



Capítulo III.

Producción, cosecha y poscosecha de cultivos forrajeros

José Edwin Mojica Rodríguez, Luis Fernando Gómez Ramírez,
Claudia Maricel Ipaz Cuastumal, Esteban Burbano Erazo y
Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez



Introducción

Actualmente, los sistemas de producción bovina se enfrentan a la variabilidad y el cambio climáticos, que producen impactos negativos sobre la respuesta animal (Tapasco et al., 2015). La base de alimentación de los bovinos está dada principalmente por gramíneas, las cuales son susceptibles a la estacionalidad y variabilidad climáticas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Agencia de Desarrollo Rural [ADR], 2019). La estacionalidad climática en la región, caracterizada por un periodo seco de entre 5 y 6 meses al año, disminuye la producción y la calidad nutricional de las gramíneas de pastoreo, lo que impacta negativamente la producción de leche o carne. Sin embargo, debido a la variabilidad climática, los periodos de lluvia también pueden llegar a ser frecuentes e intensos, con lo que generan las mismas consecuencias de las sequías en las ganaderías (Machecha et al., 2002); todo esto conlleva al planteamiento de alternativas tecnológicas para mitigar esos efectos negativos sobre el sistema de producción.

Ante esta situación, los ganaderos pueden optar por diferentes alternativas, como la utilización de forrajes conservados, la suplementación con subproductos alimenticios regionales y la tecnificación del cultivo de forrajes con sistemas de riego, entre otras (Gutiérrez-Guzmán et al., 2022; Vives, 2012). La conservación de forrajes, en forma de heno o ensilaje, es la tecnología más utilizada por los productores de la región, siendo los pastos Ángleton (*Dichanthium aristatum*), Colosuana (*Bothriochloa pertusa*) y Guinea (*Megathyrsus maximus*) las especies más utilizadas para el primer método de conservación (heno) (Burbano Erazo et al., 2019; Mejía Kerguelén et al., 2019), mientras que los cultivos de maíz y sorgo forrajero son los más usados para el segundo (ensilaje) (Bernal et al., 2014). No obstante, la producción de estos cultivos forrajeros puede disminuir por una deficiente germinación o desarrollo vegetal a causa de eventos intensos de precipitación o muy pocos en el tiempo; en este último caso, la producción se disminuye debido a la reducción de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, lo que provoca un déficit hídrico que deriva en una disminución en el transporte de nutrientes hacia las plantas.



Con base en lo anterior, es común observar una baja producción de forraje en los cultivos establecidos por los productores que no utilizan un sistema de riego durante las épocas de lluvia, debido a la variabilidad climática, que puede producir un déficit hídrico de la planta durante su desarrollo. Sin embargo, esto no quiere decir que solamente con la implementación de un sistema de riego tecnificado se pueda mejorar la productividad de las especies forrajeras, ya que, al considerar a estas especies como cultivos de importancia agrícola, también se requiere de un esquema de manejo agronómico para optimizar su rendimiento (Garrido-Rubiano et al., 2017).

La alimentación de los bovinos se debe desarrollar principalmente con los recursos presentes en las fincas ganaderas, lo cual contribuye a reducir los costos de los alimentos y la huella de carbono (por la disminución de emisiones en el transporte de alimentos), contribuyendo así a la sostenibilidad de la producción bovina. De esta manera, el productor debe contar con las herramientas necesarias para realizar un manejo agronómico que permita optimizar la producción tecnificada de forrajes con el uso de riego y fertirriego (Gutiérrez-Guzmán et al., 2022; Torregroza et al., 2015). En el presente capítulo se detalla la producción de cultivos forrajeros para su posterior conservación, en forma de heno o ensilaje, mediante la utilización de un sistema de riego por pivote central, en las condiciones del Caribe seco.

Adecuación del lote para la producción de cultivos forrajeros con pivote central

Previo al establecimiento de los cultivos, fue necesaria una adecuación general del terreno, y al iniciar cada ciclo se estimaron las láminas brutas de irrigación, tal como se describe en el siguiente apartado.

Preparación del suelo y riego

La adecuación del terreno se realizó en un área de 30,5 ha circulares, mediante las siguientes labores: inicialmente, se retiró el material vegetal para facilitar el tránsito libre del sistema de riego por pivote central. Posteriormente, se incorporó al suelo el material vegetal, se realizó el levantamiento topográfico para el trazado de los canales de drenaje y se realizó una nivelación convencional de la mitad del terreno (15 ha). En el área restante, caracterizada por presentar depresiones pronunciadas, se implementó una nivelación láser con el fin de mantener las pendientes naturales del



terreno, mejorar el drenaje y facilitar el movimiento del pivote. Luego, se hizo el plano de campo y se definió el trazado de los canales en los perímetros y en el interior de cada uno de los sectores en que se dividió el lote. Antes de la siembra, como enmienda, se aplicó azufre elemental (400 y 600 kg/ha) en las zonas afectadas por exceso de sodio.

A partir de los datos históricos de la estación agroclimatológica del Ideam, y teniendo en cuenta la fenología, los coeficientes de los cultivos y las condiciones del suelo, se planteó, con el programa Cropwat, el cronograma de riego en cada ciclo de producción. Las láminas brutas se ajustaron de acuerdo con el comportamiento de las lluvias. Durante la germinación, se mantuvo la humedad cercana a capacidad de campo y, una vez pasada esta etapa, se regó según el plan generado en el *software*. El procedimiento se hizo igual en todos los cultivos, lo cual se describió con mayor detalle en el capítulo II.

Al final, la distribución de los cultivos en el lote fue la siguiente: 5 ha para el pasto *M. maximus* cv. Agrosavia Sabanera, 15 ha para el establecimiento de maíz híbrido Pioneer 30F35 para forraje y 10 ha para el establecimiento de sorgo forrajero Corpoica JJT-18. Con base en el estudio previo espacial del pH, se ubicó el pasto en la zona más crítica (pH más alto), dada su tolerancia a la alcalinidad y al estrés hídrico, mientras que los cultivos de sorgo y maíz se establecieron en áreas con suelos menos alcalinos, dada su baja tolerancia a pH elevados. Como estrategias de mejora del suelo en un mediano plazo, se aplicó azufre como enmienda y se realizaron canales de escorrentía para facilitar el lavado del sodio del suelo.

Producción de cultivos forrajeros

A continuación, se describe la producción de los forrajes a partir de los cultivos de pasto Guinea (*M. maximus*) cv. Agrosavia Sabanera, sorgo forrajero Corpoica JJT-18 y maíz híbrido Pioneer 30F35.

Pasto Guinea (*M. maximus*) cv. Agrosavia Sabanera

En la ganadería de la región Caribe, los productores utilizan el pasto Guinea (*M. maximus*) como una de las principales gramíneas introducidas. Los cultivares Mombasa y Tanzania predominan en las fincas ganaderas, a pesar de que se conocen otros



cultivares como el Massai. El cultivar Agrosavia Sabanera de pasto Guinea es una gramínea que se seleccionó entre varias accesiones de esta misma especie debido a su excelente producción y calidad nutricional del forraje, así como por su frecuente producción de semilla en evaluaciones agronómicas (Burbano Erazo et al., 2019; Mejía Kerguelén et al., 2018; Tapia-Coronado et al., 2019). En el municipio de Agustín Codazzi, Cesar, correspondiente al Caribe seco, en la época del año con máxima precipitación (octubre), se observó que la producción de leche vendible por día en vacas Gyr × Holstein de primer tercio de lactancia tendió ($p=0,07$) a incrementar con el cultivar Agrosavia Sabanera (7,3 L), en comparación con el cultivar Tanzania (6,7 L). Adicionalmente, la leche presentó un mayor ($p<0,05$) contenido de sólidos totales (12,6%) y tendieron ($p=0,06$) a aumentar el contenido de grasa en la leche (3,9%), en comparación con el cultivar Tanzania (sólidos totales: 12,2%; grasa: 3,4%). Estos resultados indican que, en estas condiciones, el cultivar Agrosavia Sabanera tiene el potencial de incrementar en un 65,9% la producción de leche por vaca al día, teniendo en cuenta los valores observados en ganaderías de doble propósito en la microrregión del Valle del Cesar, correspondientes a 4,4 L/vaca/día de leche vendible en vacas mestizas en primer tercio de lactancia alimentadas con pasto Colosuana (*B. pertusa*) (Mojica-Rodríguez & Burbano-Erazo, 2020).

El uso de esta gramínea también se ha evaluado en ganadería de ceba en el Caribe. En evaluaciones realizadas en el municipio de Chinú, Córdoba, con bovinos Brahman comercial en fase de levante, la respuesta en producción de carne/ha/año aumentó un 10,4% al consumir pasto Agrosavia Sabanera, en comparación con pasto Mombasa (Mejía-Kerguelén et al., 2020).

La respuesta productiva favorable de este cultivar en el Caribe colombiano ha permitido atender las necesidades de los productores que requieren especies forrajeras con la capacidad de adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de la región, junto con prácticas de manejo agronómico adecuadas para optimizar su producción.

Manejo agronómico

Las labores realizadas y el manejo que se le dio al cultivo de pasto se describen en los siguientes apartados.



Preparación del suelo

Al considerar las características físicas del suelo y la topografía del terreno, se pueden definir las prácticas de manejo requeridas para la preparación del suelo. En este caso, el suelo requirió dos pases de cincel rígido en dos direcciones, dos pases de rastra (figura 3.1a) y uno o dos pases de pulidor (figura 3.1b) para obtener los agregados ideales, que favorecieran la siembra de los cultivos forrajeros.

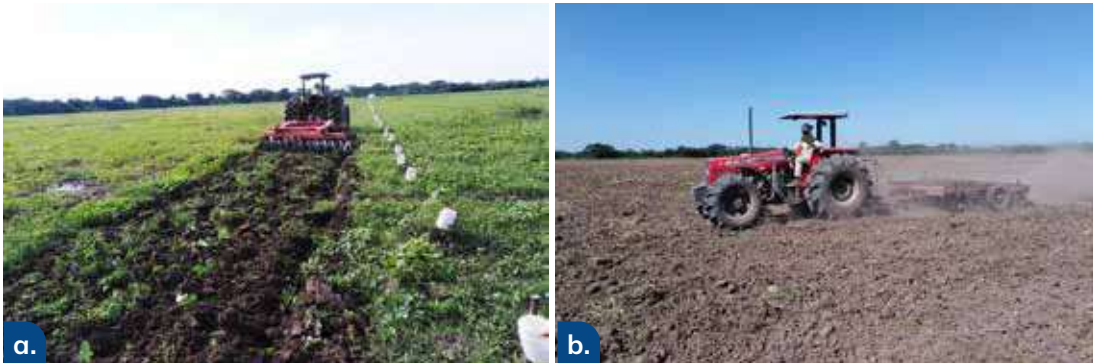


Figura 3.1. Preparación del suelo en el lote para la siembra de pasto. a. Pase de rastra; b. Pase de pulidor.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

De igual manera, es fundamental definir si el suelo permite una adecuada infiltración del agua, con el fin de diseñar un sistema de drenajes que permita manejar la humedad del terreno. Para el desarrollo de estas labores, fue importante realizar una planificación oportuna y eficiente de esta actividad, principalmente cuando se hizo uso de maquinaria agrícola, debido a que el peso de los implementos, el tractor y los accesorios en suelos con alta humedad puede generar problemas de compactación. Los canales de aguas de escorrentía se construyeron a una profundidad inferior a 30 cm en el perímetro, en el interior de cada sector, y se realizaron de manera mecánica (figura 3.2) o manual. Finalmente, la adecuada preparación del suelo permitió realizar un control mecánico de las arvenses presentes en el terreno por sembrar, lo cual se complementó con su manejo integrado antes y después de la siembra.



Figura 3.2. Elaboración de canales de drenaje en el lote.

Foto: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Siembra

La semilla de algunas gramíneas se caracteriza por presentar latencia tardía, por lo que la semilla obtenida a partir de una cosecha artesanal puede requerir de algunos meses antes de poder ser utilizada. El bajo porcentaje de germinación puede provocar una población reducida y una cobertura del suelo baja, que disminuirán la producción de forraje, por lo que se recomienda utilizar semilla certificada, que garantice una alta calidad en el producto, para obtener una germinación excelente. De acuerdo con lo anterior, antes de sembrar, es necesario definir la densidad de siembra, teniendo en cuenta su porcentaje de germinación. Por otro lado, se debe realizar una calibración de la sembradora que permita distribuir la semilla uniformemente en el terreno. Para esta calibración, se adecuó la máquina para obtener la distancia requerida entre surcos y la cantidad adecuada de semilla por metro lineal. Sin embargo, durante la labor de siembra, es recomendable realizar monitoreos aleatorios de la distribución de la semilla en el lote para verificar que se esté realizando de manera adecuada (figura 3.3).

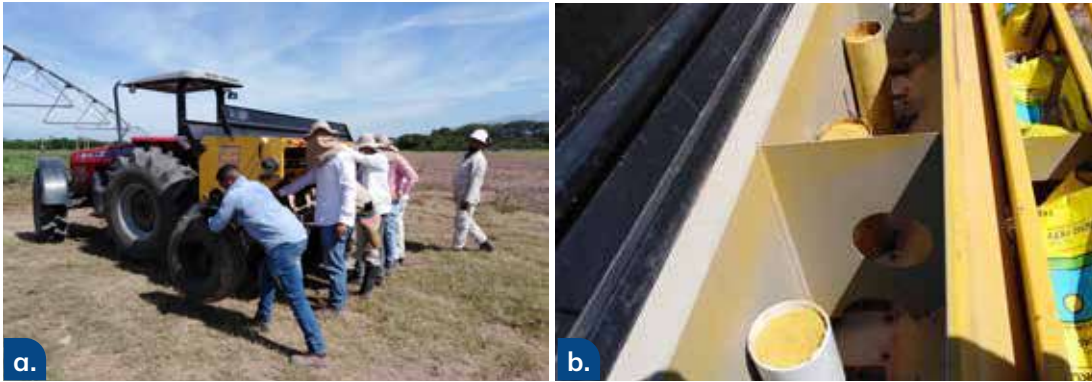


Figura 3.3. Calibración de la sembradora en campo. a. Verificación de la calibración; b. Vista de las minitolvas con las semillas.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

El cultivar Agrosavia Sabanera de pasto Guinea fue utilizado en los sistemas intensivo y tecnificado, con un sistema de riego por pivote central, para la producción de heno, considerando una distancia entre surcos de 50 cm y una densidad de siembra de 8 kg/ha, ajustada con el porcentaje de germinación, teniendo en cuenta que la densidad recomendada es de 6 kg/ha.

La semilla presentó un porcentaje de germinación superior al 70%. La emergencia de las plantas se observó a los cuatro días después de la siembra (DDS), en zonas del lote que presentaron buenas propiedades fisicoquímicas del suelo; sin embargo, en dos zonas caracterizadas por altos contenidos de sodio y altos niveles de pH (superior a 7,8), esta germinación fue nula o muy baja (<10%). Por lo tanto, en estas zonas se realizó otro pase de pulidor, para descompactar el suelo en la superficie, y se resembró con semilla sexual al voleo y con material vegetativo (macollas), lo que mejoró la emergencia y la cobertura, pero luego fue evidente un menor crecimiento de las plantas y una menor producción de biomasa en comparación con las zonas no afectadas por sodio.

Control de arvenses

El manejo de arvenses se dividió en dos etapas. La primera correspondió al manejo de arvenses en presiembra. Luego de la preparación del terreno, se removieron los agregados del suelo, con lo que se cubrieron algunas arvenses y se dispersaron sus semillas, condición que favoreció que estas germinaran y se generara, así, una



competencia por nutrientes y por la captación de la luz, ocasionando una reducción en el crecimiento o pérdidas en la población de plantas del cultivo de interés. Por lo anterior, se implementó una alternativa muy utilizada por los productores, correspondiente al control químico mediante la aplicación de herbicida (glifosato; 2 L/ha) después de la preparación del suelo y la estimulación de la emergencia de las arvenses durante cerca de diez días, lo cual se realizó con la aplicación de riegos para garantizar una buena humedad del suelo, con el fin de eliminar las malezas que iniciaron su crecimiento; después de este proceso, se procedió con la labor de siembra. Este manejo permitió que el cultivo tuviera cierta ventaja en su crecimiento frente a las arvenses, lo que mejoró su capacidad de competir por nutrientes y agua.

La segunda etapa del manejo de arvenses correspondió a un manejo posemergente, e involucró todas las labores necesarias para evitar que la presencia de arvenses afectara el desarrollo de las plántulas emergidas. Sin embargo, esta etapa dependió del control presiembra, debido a que un buen manejo inicial de arvenses (presiembra) facilita el control posterior (posemergencia). El control químico para gramíneas involucra el uso de productos que generalmente tienen un efecto sobre todo tipo de gramíneas, por lo que un manejo contra estas no es fácil después de la germinación, pues también afecta la pastura o gramínea sembrada, mientras que, con la presencia de arvenses conocidas como de hoja ancha, el control químico selectivo puede ser eficiente, mediante una aplicación generalizada, sin generar efectos negativos sobre la pastura.

En la región es común encontrar arvenses como la verdolaga (*Portulaca oleracea*) y la tripa de pollo (*Commelina diffusa*), malezas de hoja ancha que fueron controladas con el herbicida 2,4 D amina (1,5 L/ha). El coquito (*Cyperus rotundus*) es otra maleza que ha tenido alta presencia en los lotes, y su control con herbicidas no selectivos ha perdido eficiencia, posiblemente por la capacidad de la planta para tolerar el efecto generado por este tipo de herbicidas, lo que ha llevado a la utilización de otros productos que tienen como ingrediente activo el halosulfuron metil (120 g/ha), los cuales han mostrado buenos resultados para el control de esta arvense.

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

Durante los primeros cuatro meses de desarrollo del cultivo, se realizaron monitoreos semanales de plagas y enfermedades con el fin de identificar agentes biológicos limitantes que pudieran afectar el desarrollo de las plantas, para implementar medidas



de manejo oportunas para su control. Después de los cuatro meses, los monitoreos se hicieron con una frecuencia quincenal. Durante el desarrollo del cultivo (previo a la uniformización), no se observaron ataques de plagas ni incidencia de enfermedades. Sin embargo, tres semanas después de realizar el corte de uniformización (cuatro meses después del establecimiento del cultivo), se observó la presencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), con una incidencia del 31,4%. Durante los meses posteriores, la incidencia de este lepidóptero no superó el 1%.

Para el manejo de este insecto plaga cuando tuvo mayor incidencia, fue necesario un control químico mediante la aplicación de spinetoram (400 mL/ha) por medio de aguilón (diluido en 600 L de agua) acondicionado al tractor (figura 3.4).



Figura 3.4. Aplicación de insecticida con aguilón para el control de *S. frugiperda* en pasto.

Foto: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Fertilización

Por medio del sistema de riego por aspersión con pivote central, se ejecutó el plan de fertilización (fertirrigación) con fertilizantes de alta solubilidad, el cual se



complementó con fertilización edáfica (tabla 3.1). La fertilización se definió a partir del análisis fisicoquímico del suelo y de los requerimientos nutricionales del pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera. Con base en la reacción alcalina del suelo, las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron en forma de sulfatos, y para mejorar la disponibilidad del fósforo en el suelo, se utilizó como enmienda el azufre.

Tabla 3.1. Fuentes de fertilizantes y plan de fertilización para una hectárea de pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera

Fuente	Cantidad	Días después de siembra o después de corte		
		8	14	21
Fertirrigación				
Urea (kg)*	10	0	0	10
Sulfato de amonio (kg)*	75	15	30	30
Cloruro de potasio (kg)*	75	15	30	30
Sulfato de hierro (kg)*	3	1	1	1
Ácido fosfórico al 61 % (L)	8	3	3	2
Fertilización edáfica				
Azufre (kg)**	400			

* Se aplicó en fertirriego, en un tanque de mezcla, teniendo en cuenta la solubilidad del fertilizante y su compatibilidad con otros fertilizantes.

** Se aplicó al voleo en la preparación del suelo o después de la cosecha.

Fuente: Elaboración propia

El cultivo se desarrolló durante tres meses, tiempo en el que logró una cobertura superior al 90%; posteriormente, se realizó un corte de uniformización para iniciar la producción de forraje destinada a la elaboración de heno.

Producción de heno y calidad nutricional

La producción de heno se incrementó a medida que el pasto maduró; sin embargo, ese incremento en producción de heno se asoció negativamente con su calidad nutricional (figura 3.5), expresada en un menor contenido de proteína cruda y un mayor contenido de fibra (tabla 3.2), lo cual tiene implicaciones negativas en la respuesta productiva de los rumiantes, pues se reduce la cantidad de nutrientes digestibles.



Se realizaron cortes de forraje en diferentes edades de rebrote para determinar el tiempo adecuado de cosecha de este material forrajero. La recomendación es obtener una buena producción de heno a una edad de rebrote de 49 días para ofrecer un mayor contenido de proteína y un menor contenido de fibra en el forraje, lo cual llena en mayor medida los requerimientos de proteína y energía de los bovinos para producción de leche o carne, en comparación con un forraje más maduro. Esto es relevante teniendo en cuenta que los henos comerciales de los pastos Colosuaña o Ángleton contienen entre el 2% y el 4% de proteína cruda porque son cosechados en edades de rebrote maduras (>120 días) para producir la mayor cantidad de heno por hectárea, pero en detrimento de su calidad.

La producción promedio de materia seca (MS) (1.917 kg/ha) a los 35 días de rebrote fue similar a la reportada con riego (1.900 kg/ha) y fertirriego (2.055 kg/ha) en pasto Guinea bajo un sistema silvopastoril ordenado en época seca, y fue superior a la producción de forraje (1.242 kg/ha) de pasto Guinea en un sistema silvopastoril de árboles dispersos.

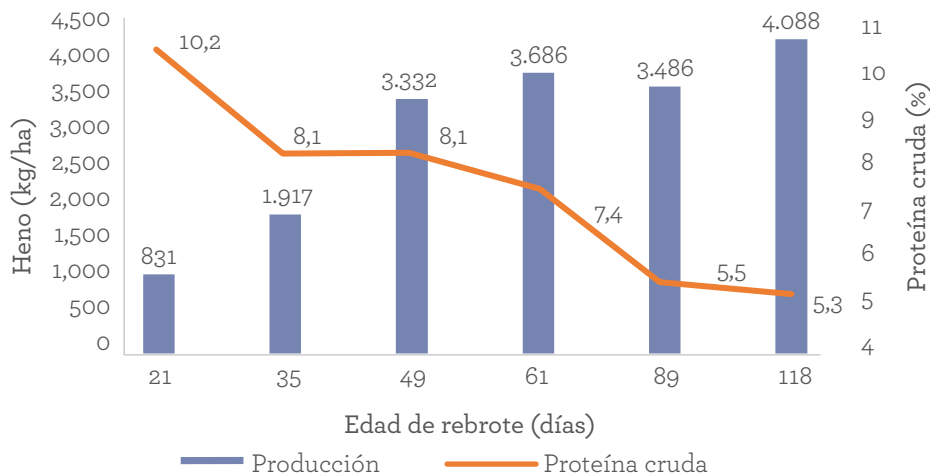


Figura 3.5. Producción de heno y contenido de proteína cruda de pasto Agrosavia Sabanera a diferentes edades de rebrote con sistema de riego por pivote central.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 3.2. Calidad nutricional en henos de pastos comerciales (Colosuana y Ángleton) y del pasto Agrosavia Sabanera en función de la edad de rebrote con la utilización de un sistema de riego por pivote central

Edad de rebrote (días)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutra (%)	Fibra detergente ácida (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Energía metabolizable en rumiantes (Mcal/kg de MS)*
21	10,2	59,0	37,5	1,2	12,3	1,77
35	8,1	60,7	38,7	0,9	12,6	1,65
49	8,1	62,4	38,3	0,9	11,9	1,66
61	7,4	67,4	33,3	1,2	12,8	—
89	5,5	73,7	35,7	1,0	9,7	—
118	5,3	73,0	35,1	1,0	10,2	—
120 ¹	4,2	70,3	48,4	1,2	10,4	—
120 ²	2,4	71,7	40,8	1,7	9,3	1,50

¹ Heno Colosuana comercial

² Heno Ángleton comercial

Fuente: Elaboración propia con base en documentos internos de AGROSAVIA

Sorgo forrajero JJT-18

El sorgo dulce presenta la ventaja de ser una especie de rápido crecimiento, tolerar la sequía y tener bajos requerimientos nutricionales. La especie de sorgo cultivada corresponde a *Sorghum bicolor* (L.) Moench, con alta eficiencia en el almacenamiento de azúcares en el tallo después de la floración. La variedad de sorgo JJT-18 se obtuvo a partir de un proceso de selección recurrente recíproca, partiendo de la evaluación de líneas de sorgo en los departamentos de Córdoba, Meta, Tolima y Cesar. En dicho proceso, se seleccionaron nueve genotipos con alto potencial de producción de biomasa y carbohidratos en el tallo (Bernal et al., 2011).

Manejo agronómico

Las labores realizadas y el manejo que se le dio al cultivo de sorgo para la producción de ensilaje se describen en los siguientes apartados.



Preparación del suelo

La preparación del terreno se realizó de la misma forma que para el cultivo de pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera, y se complementó con la elaboración de drenajes en el área por intervenir.

Siembra

Se utilizó una densidad de siembra de 7 kg/ha, con el objetivo de obtener una emergencia de 10 a 12 plantas por metro lineal. La distancia entre surcos empleada fue de 0,8 m, para un total de 12.500 metros lineales por hectárea, con el establecimiento de entre 125.000 y 150.000 plantas/ha.

La emergencia de las plantas se observó entre 4 y 7 DDS, tiempo en el cual se logró la germinación del 90 % de las plantas.

Control de arvenses

El control en preemergencia fue realizado con glifosato (2 L/ha). En posemergencia, las malezas más abundantes en el lote fueron las de hoja ancha y el coquito (*C. rotundus*), que estuvieron focalizadas en determinadas partes del lote. El control de malezas de hoja ancha se realizó con atrazina (2 L/ha) y se complementó con controles mecánicos (guadaña manual), estos últimos especialmente para erradicar el blede de espinas que lograba sobresalir entre los surcos. El control del coquito se realizó con un herbicida comercial a base de halosulfuron metil (120 g/ha).

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El sorgo es un cultivo susceptible al ataque de insectos plaga, especialmente del gusano cogollero o gusano ejército (*S. frugiperda*), el cual se sitúa principalmente en el cogollo de la planta o en la parte apical en estado tierno, a la vez que también es atacado por el gusano barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) y por pulgones o áfidos (*Melanaphis sacchari*). En el primer monitoreo realizado (9 DDS), se observó un ataque de gusano cogollero, por lo cual se realizó control químico con el insecticida spinetoram (250 mL/ha) con el uso de aguilón. Posteriormente, a los 30 DDS, se realizó un segundo control utilizando cipermetrina (350 mL/ha) con aguilón. Por último, se realizó un tercer control, a los 40 DDS, con el insecticida spinetoram (25 mL/20 L de agua), utilizando bomba de espalda, pero aplicándolo directamente al



cogollo de las plantas para realizar un mejor control de las poblaciones de larvas, que se encontraban en todos sus estadios. Por otra parte, a los 45 DDS se evidenció una alta incidencia de áfidos o pulgón amarillo (27,6%). Esta plaga se ha convertido, en los últimos años, en una de las más limitantes en los cultivos de sorgo y maíz. Son insectos de tamaño muy pequeño (2 mm), pertenecientes al orden Hemiptera. En cultivos de sorgo establecidos en el Caribe, se presenta una alta incidencia de esta plaga a pesar de que se realiza un manejo preventivo a temprana edad.

Estos áfidos o pulgones (figura 3.6a) son insectos chupadores de los azúcares de las plantas, por lo que producen su debilitamiento. Después de la succión de sustancias azucaradas, producen una excreción mielecilla que es notable en el haz de la lámina foliar, lo que trae como consecuencia el desarrollo de fumagina (crecimiento de hongos), que a su vez produce necrosis de los tejidos vegetales (figura 3.6b).



Figura 3.6. Áfidos o pulgones en plantas de sorgo. a. Ninfas en el envés de la hoja; b. Plantas afectadas por fumagina en hojas bajas.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Teniendo en cuenta la alta incidencia de esta plaga, fue necesario implementar tres controles químicos con aplicaciones de imidacloprid (35 mL/20 L de agua) solo o mezclado con cipermetrina (35 mL/20 L de agua) y un coadyuvante de uso agrícola (polisacáridos, alcoholes polivinílicos, siliconas y sustancias reguladoras del pH; 200 mL/20 L de agua), utilizando bombas de espalda.



Fertilización

El plan de fertilización que se aplicó al cultivo se indica en la tabla 3.3. En las áreas afectadas se utilizaron fuentes de acidez como sulfatos, y, como enmienda, se usó azufre.

Tabla 3.3. Fuentes de fertilizantes y plan de fertilización para una hectárea de sorgo JJT-18

Fuente	Cantidad	Días después de siembra				
		15	30	40	50	60
Fertirrigación						
Urea (kg)*	75	11	15	15	17	17
Sulfato de amonio (kg)*	250	38	50	50	56	56
Cloruro de potasio (kg)*	150	23	30	30	34	34
Sulfato de hierro (kg)*	3	3				
Ácido fosfórico al 61 % (L)	8	2	2	2	1	1
Fertilización edáfica						
Azufre (kg)**	400					

* Se aplicó en fertirriego, en un tanque de mezcla, teniendo en cuenta la solubilidad del fertilizante y su compatibilidad con otros fertilizantes.

** Se aplicó al voleo en la preparación del suelo o después de la cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Producción de forraje de sorgo JJT-18 y calidad nutricional del ensilaje

La producción de forraje verde osciló entre 24 y 33,5 t/ha (figura 3.7), con un promedio de 30,6 t/ha y una desviación estándar de $\pm 4,5$ t/ha. Se observó una producción de 12,8 t/ha en un ciclo de siembra que tuvo alta incidencia de ataque de áfidos y que estuvo afectado por un volcamiento debido a vientos fuertes que se presentaron en época de sequía. De esta forma, se recomienda establecer el cultivo en lotes que tengan cercas vivas o que no se vean afectados por los vientos, pues el desarrollo de las plantas (un promedio de 3,3 m de altura) es un factor predisponente para el volcamiento. La producción de forraje verde se acercó a la encontrada en la región Caribe (39-56 t/ha). La producción aquí obtenida se debió a las características del suelo, específicamente a los altos valores de pH y a la sodicidad que limitaron el desarrollo de las plantas.

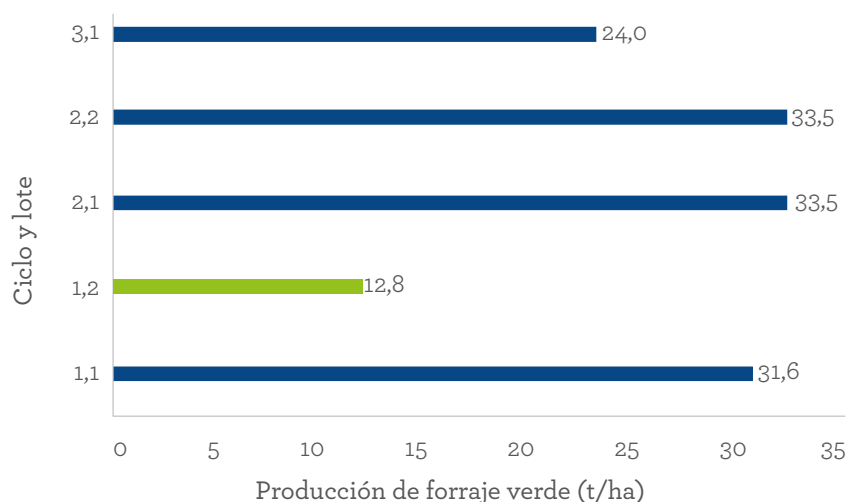


Figura 3.7. Producción de forraje verde de sorgo JJT-18 en diferentes ciclos de siembra.

Nota: En el eje y, el primer número indica el ciclo y el segundo número indica el lote.

Fuente: Elaboración propia

La producción de forraje verde fue afectada principalmente por las condiciones de pH del suelo. En zonas del terreno con pH entre 6,7 y 7,5, se estimó una producción de 42 t/ha en promedio, mientras que, en un rango de pH entre 7,6 y 9,5, se estimó una producción de 11,2 t/ha en promedio. El ensilaje de sorgo presentó un contenido de proteína cruda cercano al 8%, con contenidos de fibra de moderados a altos y un aporte importante de energía metabolizable (tabla 3.4). En comparación con el ensilaje de maíz (tabla 3.6), el contenido de proteína cruda es mayor, con similares contenidos de fibra, pero el aporte de energía metabolizable es menor en el ensilaje de sorgo.

Tabla 3.4. Calidad nutricional del ensilaje de sorgo JJT-18 con la utilización de un sistema de riego por pivote central

Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutra (%)	Fibra detergente ácida (%)	Almidón (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Energía metabolizable en rumiantes (Mcal/kg de ms)
8,3	53,6	31,8	16,5	1,8	12,3	1,8

Fuente: Elaboración propia



Maíz Pioneer 30F35

El maíz es considerado uno de los cultivos de mayor uso e importancia para la producción de alimento para bovinos. En la actualidad se ha liberado una gran cantidad de variedades e híbridos, convencionales y transgénicos, con alto rendimiento en cuanto a grano y forraje, tolerancia a plagas y enfermedades, tolerancia a estrés abiótico, biofortificación y demás atributos que le facilitan a todo tipo de productor la utilización de esta especie para fines productivos. Para este estudio se utilizó el híbrido Pioneer 30F35.

Manejo agronómico

Las labores realizadas y el manejo que se le dio al cultivo de maíz para la producción de ensilaje se describen a continuación.

Preparación del suelo

La preparación del terreno se realizó de la misma forma que para el cultivo de pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera, y se complementó con la elaboración de drenajes en el área por intervenir.

Siembra

Así como en los otros cultivos, la siembra mecanizada requirió una calibración previa de la máquina, con las distancias y densidad de siembra requeridas (figura 3.8). Se utilizó una distancia entre surcos de 0,8 m, mientras que la descarga de semillas fue de 6 semillas por metro lineal, con lo que se obtuvo una densidad poblacional de 75.000 plantas/ha. Sin embargo, también existen otros sistemas productivos que contemplan el uso de densidades más altas.

La emergencia de las plántulas fue notoria a los 4 DDS y fue muy uniforme en todo el lote, con porcentajes de germinación de cerca del 94 %.



Figura 3.8. Calibración de la sembradora en campo. a. Verificación de la calibración; b. Inicio de la siembra.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Control de arvenses

El primer control de arvenses estuvo relacionado con la preparación del terreno, del que se removieron las arvenses presentes. Este primer control, denominado de pre-siembra, involucra que las arvenses, al contar con la humedad suficiente en el suelo, empiecen a germinar y sean controladas con un herbicida sistémico —por ejemplo, atrazina (1,25 L/ha) y metolacloro (1,25 L/ha)—, para eliminarlas y posteriormente sembrar. Aproximadamente 15 días después de la germinación (posemgerencia), dependiendo de la cantidad de arvenses presentes en el terreno de cultivo, se puede requerir una segunda aplicación de herbicida dirigida a las arvenses; en lo posible, se debe procurar que el producto químico, generalmente con modo de acción de contacto —por ejemplo, 2,4 D amina (2 L/ha)—, no toque las plantas de maíz. De esta manera, mientras las arvenses están siendo afectadas por el herbicida, se le da una ventaja al cultivo para que se desarrolle y cubra con su follaje la distancia entre los surcos, dificultando así la captación de luz por parte de las arvenses y reduciendo su crecimiento.

Después de la emergencia del cultivo, la principal maleza que se observó fue el coquitto (*C. rotundus*), que fue controlado a los 11 DDS con el herbicida halosulfuron metil (120 g/ha) mezclado en el agua con un coadyuvante y regulador del pH (Agrotin; 200 mL/20 L de agua).



El control fue efectivo en la parte central de las calles entre surcos, pero no así en la zona cercana al surco y dentro de este, por lo cual fue necesario realizar una segunda aplicación utilizando láminas de madera (barrera) al borde del surco, para proteger las plantas de maíz, con el objetivo de aplicar el producto sin pantalla, para que la aspersión afectara la mayor cantidad de plantas de coquito (figura 3.9). Es importante realizar el control de esta maleza en etapas tempranas de desarrollo, ya que, si se realiza en etapa de floración, es muy probable que el herbicida tenga poco efecto.



Figura 3.9. Aplicación del herbicida usando barreras.

Foto: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El cultivo de maíz tipo convencional presenta una alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, por lo que se realizaron evaluaciones semanales en el cultivo para medir la incidencia de plagas. El insecto plaga limitante en el cultivo de maíz fue el gusano cogollero o gusano ejército (*S. frugiperda*), llamado así porque se suele presentar en grandes poblaciones. Este insecto, de metamorfosis completa (huevo, larva, pupa, adulto), se observó en el cultivo desde etapas muy tempranas (estadios vegetativos V2 y V3), en instares iniciales. Para el control de esta plaga se realizaron



tres aplicaciones de los insecticidas spinetoram (250 mL/ha) y cipermetrina (250 y 400 mL/ha), mediante aguilón, a los 12, 18 y 26 DDS, respectivamente. A los 43 DDS se realizó un nuevo control químico de forma sectorizada, dirigido al cogollo de las plantas, utilizando spinetoram (25 mL/20 L de agua), con el coadyuvante Agrotin (200 mL/20 L de agua).

Fertilización

La fertilización se realizó por medio de fertirriego y de forma edáfica. El plan de fertilización empleado se indica en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Fuentes de fertilizantes y plan de fertilización para una hectárea de maíz híbrido Pioneer 30F35

Fuente	Cantidad	Días después de siembra				
		15	30	40	50	60
Fertirrigación						
Urea (kg)*	175	31	35	35	39	35
Sulfato de amonio (kg)*	175	31	35	35	39	35
Cloruro de potasio (kg)*	100	18	20	20	23	20
Fertilización edáfica						
Azufre (kg)**	400					

* Se aplicó en fertirriego, en un tanque de mezcla, teniendo en cuenta la solubilidad del fertilizante y su compatibilidad con otros fertilizantes.

** Se aplicó al voleo en la preparación del suelo o después de la cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Producción de forraje y calidad nutricional

La producción de forraje verde osciló entre 24,4 y 36 t/ha, con un promedio de 28,9 t/ha y una desviación estándar de $\pm 3,5$ t/ha (figura 3.10). El forraje se cosechó entre 80 y 85 DDS, tiempo en el cual el grano se encontraba en un estado lechoso.

El valor promedio de producción de forraje fue inferior al reportado por Escalona Sánchez et al. (2021), quienes obtuvieron un rendimiento promedio de 46,2 t/ha bajo fertirriego; esto se debió a las condiciones limitantes del suelo, como la alta alcalinidad.



El ensilaje de maíz presentó, en promedio, un contenido de proteína cruda cercano al 6% (menor al ensilaje de sorgo), con contenidos medios-altos de fibra (similares al ensilaje de sorgo) y un mayor aporte de energía metabolizable (tabla 3.6) en comparación con el ensilaje de sorgo (tabla 3.4).

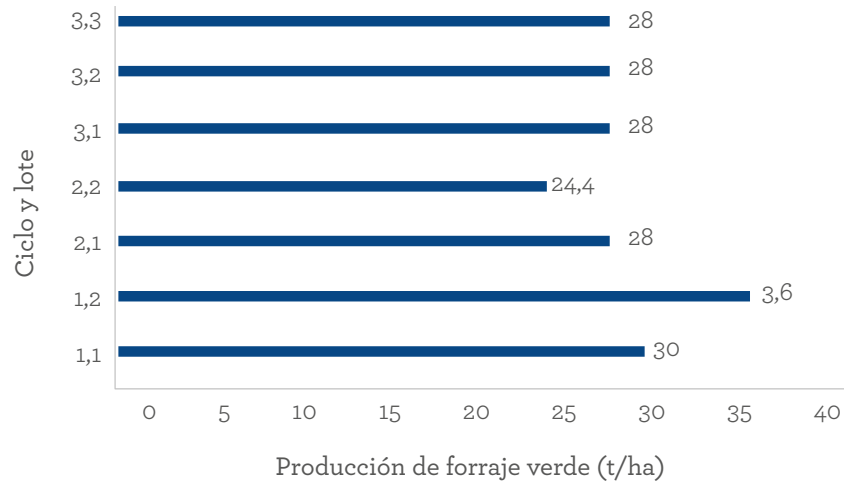


Figura 3.10. Producción de forraje verde de maíz en diferentes ciclos de siembra.

Nota: En el eje y, el primer número indica el ciclo y el segundo número indica el lote.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.6. Calidad nutricional del ensilaje de maíz híbrido Pioneer 30F35 con la utilización de un sistema de riego por pivote central

Proteína cruda (%)	Fibra detergente neutra (%)	Fibra detergente ácida (%)	Almidón (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Energía metabolizable en rumiantes (Mcal/kg de MS)
6	53,5	26,7	25,7	1,9	5,8	2,5

Fuente: Elaboración propia

Conservación de forrajes

Después de la obtención del forraje, se procedió a realizar el proceso de conservación: en el caso del pasto, se elaboró heno, y para el sorgo y el maíz, se procedió a ensilarlos.



Elaboración de heno de pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera

La elaboración de heno a partir del pasto se hizo siguiendo las labores de corte, hilerado, enfardado, recolección y almacenamiento.

Corte

Luego del desarrollo del cultivo, cuando este había superado el periodo de floración y de producción de semilla, a los 90 DDS, se realizó un primer corte de uniformización, entre 20 y 30 cm desde el nivel del suelo, con máquina segadora (figura 3.11). Es importante indicar que en este estado fenológico el forraje tiene baja calidad nutricional por la avanzada edad del cultivo, pero, a pesar de esto, se recomienda aprovechar el forraje para el proceso de henificación, pues puede servir para complementar la base forrajera de los animales en épocas críticas de déficit de forraje en pastoreo.



Figura 3.11. Corte de pasto Agrosavia Sabanera con segadora.

Foto: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez



Después del corte de uniformización, se realizó la fertirrigación indicada en el manejo agronómico. Con base en la evaluación de producción y calidad nutricional del forraje, se recomienda cortar cada 49 días para su henificación.

Hilerado

Una vez realizado el corte, se utilizó un rastrillo hilerador de cinco soles, con el objetivo de acelerar la deshidratación del forraje y amontonar el material cortado en surcos (figura 3.12) para que fuera fácilmente recogido por la enfardadora.



Figura 3.12. Volteo y disposición del forraje para el enfardado. a. Pase del rastrillo hilerador; b. Forraje hilerado.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Enfardado

Se realiza cuando el forraje ha perdido casi la totalidad de su humedad ($>85\%$ de MS), lo cual se logró entre 3 y 5 días después de dejar el forraje en campo. Para el enfardado se utilizó una enfardadora prismática (figura 3.13) con un rendimiento de entre 70 y 130 pacas por hora. El peso de cada paca osciló entre 13 y 15 kg, con un peso promedio de 14 kg. Con base en lo anterior, a los 49 días de edad de rebrote se obtuvo una producción de 238 pacas de heno por hectárea.



Figura 3.13. Elaboracion de las pacas de heno.

Foto: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Recolección y almacenamiento de las pacas

Luego de la elaboración de las pacas de heno, el material se trasladó por medio de un remolque (figura 3.14a) y se almacenó en una bodega (figura 3.14b).



Figura 3.14. Recolección y almacenamiento de las pacas de heno. a. Transporte; b. Almacenamiento en bodega.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Ensilaje de maíz y sorgo

El proceso de ensilaje para cada cultivo se realizó siguiendo, de forma secuencial, las labores de corte, cosecha, elaboración de silos y reempaque.

Corte y cosecha del forraje

En cuanto al sorgo, la cosecha del forraje se realizó cuando el grano presentó un estado masoso-lechoso, a los 95 DDS, mientras que, en el caso del maíz, se realizó cuando el estado fenológico era de grano lechoso (media línea de leche), a los 74 DDS. El corte del forraje se realizó con una cosechadora con disposición frontal para cosechar cuatro surcos (figura 3.15).

Elaboración del silo

Se elaboraron silos en montón utilizando una carpa plástica negra calibre 7 de 10 m de ancho por 50 m de largo. En algunos casos se elaboraron silos con una sola carpa, y en otros, con dos carpas, dependiendo de la cantidad de forraje cosechado. En el primer caso, se extendió el plástico en el suelo y en una de sus mitades se fue descargando el forraje cortado y picado (figura 3.16a) para posteriormente extenderlo (figura 3.16b) y realizar el pisado con otro tractor (figura 3.16c). En el segundo caso,



se extendió una carpa completa en el piso y se cubrió con otra después del llenado con el forraje.



Figura 3.15. Cosechadora de forraje frontal. a. En sorgo; b. En maíz.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez



Figura 3.16. Elaboración del silo. a. Descargue del forraje picado sobre el plástico; b. Esparcimiento; c. Compactación con tractor.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

A pesar de que el forraje de maíz y sorgo dulce —como el sorgo JYT-18— presenta altos contenidos de azúcares en el momento óptimo de corte, lo que conlleva a una apropiada fermentación anaerobia del ensilaje, se recomienda adicionar melaza al 1 % (10 g por cada 1.000 kg de forraje verde), en una dilución 1:1 (1 kg de melaza por 1 litro de agua),



para facilitar y mejorar la compactación del forraje picado (figura 3.17a) y al mismo tiempo favorecer la actividad microbiana durante el proceso fermentativo. El aditivo se aplicó con bomba de espalda cada vez que se esparcían y se compactaban las nuevas capas de forraje por el descargue de los remolques cosechados (figura 3.17b).

Cuando se alcanzó una altura entre 80 y 100 cm en la parte media del silo (figura 3.18a), se procedió a cubrirlo con la carpa plástica (figura 3.18b).



Figura 3.17. Adición de la melaza. a. Dilución; b. Aplicación con bomba de espalda sobre el forraje.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez



Figura 3.18. Cubrimiento del silo. a. Silo de montón compactado; b. Silo cubierto con carpa plástica.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez



Finalmente, se agregó tierra en la parte superior y en los bordes del silo para expulsar todo el aire contenido dentro de este, con el fin de lograr un ambiente anaeróbico (figura 3.19).



Figura 3.19. Adición de tierra. a. Sobre el silo; b. En los bordes.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Reempaque del ensilaje

Se recomienda un periodo de fermentación anaerobia en el ensilaje de mínimo 30 días antes de utilizarlo para la alimentación de rumiantes. Pasado este tiempo, el material ensilado se reempacó en bolsas plásticas calibre 6 con capacidad de almacenamiento de entre 60 y 70 kg, ya que el material ensilado tiene un menor volumen cuando se vuelve a almacenar. A pesar de que algunas partes del silo presentaron un color oscuro, principalmente en los extremos y los bordes (las zonas más expuestas al aire), el material, en general, presentó óptimas condiciones, con un olor agradable (a miel o azucarado), sin presencia de hongos y con un color verde amarillento característico de un buen ensilaje (figura 3.20).



Figura 3.20. Apariencia final del silo. a. Material ensilado por un periodo mayor a 30 días; b. Silo empacado en bolsas.

Fotos: Simón Andrés del Cristo Albonis Gómez

Conclusiones

El cultivo de pasto Guinea cv. Agrosavia Sabanera expresó una buena producción de forraje, mientras que los cultivos de sorgo y maíz presentaron rendimientos inferiores a los reportados en la región, todos con la implementación de un sistema de riego por pivote central y la aplicación de un plan nutricional basado en los requerimientos del cultivo y el análisis del suelo, teniendo en cuenta las condiciones limitantes asociadas a los altos valores de pH edáfico (alta sodicidad) presentes en el área donde fueron establecidos los cultivos. El uso del sistema de riego por pivote central constituye una importante alternativa para compensar el déficit hídrico ambiental producido por la estacionalidad y variabilidad climáticas en el desarrollo de cultivos forrajeros con alta producción de biomasa y buena calidad nutricional; estos forrajes pueden ser conservados para complementar la alimentación de los bovinos en épocas del año con déficit de forraje en pastoreo, lo que contribuye a incrementar la sostenibilidad de los sistemas de producción ganaderos en el Caribe seco.



Referencias

- Bernal, J. H., Rincón Castillo, Á., Guevara, E. J., Hernández, R. S., & Mejía Kerguelén, S. (2014). *Sorgo forrajero Corpoica JJT-18*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11539>
- Bernal, J. H., Trouche, G., Hernández, R. S., Grenier, C., Navas, A., Mejía, S., Castro, E., Criollo, D., & Guevara, J. (2011). *Desarrollo de híbridos de sorgo dulce (Sorghum bicolor (L.) Moench) para la producción de alcohol carburante adaptados a las condiciones ambientales de las zonas del Caribe, valles interandinos y piedemonte llanero. Informe técnico final*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Burbano Erazo, E., Mojica Rodríguez, J. E., Brochero Aldana, G. A., & Mejía Kerguelén, S. L. (2019). *Producción de semilla del pasto Guinea (Megathyrsus maximus, Jacq.) cv. AGROSAVIA Sabanera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34490/68127.pdf?sequence=5>
- Escalona Sánchez, A., Gavilanez Buñay, T., Francisco Yépez, A., & Ramírez Guerrero, H. O. (2021). Uso de enmiendas en la producción de maíz para ensilaje con riego orgánico mineral. *Agronomía Costarricense*, 45(1), 177-192. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45769>
- Garrido-Rubiano, M. F., Martínez-Medrano, J. C., Martínez-Bautista, H., Granados-Carvajal, R. E., & Rendón-Medel, R. (2017). Pequeños productores de maíz en el Caribe colombiano: estudio de sus atributos y prácticas agrícolas. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 7-23. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:556
- Gutiérrez-Guzmán, U. N., Ríos-Vega, M. E., Núñez-Hernández, G., Esquivel-Romo, A., Vázquez-Navarro, J. M., & Anaya-Salgado, A. (2022). Producción de maíz forrajero con dos sistemas de riego y tres niveles de la evaporación aplicada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(publicación especial 28), 263-273. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v13nspe28/2007-0934-remexca-13-spe28-263.pdf>
- Mahecha, L., Gallego, L. A., & Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 213-225. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.323816>
- Mejía Kerguelén, S., Atencio Solano, L., Tapia Coronado, J. J., Barragán Hernández, W., Mojica Rodríguez, J. E., Suárez, E., Martínez, A., Paternina, Y., Ibáñez, K., & Sánchez, L. (2018). *AGROSAVIA Sabanera. Cultivar de pasto Guinea (Megathyrsus maximus): gramínea forrajera de alta producción de forraje, excelente calidad nutricional y abundante producción de semilla*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34646>



- Mejía Kerguelén, S., Suárez Paternina, E., Martínez Atencia, J., Atencio Solano, L., Sánchez López, D., Pérez García, J. E., Cuadrado Capella, H., Rodríguez Vitola, J. L., Aguayo Ulloa, L., Mayorga Mogollón, O., Martínez Reina, A., Tapia Coronado, J. J., Mestra Vargas, L., Pérez Pazos, J., Garrido Pineda, J., Fernández Niño, J. C., Doria Ramos, M., Paternina Paternina, Y., Ibañez Miranda, K., ... Mancipe Muñoz, E. (2019). *Modelo productivo de carne bovina en la región Caribe colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35646/35646.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Mejía-Kerguelén, S. L., Atencio Solano, L., Suárez Paternina, E., Tapia Coronado, J. J., Mejía Luquez, J., Sánchez Rodríguez, L., Mojica, J. E., & Ibañez Miranda, K. (2020). *Características, producción y manejo de la gramínea forrajera tropical Agrosavia Sabanera para pastoreo en la región Caribe colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/136/115/1006-1>
- Mojica-Rodríguez, J. E., & Burbano-Erazo, E. (2020). Effect of two cultivars of *Megathyrus maximus* (Jacq.) on cattle milk production and composition. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 156-162. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942020000300177&script=sci_abstract&tlng=en
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), & Agencia de Desarrollo Rural (ADR). (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial. Departamento del Cesar* (tomo II). <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/CESAR-TOMO-II.pdf>
- Tapasco, J., Martínez, J., Calderón, S., Romero, G., Ordóñez, D. A., Álvarez, A., Sánchez-Aragón, L., & Ludeña, C. (2015). *Impactos económicos del cambio climático en Colombia: sector ganadero*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0000131>
- Tapia-Coronado, J. J., Atencio-Solano, L. M., Mejía-Kerguelen, S. L., Paternina-Paternina, Y., & Cadena-Torres, J. (2019). Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las sabanas secas del caribe en Colombia. *Agronomía Costarricense*, 43(2), 45-60. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i2.37943>
- Torregroza, L., Reza, S., Suárez, E., Espinosa, M., Cuadrado, H., Pastrana, I., Mejía, S., Jiménez, N., & Abuabara, Y. (2015). Producción de carne en pasturas irrigadas y fertilizadas de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II en el valle del Sinú. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 131-138. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/391/308>
- Vives, R. E. (2012). *Suplementación estratégica y mejoramiento de la alimentación de bovinos en época de verano. Hacienda La Nena, municipio de Fundación Magdalena* [tesis de grado, Corporación Universitaria Lasallista].