

Alliance

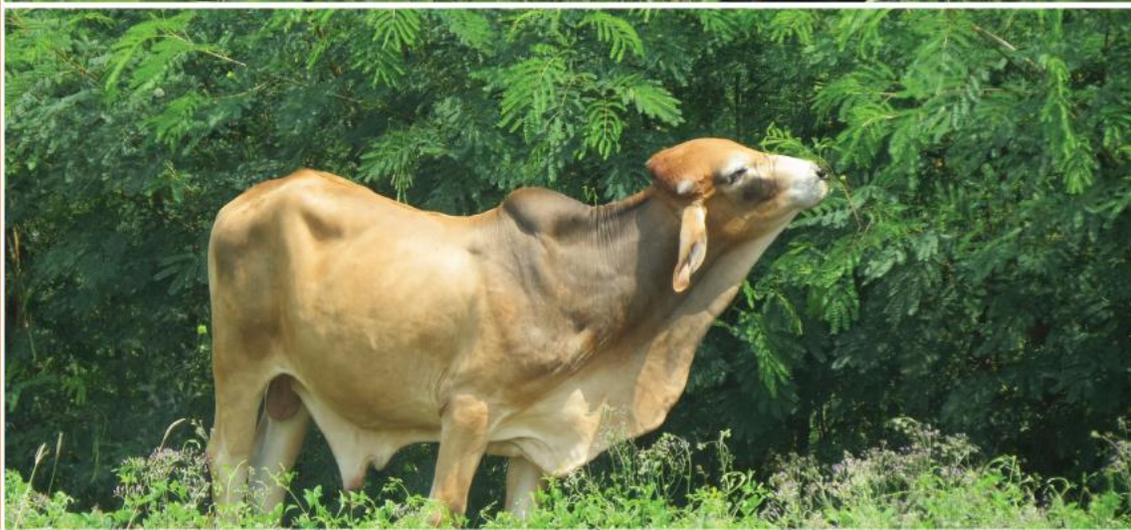


Evaluación económica de materiales forrajeros en Colombia

Economic evaluation of forage materials in Colombia

Karen Enciso
Stefan Burkart

December 2019



RESEARCH
PROGRAM ON
Livestock

AGROSAVIA

Evaluación económica de materiales
forrajeros en Colombia

-

Economic evaluation of forage
materials in Colombia

Karen Enciso

Stefan Burkart

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Metodología.....	3
2.1. Fuente de datos.....	3
2.2. Modelo flujo de caja.....	5
2.3. Modelo de flujo de caja bajo análisis de riesgo	5
3. Características de las variedades forrajeras.....	7
3.1. <i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124.....	7
3.2. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Agrosavia sabanera	9
4. Supuestos modelación.....	10
4.1. Modelo de flujo de caja descontado	10
4.2. Modelo de flujo de caja bajo riesgo	11
5. Resultados	13
5.1. <i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26124.....	13
5.2. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Agrosavia sabanera	18
6. Conclusiones	23
7. Referencias	25
8. Anexos.....	27

Acknowledgements

This work was undertaken as part of the Projects “Evaluación y desarrollo de materiales forrajeros para integrarlos a los sistemas de producción ganaderos de la Orinoquia” and “Estrategias para mejorar la competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de leche y/o carne en el Caribe Húmedo, Caribe Seco, Valles Interandinos, Orinoquía y trópico alto colombiano”. We acknowledge financial support from the Colombian Ministry of Agriculture and Rural Development and the National Cattle Fund (Fondo Nacional del Ganado, FNG) and technical support, i.e. data obtainment and provision, from AGROSAVIA. This work was done as part of the CGIAR Research Program on Livestock. We thank all donors that globally support our work through their contributions to the CGIAR system.

Information related to this reportCRP: Livestock

Flagship: FP3 – Feeds and Forages

Cluster: 3.4 – Facilitating the delivery and uptake of feed and forage technologies

Activity: P1684 – Activity 3.4.1: Business models and novel knowledge diffusion approaches to enhance feed and forage technology adoption

Deliverable: D10562 – Cost-benefit analysis for improved forage technologies in Colombia and/or Nicaragua

Summary:

This document aims to assess the financial viability of two new forage options to be released in Colombia, as a result of different evaluation and selection processes conducted by AGROSAVIA and its partners. The following varieties were evaluated from an economic perspective: (i) *Brachiaria brizantha* 26124 hp. Orinoquia for meat production in the Colombian East Plains region; and ii) *Megathyrsus Maximus* cv. Savannah agrosavia for meat production in the Colombian humid Caribbean region. The methodology is based on a discounted free cash flow model, the estimation of financial feasibility indicators, and an analysis that is based on Monte Carlo simulation, to consider the risk level of critical variables of the model.

1. Introducción

En Colombia la ganadería constituye una de las principales actividades productivas del país y con mayor presencia en el sector rural. Su importancia económica radica en que ocupa una fracción muy significativa del uso del suelo (80% del total de uso agropecuario), contribuye a la oferta total de alimentos y es una fuente de generación de ingresos (53% en el PIB pecuario, el 19.8% en el PIB agropecuario, el 1,3% del PIB nacional) y empleo en el país (7% del total nacional y 25% del total rural) (FEDEGAN, 2014).

La producción ganadera es manejada en un 81,4% por pequeños ganaderos (con menos de 50 animales) bajo sistemas de producción extensivos (FEDEGAN, 2014). Estos sistemas están caracterizados por bajos niveles de productividad, baja eficiencia en el uso del suelo, bajos niveles de inversión, fuerte dependencia de las condiciones climáticas, y un gran impacto ambiental (p. ej. la emisión de gases efecto invernadero-GEI, degradación del suelo y del agua, y reducción de la biodiversidad) (Bacab et al., 2013; Gerber et al., 2013). Los anteriores problemas están relacionados con la baja calidad nutricional y oferta forrajera en muchas regiones del país, principalmente por el uso de pasturas nativas/naturalizadas y pasturas degradadas (FEDEGAN, 2014).

No obstante, el sector ganadero tiene un gran potencial de mitigar dichos impactos, aumentar los indicadores de productividad y adaptarse a los efectos del cambio climático, mediante la adopción de prácticas y tecnologías de producción más sostenibles (Gerber et al., 2013; Peters et al., 2012). Dentro de estas opciones tecnológicas se encuentran los sistemas silvopastoriles (SSP) y las pasturas mejoradas, las cuales representan una mejor opción que los sistemas tradicionales desde el punto de vista de productividad, contribución a la conservación de los

recursos naturales y bienestar de las familias ganaderas (Rao et al., 2015). Particularmente, en términos económicos, la adopción de las anteriores tecnologías ha demostrado importantes beneficios. Estas mejoras provienen de la reducción de los costos de producción, mayores tasas de carga, mayor productividad animal por unidad de área, liberación de tierras de pastoreo para usos alternativos, importantes aumentos de ingresos netos y mejores indicadores financieros (Holmann, et a., 2008).

No obstante, la adopción de las anteriores tecnologías representa un proyecto de inversión individual para cada productor. Así pues, una condición básica para el éxito de su adopción es su sustentabilidad privada, donde además del rendimiento técnico de la alternativa dependen los costos de los factores e insumos involucrados y el precio del bien final (Roura & Cepeda, 1999). En este sentido, es importante desarrollar una evaluación económica que permita generar información al productor acerca de la viabilidad y la rentabilidad asociadas a las nuevas tecnologías.

El presente documento tiene como objetivo evaluar la viabilidad financiera de dos nuevas opciones forrajeras a ser liberadas en Colombia, resultado de diferentes procesos de evaluación y selección por parte de AGROSAVIA y sus socios. Específicamente se evalúan las variedades: i) *Brachiaria brizantha* 26124 cv. Orinoquia para la producción de carne en la región de los Llanos orientales a; y ii) *Megathyrsus Maximus* cv. Agrosavia sabanera para la producción de carne en la región del Caribe húmedo. La metodología se basa en un modelo de flujo de caja libre descontado, la estimación de los indicadores de viabilidad financiera, y un análisis que se basa en simulación Montecarlo, para considerar el nivel de riesgo de variables críticas del modelo.

2. Metodología

2.1. Fuente de datos

2.1.1. Información productiva *Brachiaria brizantha* CIAT 26124

Los datos de productividad de la variedad *B. brizantha* CIAT 26124 cv. Orinoquia se obtuvieron de evaluaciones en campo llevados a cabo por AGROSAVIA en conjunto con CIAT en la zona de los Llanos Orientales de Colombia. Específicamente las evaluaciones se realizaron en la estación experimental Taluma y el Centro de Investigaciones Carimagua, bajo condiciones de la Altillanura bien drenada con temperaturas medias y precipitación anual de 26°C y 2500 mm respectivamente. La productividad del tratamiento fue calculada como el promedio de la ganancia acumulada de peso a lo largo de un año, bajo un sistema de levante y ceba de ganado bovino. Estas mediciones se realizaron de forma mensual entre 2011 y 2015 a seis grupos de novillos de ganado mestizo en pastoreo. Los animales pastorearon bajo un diseño rotacional con 14 días de ocupación y 28 días de descanso.

La información asociada con la tecnología tradicional se obtuvo por medio de fuentes secundarias, como lo fueron documentos y artículos de investigación de AGROSAVIA con información sobre evaluaciones en campo de la zona de estudio. Para este caso, el escenario base consiste en el uso de la pastura en monocultivo *B. decumbens*, la cual fue introducida y usada masivamente en el país hacia 1970 (Rincón et al., 2010). El estudio supone prácticas de manejo adecuadas en términos de fertilización y rotación, con el fin de no sobreestimar los beneficios asociados a la adopción de la nueva variedad. Los datos productivos fueron validados con expertos de CIAT y AGROSAVIA.

2.1.2. Información productiva Megathyrus maximus cv. Agrosavia sabanera

Los datos productivos de la variedad *Megathyrus maximus* Cv. Agrosavia sabanera se obtuvieron de evaluaciones de campo llevados a cabo por AGROSAVIA en la zona del Caribe húmedo de Colombia. Específicamente las evaluaciones se realizaron en el Centro de Investigaciones Turipaná durante cuatro ciclos de ceba (2013-2017). Adicionalmente, se obtuvieron datos de AGROSAVIA en ensayos de fincas localizadas en zonas de sabanas del departamento de Córdoba (Chinú) del 2014 al 2015.

Como tecnología tradicional a modo de comparación se usó la gramínea naturalizada Colosuana (*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus). Esta pastura se ha difundido ampliamente en suelos de la Región Caribe, dada su abundante producción de semilla y rusticidad, desplazando a especies introducidas como angetón, puntero y guinea (Uribe, 1998). Los datos de productividad para dicha especie se obtuvieron por medio de un estudio realizado por AGROSAVIA durante 2010-2011, en el cual se evaluaron diferentes alternativas de manejo para las pasturas de Colosuana en sistemas ganaderos del trópico bajo (Corpoica, 2011). Los datos de Colosuana se suponen bajo prácticas de manejo adecuadas en términos de fertilización (50 kg de N/ ha año) y rotación (Corpoica, 2011), con el fin de no sobreestimar los beneficios asociados a la adopción de la nueva variedad.

2.1.3. Información costos de establecimiento y manejo

Los costos de establecimiento y manejo de las tecnologías a evaluar se calcularon usando la información económica recopilada durante el establecimiento de los ensayos, la cual fue ajustada con la ayuda de expertos de forrajes y ganadería según las condiciones de producción en una finca típica ganadera. Los precios se actualizaron a 2018 de acuerdo a los boletines de precios del Sistema de Información

de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA) y bases de datos de la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN).

2.2. Modelo flujo de caja

El análisis se basó en un modelo de flujo de caja libre descontado y la estimación de los indicadores de rentabilidad financiera: tasa interna de retorno (TIR), valor presente neto (VPN), relación beneficio/costo (B/C) y período de recuperación de la inversión (PRI). El cálculo de los indicadores se realiza con base en los principios establecidos por Park (2007) (Anexo 1). Este análisis tiene sentido cuando la comparación se hace entre una tecnología tradicional y una novedosa. De esta forma es posible determinar cuáles son los cambios en costos e ingresos asociados a la nueva tecnología. Por lo tanto, en el presente estudio, las nuevas tecnologías evaluadas fueron contrastadas con un escenario tradicional para cada región de estudio.

Esta metodología permite ordenar y sintetizar la secuencia de ingresos, costos e inversiones asociada a las tecnologías evaluadas. Específicamente, las siguientes categorías de costos variables por hectárea han sido consideradas: costos totales de establecimiento, renovación y mantenimiento de cada tratamiento, costos de oportunidad del capital durante el periodo de establecimiento para ambos tratamientos (3 meses) y costos de operación (compra de animales, sanidad animal, suplementación, personal fijo y ocasional). Por otro lado, los beneficios se derivan de la producción de carne en un sistema de levante y ceba de ganado, según los indicadores de respuesta animal obtenidos para cada variedad.

2.3. Modelo de flujo de caja bajo análisis de riesgo

Para incluir niveles de riesgo e incertidumbre, así como considerar diferentes escenarios, se realizó un análisis cuantitativo de riesgos mediante simulación

Montecarlo en el software @Risk (Paladise Corporation). El modelo implica identificar las variables de entrada aleatorias y definir una distribución de probabilidad para cada una, esto según su comportamiento empírico, literatura o basado en entrevistas de expertos. En la simulación se asignan aleatoriamente valores de las variables identificadas como críticas, de acuerdo a sus funciones de distribución de probabilidad, para posteriormente calcular los indicadores de rentabilidad determinados (salidas del modelo). Este proceso se repite numerosas veces para obtener las distribuciones de probabilidad de dichas salidas y nivel de riesgo (Figura 1) (Park, 2007).

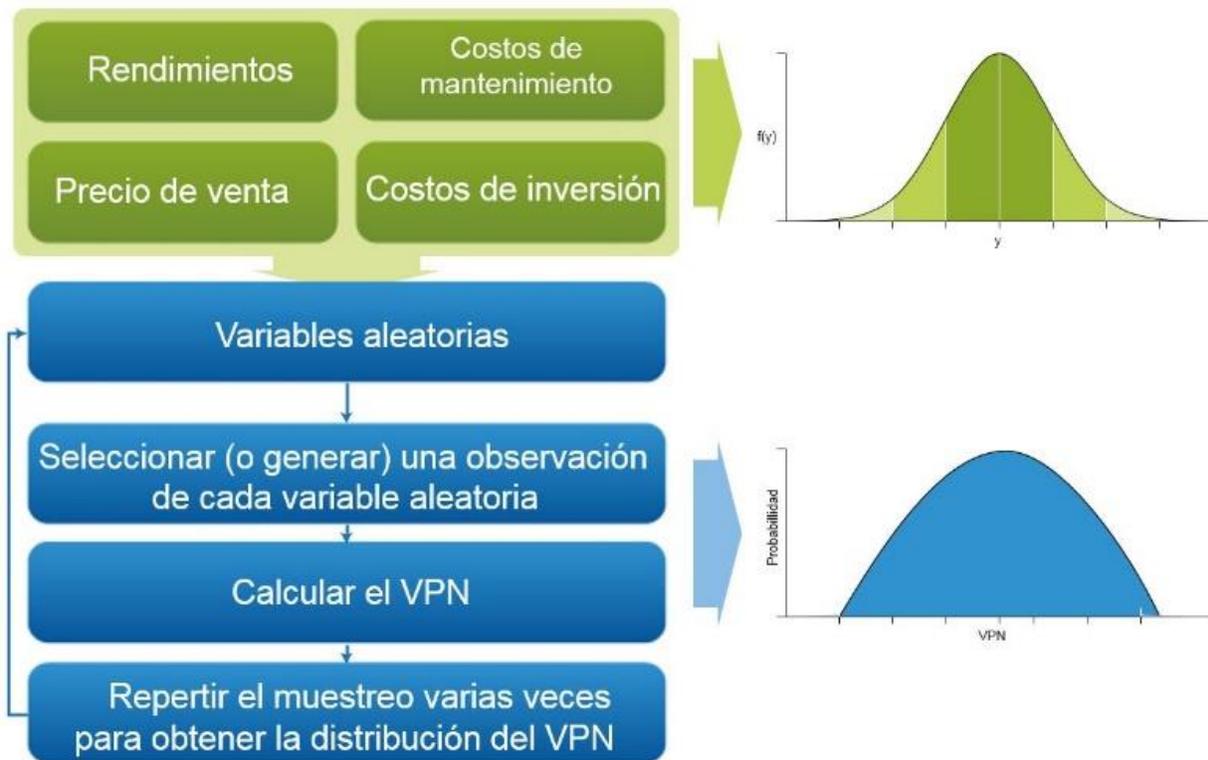


Figura 1. Secuencia lógica de una simulación Monte Carlo para obtener la distribución de probabilidad de VPN para un proyecto de inversión. Fuente: Adaptado de Park, (2007)

2.3.1. Criterios de decisión

Como criterios de decisión se utilizan los valores medios y las variaciones de los indicadores de rentabilidad resultado de la simulación:

$$VPN_{(Medio)} = \sum_{t=0}^n \frac{E(FC_t)}{(1+r)^t}$$
$$TIR_{(Medio)} = \sum_{t=0}^n \frac{E(FC_t)}{(1+r^*)^t} = 0$$

Donde,

E (FC_t): Valor esperado del Flujo de beneficios netos para el período t

r: Tasa de descuento real

r*: Tasa interna de retorno

t: horizonte del proyecto

El uso del criterio de valor medio se basa en la ley de los grandes números, la cual establece que si se realizan muchas repeticiones de un experimento, el resultado promedio tenderá hacia el valor esperado (Park, 2007). También, se estima la probabilidad de éxito de las tecnologías evaluadas (Prob (VPN_(Medio) > 0)). Adicionalmente, se realizó un análisis de sensibilidad mediante un diagrama de tornado, el cual perturba cada variable para medir el impacto de cada una sobre la varianza en el resultado del modelo, con el fin de identificar dentro de las variables definidas como críticas, aquellas con mayores efectos sobre los indicadores de rentabilidad.

3. Características de las variedades forrajeras

3.1. *Brachiaria brizantha* CIAT 26124

El cultivar Orinoquia es una nueva alternativa forrajera proveniente directamente de la accesión *Brachiaria brizantha* CIAT 26124, la cual fue recolectada en Karuzi (África)

en 1985. La recolección de este material fue realizada por investigadores del CIAT en colaboración con técnicos de ISABU, la institución nacional de investigación de Burundi (África) (Peters et al., s.f.). La evaluación agronómica y de respuesta animal fue realizada bajo el convenio interinstitucional AGROSAVIA-CIAT (2011-2015). Los resultados de dichas evaluaciones permitieron identificar al cultivar Orinoquia como material promisorio para la producción ganadera en la región de los Llanos Orientales, dado su amplio rango de adaptación a suelos ácidos, alta producción de biomasa y palatabilidad (M. Sotelo, comunicación personal, 17 de mayo, 2018). No obstante, esta nueva variedad puede ser ampliamente adoptada en otras regiones de Colombia dado su gran rango de adaptación a climas y suelos, esto es, a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo, así como en localidades con suelos de mediana a buena fertilidad (Peters et al., s.f.).

Tabla 1. Producción de materia seca, calidad nutricional y respuesta animal de las pasturas evaluadas.

Parámetro	Variable	<i>B. brizantha</i> CIAT 26124		Escenario base ¹	
		(Media ± DE)	CV. (%)	(Media ± DE)	CV. (%)
Producción biomasa	Ton MS/ha/año	12		8.25	
Calidad nutricional	Proteína Cruda (% MS)	5-6 (Época seca)		7-8	
		8-10 (Época lluviosa)			
	Carga Animal (UGG)	1.78		1.78	
	Ganancia de peso (gr/animal/día)	452 ±46		294 ± 43	
Respuesta animal	Productividad animal (kg/ha/año)		12		5.47
		332 ±42*		274 ± 15*	
	Periodo de levante y ceba (meses) ²	18		24	

UGG: 450 kg/animal; * Diferencias estadísticamente significativas $P < 0.001$. ¹ Valor promedio obtenido en la región para las pasturas *B. decumbens*, según estudios presentados en Rincón et al., (2010); ² Periodo de tiempo requerido para llevar un animal de peso promedio 200 kg a un peso de venta de 450 kg.

En la Tabla 1 se presenta el resumen de los principales indicadores productivos de la nueva especie a liberar, así como los asociados al escenario base en la región a modo de comparación. Estas mediciones muestran que la adopción de *B. brizantha* CIAT 26124 aumenta el forraje total disponible en un 45% y el contenido de proteína en un 46% respecto al escenario base. Lo anterior se refleja en los resultados de respuesta animal, donde la mayor ganancia de peso fue para la *B. brizantha* CIAT 26124 cv. Orinoquia con un promedio de 332 kg/ha/año, mientras que en el escenario base fue de 294 kg/ha/año, diferencias que fueron estadísticamente significativas ($p < 0.01$). De acuerdo a los datos de ganancia de peso día, el periodo de levante y ceba hasta alcanzar el peso final de venta (de 200 kg a 450 kg) fue de 18 meses para el cultivar Orinoquia y 24 meses para el escenario base. Cabe anotar que, de los dos tratamientos, la mayor variabilidad en la respuesta animal fue para el nuevo material, medida por los indicadores de desviación estándar (D.E.) y el coeficiente de variación (CV.).

3.2. *Megathyrsus maximus* cv. Agrosavia sabanera

El cultivar Agrosavia Sabanera es una nueva alternativa forrajera proveniente directamente de la accesión *Megathyrsus maximus* recolectada en 1983. La evaluación agronómica, calidad nutricional, producción de semilla y de respuesta animal se iniciaron en 2007 en los centros de investigación Turipaná (Cereté, Córdoba) y Motilonia (Agustin Codazzi, Cesar) de Agrosavia. Los resultados de dichas evaluaciones permitieron identificar al cultivar Agrosavia sabanera como un material promisorio para la zona dado su alta producción de forraje, excelente calidad nutricional y abundante producción de semilla (Mejia et al. 2018).

En la Tabla 2 se presenta el resumen de los principales indicadores productivos de la nueva especie a liberar, así como los asociados al escenario base en la región a

modo de comparación: Estas mediciones muestran que el cultivar Agrosavia sabanera mejora el contenido de proteína cruda respecto al escenario base. Lo anterior se refleja en los resultados de respuesta animal, donde la mayor ganancia de peso fue para el cultivar Agrosavia sabanera con un promedio de 892.8 kg/ha/año, mientras que en el escenario base fue de 583 kg/ha/año. Adicionalmente, la nueva variedad, según Mejía et al. (2018) presenta tolerancia al sombrero, permitiendo que pueda ser utilizada en sistemas silvopastoriles, en comparación a la pastura del escenario base (Piñeros et al., 2011).

Tabla 2. Producción de materia seca, calidad nutricional y respuesta animal de las pasturas evaluadas.

Parámetro	Variable	<i>M. maximus</i> cv.	Escenario base ²
		Agrosavia sabanera (Media ± DE)	(Media ± DE)
Calidad nutricional	Proteína Cruda (% MS)	11-15	5-12
	DIVMS (%)	57.8-60.6	70
Respuesta animal	Carga Animal (UGG)	2	2
	Ganancia de peso (gr/animal/día)	612	546
	Productividad animal (kg/ha/año)	892.8±183	583

4. Supuestos modelación

4.1. Modelo de flujo de caja descontado

Para la construcción del flujo de caja se realizan los siguientes supuestos:

- Horizonte de evaluación: 10 años de acuerdo a la vida útil de las pasturas (Holmann & Estrada, 1997),
- Flujos ajustados al ciclo de levante y ceba de cada tratamiento: i) *B. brizantha* 26124= 18 meses; Escenario base =24 meses y ii) Agrosavia sabanera= 12 meses; Colosuana =24 meses.

- Tasa de descuento: tasa de interés de crédito para el sector agropecuario de FINAGRO a pequeños productores DTF+5% e.a.
- Mano de obra permanente: FEDEGAN (2008) determina para un sistema de levante y ceba de ganado se requiere 2.5 empleos permanentes.
- Precios constantes año 2018.
- Salario mano de obra permanente: sueldo base, el auxilio de transporte, los aportes a la seguridad social, las prestaciones sociales y parafiscales.

4.2. Modelo de flujo de caja bajo riesgo

Se realizaron 5.000 simulaciones o iteraciones, donde se combinaron aleatoriamente las variables de: ganancia de PV por animal día, costos de inversión, costos de mantenimiento, y precio por kg de PV a la venta. La simulación utilizó un nivel de confianza del 95%. Las distribuciones de probabilidad para las variables de entrada se presentan a continuación.

Tabla 3. Distribuciones de probabilidad y valores de los parámetros de las variables de entrada y factores de riesgo.

Variable	Distribución	Tratamiento	Parámetros			Ajuste de distribución	Aleatoriedad
			p1	p2	p3		
Ganancia de peso (kg/animal/año)	Pert (a,b,c)	B. <i>brizantha</i> 26124	120	165	182	Juicio del investigador de acuerdo a la disponibilidad de datos y comportamiento de la variable según literatura (Gutiérrez, et al., 2009). Basado en el mejor ajuste de datos históricos sin tendencia, utilizando el criterio de información Akaike (AIC; Akaike 1974). Esta distribución se recomienda para especificar situaciones que implican costos e inversiones.	Interacción entre variables de decisión (e.g. tipo de alimentación) y no controladas (e.g. condiciones climáticas).
		B. <i>decumbens</i>	98	123	135		
		<i>Agrosavia sabanera</i>	167	223	265		
		Colosuada	70	115	161		
Precio carne PV venta (\$/kg)	Lognormal (μ, σ)		4.599	140		Varia por factores asociados a la oferta y demanda del mercado	
Costos de establecimiento (\$/ha)	Triangular (a,b,c)	B. <i>brizantha</i> 26124	1.29	1.44	1.58	Esta distribución se recomienda para especificar situaciones que implican costos e inversiones.	Varían dependiendo del lugar específico donde se realice el establecimiento. Por ejemplo, la cantidad de labranza y nivel de fertilización adecuados está determinado por la estructura, textura, contenido de minerales del suelo, antecedentes del potrero y el régimen de lluvias de la región (Rincón & Caicedo, 2010)
		B. <i>decumbens</i>	1.28	1.38	1.56		
		<i>Agrosavia sabanera</i>	4.01	7.68	9.34		
			2	0	8		
			1.06	1.18	1.35		
			2.86	0.96	8.10		
Costos de mantenimiento (\$/ha)	Triangular (a,b,c)	B. <i>brizantha</i> 26124 y Escenario base	448.020	497.800	547.580		
			400.000	415.500	600.000		

a,b,c: valor mínimo, más probable y máximo. Parámetros de la distribución triangular y pert.

5. Resultados

5.1. *Brachiaria brizantha* CIAT 26124

5.1.1. Costos e ingresos

Tabla 4. Costos e ingresos de la *B. brizantha* 26124 y escenario base.

Parámetro	<i>B. brizantha</i> 26124	Escenario base
<i>Costos de inversión año 1</i>		
Establecimiento pasturas (\$/ha)	1.441.680	1.426.680
Cerca eléctrica (\$/ha) ¹	2.104.650	2.104.650
Compra de animales (\$/ha)	1.520.000	1.520.000
<i>Costos de operación</i>		
Costos mantenimiento pasturas (\$/ha)	497.800	497.800
Mano de obra permanente (promedio /ha/año) ²	563.548	536.713
Salud animal (promedio /ha/año)	34.932	33.269
Suplementación (promedio/ha/año) ³	71.894	68.471
Ingreso bruto (promedio/ha/año)	3.334.058	2.351.976
Costo unitario de producción (\$/kg) ⁴	3.440	4.090
Utilidad neta (promedio /ha/año) ⁵	866.759	291.069

¹ Cerca eléctrica para un sistema de pastoreo rotacional; ² Estimados: 2.5 empleos permanentes requeridos por cada 100 animales en un sistema de levante y ceba de ganado, y un salario mínimo legal vigente más prestaciones a 2018 de COP \$1.313.605; ³Suplementación con sal mineralizada a una tasa de 100 gr / animal / día para ambos tratamientos; ⁴se obtiene al dividir el costo total del producto entre la producción total; ⁵ Ingreso total (precio de venta x rendimiento) menos los costos totales de producción.

En la Tabla 4 se presentan los principales resultados asociados a los costos e ingresos por hectárea para la pastura *B. brizantha* 26124 cv. Orinoquia en la región de los Llanos Orientales, así como del escenario base. Los costos de inversión para ambos tratamientos incluyen el establecimiento de la pastura, la instalación de cercas y la compra de animales. Dentro de los costos directamente relacionados al establecimiento de la pastura, el monto total fue en promedio de \$1.434.180 para ambos tratamientos, siendo un 1% mayor en la nueva variedad asociado a la mayor densidad de siembra. Respecto a la participación de los rubros en el costo de establecimiento, el mayor peso lo tienen la compra de insumos (73.8%), seguido del uso de maquinaria (21.5%), y por último mano de obra (4.7%). Dentro de los insumos,

los fertilizantes y correctivos tienen la mayor participación con el 68%, dada la necesidad de aplicar grandes cantidades de estos para acondicionar las propiedades químicas del suelo, a causa de la baja fertilidad, alta saturación de aluminio y acidez característicos de la región. Para mantener los niveles de productividad de las pasturas, se supone un mantenimiento adecuado en términos de fertilización, control de arvenses y rotación para ambos tratamientos. El mantenimiento se realiza cada dos años con un costo por hectárea de \$497.800. Las estructuras de costos para los dos tratamientos evaluados se presentan en los Anexos 2, 3 y 4. Por otra parte, los ingresos estuvieron dados por la venta de animales para carne con un peso promedio de 450 kg. Como resultado de los mejores indicadores de respuesta animal de la *B. brizantha* 26124, el ingreso bruto promedio año se incrementó en un 42%, la utilidad neta en un 197% y el costo de producción por kg de carne se redujo en un 19%, respecto al escenario base.

5.1.2. Indicadores de rentabilidad y riesgo

Tabla 5. Indicadores de rentabilidad modelo de simulación.

Criterio de decisión	Indicador	<i>B. brizantha</i> 26124	Escenario base
VPN	Estático ¹	939.278	2.367
	Medio ²	675.570	(64.868)
	Desviación ³	549.091	395.092
	IC (95%) ⁴	(848.432)-2.106.106	(1.136.901)-1.009.308
TIR	Medio	19%	15%
	IC (95%)	10%-28%	5%-24%
Relación Beneficio/Costo ⁵	Medio	1,05	0,95
	IC (95%)	0,94-1,14	0,87-1,03
PRI (Años) ⁶	Medio	5	6
	IC (95%)	4-6	4-6
Área Mínima (Hectáreas) ⁷	Medio	14,06	16,79

¹ Valor obtenido antes de realizar la simulación; ² Valor medio del VPN obtenido en la simulación (5,000 iteraciones); ³ Desviación estándar del VPN respecto al valor medio; ⁴ Valor mínimo y valor máximo en un intervalo de confianza (IC) del 95%; ⁵ Cociente entre los beneficios y costos descontados; ⁶ Número de años necesarios para recuperar la inversión inicial; ⁷ Hectáreas mínimas para obtener un ingreso de dos salarios mínimos.

El resumen de los principales resultados financieros de la simulación para las dos tecnologías evaluadas se presenta en la Tabla 5. Bajo los supuestos usados en este modelo, el uso de *B. brizantha* 26124 demuestra ser financieramente rentable y permite mejorar todos los indicadores de riesgo y desempeño respecto al escenario base. Para la nueva variedad, el modelo arroja un VPN medio de COP 675.570, con una tasa interna de retorno a los recursos propios del 19%. Cabe resaltar que los mayores indicadores productivos para *B. brizantha* 26124 permiten reducir los requerimientos de tierra para sostener una familia, pasando de 16,79 a 14,06 hectáreas, así como disminuir el periodo de recuperación de la inversión de seis a cinco años.

Con respecto a la probabilidad de no obtener factibilidad financiera de las pasturas evaluadas, la Figura 2 muestra las distribuciones para el indicador de VPN, las cuales reflejan la amplitud de la variación para el indicador de VPN. Para las pasturas evaluadas en el escenario base, el indicador puede tomar valores negativos cercanos a \$2.457.567 y valores positivos cercanos a \$1.459.638, con una probabilidad de obtener valores negativos de 83%. Para la nueva variedad, la mejora en la productividad permite un desplazamiento hacia la derecha de la curva de distribución, reduciendo la probabilidad de pérdidas al 8.6%, con un rango que varía entre -\$1.972.102 y \$3.588.033.

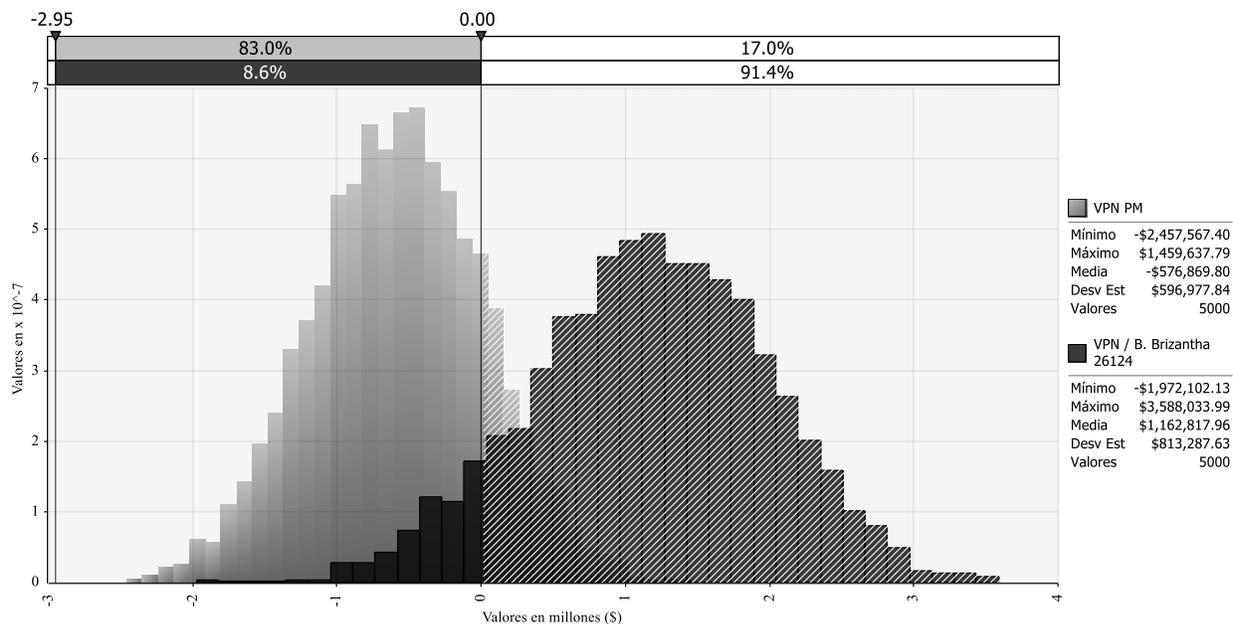


Figura 2. Distribución de probabilidad y densidad acumulada para el indicador VPN para los tratamientos evaluados.

5.1.3. Análisis de sensibilidad

La contribución de las variables de entrada a la varianza del VPN se muestra en los gráficos de tornados de la Figura 3. Los coeficientes de correlación calculados entre los valores de entrada y la varianza del VPN muestran que la rentabilidad se vio afectada principalmente por dos variables: la productividad animal y el precio de venta por kg de peso vivo. Los aumentos de dichas variables tienen un efecto positivo en la variabilidad del pronóstico del indicador de la siguiente manera: cambios en la variable de productividad animal modifican la varianza del indicador en 51,24% y 59,43% para nueva variedad y el escenario base, respectivamente. Del mismo modo, los cambios en el precio de venta por kg de peso vivo conducen a cambios en la varianza de 46,86% y 39%.

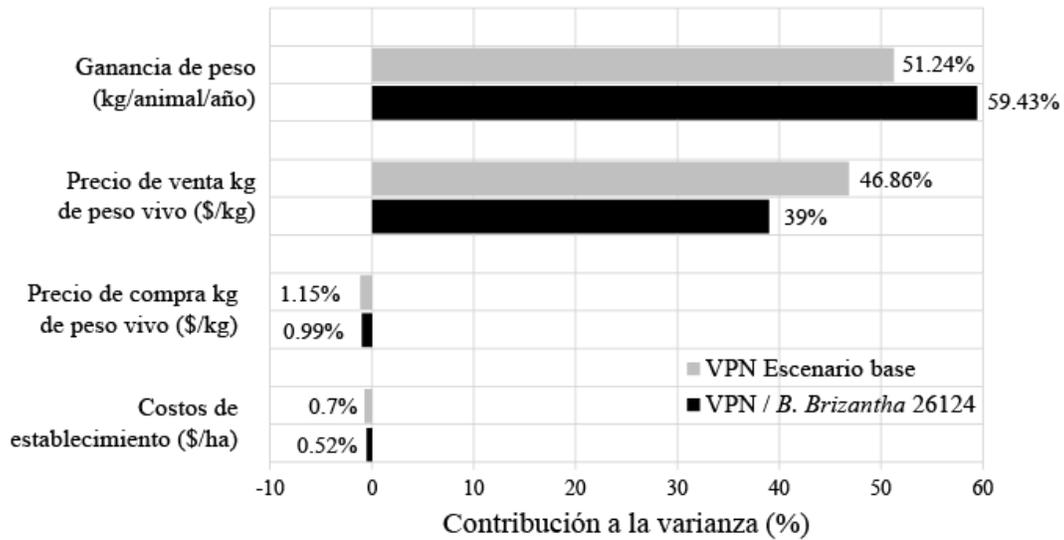


Figura 3. Gráfico de tornado múltiple que muestra la contribución de las variables aleatorias sobre la varianza del NPV

		Precio de venta kg en pie (\$/kg)								
		4,000	4,100	4,200	4,300	4,400	4,500	4,600	4,700	4,800
Productividad animal (kg/animal/año)	110	(3,493,694)	(3,193,315)	(2,892,937)	(2,592,558)	(2,292,179)	(1,991,801)	(1,691,422)	(1,391,043)	(1,090,665)
	120	(2,999,921)	(2,687,198)	(2,374,475)	(2,061,752)	(1,749,029)	(1,436,306)	(1,123,583)	(810,860)	(498,137)
	130	(2,506,148)	(2,181,080)	(1,856,013)	(1,530,946)	(1,205,878)	(880,811)	(555,744)	(230,676)	94,391
	140	(2,012,375)	(1,674,963)	(1,337,551)	(1,000,140)	(662,728)	(325,316)	12,095	349,507	686,919
	150	(1,518,601)	(1,168,845)	(819,089)	(469,333)	(119,577)	230,179	579,935	929,691	1,279,447
	160	(1,024,828)	(662,728)	(300,628)	61,473	423,573	785,673	1,147,774	1,509,874	1,871,974
	170	(531,055)	(156,610)	217,834	592,279	966,724	1,341,168	1,715,613	2,090,058	2,464,502
	180	(37,282)	349,507	736,296	1,123,085	1,509,874	1,896,663	2,283,452	2,670,241	3,057,030
	190	456,491	855,625	1,254,758	1,653,891	2,053,025	2,452,158	2,851,291	3,250,425	3,649,558

Figura 4. Mapa de calor de sensibilidad del VPN (Escenario base) con respecto a cambios en el precio de venta y el nivel de productividad

Las dos variables identificadas en el anterior análisis se estudian de forma individual mediante un análisis de mapa de calor, donde se realizan cambios simultáneos en ambas variables y se identifican los cambios en el indicador VPN para la nueva variedad. Los valores más bajos son más rojos, los valores más altos son más verdes;

y el percentil 50 de los valores de VPN son de color amarillo. Bajo el precio de referencia (\$4.600 /kg), niveles de productividad animal por debajo de 0,280 Ton /ha/año (equivalentes a una ganancia de 140 kg/animal/año) resulta no rentable. Del mismo modo, bajo la productividad base de 165 kg/animal/año, un precio por debajo de COP \$ 4.211 resulta no rentable.

5.2. *Megathyrus maximus* cv. Agrosavia sabanera

5.2.1. Costos e ingresos

Tabla 7. Costos e ingresos de las pasturas evaluadas

Parámetro	Agrosavia sabanera		Colosuaana	
<i>Costos de inversión</i>				
Establecimiento pasturas (\$/ha/año 1)	\$	1.200.643	\$	415.500
Cercas (\$/ha/año 1)	\$	1.672.600	\$	1.672.600
Abrevaderos	\$	270,000	\$	270,000
Costo de oportunidad establecimiento	\$	476,476	\$	0
<i>Costos de operación</i>				
Costos mantenimiento pasturas (\$/ha)	\$	100,000	\$	0
Mano de obra permanente (\$ promedio/ha/año)	\$	1,576,326	\$	788.163
Salud animal (\$ promedio /ha/año)	\$	19,400	\$	9700
Suplementación (\$ promedio/ha/año)	\$	121,910	\$	60.955
Compra de animales (\$/ha/año ¹)	\$	3,873,667	\$	958.417
Arrendamiento de tierra (\$ promedio/ha/año)	\$	500,000	\$	500,000
Ingreso bruto (\$ promedio/ha/año)	\$	7,503,054	\$	2.446.648
Costo unitario de producción (US\$/kg)	\$	3,857	\$	4.713
Utilidad neta (US\$ promedio /ha/año)	\$	973,575	\$	(155.380)

¹ Cerca eléctrica para un sistema de pastoreo rotacional; ² Estimados: 2.5 empleos permanentes requeridos por cada 100 animales en un sistema de levante y ceba de ganado, y un salario mínimo legal vigente más prestaciones a 2018 de COP \$1.313.605; ³Suplementación con sal mineralizada a una tasa de 100 gr / animal / día para ambos tratamientos; ⁴se obtiene al dividir el costo total del producto entre la producción total; ⁵ Ingreso total (precio de venta x rendimiento) menos los costos totales de producción.

En la Tabla 7 se presenta el resumen de los principales costos e ingresos asociados a las pasturas evaluadas. Los costos de inversión para ambos tratamientos incluyen el establecimiento de la pastura, la instalación de cercas y la compra de animales. Dentro de los costos directamente relacionados al establecimiento de la pastura, el monto total fue de \$1.180.960 para la variedad Agrosavia sabanera y de \$415.500 para la Colosuana. El establecimiento de la Colosuana se refiere a un pase de arado y cincel para acondicionar las propiedades físicas del suelo, y una fertilización con N a razón de 50 kg /ha. Para la variedad Agrosavia sabanera, el mayor peso dentro de los costos de establecimiento lo tienen la compra de insumos (47%), seguido del uso de maquinaria (44%), y por último mano de obra (8.5%). Dentro de los insumos, la compra de semilla botánica tiene la mayor participación con el 99%. Para mantener los niveles de productividad de las pasturas, se supone un mantenimiento adecuado en términos de control de arvenses y rotación para ambos tratamientos. Las estructuras de costos para los dos tratamientos evaluados se presentan en el Anexo 5. Por otra parte, los ingresos estuvieron dados por la venta de animales para carne con un peso promedio de 450 kg. Como resultado de los mejores indicadores de respuesta animal de la variedad Agrosavia sabanera, el ingreso bruto promedio año se incrementó en un 200% y el costo de producción por kg de carne se redujo en un 18%, respecto al escenario base con Colosuana.

5.2.2. Indicadores de Rentabilidad y riesgo

Tabla 8. Indicadores de rentabilidad modelo de simulación.

Criterio de decisión	Indicador	Agrosavia sabanera	Colosuana
VPN	Estático ¹	1.917.260	(3.574.562)
	Medio ²	1.657.256	(3.506.795)
	Desviación ³	2.493.565	976.504
	IC (95%) ⁴	(3.067.737)-6.696.580	(5.150.879)-(1.612.383)
TIR	Medio	14%	N.D
	IC (95%)	2-27%	N.D
Relación	Medio	6.55	0.86
Beneficio/Costo ⁵	IC (95%)	2.81-24.72	0.77-0.94
PRI (Años) ⁶	Medio	5	9
	IC (95%)	3-9	9-10

¹ Valor obtenido antes de realizar la simulación; ² Valor medio del VPN obtenido en la simulación (5,000 iteraciones); ³ Desviación estándar del VPN respecto al valor medio; ⁴ Valor mínimo y valor máximo en un intervalo de confianza (IC) del 95%; ⁵ Cociente entre los beneficios y costos descontados; ⁶ Número de años necesarios para recuperar la inversión inicial; ⁷ Hectáreas mínimas para obtener un ingreso de dos salarios mínimos.

El resumen de los principales resultados financieros de la simulación para las dos pasturas evaluadas se presenta en la Tabla 8. Bajo los supuestos usados en este modelo, el uso de *M. maximus* cv. Agrosavia sabanera demuestra ser financieramente rentable y permite mejorar todos los indicadores de riesgo y desempeño respecto al escenario base con Colosuana. Para la nueva variedad, el modelo arroja un VPN medio de COP 1.657.256, con una tasa interna de retorno a los recursos propios del 14%.

Con respecto a la probabilidad de no obtener factibilidad financiera de las pasturas evaluadas, la Figura 5 muestra las distribuciones para el indicador de VPN. Para la pastura Colosuana, el indicador puede tomar valores negativos que fluctúan entre -

5.814.382 y 479.986, con un 100% de probabilidades de obtener pérdidas. Para la nueva variedad, la mejora en la productividad permite un desplazamiento hacia la derecha de la curva de distribución, reduciendo la probabilidad de pérdidas al 26%, con un rango que varía entre -\$5.344.332 y \$10.427.801. Otro factor con gran impacto en los resultados económicos es la persistencia de la pastura. Esto es, cuando se supone un factor de reducción de la carga animal del 1% y 3% anual para la nueva variedad, la probabilidad de tener pérdidas económicas asociadas se incrementa en un 17 % y 34% respectivamente.

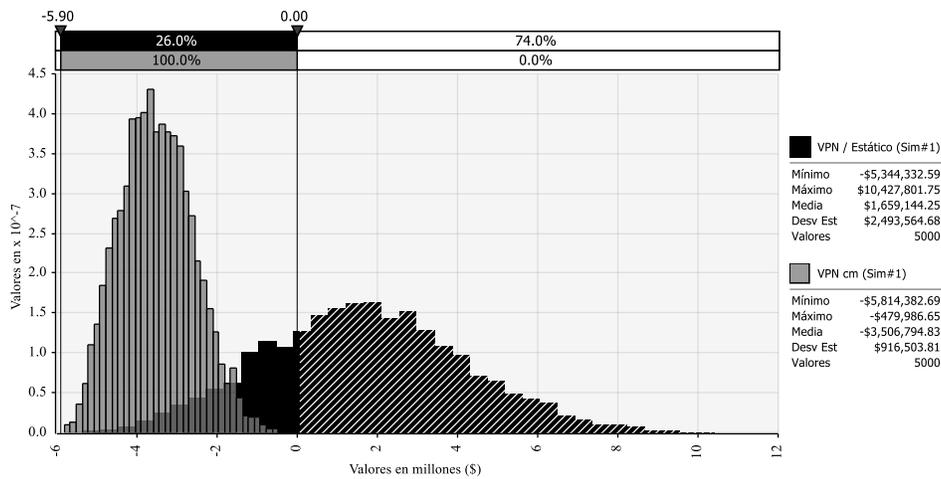


Figura 5. Distribución de probabilidad y densidad acumulada para el indicador VPN para los tratamientos evaluados.

5.2.3. Análisis de sensibilidad

La contribución de las variables de entrada a la varianza del VPN se muestra en los gráficos de tornados de la Figura 6. Los coeficientes de correlación calculados entre los valores de entrada y la varianza del VPN muestran que la rentabilidad se vio afectada principalmente por dos variables: la productividad animal y el precio de venta por kg de peso vivo. Los aumentos de dichas variables tienen un efecto positivo en la variabilidad del pronóstico del indicador de la siguiente manera: cambios en la

variable de productividad animal modifican la varianza del indicador en 73,17% y 63,85% para nueva variedad y el escenario base, respectivamente. Del mismo modo, los cambios en el precio de venta por kg de peso vivo conducen a cambios en la varianza de 26.69% y 35.99% para la nueva variedad y escenario base, respectivamente.

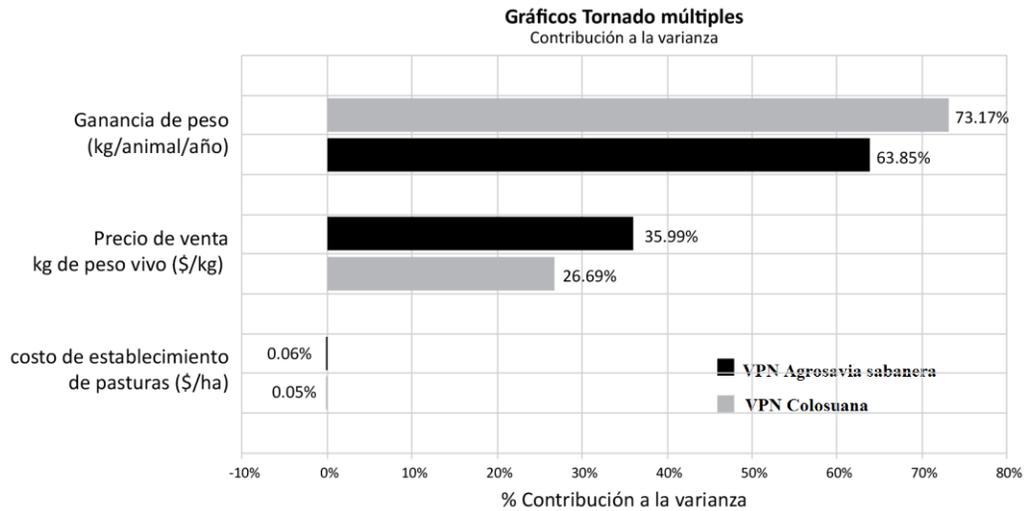


Figura 6. Gráfico de tornado múltiple que muestra la contribución de las variables aleatorias sobre la varianza del NPV

		Precio de venta kg en pie (\$/kg)								
		4000	4100	4200	4300	4400	4500	4600	4700	4800
Ganancia de peso (Kg/animal/año)	\$1,892,365									
	160	-8,609,925	-7,747,147	-6,884,368	-6,021,590	-5,158,811	-4,296,033	-3,433,254	-2,570,476	-1,707,697
	170	-7,639,338	-6,752,295	-5,865,251	-4,978,208	-4,091,165	-3,204,122	-2,317,079	-1,430,036	-542,992
	180	-6,668,751	-5,757,443	-4,846,135	-3,934,827	-3,023,519	-2,112,211	-1,200,904	-289,596	621,712
	190	-5,698,163	-4,762,591	-3,827,018	-2,891,446	-1,955,873	-1,020,301	-84,728	850,844	1,786,417
	200	-4,727,576	-3,767,739	-2,807,902	-1,848,065	-888,227	71,610	1,031,447	1,991,284	2,951,121
	210	-3,756,989	-2,772,887	-1,788,785	-804,683	179,419	1,163,520	2,147,622	3,131,724	4,115,826
	220	-2,786,402	-1,778,035	-769,669	238,698	1,247,064	2,255,431	3,263,798	4,272,164	5,280,531
	230	-1,815,815	-783,183	249,448	1,282,079	2,314,710	3,347,342	4,379,973	5,412,604	6,445,235
	240	-845,227	211,669	1,268,564	2,325,460	3,382,356	4,439,252	5,496,148	6,553,044	7,609,940
250	125,360	1,206,520	2,287,681	3,368,842	4,450,002	5,531,163	6,612,323	7,693,484	8,774,645	
260	1,095,947	2,201,372	3,306,798	4,412,223	5,517,648	6,623,073	7,728,499	8,833,924	9,939,349	
270	2,066,534	3,196,224	4,325,914	5,455,604	6,585,294	7,714,984	8,844,674	9,974,364	11,104,054	

Figura 7. Mapa de calor de sensibilidad del VPN (Escenario base) con respecto a cambios en el precio de venta y el nivel de productividad

Las dos variables identificadas en el anterior análisis se estudian de forma individual mediante un análisis de mapa de calor, donde se realizan cambios simultáneos en ambas variables y se identifican los cambios en el indicador VPN para la nueva variedad. Los valores más bajos son más rojos, los valores más altos son más verdes; y el percentil 50 de los valores de VPN son de color amarillo. Bajo el precio de referencia (\$4.600 /kg), niveles de productividad animal por debajo de 0,400 Ton /ha/año (equivalentes a una ganancia de 200 kg/animal/año) resulta no rentable. Del mismo modo, bajo la productividad base de 223 kg/animal/año, un precio por debajo de COP \$ 4.300 resulta no rentable.

6. Conclusiones

A nivel de productor primario, las opciones forrajeras *B. brizantha* 26124 cv. Orinoquia para los Llanos Orientales y la *M. maximus* cv Agrosavia sabanera en el Caribe húmedo en los sistemas de pastoreo para la producción de carne, permitirá mejorar los indicadores técnicos y económicos bajo diferentes escenarios de rendimientos y condiciones de mercado. En términos productivos, las nuevas variedades incrementan la productividad animal en un rango del 24% al 34% respecto al escenario base, como resultado de las mejores características en términos de calidad nutricional y producción de biomasa. Estas mejoras en productividad permitieron, además, reducir el tiempo necesario para alcanzar el peso de venta del animal y por tanto, se obtuvieron flujos más continuos en los ingresos. Todo lo anterior se tradujo en mejores indicadores financieros respecto a la tecnología tradicional, esto significa incrementos en promedio del VPN en once veces y la TIR en un 27%. Los resultados indican que la inversión en el establecimiento de la nueva variedad es rentable, con un VPN medio que varió alrededor de COP\$ 675.570 y una TIR alrededor del 19% para el cultivar Orinoquia, y un VPN medio de COP 1.641.066 y una TIR del 14% para el cultivar Agrosavia sabanera, siendo así, una alternativa viable para mejorar la eficiencia en la producción y rentabilidad de las fincas ganaderas en dichas regiones.

Los mejores indicadores de desempeño del cultivar Orinoquia y Agrosavia sabanera también estuvieron asociados a una reducción en la probabilidad de tener pérdidas económicas (83% frente a 8.6% y 100% frente a 26%, respectivamente). Como es sabido, los procesos de adopción de tecnologías de pasturas son decisiones a largo plazo, durante el cual pueden ocurrir cambios sustanciales en las condiciones económicas o ambientales (p.ej. efectos del cambio climático). Considerando que los productores son particularmente adversos al riesgo (Feder 1980; Marra et al. 2003), las tecnologías con un menor riesgo y varianza ofrecen un incentivo adicional para su adopción.

Por otro lado, aunque los cultivares Orinoquia y Agrosavia sabanera demuestran mejorar la productividad y reducir los indicadores de riesgo, los sistemas de pastoreo basados en pasturas en monocultivo se encuentran expuestas a cambios importantes en la producción de forraje y calidad durante el año, a causa de las variaciones en las condiciones climáticas y de fertilidad del suelo (Tedonkeng et al., 2007). Por lo tanto, alternativas de asociaciones de estas nuevas pasturas con árboles o leguminosas permitirían incrementar la persistencia del material a causa de la fijación de nitrógeno del medio ambiente al suelo, el aporte de materia orgánica a las pasturas, el aumento de la retención de agua en el suelo, y la mejoría en la regulación de la temperatura (Harrison et al. 2015; Dubeux et al. 2017; Reckling et al. 2016, Navas, 2010), reduciendo de esta manera las fluctuaciones en los rendimientos reales esperados en un sistema de pasturas en monocultivo.

7. Referencias

- Akaike H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control 19 (6):716-723. DOI: [10.1109/TAC.1974.1100705](https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705)
- Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2011. Alternativas de manejo de pasturas de Colosua (*Botriochloa pertusa*) en sistemas ganaderos del trópico bajo [Informe de resultados sin publicar].
- Dubeux JCB; Blount ARS; Mackowiak C; Santos ERS; Pereira JD; Riveros U; Garcia L; Jaramillo DM; Ruiz-Moreno M. 2017. Biological N₂ fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. Crop Science, 57(2): 1027-1038. DOI:[10.2135/cropsci2016.09.0810](https://doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0810)
- FEDEGAN (Federación Colombiana de Ganaderos). 2014. Plan de desarrollo ganadero 2014-2019. Bogotá, Colombia.
- Feder G. 1980. Farm Size, Risk Aversion and the Adoption of New Technology under Uncertainty. Oxford Economic Papers, 32(2): 263-283. DOI:[10.1093/oxfordjournals.oep.a041479](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.oep.a041479)
- Gerber P J; Steinfeld H; Henderson B; Mottet A; Opio C; Dijkman J; ... Tempio G. 2013. Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Roma: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).
- Gutiérrez CD; Wingching-Jones R; Rodríguez RR. 2009. Factibilidad del establecimiento de un sistema de producción de engorde de búfalos en pastoreo. Agronomía Costarricense, 33(2): 183-191.
- Hampton J. 1982. Modern Financial Theory: Perfect and Imperfect markets (Reston Pub). Virginia, USA
- Harrison MT; McSweeney C; Tomkins NW; Eckard R.J. 2015. Improving greenhouse gas emissions intensities of subtropical and tropical beef farming systems using *Leucaena leucocephala*. Agricultural Systems, 136: 138-146. DOI: [10.1016/j.agsy.2015.03.003](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.03.003)
- Holmann F; Estrada R. 1997. Alternativas Agropecuarias en la Región Pacífico Central de Costa Rica: Un modelo de Simulación Aplicable a Sistemas de Doble Propósito. En C. Lascano & F. Holmann (Eds.), Conceptos y Metodologías de Investigación en Fincas con Sistemas de Producción Animal de Doble Propósito. Cali, Colombia. 134-150.
- Holmann F; Argel P; Pérez E. 2008. Beneficios de la adopción de Pasturas Mejoradas en Fincas de Pequeños Productores en Centroamérica. Análisis Ex post (No. 208). Cali, Colombia.
- Marra M; Pannell DJ; Abadi A. 2003. The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: Where are we on the learning curve? Agricultural Systems, 75: 215-234. DOI: [10.1016/S0308-521X\(02\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00066-5)
- Mejía S; Atencio L; Tapia JJ; Barragán W; Mojica JE; 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 [Manual de liberación]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
- Navas A. 2010. Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. Revista de Medicina Veterinaria, (19): 113-122.
- Roura H; Cepeda H. 1999. Manual de identificación, formulación y evaluación de proyectos de desarrollo rural. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- Ordoñez J. 2015. Evaluación de Riesgos y Análisis de decisión utilizando @Risk y el DesicionTools Suite. The effects of brief mindfulness intervention on acute pain experience: An examination of individual difference (Vol. 1). DOI:[10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004)
- Park CS. 2007. Contemporary Engineering Economics (4th ed). Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J
- Peters M; Rao I; Fisher MJ; Subbarao G; Martens S; Herrero G; Tiemann T; Ayarza M; Hyman G. 2012. Tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions. En: Hershey, C.H. (Ed.). Eco-Efficiency: From vision to reality. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 20 p.
- Peters M; Sotelo M; Rincón A; Pérez, O. (s.f). Cultivar Orinoquia (*Brachiaria brizantha* CIAT 26124). Nueva alternativa forrajera para el desarrollo sostenible de la ganadería colombiana [Manual sin publicar]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Piñeros R; Tobar V; Mora J. 2011. Evaluación agronómica y zootécnica del pasto Colosoana (*Bothriochloa pertusa*) en el trópico seco del Tolima. Revista colombiana de ciencia animal, 4 (1): 36-40.
- Rao I; Peters M; Castro A; Schultze-Kraft R; White D; Fisher M; Miles Rudel T. 2015. LivestockPlus - The sustainable intensification of forage-based agricultural systems to improve livelihoods and ecosystem services in the tropics. Tropical Grasslands - Forrajes Tropicales, 3(2): 59-82. DOI: [10.17138/TGFT\(3\)59-82](https://doi.org/10.17138/TGFT(3)59-82).
- Reckling M; Bergkvist G; Watson CA; Stoddard FL; Zander PM; Walker RL; Pristeri A; Toncea I; Bachinger J. 2016. Trade-Offs between Economic and Environmental Impacts of Introducing Legumes into Cropping Systems. Frontiers in Plant Science, 7: 1-15. DOI: [10.3389/fpls.2016.00669](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00669)
- Rincón A; Caicedo S. 2010. Establecimiento de pastos en sistemas ganaderos de los Llanos colombianos. En: Rincón A; Bueno GA; Álvarez M; Pardo O; Pérez O; Caicedo S. (Eds.), Establecimiento, manejo y utilización de recursos forrajeros en sistemas ganaderos de suelos ácidos. Corpoica, Villavicencio, Colombia. 75-111 p.
- Steinfeld H; Gerber P; Wassenaar T; Castel V; Rosales M; Haan C. 2009. La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma
- Tedonkeng E; Boukila B; Fonteha F.A; Tendonkenga F; Kanaa JR; Nanda AS. 2007. Nutritive value of some grasses and leguminous tree leaves of the Central region of Africa. Animal Feed Science and Technology, 135 (3-4): 273-282. DOI:[10.1016/j.anifeedsci.2006.07.001](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.07.001)

8. Anexos

Anexo 1. Definición de indicadores de rentabilidad

Criterio	Fórmula matemática	Interpretación Matemática	Criterio de decisión	Interpretación
Valor Presente Neto-VPN	$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t}$ <p>Donde, FC: Flujo de beneficios (o costos) netos para el período t r: La tasa de descuento pertinente t: El horizonte del proyecto</p>	Suma actualizada (tasa r) al presente (momento cero) de todos los beneficios, costos e inversiones del proyecto de cada periodo.	$\Rightarrow VPN > 0$, se acepta $\Rightarrow VPN < 0$ se rechaza \Rightarrow si el VPN = 0 indiferente	Si este indicador presenta un valor mayor a cero, significa que el dinero al compararlo en el momento cero, no perdió valor en el tiempo, rindió la rentabilidad exigida (costo de oportunidad) y además genero un valor adicional (riqueza adicional).
Tasa Interna de Retorno-TIR	$\sum_{n=0}^t \frac{FC_n}{(1+r^*)^n} = 0$	El la tasa de descuento con la cual el VPN es cero. Es decir es la máxima tasa de descuento que acepta el proyecto	$\Rightarrow TIR > r$, Se acepta \Rightarrow si la TIR < r, Se rechaza \Rightarrow si la TIR = r, indiferentes	Representa la tasa interna de rentabilidad máxima generada por el proyecto.
Relación Beneficio/Costo	$B/C = \frac{\sum_{n=0}^t \frac{B_t}{(1+r)^n}}{\sum_{n=0}^t \frac{C_t}{(1+r)^n}}$	Cociente del valor presente de los ingresos y los egresos obtenidos a partir de la tasa de oportunidad seleccionada	$\Rightarrow B/C > 1$, Se acepta $\Rightarrow B/C < 1$ Se rechaza $\Rightarrow B/C = 1$ indiferentes	Establece cuántos pesos se obtienen de beneficios en valor presente, por cada peso de los costos también en valor presente, descontando en ambos casos la tasa de oportunidad del inversionista

Anexo 2. Estructura de costos de establecimiento para los tratamientos evaluados en los Llanos Orientales (Precios COP\$ 2018).

Actividad	Unidad	<i>B. decumbens</i>			<i>B. brizantha 26124</i>		
		Precio Promedio	Cantidad	Valor total promedio	Precio Promedio	Cantidad	Valor total promedio
Preparación terreno							
Pase de cincel	Pase	100,000	1	100,000	100,000	1	100,000
Pase de rastra	Pase	80,000	1	80,000	80,000	1	80,000
Pase de Pulidor	Pase	70,000	1	70,000	70,000	1	70,000
Siembra y aplicación de fertilizantes con encladora	Pase	60,000	1	60,000	60,000	1	60,000
Subtotal				310,000	310,000		
Insumos							
Siembra							
Semilla	kg	57,000	3	171,000	45,000	5	225,000
Control de maleza							
Herbicida pastar (hoja ancha)	lt	40,000	0.5	20,000	40,000	0.5	20,000
Herbicida 720 (hoja ancha)	lt	14,000	2	28,000	14,000	2	28,000
Fertilizantes							
DAP	Bulto (50 kg)	83,000	0.96	79,680	83,000	0.96	79,680
Cloruro de potasio	Bulto (50 kg)	65,000	0.94	61,100	65,000	0.94	61,100
Sulpomag	Bulto (50 kg)	80,000	2	160,000	80,000	2	160,000
Urea	Bulto (50 kg)	65,000	4.16	270,400	65,000	4.16	270,400
Cal dolomita	Bulto (50 kg)	12,000	8	96,000	12,000	8	96,000
Yeso agrícola	Bulto (50 kg)	27,000	2	54,000	27,000	2	54,000
Insecticida							
Lorsban	lt	35,000	2	70,000	35,000	2	70,000
Subtotal				1,010,180	1,064,180		
Mano de obra							
Siembra de pasto	Jornal	45,000	0.5	22,500	45,000	0.5	22,500
Aplicación de agroquímicos	Jornal	45,000	1	45,000	45,000	1	45,000
Subtotal				67,500	67,500		
Costo total /hectárea				1,387,680	1,441,680		

Anexo 3. Costos cerca eléctrica por hectárea bajo manejo rotacional.

Rubro	Unidad	Unidades /hectárea	Valor por unidad	Costo por hectárea
Insumos				
Postes templetes 10-12 cm	Unidad	5	19,000	95,000
Astillas 8-9 cm	Unidad	29	15,000	435,000
Alambre galvanizado calibre 12.5	kg	50	4,800	240,000
Tensores metálicos 500 m	Unidad	12	2,600	31,200
Aislador pivote	Unidad	87	200	17,400
Aislador terminal	Unidad	24	700	16,800
Mangueras	M	3	600	1,800
Alambre aislador	M	3	1,800	5,400
Alambre de cobre	M	15	950	14,250
Juego de broches	Unidad	1	7,500	7,500
Puntillas	Caja	1	5,000	5,000
Total materiales para cerca				869,350
Varillas de cooperwels	Unidad	5	13,000	65,000
Impulsor B4000	Unidad	1	220,000	220,000
Regulador solar 12v	Unidad	1	95,000	95,000
Panel solar (40 watt y 12v)	Unidad	1	195,000	195,000
Batería (35 amp y 12 v)	Unidad	1	202,600	202,600
Cuchilla doble tiro	Unidad	1	10,400	10,400
Desviador de rayos	Unidad	1	23,300	23,300
Estructura metálica (tubo y cajón)	Unidad	1	328,000	328,000
Total equipos eléctricos para cerca				1,139,300
Mano de obra construcción de cercas	jornal	3	32,000	96,000
Total mano de obra				96,000
Total				2,104,650

Anexo 4. Costos de mantenimiento para los para los tratamientos evaluados en los Llanos Orientales (Precios COP\$ 2018)

Detalle	Unidad	Cantidad/ha	Precio unitario (\$/unidad)	Valor total (COP)
Aplicación fertilizante (voleadora)	pase	1	70,000	70,000
DAP	Bulto (50 kg)	0.3	83,000	24,900
Cloruro de potasio	Bulto (50 kg)	1.16	65,000	75,400
Sulpomag	Bulto (50 kg)	1	80,000	80,000
Urea	Bulto (50 kg)	2	65,000	130,000
Rondup	Litro	2	25,000	50,000
Total agroquímicos				430,300
Fertilización	Jornal	0.5	45,000	22,500
Control de malezas	Jornal	1	45,000	45,000
Total mano de obra				67,500
Total mantenimiento				497,800

Anexo 5. Estructura de costos de establecimiento *Megathyrus maximus* cv. Agrosavia sabanera (Precios COP\$ 2018).

Descripción	Uni	<i>M. maximus</i> cv. Agrosavia sabanera			Colosuana		
		Cant	Precio unitario (\$/unidad)	Total valor hectárea	Cant	Precio unitario (\$/unidad)	Total valor hectárea
1. Preparación de terreno							
Análisis de suelo	Unidad	1	80.000	80.000	-	-	-
Arada de discos (Rome)	Pase	2	120.000	240.000	1	120.000	120.000
Rastrillada	Pase	1	80.000	80.000	-	-	-
Cíncel	Pase	1	120.000	120.000	1	120.000	120.000
Subtotal				520.000			240.000
2. Insumos							
Semilla	Kg	8	70.000	560.000	-	-	-
Imidacloprid	Lt	0.024	40.000	960	-	-	-
Fertilizantes (Urea)	Bulto	-	-	-	2.15	70.000	150.500
Subtotal				560.960			150.500
3. Mano de obra							
Siembra	jornal	2	25.000	50.000	-	-	-
Control de malezas	jornal	2	25.000	50.000	1	25.000	25.000
Subtotal				100.000			25.000
Total establecimiento pastura				1.180.960			415.500
Construcción cerca							
Impulsor solar. 25 km.	Unidad	1	230.000	230.000	1	230.000	230.000
Batería	Unidad	1	300.000	300.000	1	300.000	300.000
Postes	Postes	80	4.000	320.000	80	4.000	320.000
Alambre cerca eléctrica	Rollo x 50 kg	1	328.000	328.000	1	328.000	328.000
Mano obra	Jornal	8	25.000	200.000	8	25.000	200.000
Alambre encauchetado	Rollo x 50 m	1	28.000	28.000	1	28.000	28.000
Aisladores topo puntilla	Paquete x 100 un	4	150	600	4	150	600
Aisladores pera	Unidad	40	500	20.000	40	500	20.000
Tensores	Unidad	20	3.500	70.000	20	3.500	70.000
Para rayo	Unidad	1	80.000	80.000	1	80.000	80.000
Varillas polo a tierra	Unidad	4	19.500	78.000	4	19.500	78.000
Cuchilla	Unidad	1	18.000	18.000	1	18.000	18.000
Total cerca				1.672.600			1.672.600
Total cerca+pastura				2.853.560			2.088.100

Alianza

