



## MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO PARA SISTEMAS GANADEROS SOSTENIBLES

Miguel Ayarza, PhD manejo de suelos tropicales  
Universidad del Tolima, Colombia.

# Contenido

- ❖ Contexto de la ganadería en América tropical.
- ❖ Estrategia de intensificación sostenible
- ❖ Opciones tecnológicas para mejorar la fertilidad de suelos ácidos en sistemas ganaderos y hacer uso eficiente de los nutrientes.
- ❖ Brechas de conocimiento y fortalecimiento en el manejo de la fertilidad en sistemas ganaderos

# Contexto de la ganadería en américa tropical

- ❖ Demanda creciente por carne y leche con el incremento de la población y de ingresos.
- ❖ Presiones para intensificar la ganadería (reducción de áreas de pastoreo, aumento de población ganadera e índices de producción).
- ❖ Presiones para forestar áreas ganaderas o dedicarlas para otras actividades agrícolas.
- ❖ Problemas de degradación de pasturas.

# Limitantes de suelo para la producción ganadera



Limitante	Oxisoles (Sabanas)	Ultisoles (Amazonia)	Alfisoles (Valles)	Inceptisol (Laderas)	Andisoles (Montañas)
Baja reserva de nutrientes	+++	+++	+++	++	++
Toxicidad Aluminio	+++	++			+++
Fijación de P	+++	+++			+++
Acidez sin Al			++	++	
Baja CEC	+++	+++	++	++	++
Baja disponibilidad de N	+++	+++	+++	+++	+++
Encharcamiento	++	+++	+++		

**735 millones de has en América Tropical están dedicadas a la ganadería (FAO 2014)**

# Sistemas ganaderos extensivos de bajos insumos

## Uso de especies nativas y naturalizadas con fuego.

- ❖ Sabanas eutróficas y distróficas con gramíneas nativas
- ❖ Ultisoles en zonas húmedas bajo pasturas naturalizadas
- ❖ Inceptisoles y Alfisoles con especies de calidad moderada.
- ❖ Producción estacional de forraje.
- ❖ Bajos contenidos de proteína y minerales en el forraje.
- ❖ La quema periódica proporciona cenizas ricas en N y P, aumenta el pH del suelo y mineraliza M.O.

Baja producción de carne/leche por cabeza y por ha

Contribución de la cenizas resultantes de la Quema de sabanas y bosques tropicales

Ecosistema	N	P	K	Ca	Mg	S
	(kg/ha)					
Sabana	1	1	8	9	4	2
Bosque	53	8	96	64	17	10

Sanchez, 2019

# Problema: degradación de las pasturas

## Causas

Sobrepastoreo  
Mal establecimiento  
Pérdida de fertilidad  
Plagas y enfermedades

## Consecuencias

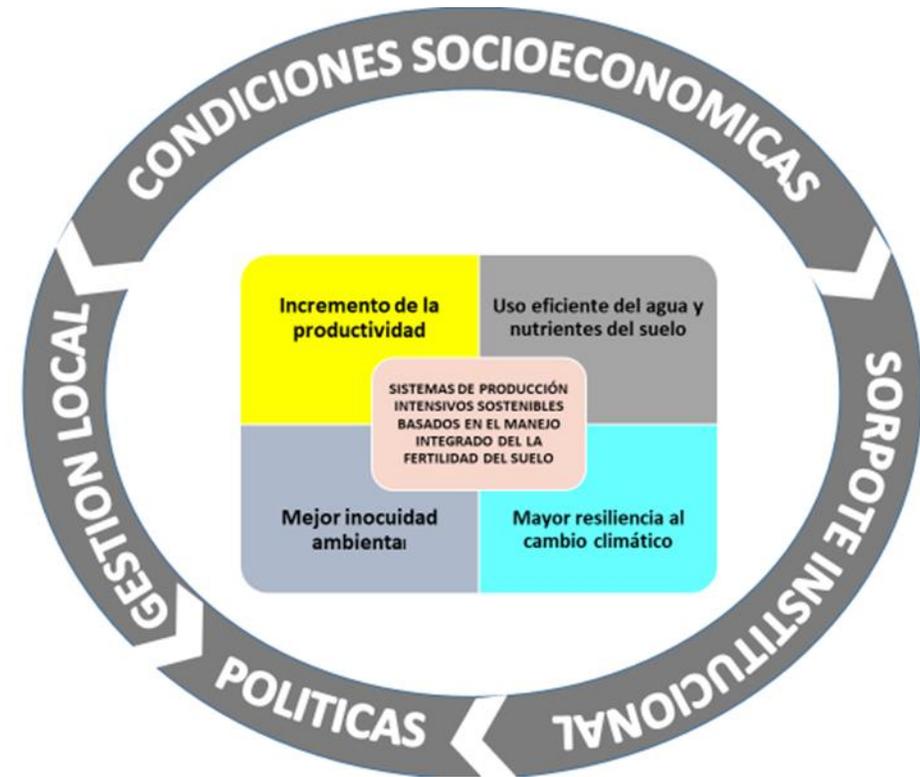
Pérdida de cobertura  
Baja producción de forraje  
Invasión de malezas  
Compactación



# Enfoque de investigación para intensificar los sistemas ganaderos tropicales de manera sostenible

## OBJETIVO GENERAL DEL ENFOQUE

Satisfacer las demandas de la sociedad, de los mercados y cadenas agroalimentarias, con productos diferenciados en términos de calidad, inocuidad, bioseguridad y bienestar animal, haciendo un aprovechamiento y valorización de la agrobiodiversidad y de los recursos naturales de manera sostenible



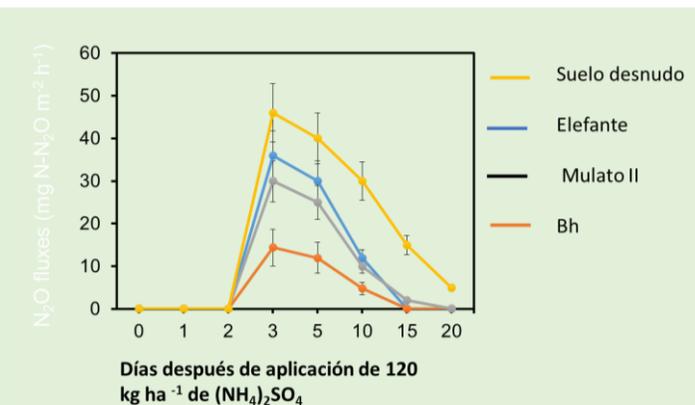
AGROSAVIA, 2016

# Opciones de manejo para intensificar la producción ganadera y mejorar el uso de nutrientes del suelo



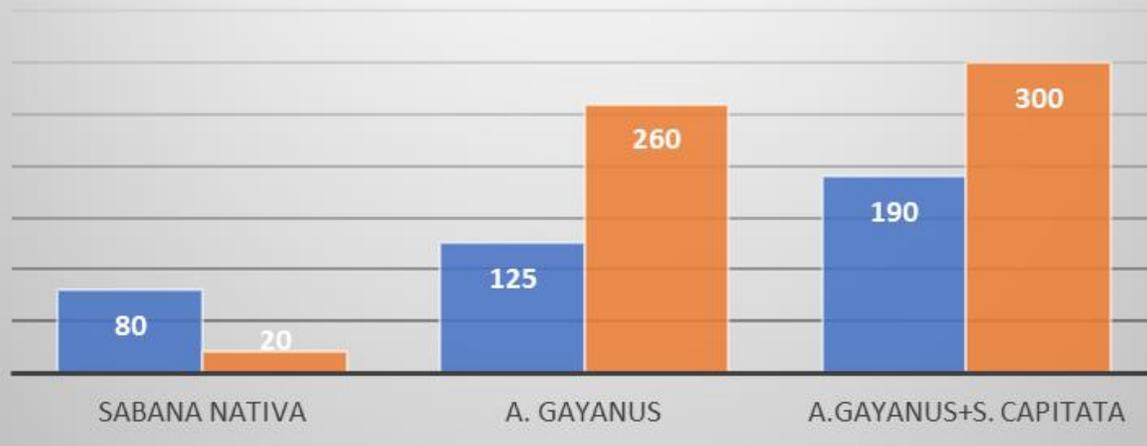
# Especies forrajeras adaptadas a la baja fertilidad del suelo

- ❖ Sistemas radiculares profundos que le permiten absorber mas agua y nutrientes por unidad de raiz.
- ❖ Mayor eficiencia de uso del P absorbido para producir forraje (Rao et al., 1999).
- ❖ Habilidad de absorber formas insoluble de P del suelo y de asociarse con micorrizas (Rao, 2001).
- ❖ Capacidad de reducir las pérdidas de N del suelo (inhibición de la nitrificación)
- ❖ Leguminosas forrajeras con capacidad de mejorar la disponibilidad de N en socios con gramíneas



# Impacto de las pasturas mejoradas

Productividad (kg/ha) por cabeza y por ha de sabana y pasturas mejoradas



## Cambios en la fertilidad del suelo

- ❖ Incrementos en la M.O
- ❖ Mejor agregación y porosidad del suelo
- ❖ Mayores tasas de mineralización de N.
- ❖ Mayor actividad biológica



# Impacto del mejoramiento genético de pasturas



Combinan alta productividad, mejor calidad, resistencia a plagas, tolerancia a sequía y adaptación a la acidez del suelo (Miles, 2004)

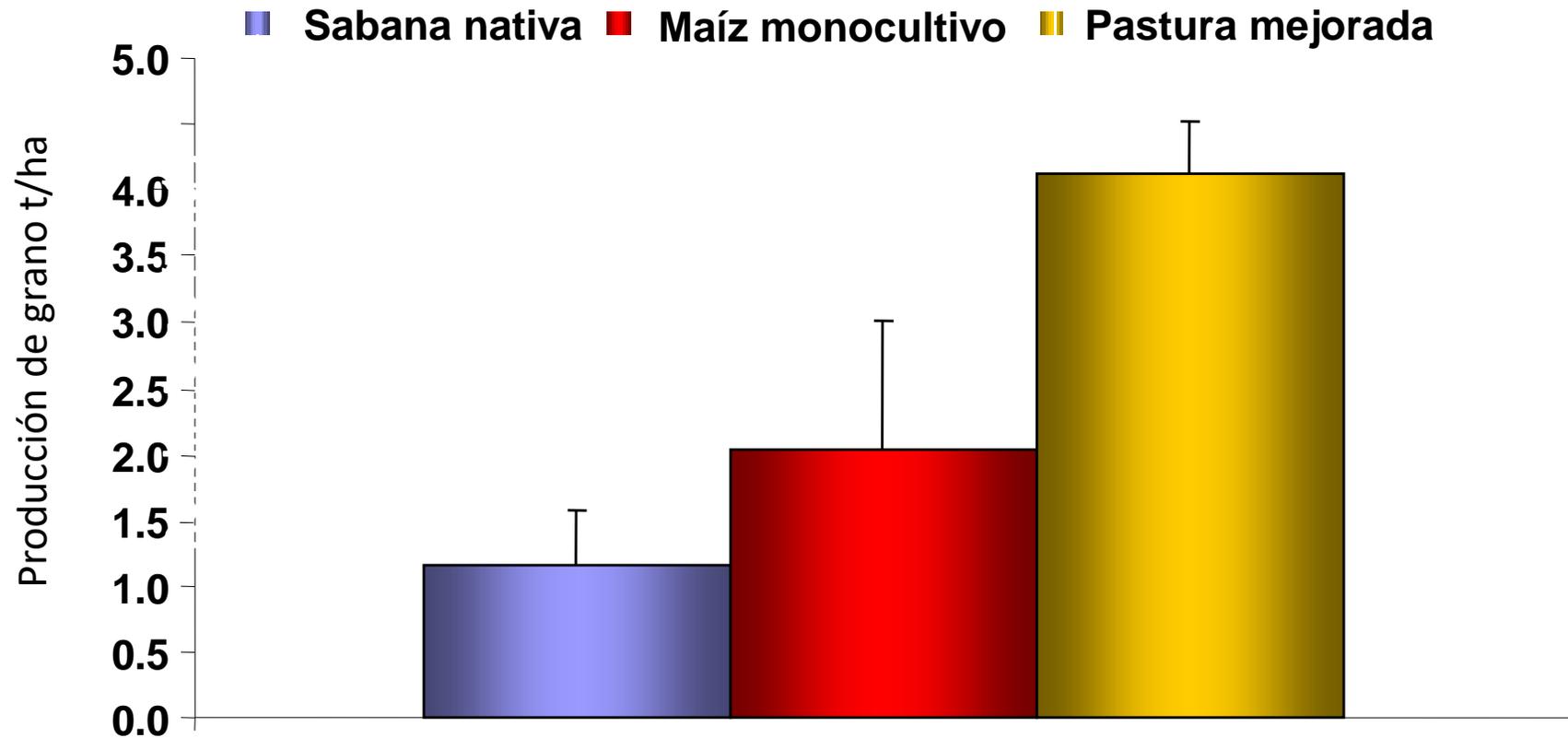


Híbridos de *Brachiaria humidicola* para suelos con drenaje pobre y encharcamientos estacionales en Oxisoles y Ultisoles (Ricci et al., 2011).

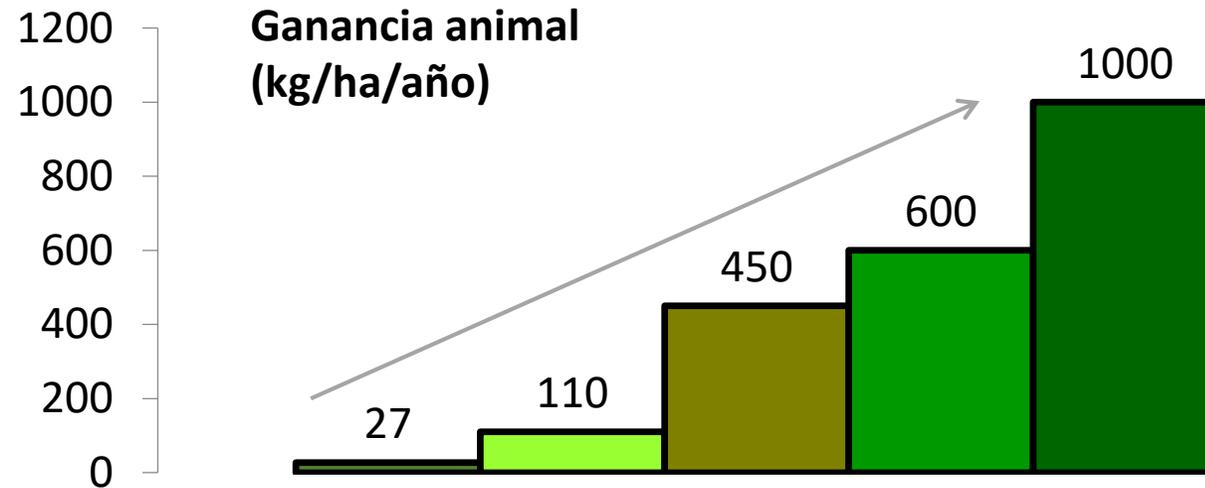
# Integración de pasturas con cultivos anuales



# Efecto de la pastura mejorada sobre el cultivo de maíz en un oxisol de los llanos orientales de Colombia



# Efecto de la rotación con cultivos anuales sobre la producción animal en suelos ácidos de los llanos orientales de Colombia



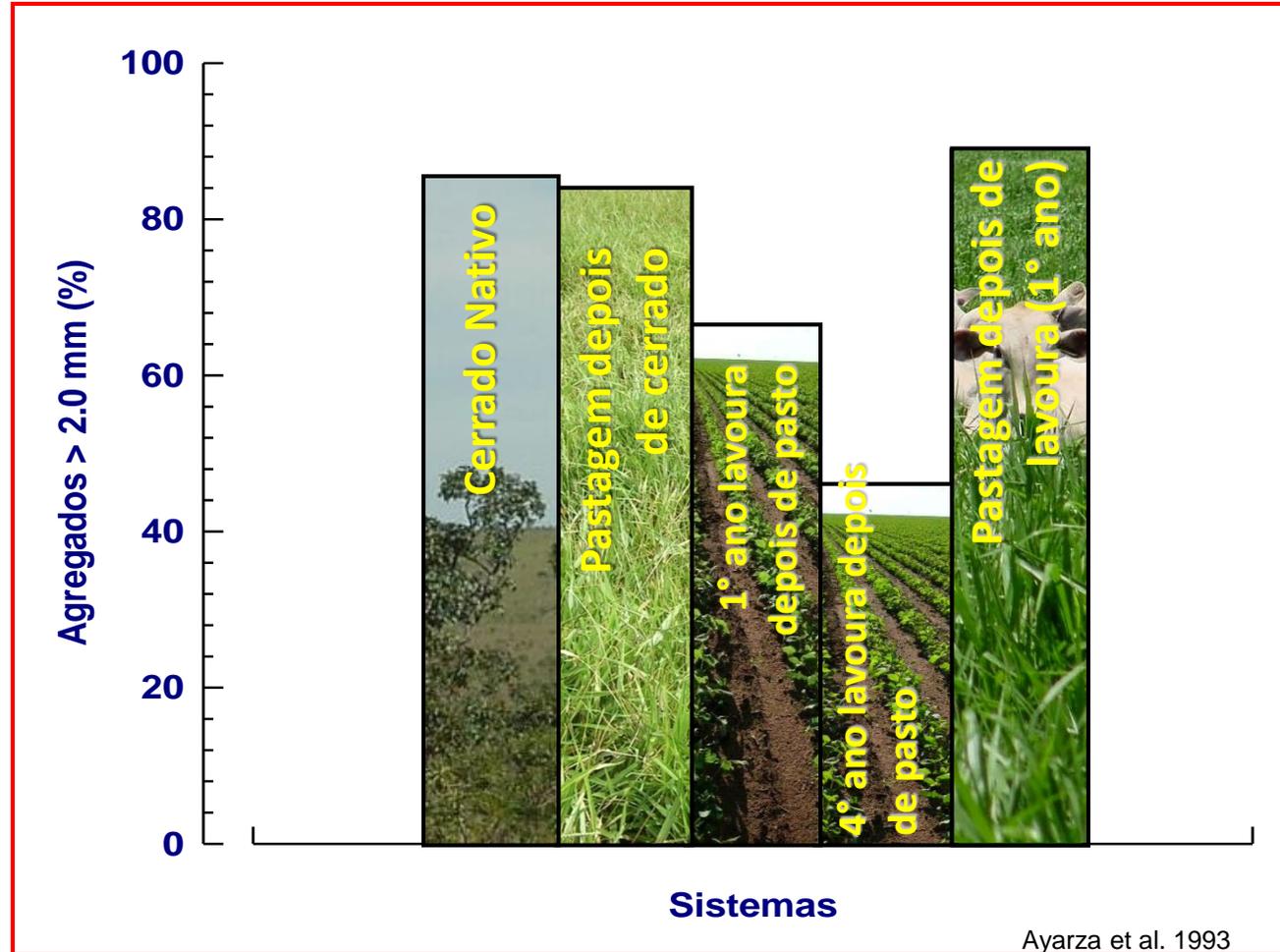
- Sabana nativa
- Pastura degradada
- Graminea+ leguminosa con fertilizante
- Pastura mejorada sembrada con maíz
- Pastura después de una rotación de tres años de soya-maíz

**Embrapa** Eficiência en el uso de fósforo en un suelo de Cerrado

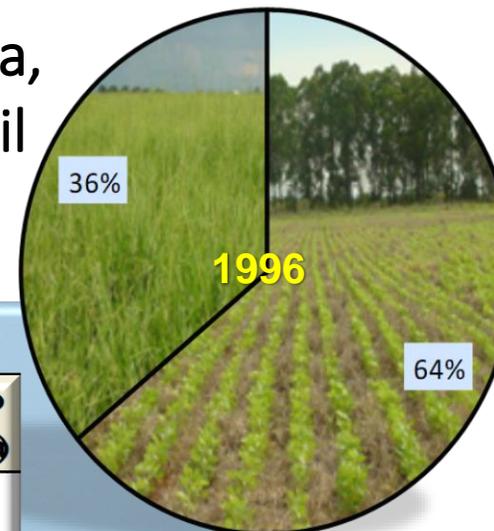
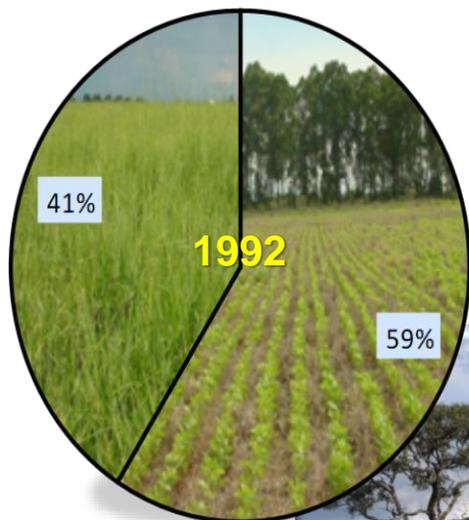
Fósforo aplicado (kg/ha de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Fósforo recuperado	
	Anuais	Anuais e capim
	----- % -----	
100 	44	85
200 	40	82
400 	35	70
800 	40	62



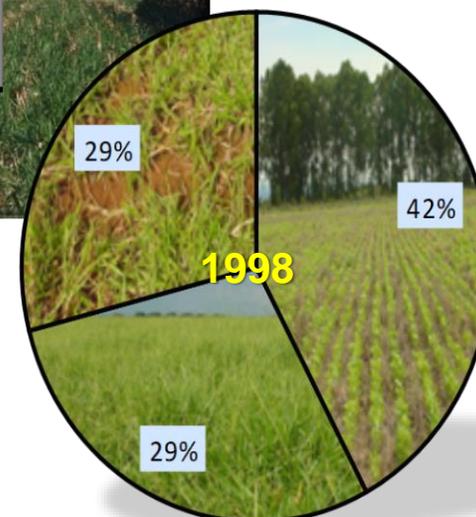
Fonte: Sousa et al. 1997



## Hacienda Sta Terezinha, Uberlândia, MG, Brasil



Años	Rebanco (cabeças)	Lotação (cabeças/ha)
1983	104	11
1988	821	14
1992	1150	28
1996	1200	32
2003	1800	26 <sup>1</sup>



# Integración de pasturas con árboles en sistemas silvopastoriles

Mejora el reciclaje de los nutrientes

Competencia por agua, luz y nutrientes

La sombra reduce rendimiento de forraje pero aumenta niveles de N en el tejido de gramíneas (ejemplo Panicum).

Los arboles incrementan la M.O

Reducen las pérdidas de suelo por erosión

Mejoran la actividad biológica del suelo



# Modelos de intensificación agroecológica

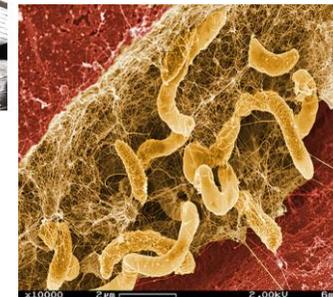
Aumento en producción agropecuaria mediante utilización de procesos ecológicos que contribuyan a conservar/mejorar la calidad de los recursos naturales y la inocuidad de los productos generados.

## Fuentes de nutrientes

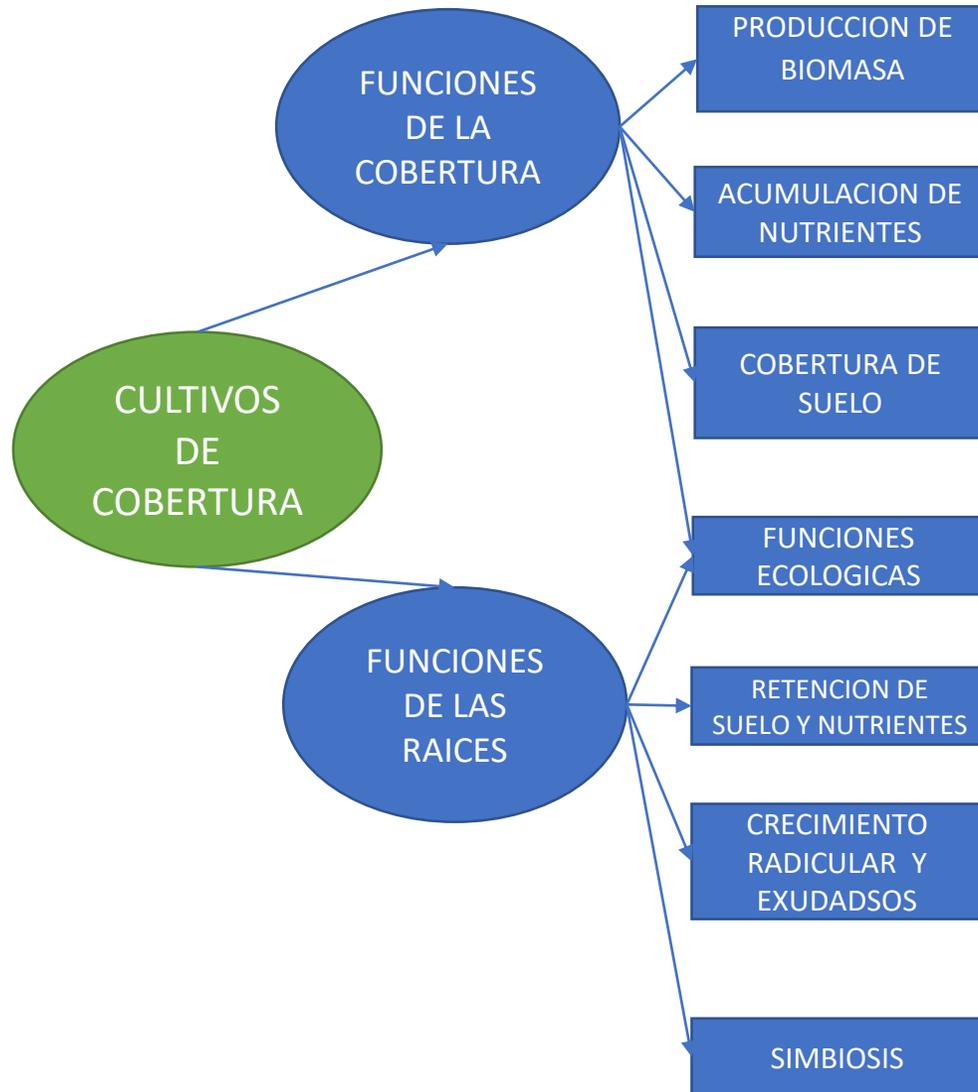
Abonos verdes

Residuos orgánicos

Biofertilizantes



# Funciones de las coberturas



EFFECTOS DIRECTOS	EFFECTOS INDIRECTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentos (+), forraje (+), combustible (+)</li> <li>• Mejorador fertilidad del suelo (+)</li> <li>• Proteccion al suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento M.O (+)</li> <li>• Secuestro Carbono (+)</li> <li>• Costos de produccion (+/-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro de nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produccion del cultivo (+)</li> <li>• Lixiviación de nutrientes (-)</li> <li>• Perdida de nutrientes (-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de malezas (+)</li> <li>• Erosion eólica e hidrica (-)</li> <li>• Escorrentía (-)</li> <li>• Temperatura del suelo (-)</li> <li>• Humedad del suelo (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.O (+)</li> <li>• Uso eficiente del agua (+)</li> <li>• Produccion del cultivo (+)</li> <li>• Perdida de sedimentos (-)</li> <li>• Lixiviación de nutrientes (-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodiversidad (+)</li> <li>• Habitat (+)</li> <li>• Dispersión de plagas (-)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microorganismos benéficos (+)</li> <li>• Plagas (-/+)</li> <li>• Producción del cultivo (+/-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erosión eólica e hídrica (-)</li> <li>• Retención de nutrientes (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.O (+)</li> <li>• Producción del cultivo (+)</li> <li>• Impacto ambiental (-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltración de agua (+)</li> <li>• Retención de agua (+)</li> <li>• Compactación del suelo (-)</li> <li>• Escorrentía (-)</li> <li>• Disponibilidad de nutrientes (+)</li> <li>• Control de malezas (</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.O (+)</li> <li>• Producción del cultivo (+)</li> <li>• Inundación (-)</li> <li>• Recarga del acuífero (+)</li> <li>• Impacto ambiental (-)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fijación de nitrógeno (+)</li> <li>• Asociación con Micorrizas (+)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imbalance de nutrientes (-)</li> <li>• M.O (+)</li> <li>• Producción del cultivo (+)</li> </ul>

# Efecto de la integración de abonos verdes en sistemas de doble propósito

## Biomasa de la leguminosa incorporada y producción del cultivo indicador (maíz) (Castro et al, 2017)

Tratamiento	Leguminosa incorporada kg MS ha <sup>-1</sup>	Forraje de Maíz kg MS ha <sup>-1</sup>
Remoción 0%	3.742	12.601 a <sup>1</sup>
Remoción 25%	3.386	11.676 a
<b>Remoción 50%</b>	<b>1.704</b>	<b>11.283 a</b>
Remoción 75%	1.051	8.908 b
Remoción 100%	0	8.584 b
Promedio		10610

diferentes (P<0.05), según prueba de Tukey.

La leguminosa *C. brasiliensis* hizo un aporte de N equivalente a 75-100 Kg N/ha y mejoró los niveles de C orgánico y NO<sub>3</sub> en el suelo

# Efecto del uso de residuos animales

Composición del estiércol de algunos animales (Bernal, 2003)

Especie	Humedad	N (%)	P	K	S	Ca	Mg	F
	%		Kg/t					
Ganado de leche	79	5.1	0.9	4.5	0.5	2.5	1.0	0.03
Ganado de carne	80	6.4	1.8	4.1	0.8	1.1	0.9	0.03
Cerdos	75	4.5	1.3	3.5	1.2	5.2	0.8	0.25
Caballos	60	6.3	0.9	5.5	0.6	7.1	1.3	0.12
Ovejas	65	12.7	1.9	9.1	0.8	5.3	1.7	0.15

**Composición variable dependiendo del tipo de animal, manejo del estiércol y sujeta a pérdidas de N**

# Ventajas y desventajas de los residuos animales (purines)

## **Ventajas**

- ❖ Alta disponibilidad en algunas regiones.
- ❖ Mejora la M.O, la fertilidad del suelo y las propiedades físicas y biológicas.
- ❖ Promueve el ciclaje de C y de nutrientes especialmente el N

## **Desventajas**

- ❖ Problemas de polución de agua y mantos freáticos y emisiones de GEI
- ❖ Puede provocar desequilibrios nutricionales en el forraje y en el suelo

# Uso de biofertilizantes o bioinoculantes



UN BIOFERTILIZANTE ES UNA PREPARACIÓN QUE CONTIENE CÉLULAS VIVAS O LATENTES PROVENIENTES DE CEPAS EFICIENTES DE BACTERIAS, HONGOS, ACTINOMICETOS Y ALGAS QUE ACELERAN LOS PROCESOS MICROBIANOS DEL SUELO MEJORANDO LA ASIMILACIÓN DE NUTRIENTES POR PARTE DE LAS PLANTAS.

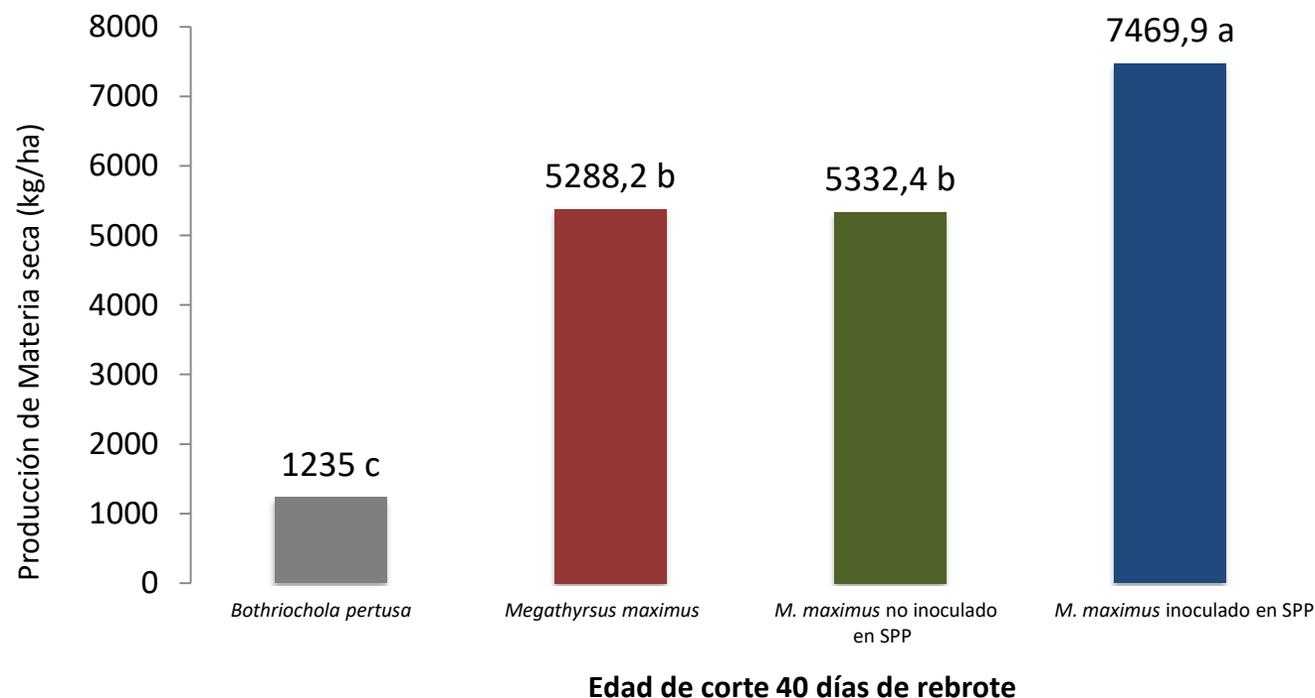


LOS INOCULANTES MICROBIANOS MÁS UTILIZADOS EN LAS COMPOSICIONES SON BACTERIAS DE LOS GÉNEROS BACILLUS, AZOTOBACTER, PSEUDOMONAS Y AZOSPIRILLUM; EN CUANTO A LOS ACTINOMICETOS SE DESTACAN LOS STREPTOMYCES. EN CUANTO A HOGOS LOS MAS IMPORTANTES SON LAS MICORRIZAS.



LA TENDENCIA ES A USARLOS PARA COMPLEMENTAR/SUSBTITUIR EL USO DE FERTILIZANTES INORGANICOS

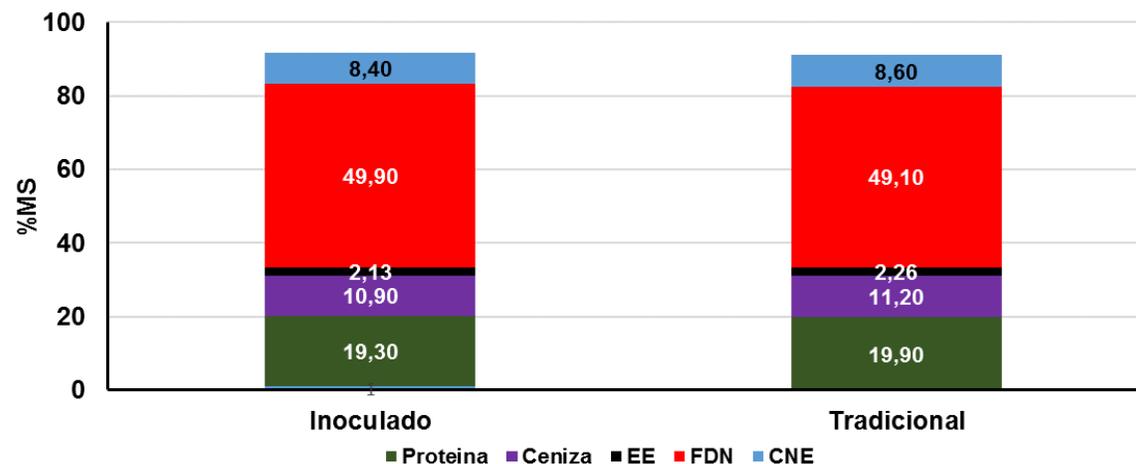
## Efecto de la aplicación de *Azotobacter* en sistemas silvopastoriles y monocultivos de gramíneas en una región del Caribe colombiano



El uso del biofertilizantes permite obtener mayor calidad y cantidad de forraje aplicando el 50% de la dosis de nitrógeno recomendada.

## Efecto de la aplicación de un solubilizador de P

	Biomasa (Ton ha <sup>-1</sup> )	P (g kg <sup>-1</sup> )	K (g kg <sup>-1</sup> )	Ca (g kg <sup>-1</sup> )
Inoculado	25	4,1	35,6	5,4
Tradicional	21	4,2	35,2	5,6



El uso del biofertilizantes permite obtener los mismos rendimientos y calidad de la pradera aplicando el 50% de la dosis de fósforo recomendada.

## Brechas de conocimiento y fortalecimiento

1. Sinergias y antagonismos en el uso de agua, luz y nutrientes entre componentes de sistemas agrosilvopastoriles.
2. Estrategias para explotar y escalar el papel de los microorganismos para complementar/optimizar el uso de nutrientes en sistemas pecuarios.
3. Optimizar el uso eficiente de los nutrientes de los purines y determinar su efecto residual en diferentes tipos de suelo y sistemas de manejo.
4. Explorar el papel de los microorganismos en la solubilización de nutrientes y detoxificación de residuos orgánicos.
5. Fortalecer las redes de investigación transdisciplinaria en manejo de la fertilidad del suelo en sistemas ganaderos.
6. Políticas de apoyo a la incorporación de conocimiento científico en la generación de políticas de intensificación sostenible de los suelos



**GRACIAS**