



INFORME DE AVANCE DE INVESTIGACIÓN

MODULO I		IDENTIFICACIÓN	
País	República de Colombia		
Ciudad	Bogotá Colombia		
Entidad	Universidad Santo Tomás Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia		
Entidad Externa			
Facultad	Facultad de Educación		
	Facultad de Ciencias y Tecnologías		X
Unidad Académica	Centro de Investigación de la Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia		
Programa Académico	Zootecnia		
Autores		Rol	
Carlos Mario Artunduaga Ruíz		Investigador Principal	
María Alexandra Huertas González		Coinvestigador	
		Auxiliar	
		Asistente	
Título del Proyecto	Estimación de la captura y almacenamiento de carbono y flujo de nutrientes en un sistema silvopastoril con <i>Acacia decurrens</i> y pasto <i>Pennisetum clandestinum</i> en el Municipio de Mosquera-Cundianamarca		
Tipo de Investigación	Proyecto de investigación		
Línea Medular de Investigación	Alberto Magno: Ciencia Tecnología y Medio Ambiente		
Línea Activa de Investigación	Gestión ambiental y de los Recursos Naturales de Colombia		
Grupo de Investigación	Gestión ambiental y de los recursos naturales de Colombia		
Semillero de Investigación	Sistemas sostenibles en la Producción Pecuaria		

RELACIÓN PROYECTO – CONVOCATORIA.			
Convocatoria Número	VI Convocatoria interna de proyectos de investigación de Semilleros de Investigación (FODEIN)	Fecha de Inicio	Marzo de 2017
Modalidad Convocatoria	OPS	Fecha de presentación del informe	Marzo 7 de 2018
	Nómina		
Proyecto Especial			
Otro (especifique)			

Síntesis de Ejecución presupuestal.			
Rubros Financiables	Valor Aprobado	Valor Ejecutado	Valor Pendiente
Personal	0	0	0
Auxiliar de Investigación	0	0	0
Asistente de Investigación	0	0	0



Equipos	0	0	0
Software	0	0	0
Movilidad Académica - Viajes	400.000	136.000	264.000
Organización de eventos	0	0	0
Publicaciones y Patentes	0	0	0
Salidas de campo	600.000	600.000	0
Materiales	200.000	0	200.000
Material bibliográfico	0	0	0
Servicios técnicos	2.200.000	1.112.055	1.087.945
Libro resultado de investigación	0	0	0
Imprevistos	300.000	0	300.000
Pares Académicos	300.000	0	300.000
Total	4.000.000	1.848.055	2.151.945
<b>Observaciones:</b>			
<b>Equipos Adquiridos:</b>			

<b>MODULO II</b>	<b>ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO DESARROLLADOS<sup>1</sup></b>
------------------	---

**Resumen en español del proyecto:**

Los gases de efecto invernadero GEI han venido afectando de manera importante el medio ambiente, generando un calentamiento global asociado al cambio climático actual. La ganadería tradicional, se caracteriza por un impacto significativo en ese sentido, dada la fisiología digestiva de los rumiantes. Los Sistemas silvopastoriles SSP se han constituido como una alternativa viable para la mitigación de los efectos nocivos anteriormente señalados. El potencial de la mitigación impacto de los GEI, en estos sistemas de producción sostenible, puede ser determinado, mediante la estimación de la captura y almacenamiento de carbono que hacen las especies arbóreas por medio del proceso fotosintético. La fase experimental se realizará en un lote con SSP localizado en el Centro de biotecnología agropecuaria del SENA en el Municipio de Mosquera. En el presente trabajo se pretende, por medio del uso de modelos matemáticos propuestos en la Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories del IPCC, estimar la cantidad de metano emitido por terneras de levante raza Holstein en un SSP, además se calculará el metano captado y almacenado a diferentes densidades de siembra de la especie leñosa *Acacia decurrens* en asocio con el pasto *Pennisetum clandestinum*. Adicionalmente se determinará la producción de biomasa destinada para forraje de la pastura y la dinámica de la concentración de nutrientes, en dos momentos, que corresponden a dos diferentes densidades de siembra. El sistema de análisis estadístico será un diseño de bloques completos al azar, Se realizarán análisis de varianza y pruebas de comparación de medias LSD Fisher, utilizando la herramienta estadística Infostat.

**Abstract en inglés del proyecto:**

GHGs have been significantly affecting the environment, generating global warming associated with current climate change. Traditional cattle breeding is characterized by a significant impact in this regard, given the digestive physiology of ruminants. The silvopastoral systems SSP have been constituted as a viable alternative for the mitigation of the previously mentioned harmful effects. The potential mitigation impact of GHGs in these sustainable production systems can be determined by estimating the carbon

<sup>1</sup> Tomado de NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES RELACIONADOS CON PROYECTOS FINANCIADOS TOTAL O PARCIALMENTE POR COLCIENCIAS. Dirección de Desarrollo Tecnológico e Innovación. Bogotá D.C., Febrero de 2010.



capture and storage of tree species through the photosynthetic process. The experimental phase will be carried out in a lot with SSP located in the Agricultural Biotechnology Center of SENA in the Municipality of Mosquera. In the present work, we intend to estimate the amount of methane emitted by Holstein breeding calves in an SSP by using mathematic models proposed in the Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories of the IPCC. In addition, the methane collected and stored At different planting densities of the woody species *Acacia decurrens* in association with the pasture *Pennisetum clandestinum*. In addition, the production of biomass destined for pasture forage and the nutrient concentration dynamics will be determined in two moments, corresponding to two different seed densities. The statistical analysis system will be a randomized complete block design. Analysis of variance and LSD Fisher comparison tests will be performed using the statistical tool Infostat.

**Key Words:** Climate change, Environmental impact mitigation strategies, Gastrointestinal tract of ruminants, Greenhouse effect gases, Livestock agroforestry systems, Sustainable livestock production.

**Cumplimiento de los Objetivos.**

	Porcentaje de cumplimiento	
<b>Objetivo general:</b> Estimar la dinámica de la captura y almacenamiento de carbono y flujo de nutrientes en un sistema silvopastoril con <i>Acacia decurrens</i> y pasto <i>Pennisetum clandestinum</i>	100%	Se cuenta con la totalidad de la información obtenida por medio de actividades de campo en las cuales se determinaron variables dasométricas requeridas para tales fines y ésta se encuentra contenida en bases de datos, la cual fue el resultado de la aplicación de ecuaciones alométricas propias de sistemas agroforestales
<b>Observaciones (Si aplica).</b>		
<b>Objetivo específico:</b> Calcular la emisión de metano de terneras de levante raza Holstein, dentro de un sistema silvopastoril	100%	Consecución de artículos de revisión que sustentan la presente investigación. De acuerdo con las ecuaciones del Manual del IPCC (Panel intergubernamental para el cambio climático) se aplicaron datos procedentes de rumiantes en desarrollo para estimar la producción diaria y acumulada en el tiempo de gases efecto invernadero GEI.
<b>Observaciones:</b> El desarrollo de este objetivo, se logra por medio de modelos matemáticos propuestos por el IPCC.		
<b>Objetivo específico:</b> Determinar la captura y almacenamiento de carbono en árboles de <i>Acacia decurrens</i> a dos densidades de siembra	100%	Se cuenta con la totalidad de la información obtenida por medio de actividades de campo en las cuales se determinaron variables dasométricas requeridas para tales fines y ésta se encuentra contenida en bases de datos, la cual fue el resultado de la aplicación de ecuaciones alométricas propias de sistemas agroforestales, Se realizaron análisis estadísticos por medio del programa Infostat.
<b>Observaciones:</b> para su desarrollo se llevaron varias salidas de campo con los docentes y estudiantes del semillero, al lugar de estudio, con el fin de realizar las mediciones de árboles correspondientes.		



<b>Objetivo específico:</b> Evaluar la producción forrajera de Pennisetum clandestinum en sistema silvopastoril con <i>Acacia decurrens</i> a dos densidades de siembra	100%	Resultados obtenidos en campo cumplido en bases de datos para análisis estadístico
<b>Observaciones</b> para su desarrollo llevaron a cabo varias salidas de campo con los docentes y estudiantes del semillero, al lugar de estudio, con el fin de realizar la toma de muestras correspondientes.		
<b>Objetivo específico:</b> Medir la dinámica de la composición nutricional del material vegetal de Pennisetum clandestinum en sistema silvopastoril con <i>Acacia decurrens</i> a dos densidades de siembra	100%	Para el cumplimiento de este objetivo, fue necesaria la culminación de la fase de muestreo, ya que a partir de las muestras tomadas, se llevaron a cabo análisis de laboratorio  Bases de datos para análisis estadístico.
<b>Observaciones:</b>		

Productos		
Comprometidos	Nivel de Avance	Soporte
Artículo Científico	25%	El documento se encuentra en proceso de redacción y búsqueda de revista científica para su publicación.
Socialización de proyecto y resultados parciales	100%	Se hizo la socialización del proyecto ante la RedColsi en mayo de 2017, con la participación de los estudiantes pertenecientes al Semillero.  Se hizo la socialización de los resultados parciales del proyecto, participando con póster científico en III Congreso Colombiano de Zootecnia, realizado en las instalaciones de la Universidad Nacional sede Palmira los días 14 y 15 de Octubre de 2017.

<b>Desarrollo del enfoque metodológico.</b>	
El proceso metodológico se encuentra ceñido a la propuesta inicial	
Porcentaje de cumplimiento del enfoque metodológico.	100%
Observación: No aplica	

<b>Cumplimiento del Cronograma.</b>	
El proceso metodológico se encuentra relacionado con el cronograma, Por circunstancias inherentes a los procesos de contratación de la USTA, se presentaron demoras e inconvenientes en el proceso de contratación de los servicios del laboratorio en la determinación química del material forrajero por parte de NUTRIANÁLISIS.	
Observación: No aplica	100%

<b>Dificultades enfrentadas en la realización del proyecto - (Si aplica).</b>
No aplica

<b>MODULO III</b>	<b>TEXTO O CUERPO DEL INFORME (Para todos los proyectos)</b>
-------------------	--



## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### Problema de investigación inicial:

La producción ganadera a nivel mundial, dependiendo del sistema de producción y de los componentes de este, así como de los niveles de responsabilidad social ha venido contribuyendo con variables aportes a la emisión de gases efecto invernadero (GEI), lo cual se soporta en estudios e investigaciones en diferentes países. El sistema de alimentación determina en gran medida la cantidad, frecuencia y proporción de metano, dióxido de carbono y óxido nitroso que un rumiante emita a la atmósfera a través del sistema gastrointestinal mediante eructos y heces producidos. Los ruminantes que pastorean en potreros con establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP) donde se encuentran árboles o arbustos dispersos producen, igual que en pastoreo con praderas sin presencia de leñosas, GEI que pueden ser captados y almacenados de forma indefinida y en variables cantidades por los árboles presentes en el área de pastoreo (captura de carbono), disminuyendo considerablemente la dispersión de estos gases a la atmósfera; así mismo la posibilidad de ramonear follaje de estos, contribuye una menor producción y consecuente disminución de la emisión de GEI, debido a los componentes nutritivos, metabolitos secundarios y complejos enzimáticos presentes en los árboles forrajeros. Las dos acciones, tanto la de captura y almacenamiento como la posibilidad de una menor producción de GEI, hacen que los SSP constituyan una alternativa viable, y de alto impacto para mitigar el impacto ambiental generado por su emisión generalmente de origen antropogénico en los sistemas de producción animal y contribuir efectivamente con la disminución del cambio climático y calentamiento global mediante prácticas sostenibles de producción animal. La presencia de algunas especies de leñosas en potreros establecidos con forrajes de bajo porte, determina cambios en la dinámica fenológica de estas pasturas, presentando en algunas asociaciones disminución en el tiempo de recuperación de la pradera, mayor concentración de nutrientes, mayor disponibilidad de nutrientes por las raíces de las pasturas, menores requerimientos de fertilización, entre otras, de la relación con pasturas en los SSP. Dado lo anterior la pregunta de investigación radica en ¿La captación y almacenamiento de carbono en SSP contribuye a mejorar la oferta forrajera y concentración de nutrientes en las plantas forrajeras asociadas al sistema?

### Avances y ajustes realizados:

La pregunta de investigación sigue con el mismo planteamiento debido a la importancia zootécnica del mismo. Los avances están sustentados con los datos tomados en el lugar de estudio, los cuales están organizados para su análisis estadístico.

## 2. AVANCES EN EL MARCO TEÓRICO

Se presenta el avance que se tenga en el marco teórico. ¿Cuáles han sido los conceptos y teorías trabajados hasta el momento en el proyecto? Cómo se han abordado?

Los conceptos principales conceptos tratados e investigados con los estudiantes han sido los siguientes: Los Sistemas silvopastoriles, la estimación sobre el almacenamiento y captura de carbono por medio de modelos alométricos, y las alternativas de producción y sustentabilidad agropecuario.

Estos temas se han abordado, desde un ambiente académico y vivencial de investigación, donde a través de lecturas que se sugieren revisar tanto para los estudiantes y docentes, se logran afianzar conceptos básicos para el desarrollo del proyecto.

## 3. METODOLOGÍA

La fase experimental se realiza en un lote con un Sistema silvopastoril (SSP) localizado en el Centro de biotecnología agropecuaria del SENA en el Municipio de Mosquera. En el presente trabajo se pretende, por medio del uso de modelos matemáticos propuestos en la Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories del IPCC, estimar la cantidad de metano emitido por terneras de levante raza Holstein en un SSP, además de calcular el carbono captado y almacenado a diferentes densidades de siembra de la especie leñosa *Acacia decurrens* en asocio con el pasto *Pennisetum clandestinum*. Adicionalmente se está determinando la producción de biomasa



destinada para forraje de la pastura y la dinámica de la concentración de nutrientes, en dos momentos, que corresponden a dos diferentes densidades de siembra. El sistema de análisis estadístico propuesto, es un diseño de bloques completos al azar, Se realizarán análisis de varianza y pruebas de comparación de medias LSD Fisher, utilizando la herramienta estadística Infostat.

#### 4. AVANCE Y LOGROS

Por medio de la aplicación de los instrumentos para la recolección de datos se ha logrado fortalecer a los estudiantes del semillero en técnicas de innovación tecnológica, aplicables a los sistemas bióticos y relacionados con la producción animal, teniendo en cuenta el impacto generado en estos ambientes. Adicionalmente las bases de datos producto de las salidas de campo, son el producto de la investigación, las cuales permitirán el análisis y discusión de resultados para su posterior socialización por medio de la publicación del documento científico.

#### 5. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados del proyecto, generarán un impacto en el ámbito académico principalmente, ya que desde diferentes enfoques ya sea social, económico, ambiental y o tecnológico, estos avances podrán ser aplicados en diferentes entornos y por ende comunidades dedicadas a la producción agropecuaria, que estén interesadas en la disminución del impacto ambiental de sus procesos productivos.

#### 6. CONCLUSIONES

- El fortalecimiento del semillero de investigación por medio del desarrollo del proyecto, se traducirá en la posibilidad de contar con docentes y estudiantes capaces de llevar a cabo investigaciones relacionadas con temáticas de impacto productivo y ambiental.
- La oportunidad de aplicar en diversas áreas productivas, los resultados obtenidos, permitirá la formación integral de los estudiantes.
- El fortalecimiento investigativo del semillero de investigación, será una herramienta de motivación para los estudiantes del programa de Zootecnia, lo que permitirá que éste sea reconocido por su acción académica

#### 7. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, E., Saldarriaga, J.G., Duque, A.J., Cabrera, K.R., Yepes, A.P., Navarrete, D.A., Phillips, J.F. 2011 Selección y validación de modelos para la estimación de la biomasa aérea en los bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 26 p.
- De Haan, C. 2002. Cees de Haan: promotor de los sistemas silvopastoriles como alternativa al desarrollo rural. Agroforestería en las Américas. 9 (33-34):6
- El espectador (2015) tomado de internet <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/aumenta-16-tasade-deforestacion-colombia-articulo-600483>
- Ibrahim, M. & Harvey, Celia. 2003. Diseño y manejo de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para mejorar las funciones productivas y brindar servicios ambientales. Agroforestería en las Américas. 10 (39- 40):4
- IPCC. 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_report\\_s.htm#1](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_report_s.htm#1)
- Nyberg, G. & Hogberg, P. 1995. Effects of young agroforestry trees on soils in on-farm situations in western Kenya. Agroforestry Systems. 32:45
- Pezo, D.; Ibrahim, M.; Beer, J. & Camero, L. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central. (Serie técnica. Informe técnico No. 311). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 46 p.
- Rojas, J.; Ibrahim, M.; Casasola, F.; Villanueva, C.; (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. Pastos y Forrajes, Octubre-Diciembre, 383-419



Informe avalado por:

---

Milena Hernández Gutiérrez  
Director de programa  
Programa de Zootecnia

**Jorge Enrique Ramírez M.**  
Director Centro de Investigación VUAD

**Claudia P. Pérez**  
Decano Académico  
Facultad de Ciencias y Tecnologías  
Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia

## ANEXO 1: IMPACTOS

### 1. Impactos tecnológicos del proyecto

#### 1.1. Formación de Recursos Humanos.

El desarrollo del proyecto ha contribuido a la consolidación de las capacidades de innovación y desarrollo tecnológico del semillero de investigación en “Sistemas sostenibles en la Producción pecuaria” y por ende a la formación de nuevos investigadores.



Figura 1. Mediciones y toma de datos pertinentes al proyecto de investigación, por parte de los estudiantes y docentes



Figura 2. Raleo de árboles para la obtención de densidad media en el SSP objetivo, por parte de los estudiantes y docentes proponentes del proyecto

## 2. Impactos sociales del proyecto

Los estudiantes serán replicadores de herramientas tecnológicas que sustentan la posibilidad de conservar el medio ambiente, mientras se hace una producción de tipo agropecuario, lo anterior respaldado con datos experimentales de carácter científico.

Contribución al conocimiento de metodologías y aplicación de estrategias por parte de productores agropecuarios para la mitigación del impacto ambiental generado por la producción ganadera concretamente por la emisión de gases de efecto invernadero.



Figura 2. Participación en el III Congreso Colombiano de Zootecnia, realizado en las instalaciones de la Universidad Nacional sede Palmira los días 14 y 15 de Octubre de 2017.