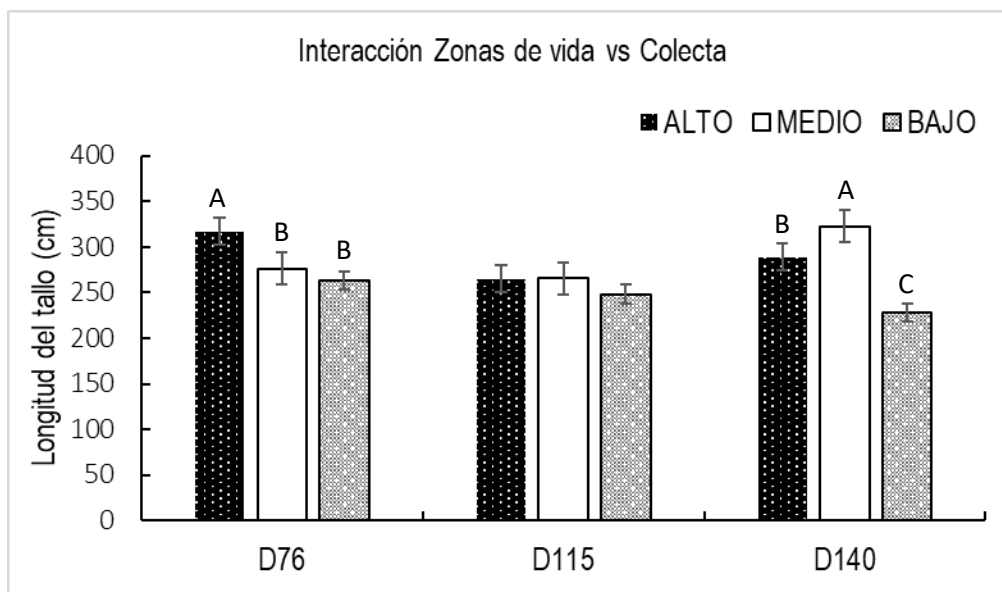


Figura 6. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Longitud del tallo.

D76: Día 76 de colecta; D115: Día 115 de colecta; D140: Día 140 de colecta.

^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

9.5.3. Rendimiento de jugo

En la figura 7 se observan los resultados de la prueba Tukey para variable rendimiento de jugo, existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los días de cosecha y las zonas de vida, y se puede observar mayor rendimiento de jugo de maíz en plantas colectadas a los 76 días para la zona de vida MEDIO, sin diferencia de ALTO con las dos anteriores. Para los días 115 y 140 se observó mayor rendimiento de jugo para tratamiento ALTO seguido de MEDIO y BAJO (Figura 5). Por tanto, se puede observar mayor rendimiento de jugo en la zona de vida ALTO a medida que avanza el estado fenológico. Correa (2013) reporta rendimientos de jugo superiores a los reportados en este trabajo en los tres tratamientos, esto se puede atribuir a la época de siembra y cosecha, en general hay dos periodos lluviosos: El primero en Abril y Mayo y el segundo en Septiembre, Octubre y Noviembre, fechas que coinciden con la siembra del cultivo de este trabajo, sin embargo para los meses diciembre y enero hubo ausencia de lluvias, para lo cual según Hernández & Soto (2013) las variaciones en la fecha de siembra afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que colocan a las distintas etapas de generación del rendimiento bajo diferentes condiciones de radiación, temperatura y precipitaciones, La sequía durante el período de llenado del grano hace que el proceso natural de desecación comience prematuramente en el maíz (Borrás *et al.*, 2003) Khan *et al.*,

(2003)_informaron una disminución en el rendimiento de la planta debido al estrés hídrico, siendo el maíz aparentemente más resistente a la sequía en las primeras etapas de crecimiento que cuando está completamente desarrollado, concluyendo que a mayor acervo de agua mayor será la producción de materia fresca de maíz, otra de las razones es el método de extracción de jugo, en este trabajo se utilizaron dos métodos de extracción: Manual y compresión, según Díaz & Iglesias (2012) el método de compresión es el más usado en Colombia, considerando satisfactorias extracciones entre 58-63%, sin embargo, se desconocen estudios que justifiquen los límites en los valores de extracción de jugo, se cree empíricamente que para valores de extracción mayor se verá afectada la calidad del jugo.

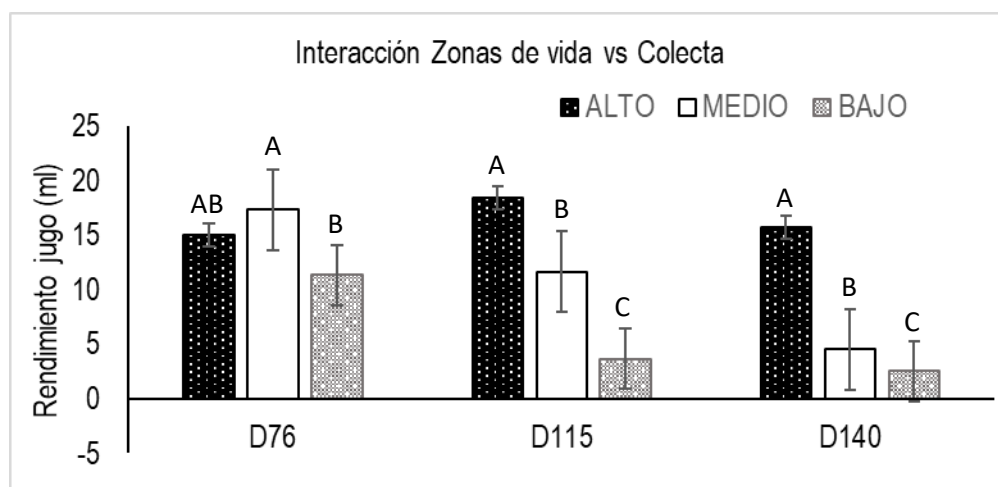


Figura 7. Interacción Zonas de vida vs Colecta para Rendimiento de jugo. D76: Día 76 de colecta; D115: Día 115 de colecta; D140: Día 140 de colecta. ^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

9.5.4. Rendimiento de miel

Los resultados de la prueba Tukey para rendimiento de miel muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de los días de cosecha y las zonas de vida. El mayor rendimiento de miel para el día 76 se encontró en la zona de vida ALTO, seguido por MEDIO y BAJO; no se observaron diferencias significativas para el día 115 en las tres zonas, al día 140 se observó mayor rendimiento de miel para la zona de vida ALTO comparado con BAJO; sin diferencia de MEDIO con las zonas de vida anteriores (Figura 8). Por tanto, teniendo en cuenta los días de cosecha el mayor rendimiento de miel se encuentra en la zona de vida ALTO. Los datos de rendimiento de miel fueron inferiores a los reportados por Casas (2008) quien reporta rendimientos del 11% y difiere a lo propuesto por Correa (2013) quien afirma que el rendimiento de miel se reduce conforme avanza la edad de corte, sin embargo, en este trabajo no se presentaron diferencias en el rendimiento de miel en los días de

cosecha. La madurez de la caña influye en los rendimientos de miel, (Menjura & Hernández, 2013) debido al contenido de azúcares, por ello, se resalta la importancia de cosechar cañas maduras para asegurar la máxima concentración de azúcares posible aumentando de este modo el rendimiento de miel, sin embargo, Prada (2002) afirma que para el caso de la miel de caña se recomienda utilizar caña inmaduras o sobremaduras que tengan un mayor contenido de azúcares reductores como glucosa y fructosa para disminuir la cristalización dada por el contenido de sacarosa.

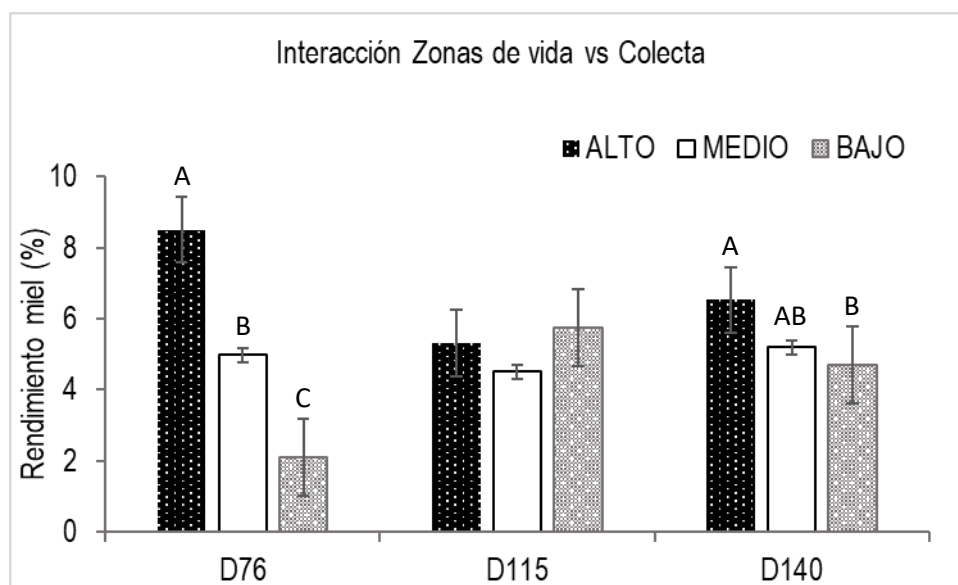


Figura 8. Interacción Zonas de vida vs Colecta para rendimiento de miel.

D76: Día 76 de colecta; D115: Día 115 de colecta; D140: Día 140 de colecta.

^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

9.5.5. Número de hojas

Los resultados de la prueba Tukey para variable número de hojas arrojan diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los días de colecta de la planta. En la figura 9 se observa mayor número de hojas en el día 76 sin diferencias con las tres zonas de vida (ALTO, MEDIO y BAJO). El número de hojas fue inferior a lo reportado por Pardey *et al.*, (2016) y López *et al.*, (2005) lo que contrarresta con lo que propone Paliwall *et al.* (2001) quienes dicen que las plantas de maíz desarrolladas en los trópicos son altas y con abundantes hojas. No obstante, Van-Emmerik *et al.*, (2016) afirma que un aumento del tamaño de las hojas, hasta cierto límite, en las diferentes especies produce un incremento del rendimiento, además la posición de las hojas, es un factor que determina la

penetración de la luz, de este modo, los mayores rendimientos son obtenidos de cultivos que tienen óptima formación de hoja.

Las hojas tienen un papel fundamental en la fotosíntesis debido a que la energía que la planta utiliza en este proceso es interceptada por los cloroplastos, donde se realiza la transformación de la energía solar a energía química y los productos primarios de la fotosíntesis se transforman y se almacenan en distintos órganos de la planta en forma de carbohidratos, proteínas. (Niinemets *et al.*, 2017 & Soplin *et al.*, 1993).

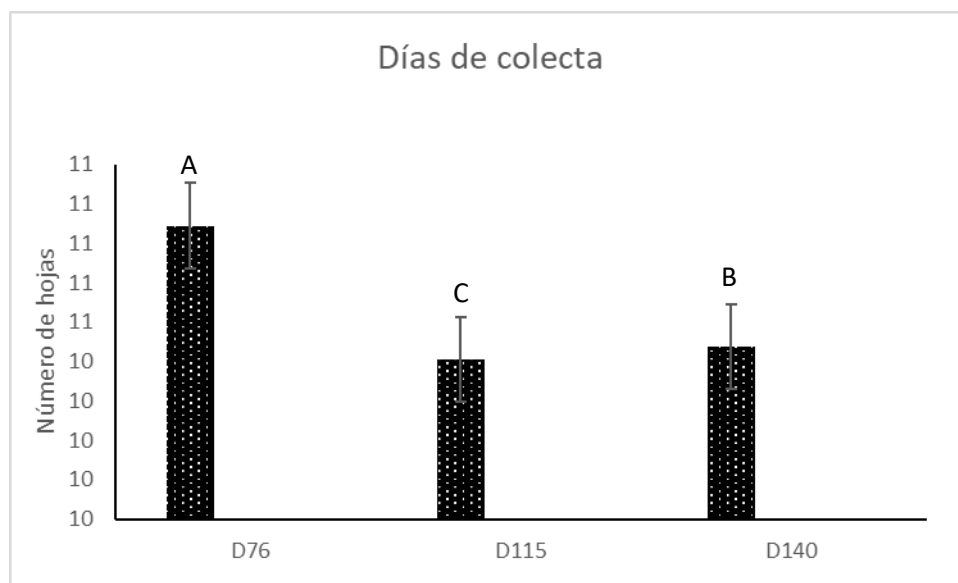


Figura 9. Días de colecta para número de hojas.

D76: Día 76 de colecta; D115: Día 115 de colecta; D140: Día 140 de colecta.

A,B,C Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

Burbano *et al.*, (2015) afirma que la evaluación de los cultivos se debe realizar en localidades representativas de la región y en varios años, para que se tenga seguridad en una recomendación, concordando con lo planteado por Berchem *et al.*, 2017 quien dice que las variaciones en el rendimiento y la calidad de subproductos de maíz se deben a factores como variedades, ambientes, condiciones agronómicas y manejo prácticas, también, gracias a variables complementarias como la composición química del suelo ya que el terreno aporta la cantidad de hierro, fósforo y grado de acidez que determinarán el color (verdeamiento) del producto terminado (Mosquera *et al.*, 2007) factores que se desconocen en este estudio.

9.6. Concentración de glucosa y el potencial efecto en rumiantes

Los resultados de la prueba Tukey arrojan diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable glucosa con respecto a las zonas de vida, teniendo de este modo mayor concentración de glucosa en la zona de vida BAJO ($P = 0,007$) cuando comparado con ALTO, mas no se observó diferencia la zona de vida MEDIO con las demás zonas (Figura 10). La concentración de glucosa para las tres zonas fue inferior a la reportada por Clarke (2003) pero similar a la reportada por Chen *et al.*, (2007) en el jugo de caña de azúcar. Para la calidad de miel, se tiene en cuenta el análisis de fracciones químicas como es el caso de la sacarosa, que influye en los precipitados de la melaza, ya que melaza de alto grado debe estar libre de cristales de azúcar notables que ayuda a la cristalización de la melaza haciendo que disminuya su calidad, (Krope *et al.*, 2017). También, la calidad del jugo afecta directamente la calidad de miel de caña, puesto que la composición de todos los azúcares varía dependiendo del pH del jugo y de la temperatura de operación (Larrahondo 2013). Existen otros factores que modifican el contenido final de sacarosa, glucosa y fructosa y las reacciones en la que esta participa, como el contenido de fosfatos, calcio, fenoles y otros, de acuerdo con las condiciones de operación y la composición química inicial del jugo (Prada *et al.*, 2015).

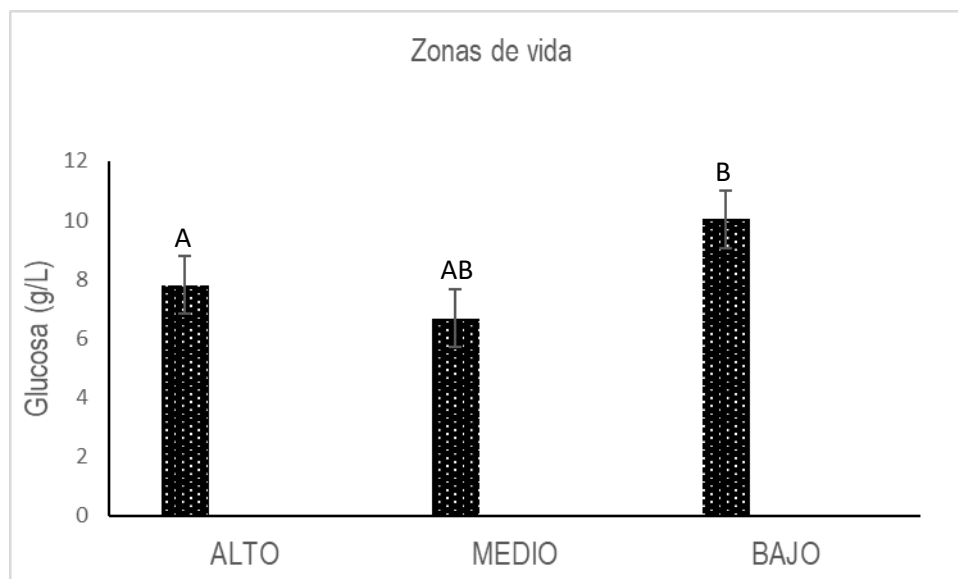


Figura 10. Zonas de vida para glucosa.

^{A,B,C} Letras diferentes denotan diferencia estadística $P < 0,05$.

Fuente: El autor, 2019.

Como se pudo apreciar en la tabla 6, los niveles de pH y grados brix de la miel de caña de maíz cumple con lo exigido para la melaza comercial (ICONTEC, 2017) y también concuerdan con lo planteado por Mellado & Mojica (2013) estas variables se ven influenciadas por procesos de evaporación y concentración, según Quezada *et al.*, (2015) la concentraciones de miel, panela y azúcar natural debe estar en 130 a 133 °C (Rivero *et al.*, 2000 citado por Quezada *et al.*, 2015) otros autores, afirman que debe estar entre 124 y 126 °C (Culqui *et al.*, 2000 citado por Quezada *et al.*, 2015) Quezada *et al.*, (2015) afirma que estos datos son contradictorios por la inversión de la sacarosa, ya que varía de acuerdo a diferentes altitudes y es necesario contar con curvas de control

a diferentes altitudes para temperatura y concentración del jugo de caña in situ, aumentando el punto de ebullición del jugo al disminuir la altitud de ubicación de la planta.

En la tabla 7 se observa la composición química proximal de la miel de caña de maíz según lo planteado por Casas (2008)

Tabla 7. Composición química proximal de la miel de caña de maíz

Componentes	Contenido (%)
Cenizas	1,02
Grasa Total	0,35
Proteína (N x 6,25)	0,67
Fibra total	4,95
Carbohidratos	93,01
ED (Kcal/Kg MS)	418,541
EM (Kcal/Kg MS)	388,943

Fuente: Adaptado de Casas (2008)

La composición de cenizas de la miel de caña de maíz es de 1,02% inferior a la reportada Gilces & Veloz (2006) en la caña de azúcar que es de 8% para el caso del contenido de grasa total el valor es 0,35% valores similares al de la caña de azúcar donde se reportan valores del 4,0% (Fajardo & Sarmiento, 2008) la fibra total es de 4,95% superior a las tablas FEDNA (2016) quienes reportan valores de 0% de fibra, en el caso de la proteína bruta es de 0,67% inferior a la reportada por Fajardo & Sarmiento (2008) con 3,0% asimismo para el contenido de carbohidratos es de 93,01% superior a la reportada por la miel de caña de azúcar según lo reportado por Gilces & Veloz (2006) con un 62%.

Para el caso de energía metabolizable la miel de caña de maíz posee 388, 943 Kcal/Kg materia seca de energía metabolizable inferior a la de la miel de caña de azúcar que posee 2060 Kcal/Kg (FEDNA, 2016).

Los niveles de productividad animal en el trópico son bajos, debiéndose a la estructura de la pastura con una densidad menor de hojas verdes que afecta la cosecha por parte del animal ocasionando un menor consumo de proteína y energía digestible, el maíz debido a su alta capacidad fotosintética, le permite producir altos volúmenes de biomasa (Mármol, 2006) al procesar la planta de maíz para la obtención de miel de caña se obtienen otros subproductos, los rastrojos, refiriéndose a los tallos y hojas, siendo estas últimas de mayor palatabilidad para el ganado, ya que presentan mayor proporción de grasas, proteínas y carbohidratos simples, y menos lignina y fibras que los tallos (Escalante *et al.*, 2015) aprovechándose como forraje fresco o ensilado en la alimentación del

ganado, generando un mayor aprovechamiento de la planta de maíz, sin embargo, difiere a lo propuesto por Treviño *et al.*, (2011) quien afirma que la digestibilidad de los tallos es mayor comparado con la hoja para los estados grano patoso y grano maduro, asimismo el valor energético de los tallos es más alto que para las hojas, juntando ambos residuos, el conjunto de hoja más tallo posee un coeficiente de digestibilidad de 61,3% equiparándolo a una pastura de calidad media. Este forraje puede ser utilizado en la alimentación animal complementándolo con la miel de caña, ya que en general la fermentación acética (comúnmente generada por ingredientes fibrosos) produce mayores cantidades de CH₄ al disponer los metanógenos de más H₂, conjugado con el ambiente anaerobio ruminal (CO₂), mientras que los granos y los ingredientes proteicos (aunque dependerá de su contenido de fibra) propician una fermentación propionica, disminuyendo según reportes hasta en 15 % la producción de CH₄ (McCarthy, 2019). En las condiciones de clima tropical es importante proporcionar a los animales raciones que induzcan bajo incremento calórico de alimentación (Vera *et al.*, 2014), para este caso, la miel de caña sin dejar al lado la utilización de la fibra ya que los forrajes representan del 40 al 100% de la ración de las vacas lecheras y son vitales para mantener la productividad y la salud animal ya que estimula la masticación y la salivación, la rumia, la motilidad intestinal, amortigua la acidosis ruminal, regula el consumo de alimento y produce precursores de grasa de leche (Adesogan *et al.*, 2019). El exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión de alimentos, digestibilidad de la ración, síntesis de proteína microbiana ruminal y el aporte de energía, por ello, se puede incluir esta miel de caña de maíz para la alimentación animal junto con el uso de residuos de este cultivo, ya que la ausencia de fibra provoca una disminución del contenido de grasa, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (Riaño, 2015) por ello, se podría decir que el potencial uso de esta miel puede darse en conjunto.

9.7. Rentabilidad financiera

En la tabla 8 se presenta la construcción y el análisis de las inversiones iniciales para el proyecto de elaboración artesanal de miel de caña de maíz, teniendo en cuenta los costos que hacen referencia a la inclusión de maquinaria y equipo, dotaciones, infraestructura, sin diferir estas inversiones en las zonas ALTO, MEDIO y BAJO y solo teniendo en cuenta esta variación en los costos fijos y variables en cada finca ubicada en diferentes zonas de vida.

Los recursos que se destinarán a la inversión del proyecto, con base a la información del banco agrario para pequeños productores se tiene un DTF + 2.00 que corresponde a 6,51% de interés aproximado, con un plazo de 5 años para el pago de la inversión y con pagos anuales, teniendo un monto de \$ 7.042.855 para la zona ALTO, \$ 7.093.971 para la zona MEDIO y \$ 7.042.855 para la zona BAJO.

En las tablas 9, 10 y 11 se presenta la amortización del crédito a utilizar en cada finca en diferentes zonas de vida para poder cubrir los recursos necesarios para la elaboración de miel de caña donde se tuvo en cuenta un plan de abonos constantes a capital proyectado a 5 años.

Tabla 8. Inversiones del proyecto.

Descripción	ALTO	MEDIO	BAJO
Maquinaria y equipo	\$ 4.890.000	\$ 4.890.000	\$ 4.890.000
Dotación	\$ 152.000	\$ 152.000	\$ 152.000
Infraestructura	\$ 400.000	\$ 400.000	\$ 400.000
Costos			
Costo fijos	\$ 1.700.100	\$ 1.700.100	\$ 1.700.100
Costo variables	\$ 211.562	\$ 51.872	\$ 755
TOTAL	\$ 7.253.662	\$ 7.093.971	\$ 7.042.855

Fuente: El autor, 2019.

Tabla 9. Amortización del crédito Finca “El vergel” (ALTO)

Descripción	Cuota anual	Intereses	Abono a capital	Saldo
				\$ 7.253.662
Año 1	\$ 1.922.946	\$ 472.213	\$ 1.450.732	\$ 5.802.929
Año 2	\$ 1.828.503	\$ 377.771	\$ 1.450.732	\$ 4.352.197
Año 3	\$ 1.734.060	\$ 283.328	\$ 1.450.732	\$ 2.901.465
Año 4	\$ 1.639.618	\$ 188.885	\$ 1.450.732	\$ 1.450.732
Año 5	\$ 1.545.175	\$ 94.443	\$ 1.450.732	-\$ 0

Fuente: El autor, 2019

Tabla 10. Amortización del crédito Finca “El remanso” (MEDIO)

Punto	Cuota anual	Intereses	Abono a capital	Saldo
0				\$ 7.093.971
1	\$ 2.229.635	\$ 810.841	\$ 1.418.794	\$ 5.675.177
2	\$ 2.067.467	\$ 648.673	\$ 1.418.794	\$ 4.256.383
3	\$ 1.905.299	\$ 486.505	\$ 1.418.794	\$ 2.837.589
4	\$ 1.743.131	\$ 324.336	\$ 1.418.794	\$ 1.418.794
5	\$ 1.580.962	\$ 162.168	\$ 1.418.794	\$ -

Fuente: El autor, 2019

Tabla 11. Amortización del crédito Granja “La esperanza” (BAJO)

Punto	Cuota anual	Intereses	Abono a capital	Saldo
0				\$ 7.042.855
1	\$ 2.213.569	\$ 804.998	\$ 1.408.571	\$ 5.634.284
2	\$ 2.052.570	\$ 643.999	\$ 1.408.571	\$ 4.225.713
3	\$ 1.891.570	\$ 482.999	\$ 1.408.571	\$ 2.817.142
4	\$ 1.730.570	\$ 321.999	\$ 1.408.571	\$ 1.408.571
5	\$ 1.569.571	\$ 161.000	\$ 1.408.571	\$ 0

Fuente: El autor, 2019.

En el proyecto se identificó que el punto de equilibrio es de 1104 unidades de Kg de miel de caña, cifras con las cuales se cubren los costos y donde la utilidad es igual a cero (Figura 11)

$$PE = \frac{\$1.700.100}{\$1.540} = 1104 \text{ unidades kg de miel de caña}$$

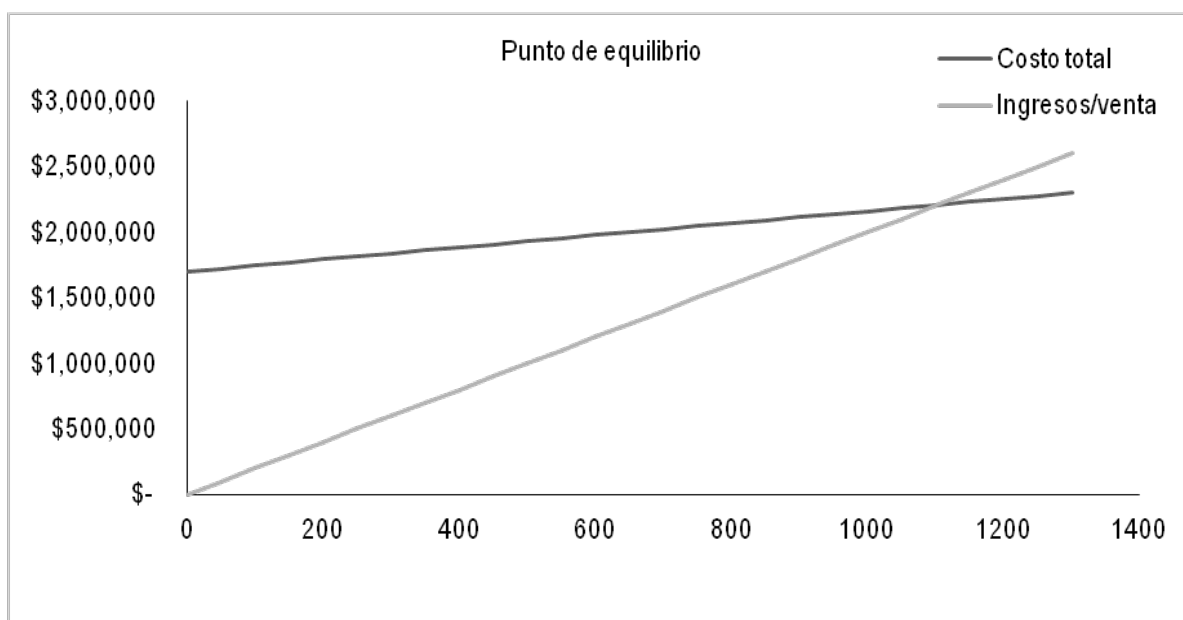


Figura 11. Punto de equilibrio para miel de caña de maíz.

Fuente: El autor, 2019.

Para el caso de miel de caña de maíz calculada en Kg/Ha teniendo dos cosechas al año, el resultado de calcular el VPN, mediante Excel con una tasa de 6,51% fue:

ALTO: -9.839.063,62.

MEDIO: -12.144.762,71

BAJO: -14.055.019,79

La propuesta del proyecto es rechazada ya que su valor actual neto es menor que cero, lo que significa que el valor de la inversión tendrá un descenso equivalente al valor actual neto, por tal razón se realizó el ejercicio aumentando la cantidad de Hectáreas a procesar para saber a qué punto el proyecto puede ser viable alguno de los tratamientos y se obtuvieron los siguientes resultados al procesar 5 Hectáreas.

ALTO: 27.033.796,83.

MEDIO: -4.036.241,26.

BAJO: -13.922.214,47.

Para este caso el cálculo de la TIR arrojó los siguientes resultados:

ALTO: 109%

MEDIO: -17%

Finalmente, para el caso del cálculo de la RBC se obtuvieron los siguientes resultados:

ALTO: 1,94

MEDIO: 0,47

BAJO: 0,01

La propuesta del proyecto es aceptada para la zona de vida ALTO, ya que su valor actual neto es mayor que cero, lo que significa que el valor de la inversión tendrá un aumento equivalente al Valor Actual Neto, no obstante, este resultado es favorable para el inversionista ya que la tasa de oportunidad es mucho menor que la rentabilidad que arroja el proyecto, para corroborar lo anteriormente escrito, se comprobó mediante la relación costo beneficio (TABLA 12), la cual dio mayor a 1, lo que significa que ingresos netos son superiores a los egresos netos y por lo tanto, es un proyecto viable a 5 años, sin tener en cuenta los ingresos que se generan en el cultivo ya establecido de maíz para el productor y la cachaza que es un desecho generado en la obtención de miel de caña que también puede ser procesada para la alimentación animal generando un subproducto denominado melote. Para las zonas MEDIO y BAJO, se rechaza la propuesta de proyecto, ya que, al aumentar la cantidad de hectáreas en los dos tratamientos, no aplicaría para pequeños productores, generando un déficit económico por la inversión en la capacidad instalada.

Tabla 12. TIR, VAN, RBC. Zona de vida ALTO.

Interés	6,51%	Costos	Beneficio neto	TIR	VAN	RBC
		\$ 7.253.662				
Año	Ingresos					
0	\$ -	\$ 7.253.662	-\$ 7.253.662	109%	\$ 27.033.796,83	\$ 40.654.417,53
1	\$ 9.814.405	\$ 1.922.946	\$ 7.891.460			\$ 13.620.620,70
2	\$ 9.814.405	\$ 1.828.503	\$ 7.985.902			\$ 20.874.282,25
3	\$ 10.326.044	\$ 1.734.060	\$ 8.591.983			1,947583971
4	\$ 11.006.651	\$ 1.639.618	\$ 9.367.034			
5	\$ 11.427.276	\$ 1.545.175	\$ 9.882.101			

Fuente: El autor, 2019.

El estudio de factibilidad permite la toma de decisiones para la aprobación de las inversiones en la elaboración de un proyecto productivo y debe estar basada en un estudio que permita optimizar los recursos y ponerlos donde mayor rendimiento económico, técnico, financiero y social brinde al desarrollo del mismo (Santos, 2008). Sin embargo, como se pudo apreciar la rentabilidad del proyecto no es la misma en todas las zonas por ello, el inversionista que en este caso es el productor, tiene la opción de tomar una decisión inmediatamente o esperar a que se revele nueva información ya que el costo de oportunidad es muy sensible a la incertidumbre sobre el valor futuro del proyecto, por lo que las condiciones cambiantes que lo afectan pueden modificar la decisión de inversión al día de hoy (Álvarez *et al.*, 2012) Cundinamarca, ocupa el puesto séptimo en el área sembrada de maíz amarillo tradicional, para ello habría que evaluar la posibilidad en departamentos donde el área sembrada de maíz de maíz sea más alto y pueda ser más competitivo como es para los departamentos como Córdoba, Antioquia, Huila, Bolivar, Magdalena. (Fenalce, 2018) ya que de ello dependerá la cantidad de los residuos de cosecha generados con potencial uso de extracción para la generación de subproductos que puedan ser utilizados para la alimentación animal.

10. Conclusiones

Peso de tallo, longitud de tallo, rendimiento de jugo y miel, se va reduciendo a menor altitud en metros sobre el nivel del mar, en efecto, menores rendimientos en la zona de vida BAJO (bh-MB) sin diferencias en el número de hojas. De igual forma, ocurre para los días de cosecha donde se presenta los mayores rendimientos de la planta para el día 76, además hubo efecto de interacción entre tratamiento y días de cosecha para todas las variables exceptuando el número de hojas, constatando que existen variaciones del rendimiento de la miel de caña maíz en diferentes zonas de vida y estados fenológicos de la planta,

La zona de vida BAJO (bh-MB) obtuvo mayor contenido de azúcar reductor (glucosa), pudiendo concluir de esta forma que a mayor rendimiento de jugo no significa mayor calidad de miel. La cantidad de glucosa presente en la dieta del animal puede influir en el rendimiento productivo y funcional del animal ya que la concentración de glucosa es el principal combustible del cerebro, además, promueve la síntesis de la lactosa en la glándula mamaria para la producción láctea.

La rentabilidad del uso de residuos de cosecha para la obtención de miel de caña es variada según la zona de cultivo, ya que la propuesta es únicamente aceptada para la zona de vida ALTO (RBC>1), siendo esta rentabilidad sujeta a cambios y de acuerdo a los rendimientos de cultivo de maíz, sin embargo, esta obtención de miel otorga un valor agregado a la cadena productiva del maíz, puesto que estos residuos pueden ser aprovechados para la obtención de subproductos adicionales como: Grano de maíz, miel de caña, cachaza/melote y generando conocimiento acerca del manejo de residuos agrícolas.

11. Recomendaciones

El factor humano en la elaboración de miel de caña es un factor importante ya que de ello depende la agilidad para facilitar y agilizar el proceso de extracción, es necesario contar con la ayuda de dos personas para que en el menor tiempo posible se lleve a cabo la limpieza de la planta, para que esa extracción de jugo se de en el menor tiempo posible y se pueda aprovechar al máximo el rendimiento de la planta.

Se recomienda utilizar el método de extracción por compresión, ya que con el manual existen pérdidas de jugo que pueden afectar el rendimiento de miel a final del proceso de elaboración, además mediante el proceso manual implica más tiempo y más mano de obra, haciendo que las cañas puedan secarse por el tiempo transcurrido y extracción individual por planta.

Se recomienda manejar la misma temperatura en la concentración y evaporación para evitar que la muestra se quemé, asimismo agitar el contenido en las pailas para evitar que se pegue y se pierda contenido de miel o utilizar procesos como la liofilización para el ahorro de tiempo y pérdidas en rendimientos,

Para una información más completa se sugiere nuevas investigaciones que incluyan el contenido de fracciones químicas como Carbohidratos, proteínas, lípidos y cenizas para dar información más precisa de la cantidad de nutrientes digestibles y un aporte calórico real de esta miel de caña.

Se recomienda a futuras investigaciones tener en cuenta la época de lluvia para la siembra y cosecha, ya que de ello dependerá el rendimiento del cultivo final, asimismo, se recomienda realizar este trabajo en condiciones de trópico bajo inferiores a los 1500 msnm para el conocimiento del rendimiento y comportamiento de esta miel de caña en otras condiciones ambientales.

Se recomienda tener en cuenta parámetros agronómicos como condiciones del suelo, manejo de fertilización y control de plagas para complementar la información suministrada en este trabajo.

12. Referencias

1. Abioye, A. M., & Ani, F. N. (2015). Recent development in the production of activated carbon electrodes from agricultural waste biomass for supercapacitors: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 52, 1282-1293.
2. Acosta, R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*.30(2), 113-120
3. Adesogan, A. T., Arriola, K. G., Jiang, Y., Oyebade, A., Paula, E., Pech-Cervantes, A. A., ... & Vyas, D. (2019). Technologies for improving fiber utilization.
4. AGRICULTURERS. (2017). *Los mayores productores de maíz*. Recuperado de <https://agriculturers.com/los-mayores-productores-de-maiz-encuentra-tu-pais/>

5. AGRONET-MIN AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Evaluaciones agropecuarias municipales. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Cultivos.pdf>
6. Alayán, J., Jimenez, G., Piñeiro, A., Canul, J., Albores, S., Villanueva, G., Nahed, J., Ku-vera, J. (2018). Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería. *Agroproductividad*.11(2):9-15.
7. Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E., & López-Vargas, L. H. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55.
8. Aljohar, H., Maher, H., Albaqami, J., Mehaizie, M., Orfali, R., Orfali, R & Alrubia, S. (2018). Physical and chemical screening of honey samples available in the Saudi market: An important aspect in the authentication process and quality assement. *Saudi Pharmaceutical Journal* 26 (2018) 932–942.
9. Allaman, I., Bélanger, M., & Magistretti, P. J. (2015). Methylglyoxal, the dark side of glycolysis. *Frontiers in neuroscience*, 9, 23.
10. Alvarado, M & Valdivieso, A. (2018). *Propuesta para la reactivación de la producción artesanal de miel de caña y panela en la Parroquia San Pedro de Vilcabamba de la provincia de Loja. [tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil. Guayaquil. Ecuador.*
11. Álvarez Echeverría, F. A., López Sarabia, P., & Venegas-Martínez, F. (2012). Valuación financiera de proyectos de inversión en nuevas tecnologías con opciones reales. *Contaduría y administración*, 57(3), 115-145.
12. Amador, A. L., & Boschini, C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 171-177.
13. Arteaga, O., & Tapia, F. (2015). Plan de mejoramiento para el sector productivo de la panela en el Municipio de Samaniego-Nariño, año 2014-2015.
14. Aschenbach, J., Penner, G., Stumpff, F & Gäbel,G (2011). H RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *American Society of Animal Science*. 89:1092-1107.
15. Aschenbach, J.R., Kristensen, N.B., Donkin, S.S., Hammon, H.M., Penner, G.B. (2011) Gluconeogenesis in dairy cows: The secret of making sweet milk from sour dough IUBMB Life, 62 , pp. 869-877
16. Barnes, A., & Cord-Ruwisch, R. (2018). In vitro rumen fermentation of soluble and non-soluble polymeric carbohydrates in relation to ruminal acidosis. *Annals of microbiology*, 68(1), 1-8.
17. Bell, A. W., & Bauman, D. E. (1997). Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *Journal of mammary gland biology and neoplasia*, 2(3), 265-278.
18. Berchem, T., Roiseux, O., Vanderghem, C., Boisdenghien, A., Foucart, G., & Richel, A. (2017). Corn stover as feedstock for the production of ethanol: chemical composition of different anatomical fractions and varieties. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(3), 430-440.

19. Bizarri, E. C. (2003). La clasificación climática de Holdridge: incoherencias y soluciones. *Estudios Geográficos*, 64(250), 5-21.
20. Borrás, L., Westgate, M. E., & Otegui, M. E. (2003). Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source–sink ratio in maize. *Annals of Botany*, 91(7), 857-867.
21. Briñez, R. Lina Castro, P. Santiago Cifuentes, S. Daniela Díaz, L. Paola Guepe, C. Andrés Matoma, C. Angélica Ospina, L. Daniel Vila, A. Sebastian Walteros, O. William Zárate, A. Sebastian (2016). Zonas briñez: <https://ecologia.unibague.edu.co/libro.pdf>
22. Burbano, T. C. L., Martínez, F. T., & Benavides, C. A. (2015). Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo *Zea mays* L. en la región andina del departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(1), 12-23.
23. Bussweiler, Y., Borovinskaya, O., Husted, S., Persson, D. O., Hansen, T. H., & Stremtan, C. C. (2017). High-Speed, High-Resolution, Multi-Element Imaging of Plant Root Cross-Sections to Highlight Nutrient Transport Pathways.
24. Byosystems (2013). Glucosa oxidasa/peroxidasa. Recuperado de: <http://biosystemsantioquia.com.co/images/docs/reactivos/quimica-clinica/bioquimica/11503c-glucosa.pdf>
25. Cañadas, L., Molina, H., Rade, L., & Fernández, M. (2016). Seasons and planting densities interaction on forage production of eight hybrids maize, Ecuador. *Revista MVZ Córdoba*, 21(1), 5112-5123.
26. Cardona, J. O., & Barrientos, J. C. (2011). Producción, uso y comercialización de especies aromáticas en la región Sumapaz, Cundinamarca. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(1), 114-129.
27. Carmona, J., Bolivar, D & Giraldo, L (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativa para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*.18:1.
28. Casas, P. (2008). *Obtención de un edulcorante natural a partir de la caña de maíz (Zea Mays, L.) y su caracterización físico-química [tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo, Perú.*
29. Castellanos, M & Rodríguez, E (2011). Gestión financiera. *Ciencia y Sociedad*.
30. Chagas, L.M., Lucy, M.C., Back, P.J., Blache, D., Lee, J.M., Gore, P.J.S., Sheahan, A.J., Roche, J.R. (2009). Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 92 (2009), pp. 216-222
31. Chen, S., Mowery, R., Scarlata, C & Chambliss, K. (2007). Compositional Analysis of Water-Soluble Materials in Corn Stover. *J. Agric. Food Chem.* 55: 5912–5918.
32. Chuine, I., & Régnière, J. (2017). Process-based models of phenology for plants and animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 159-182.
33. Ciampitti, I. A., Boxler, M., & García, F. O. (2010). Nutrición de maíz: requerimientos y absorción de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*, 48, 14-18.

34. Clarke, M.A. (2003-8. in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*,
35. Correa, H. (2013). Rendimiento y valor nutricional de la miel de caña de maíz en Colombia. *Rev. Livestock Research for Rural Development*. 25 (4)
36. Cortolima. (2008). Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del río Totare, Convenio Cortolima, Corpoica, SENA, Universidad del Tolima.
37. Criollo, V. (2009). Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) a la fertilización por sitio específico en suelos de la sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia
38. DANE (2017) Más de 47 millones de hectáreas tienen uso productivo: Dane. Recuperado de: <https://www.portafolio.co/economia/area-cultivada-en-colombia-durante-el-2016-508508>
39. DANE. (2013). Cuenta satélite piloto de la agroindustria (CSPA): Maíz, Sorgo, Soya y su primer nivel de transformación 2005- 2009. 65p.
40. Dashty, M. (2013). A quick look at biochemistry: carbohydrate metabolism. *Clinical Biochemistry*. 46 , 1339 - 1352 . 10.1016
41. Dávila, (2012) Costos y presupuestos . Universidad Peruana de los Andes. Recuperado de: <http://www.utsvirtual.edu.co/sitio/blogsuts/costosypresupuestos/files/2014/05/COSTOS-Y-PRESUPUESTOS1.pdf>
42. Díaz, A., & Iglesias, C. E. (2012). Bases teóricas para la fundamentación del proceso de extracción de jugo de caña de azúcar para la producción de panela. *Revista Ciencias técnicas agropecuarias*, 21(1), 53-57.
43. Donkin, S. S. (2016). Control of hepatic gluconeogenesis during the transition period. In *2016 Florida ruminant nutrition symposium 27th annual Meeting* (pp. 111-123).
44. Escalante-Estrada, J. A. S., Rodríguez-González, M. T., & Escalante-Estrada, Y. I. (2015). Acumulación y distribución de materia seca en cultivares de maíz asociados con frijol en clima templado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 139-143.
45. Espinoza, B., Ramirez, M., & Sánchez, A. (2018). Elucidando la relación entre la microbiota natural y la emisión de gases de efecto invernadero mediante la aplicación de la genómica. *Agroproductividad*. 11(2):3-8.
46. Eyherávide, G. H. (2012). *Bases para el manejo del cultivo de maíz* (No. 633.15). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).
47. Fajardo, E., Sarmiento, S. (2007). Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. [tesis de maestría]. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
48. FEDNA. (2016). Melaza de caña. *Fundación española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. Recuperado de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/melazas-de-ca%C3%B1a
49. FENALCE, (2011). Cadena productiva de maíz. Recuperado de: http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf.
50. FENALCE. (2018). Indicadores cerealistas. Departamento económico y apoyo a la comercialización.
51. FIRA. (2016). *Panorama agroalimentario. Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura*. Recuperado de <https://www.fira.gov.co/>

52. Firkins, J., Hriston, A., Hall, M., Varga, G & Pierre, N. (2006). Integration of Ruminant Metabolism in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 89(E. Suppl.):E31–E51.
53. Fonseca, S., Rodríguez, H., & Camargo, G. (2017). Caracterización de residuos de maíz del municipio de Ventaquemada, Colombia. *Avances En Ciencias E Ingeniería*, 8(2), 39–38. Retrieved from <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10378/4>. ARTÍCULO-VERSIÓN FINAL.pdf?sequence=1
54. Garay, J. A., & Colazo, J. C. (2015). El cultivo de maíz en San Luis. *Buenos Aires, Argentina: INTA Ediciones Información Técnica*, (188).
55. Garfield, F.M. (1991). Quality Assurance Principles for Analytical Laboratories. AOAC International.
56. Gaytán-Bautista, R., Martínez-Gómez, M., & Mayek-Pérez, N. (2009). Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 295-304.
57. Gómez, M., Gloria, D., Astudillo, O., & del Cisne, N. (2017). *Propuesta para el mejoramiento del proceso de producción de panela granulada en la Comunidad de Pacto* (Master's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Gestión de la Calidad y Productividad.).
58. Gonzalez, L. V. P., Gómez, S. P. M., & Abad, P. A. G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *RIAA*, 8(2), 141-150.
59. Grande, C., & Orozco, B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Guillermo de Ockham*. 11(1), 97-110. Universidad de San Buenaventura.
60. Gutiérrez-Acosta, F., Padilla-Ramírez, J. S., & Reyes-Muro, L. (2008). Fenología, producción y características de fruto de selecciones de durazno (*Prunus persica* L. Batsch.) Ana en Aguascalientes. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(1), 23-32.
61. Guzmán Gonzalez, D. (1996). Zonas de vida o formaciones vegetales, área jurisdiccional CAR.
62. Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., & Witzemberger, A. (1992). Einheitliche codierung der phänologischen entwicklungsstadien mono-und dikotyler pflanzen—erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44(12), 265-270.
63. Herd, H. (2000). *Ruminant adaptation to negative energy balance. Metabolic disorders of ruminants*. 16(2): 215-130.
64. Hernández Córdova, N., & Soto Carreño, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-29.
65. Hoyos y Ocampo. (2018). Producción y consumo del maíz en Colombia, descripción de la cadena y propuesta de estrategias para un mejor desempeño de la misma. *Fondo Editorial Biogénesis*, 1(1), 95-112.
66. Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T. W., Harper, M. T., Weeks, H. L., ... & Kindermann, M. (2015). An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from

- dairy cows with no negative effect on milk production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(34), 10663-10668.
67. Ihsler, V., Varga, G.(2016). Carbohydrate Nutrition for Lactating Dairy Cattle. College of Agricultural Sciences. Recuperado de: <https://extension.psu.edu/carbohydrate-nutrition-for-lactating-dairy-cattle>
 68. Ishler y Varga (2016) <https://extension.psu.edu/carbohydrate-nutrition-for-lactating-dairy-cattle>
 69. Jaller, S. (2011). Análisis de los sistemas de producción agrícola de las provincias de Soacha y Sumapaz (Cundinamarca). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO*.
 70. Khan, M. B., Hussain, N., & Iqbal, M. (2001). Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. *Journal of Research Science*, 12(1), 15-18.
 71. Khattab, M. S. A. (2017). Mathematical Prediction Equations of Methane Emission from Dairy Cattle. *Science International*, 5(4), 133-141.
 72. Kim, M & Day, D. (2011). Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. *J Ind Microbiol Biotechnol*. 38:803–807.
 73. Kim, M., & Day, D. F. (2011). Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 38(7), 803-807.
 74. Knegesel, A., Van den Brand, H., Dukstra, J (2005). Tamminga, S & Kemp, B.Effect of dietary energy source on energy balance, production, metabolic disorders and reproduction in lactating dairy cattle. *Reprod. Nutr. Dev.* 45: 665–688.
 75. Kroppe, J., Olabi, A. G., Goričanec, D., & Božičnik, S. (2017). Industrial Processes of Sucrose Crystallization: A Brief. In *10TH International Conference on Sustainable Energy and Environmental Protection Mechanical Engineering* (p. 29).
 76. Lafitte, H. (2001). Estreses abióticos que afectan el maíz. *El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción*. FAO, Roma. <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S>.
 77. Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 917-934. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/34668/39556>
 78. Larrahondo, J. E. (2013). Definición y alcances de la alcoquímica: la calidad de las materias primas y su impacto en el proceso alcoquímico. In *III Congreso AETA, Sep. 18-20 del 2013*.
 79. Lazo Chorres, J. A. (2019). Evaluación del rendimiento de grano y características morfoproductivas de seis genotipos de flijol Capuí (*Vigna unguiculata* (L) Walp). Valle del Medio Piura. 2018. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182005000400004

80. López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdova-Téllez, L., & Vaquera-Huerta, H. (2005). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*, 30(5), 284-290.
81. Margulis, L., & Sagan, D. (2012). El proceso de nutrición En las plantas. 11 (1).
82. Mármol, J. F. (2006). Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X *Seminario de Pastos y Forrajes. Universidad de Zulia, Venezuela*, 1.
83. Márquez Díaz, C. L., Castro, M. (2015). Uso del Valor actual neto, tasa interna de retorno y relación beneficio-costos en la evaluación financiera de un programa de vacunación de fiebre aftosa en el estado yaracuy, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 56(1), 052-057.
84. Martín, P. . (2004). Bagazo como alimento para rumiantes. FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/s8850e/S8850E12.htm>
85. Martínez, M., Palacios, D., Medina, H. (2016). Composición química del grano del maíz (*Zea Mays L.*) Chococito del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia.
86. McCarthy, C. S. (2019). Evaluating the effects of rumen-protected glucose (RPG) on production, metabolism, and inflammation in transitioning dairy cows. TEsls <https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8061&context=etd>
87. Mellado-Mojica, E., & López-Pérez, M. G. (2013). Análisis comparativo entre jarabe de agave azul (*Agave tequilana* Weber var. azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 47(3), 233-244.
88. Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Espinosa-Cervantes, R., & Lara-Bueno, A. (2008). Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Universidad y ciencia*, 24(1), 75-87.
89. Menjura, O. A. M., & Hernández, H. E. (2013). Análisis experimental de la evaporación del jugo de caña de azúcar en película sobre una placa plana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(2), 113-127.
90. Mergenthaler, P., Lindauer, U., Dienel, G. A., & Meisel, A. (2013). Sugar for the brain: the role of glucose in physiological and pathological brain function. *Trends in neurosciences*, 36(10), 587-597.
91. Mergenthaler, P., Lindauer, U., Dienel, G. A., & Meisel, A. (2013). *Sugar for the brain: the role of glucose in physiological and pathological brain function. Trends in Neurosciences*, 36(10), 587–597. doi:10.1016/j.tins.2013.07.001
92. Millán, C. (2015). *Análisis de la estructura y competitividad de la cadena productiva del maíz (Zea Mays)* [tesis de pregrado]. Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
93. Mosquera, S., Carrera, J & Villada, H. (2007). Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el departamento de Cauca.
94. Moss, A., Jouany, J & Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *INRA EDP Sciences. Ann Zootech.* 49: 231-253.

95. Muñoz & Rodríguez (2013) MIN AGRICULTURA, 2013 http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/7995/1/OA-PN-PTA-01_Propuesta%20tecnica%20RENDIMIENTOS.pdf
96. Nafikov, R & Beitz, D. (2007). *Carbohydrate and lipid metabolism in farm animals. The Journal of Nutrition*. 137(3): 702-5.
97. Naranjo, A. (2008). Caracterización reológica y térmica de miel de dos variedades de caña. [tesis de pregrado]. Universidad técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
98. Navarrete, R. (2018). Evaluación de cinco híbridos de maíz (*Zea mays L.*) cultivados con dos distancias de siembra sobre el rendimiento del cultivo en la zona de daule. Guayaquil. Universidad de Guayaquil.
99. Niinemets, Ü., Berry, J. A., von Caemmerer, S., Ort, D. R., Parry, M. A., & Poorter, H. (2017). Photosynthesis: ancient, essential, complex, diverse... and in need of improvement in a changing world. *New Phytologist*, 213(1), 43-47.
100. Nikkhah, A. (2018). Insulin, Glucagon and Feed Intake Regulation: Ruminant and Rat Models. *J Vet Sci Ani Husb*, 6(2), 204.
101. Noriega, L. A.; Preciado, R. E.; Andrio, E.; Terrón, A. D. y Covarrubias, J. (2011) Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz qpm h-374c*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. vol. 2, no. 4, p. 489-500.
102. Noro, M., & Wittwer, F. (2012). Interrelaciones entre ureagénesis y gluconeogénesis hepática en rumiantes alimentados con elevado contenido de nitrógeno. *Veterinaria México*, 43(2), 143-154.
103. Nozière, P., Ortigues-Marty, I., Loncke, C., Sauvant, D. (2010). Carbohydrate quantitative digestion and absorption in ruminants: from feed starch and fibre to nutrients available for tissues. *Animal*, 4: 1057–1074.
104. Oñate Zúñiga, L. A. (2015). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. Blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos* (Bachelor's thesis).
105. Ortega, C. (2018). Libre comercio y soberanía alimentaria en Colombia: El caso del maíz. Madrid. Universidad complutense de Madrid.
106. Osorio, G. (2007). *BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) Y BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM) EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y PANELA*. FAO-CORPOICA. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1525s.pdf>
107. Pachón, F., Tovar, G., Urbina, N., & N, M. (2005). Suplemento Alimenticio Para Ganado Bovino Y Para Evitar La Contaminación Ambiental. *Revista Facultad de Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 52(1), 14
108. Paliwal, R. L. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción* (No. 28). Food & Agriculture Org.
109. Pardey-Rodríguez, C., García-Dávila, M. A., & Moreno-Cortés, N. (2016). Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 167-190.

110. Pardo, M., Herrera, R. A., & Rueda, L. M. C. (2017). Valoración del capital intelectual y su impacto en la rentabilidad financiera en empresas del sector industrial del Ecuador. *Revista Publicando*, 4(13 (1)), 193-206.
111. Patiño, R., & Bladimir, Á. (2011). *Evaluación del rendimiento agroproductivo e industrial de 3 variedades certificadas de caña de azúcar (Saccharum officinarum) de origen cubano (C 1051-73, C 8751, C 132-81), frente al testigo variedad cristalina, en etapa de cosecha, en el cantón Huamboya, provincia de Morona Santiago* (Bachelor's thesis).
112. Peñaranda Gonzalez, L. V., Montenegro Gómez, S. P., & Giraldo Abad, P. A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2).
113. Pérez López, A. E., Martínez Bustamante, E., Vargas, V., Darío, L., & Cotes Torres, J. M. (2012). Acumulación y distribución de fitomasa en el asocio de maíz (zea mays l.) y frijol (phaseolus vulgaris l.) *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 66, núm. 1 (2013); 6865-6880 2248-7026 0304-2847*.
114. Plessis J. Du (2003). Maize production Department of Agriculture, Pretoria, p. 7
115. Prada Forero, L. E. (2002). Mejoramiento en la calidad de miel y panela.
116. Prada-Forero, L. E., Chaves-Guerrero, A., & García-Bernal, H. R. (2015). Efectos de la presión de evaporación y la variedad de caña en la calidad de la miel y la panela. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 153-165.
117. Qaid, M. M., & Abdelrahman, M. M. (2016). Role of insulin and other related hormones in energy metabolism—A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1267691.
118. Quezada-Moreno, W., Gallardo-Aguilar, I., & Quezada-Torres, W. (2015). Temperatura y concentración del jugo de caña según pisos climáticos en Ecuador. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 49(1), 17-21.
119. Quintero, M. D., Olivera, M., & Noguera, R. R. (2011). Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(1), 74-82.
120. Rahiman, F. (2016). The effect of sugar cane molasses on the immune and male reproductive systems using *in vitro* and *in vivo* methods. *Iran J Basic Med Sc.* 19(10): 1125–1130.
121. Rahiman, F., & Pool, E. J. (2016). The effect of sugar cane molasses on the immune and male reproductive systems using *in vitro* and *in vivo* methods. *Iranian journal of basic medical sciences*, 19(10), 1125.
122. Ramirez, J. (2018). Eventos químicos-fisiológicos del metano en los rumiantes. *Agroproductividad*.11(2): 22-23.

123. Ramnanan, C. J., Edgerton, D. S., Kraft, G., & Cherrington, A. D. (2011). Physiologic action of glucagon on liver glucose metabolism. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 13, 118-125.
124. Rawson, H. M., & Macpherson, H. G. (2001). *Trigo regado: Manejo del cultivo* (No. Sirsi) i9789253044887). FAO.
125. Rezende, C. A., de Lima, M. A., Maziero, P., deAzevedo, E. R., Garcia, W., & Polikarpov, I. (2011). Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility. *Biotechnology for biofuels*, 4(1), 54.
126. Rezende, C., Lima, M., Maziero, P., Ribeiro, E., Garcia, W & Polikarpov, I. (2011). Chemical and morphological characterization of sugarcane bagasse submitted to a delignification process for enhanced enzymatic digestibility. *Biotechnology for Biofuels*. 4:54.
127. Riaño Moreno, C. E. (2015). Efecto de la utilización del saborizante Luctarom® sobre el consumo y desempeño productivo en las etapas de cría y producción de leche en un sistema de lechería especializada.
128. Riveros, M. (2005). *Aprovechamiento de subproductos de caña panelera en la alimentación animal. Federación Nacional de Productores de Panela. (FEDEPANELA). Bogotá, DC.*
129. Robles, F., Granillo, F., Espinoza, S., Aguilar, J & Ortega, J. (2018). Caracterización de la cadena de valor del maíz.
130. Roh, S. G., Suzuki, Y., Gotoh, T., Tatsumi, R., & Katoh, K. (2016). Physiological roles of adipokines, hepatokines, and myokines in ruminants. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 29(1), 1.
131. Santos, T. (2008). Estudio de factibilidad de un proyecto de inversión: etapas en su estudio. *Contribuciones a la Economía*, 11.
132. Senthilkumar, S., Suganya, T., Deepa, K., Muralidharan, J & Sasikala, K. (2016). *Supplementation of molasses in livestock feed. International Journal of Science, Environment and Technology*.5(3): 1243 – 1250
133. Shin, S., Lee, J. S., Kim, S. G., Go, T. H., Shon, J., Kang, S., ... & Yang, W. (2015). Yield of maize (*Zea mays* L.) logistically declined with increasing length of the consecutive visible wilting days during flowering. *Journal of crop science and biotechnology*, 18(4), 237-248.
134. Silvan, M., Cabreira, C., Poppi, E., Tais, T., & Puntel. (2015). Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 44(9), 303–313. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000900001>
135. Skibieli, A.L., Zachut, M., Do, B.A., Levin, Y., Dahl, G.E., (2016). Liver proteomic analysis of postpartum holstein cows exposed to heat stress or cooling conditions during the dry period. *J. Dairy Sci.* 101, 705–716. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13258>.
136. Skyler, J. S. (2016). Harold E. Lebovitz, MD: Legendary Diabetologist.

137. Slezak, L. A., & Andersen, D. K. (2001). Pancreatic resection: effects on glucose metabolism. *World journal of surgery*, 25(4), 452-460.
138. SOPLIN, J. A., RENGIFO, A. M., & Chumbe, J. (1993). ANALISIS DE CRECIMIENTO EN *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L. *Folia amazónica*, 5(1-2), 171-189.
139. Stefan, N & Haring, H. (2013) The role of hepatokines in metabolism. *Nat Rev Endocrinol*. 2013;9:144–152.
140. Suckale, J. y Solimena, M. (2008). The islets of the pancreas in metabolic signaling focus on the beta cell. *Frontiers in Bioscience*, 13, 7156 - 7171 . 10.2741 / 3218.
141. Tariq, H., Kundu, S. S., Singh, S. K., Sharma, N., Sharma, A., & Singh, M. P. (2018). Metabolizable energy and protein evaluation of some common Indian feedstuffs used in ruminant ration.
142. Tovar, C. D. G., & Colonia, B. S. O. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110.
143. Treviño, J., Hernández, M. T., & Caballero, R. (2011). Estudio del valor nutritivo de las hojas y tallo del maíz híbrido de tallo azucarado E-10. *Pastos*, 4(2), 286-292.
144. Ungerfeld, E. M., & Newbold, C. J. (2018). Engineering Rumen Metabolic Pathways: Where We Are, and Where Are We Heading. *Frontiers in microbiology*, 8, 2627.
145. Valdez, J. B., Soto, F., Osuna, T., & Báez, M. A. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE Smith). *Agrociencia*, 46(4), 399-410.
146. Van Emmerik, T., Steele-Dunne, S. C., Judge, J., & Van De Giesen, N. (2016). Dielectric response of corn leaves to water stress. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(1), 8-12.
147. Vanegas, H. (2017). El cerealista. Junta directiva nacional 2016-2018. Recuperado de https://www.fenalce.org/nueva/plantillas/archivos_revista/mi28-i-REVISTA_122.pdf
148. Vera, J. K., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., ... & Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos: opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 43-53
149. Víctor, G. (2012). Clasificación Taxonómica de algunas especies de interés agropecuario monografía. Publicado: miércoles 1 de agosto de 2012.
150. Wang, N., Wang, E., Wang, J., Zhang, J., Zheng, B., Huang, Y., & Tan, M. (2018). Modelling maize phenology, biomass growth and yield under contrasting temperature conditions. *Agricultural and forest meteorology*, 250, 319-329.
151. Weber, C., Schäff, C. T., Kautzsch, U., Börner, S., Erdmann, S., Görs, S., ... & Kuhla, B. (2016). Insulin-dependent glucose metabolism in dairy cows with variable fat mobilization around calving. *Journal of dairy science*, 99(8), 6665-6679.

