

El manejo sostenible del suelo,

CLAVE PARA ADAPTARNOS AL CAMBIO CLIMÁTICO



Adaptación al cambio climático, con productores ganaderos entre las cuencas de los ríos Guachiría y Aripuro en Casanare



El manejo sostenible del suelo,

CLAVE PARA ADAPTARNOS AL CAMBIO CLIMÁTICO



Adaptación al cambio climático, con productores ganaderos entre las cuencas de los ríos Guachiría y Aripuro en Casanare





Fundación Natura

Elsa Matilde Escobar.
Directora Ejecutiva.
Carrera 21 # 39-43, Bogotá. www.natura.org.co
Clara Solano
Subdirectora de Investigación y Conservación
Roberto León Gómez
Subdirector de Desarrollo Local y Cambio Global
Catalina Espinosa
Subdirectora Administrativa y Financiera.



Fundación Horizonte Verde - FHV

Lourdes Peñuela R. Directora Ejecutiva.
Calle 10 # 20-64, Cumaral, Meta.
www.horizonteverde.org.co



Ecopetrol S.A.

Carrera 13 No. 36 – 24, Bogotá.
www.ecopetrol.com.co

Comité Editorial

Clara Solano y Gustavo Segura - Fundación Natura
Lourdes Peñuela Recio – Fundación Horizonte Verde

CÍTESE COMO

Libro completo: Peñuela, L., Mejía, A. & Segura, G. (Eds.) 2017. El manejo sostenible del suelo, clave para adaptarnos al cambio climático. Proyecto: "Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la estrella hídrica del cerro Zamaricote y en la cuenca alta y media del río Ariporo y río Guachiría, Casanare. Alianza Fundación Natura – Fundación Horizonte Verde. 142 pp.

Capítulo: Peñuela, L., & Segura, G. 2017. Marco general; en: El manejo sostenible del suelo, clave para adaptarnos al cambio climático. Proyecto: "Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la estrella hídrica del cerro Zamaricote y en la cuenca alta y media del río Ariporo y río Guachiría, Casanare. Alianza Fundación Natura – Fundación Horizonte Verde; pág. 13-33.

ISBN: 978-958-8753-43-0

ISBN DIGITAL: 978-958-8753-45-4

Fecha Diciembre de 2017

Fotografías Archivo proyecto, tomadas por: Anyela María Mejía, Andrea Vanessa Ardila, Edwin Vargas, Gustavo Segura y Lourdes Peñuela R.

Impresión: La Imprenta Editores S.A.

Tipo de papel: Reciclado Earth Pact 90 gramos

Equipo de trabajo del proyecto

Coordinación general y administración proyecto

- **Fundación Natura:** Clara Solano, Subdirectora de Conservación e Investigación. Coordinadores: Sandra Galán (2015-2016) y Gustavo Segura (2016-2018).

Coordinación Técnica - Fundación Horizonte Verde:

Lourdes Peñuela R. (2015-2018)

Profesionales de apoyo. Andrea Vanessa Ardila-Fundación Horizonte Verde, para el paisaje de sabana inundable. Edwin Vargas-Grupo Ecológico Mastranto, para el piedemonte cerro Zamaricote.

Consultorías de apoyo

Andrés Jiménez Archila, Anyela María Mejía Aldana, Carlos Andrés Pinzón, Francisco Castro Lima, Liliana Corzo Ramírez, Wilson Fernando Gómez Anaya y Rocío Rodríguez Granados.

I Contenido

	PAG.
Breve descripción del proyecto ejecutado por la Alianza Fundación Natura y Fundación Horizonte Verde, cofinanciado por Ecopetrol S.A.	5
Breve presentación de las organizaciones del proyecto	9
Agradecimientos	11
Capítulo 1. Marco general	13
Capítulo 2. El manejo sostenible del recurso suelo	35
Capítulo 3. El Majadeo, una práctica sostenible	51
Capítulo 4. Implementando prácticas de manejo sostenible del suelo	59
Capítulo 5. Relación Suelo-Planta-Animal	115
Capítulo 6. El suelo, soporte biofísico de la ganadería de cría en sabana inundable	125
Los productores beneficiarios directos del proyecto	135
Aprendizajes, Reflexiones y Retos	139



Breve descripción del proyecto ejecutado por la Alianza Fundación Natura y Fundación Horizonte Verde, cofinanciado por Ecopetrol S.A.

La Alianza entre la Fundación Natura-FN y la Fundación Horizonte Verde-FHV presentó en Junio de 2014, una propuesta a la convocatoria nacional abierta que en Mayo de 2014 lanzo Ecopetrol S.A, denominada: “Convocatoria Nacional para la Inversión Ambiental Regional Estratégica – IARE” dirigida a identificar entidades y/o aliados estratégicos con capacidad para desarrollar en el marco de las actividades de la compañía, proyectos para reducir los impactos de cambio climático, favorecer la conservación de la biodiversidad y mejorar la gestión, el manejo y protección de los recursos hídricos en Colombia, con el objeto de avanzar en procesos estratégicos que permitan cumplir los compromisos ambientales de Ecopetrol S.A. en el marco de las necesidades y metas del Gobierno.

En el marco de esta convocatoria fue aprobado el proyecto: “Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la estrella hídrica del cerro Zamaricote y en la cuenca alta y media del río Ariporo y río Guachiria, Casanare”, presentado por la Alianza FN-FHV y desarrollado entre enero de 2015 y enero 2018.

El objetivo general fue promover el mantenimiento de la dinámica hidrológica de la estrella **hídrica del Cerro Zamaricote**, cuencas altas y media de los ríos Ariporo y

Guachiria en el departamento de Casanare, a través del cumplimiento de 4 objetivos específicos:

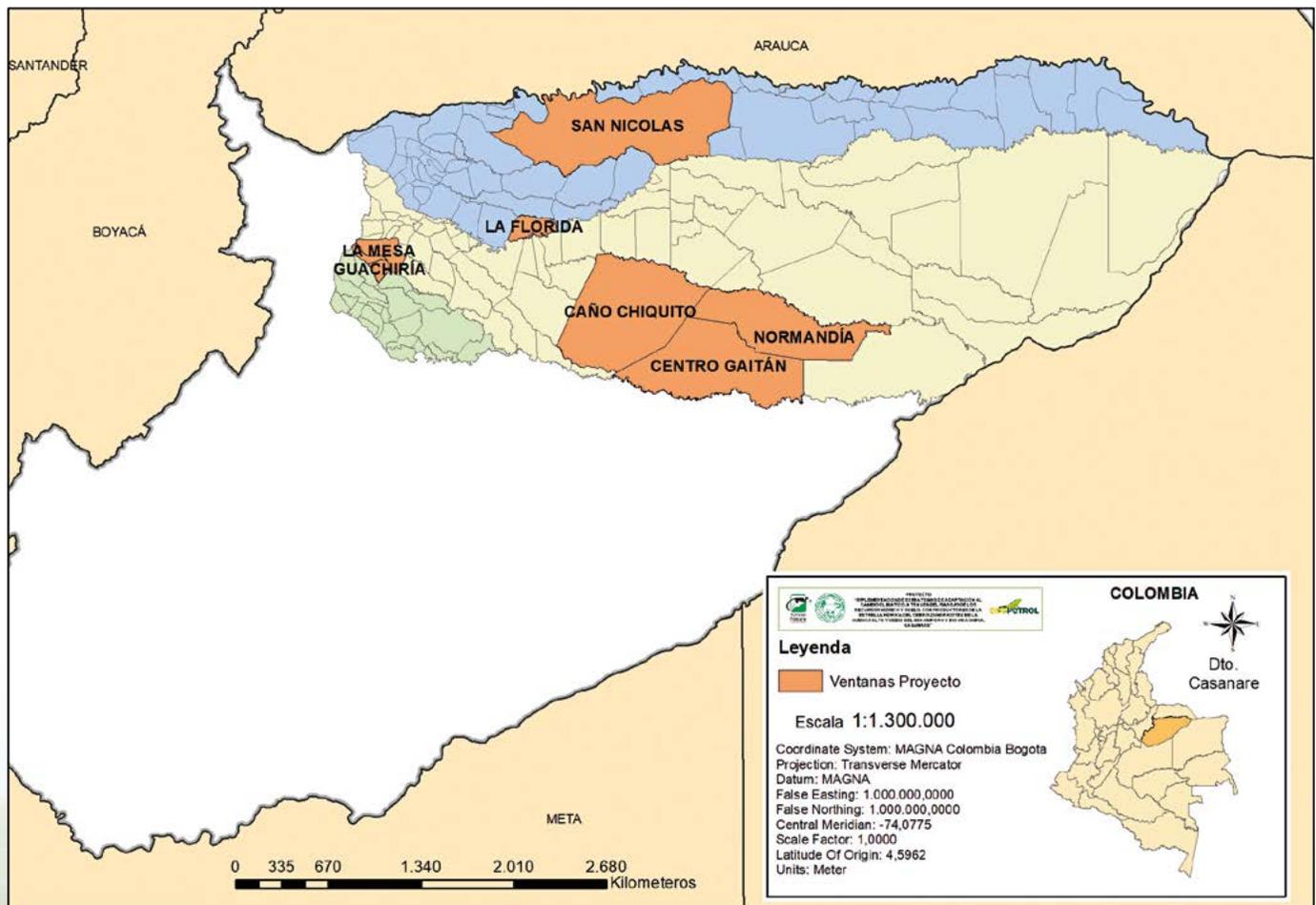
1. Implementar acciones de adaptación al cambio climático en zonas de piedemonte y de sabana inundable de las cuencas de los ríos Ariporo y Guachiria, Casanare.
2. Fomentar un manejo sostenible del recurso suelo en la sabana inundable, como sistema de soporte biofísico de la ganadería bovina.
3. Establecer y mantener corredores de conectividad entre la estrella hídrica del cerro Zamaricote y la cuenca media del río Ariporo, como estrategia complementaria para la conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios ecosistémicos.
4. Establecer un portafolio de áreas para compensaciones ambientales obligatorias y/o voluntarias que oriente la inversión para la conservación de la biodiversidad.

El proyecto se desarrolló en dos áreas muy bien definidas : 1). El cerro Zamaricote, que se encuentra ubicado en jurisdicción de los municipios de Paz de Ariporo, Pore y Támara, en la región del pie de monte llanero de la cordillera oriental en el departamento de Casanare. Zamaricote es una pequeña serranía, con una expansión

aproximada de 8.600 Ha y con influencia de 14.000 Ha aisladas del sistema montañoso principal de la cordillera oriental, "constituyéndose en la única estrella hídrica independiente de la red fluvial del sistema andino en el Casanare". Allí nacen los principales tributarios de los ríos Ariporo y Guachiria, entre otros; y 2). El complejo de las Sabanas inundables del Municipio de Hato Corozal y

Paz de Ariporo (cuena media de los ríos Ariporo y Guachiria), que conforman parte de la red hídrica de las sabanas inundables que a su vez se encuentra alimentada e interconectada con microcuencas que nacen en la misma sabana y que en la temporada de lluvias llenan las zonas más bajas de estas. En estas dos áreas se definieron 4 ventanas de trabajo, como puede observar en el Mapa 1.

Mapa: Ventanas de trabajo del proyecto



Los resultados generales del proyecto fueron:

- ✓ 40 productores ganaderos beneficiados, ubicados en las 2 cuencas alta y media de los ríos Ariporo y río Guachiria con manejo sostenible de los recursos hídrico y suelo, aportando así al manejo integral de la cuenca y siendo ejemplo para otros productores de la misma;
- ✓ 4 corredores de conectividad ubicados estratégicamente en sitios degradados y/o deforestados, cobijando los 40 productores (entre otros), a lo largo de las cuencas alta y media de los ríos Ariporo y Guachiria como objetivo de conservación regional abarcando parte de la estrella hídrica del cerro Zamaricote y de la sabana inundable de Caño Chiquito, Centro Gaitan, Normandia en Paz de Ariporo y San Nicolás en Hato Corozal;
- ✓ Diversas acciones de adaptación al cambio climático concertadas con necesidades e intereses de los 40 productores ganaderos beneficiarios, implementadas en 20 fincas en cerro Zamaricote cuenca alta y 20 fincas en sabana inundable en cuenca media y siendo líderes para multiplicar el proceso en su región, que impactan 30.000 hectáreas, en el corredor de conectividad definido aportando al manejo sostenible del suelo y del recurso hídrico;
- ✓ 40 acuerdos de conservación –producción negociados y firmados con los beneficiarios del proyecto, participando si en el desarrollo de estrategias complementarias de conservación, como una opción más para posicionarse en el territorio y participar en los diversos espacios de participación y toma de decisiones local, municipal y regional;
- ✓ Productores con 11.000 hectáreas bajo experiencia de manejo de suelo en sabana inundable como soporte biofísico, a través de diversas acciones como el “majadeo”, producción de biomasa, y manteniendo la relación-suelo-planta-animal, entre otros;
- ✓ Productores con 1.000 hectáreas bajo experiencia de manejo de suelo en piedemonte, a través de diversas acciones como bancos de proteína, producción de biomasa, buenas prácticas asociadas al manejo del agua, entre otros;
- ✓ 131 ha con acciones de restauración activa y/o pasiva que dan soporte a los procesos de conectividad propuestos, y complementan las estrategias de adaptación al cambio climático y al manejo de los recursos hídrico y suelo;
- ✓ 1 portafolio de sitios potenciales en la región de trabajo para implementar acciones de compensación que orienta a las empresas que hacen transformaciones del medio biofísico y que obligatoriamente deben compensar.





Breve presentación de las organizaciones del proyecto



La Fundación Natura es una organización de la sociedad civil creada en 1.983 con la misión de contribuir a la conservación la diversidad biológica de Colombia y a la búsqueda de alternativas de uso sostenible de los recursos naturales.

Durante sus 32 años la Fundación se ha dedicado a buscar diferentes alternativas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, que van más allá del trabajo en áreas de conservación, lo cual también es uno de sus mecanismos de trabajo. La Fundación ha desarrollado herramientas para conservar, producir y usar para ser implementadas y ajustadas en diferentes regiones de Colombia.



La Fundación Horizonte Verde es una organización no gubernamental sin ánimo de lucro, constituida en mayo de 1991, con área de acción la Orinoquia colombiana. Trabaja en investigación en sistemas sostenibles de producción y economía ambiental; educación ambiental; programas de investigación, conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad; herramientas de conservación privada; trabaja con los productores en sistemas alternativos de producción; turismo de naturaleza, y consolidación de grupos de base en comunidades urbanas y rurales.

Su reto: contribuir a la sostenibilidad social, ambiental y productiva de la Orinoquia.



Ecopetrol es la compañía más grande de Colombia y es una empresa integrada en la cadena del petróleo, ubicada entre las 40 petroleras más grandes del mundo y entre las cuatro principales en Latinoamérica. Además de Colombia, en donde genera más del 60% de la producción nacional, tiene presencia en actividades de exploración y producción en Brasil, Perú y Estados Unidos (Golfo de México). Ecopetrol cuenta con la mayor refinería de Colombia, la mayor parte de la red de oleoductos y poliductos del país y está incrementando significativamente su participación en biocombustibles.



| Agradecimientos

Esta publicación fue posible gracias a los aportes y colaboración de todos aquellos que participaron de alguna manera en el desarrollo del proyecto.

Agradecemos a:

- ✓ Los 40 propietarios productores ganaderos que se vincularon como beneficiarios directos al proyecto, ubicados en los municipios de Hato Corozal, Paz de Ariporo y Pore: Julio Enrique Fernández, Gilma Madrid, Piet Spickers, Elsa Ruiz, José Hernández, Jorge Romero, Nery Ruiz, Victoriano Hernández, Mercedes Lizarazo (Q.P.D), Hugo Gaitán, Ramiro Téllez, Yamith Duran, Harvey Benavides, Ángel Macario Tarache, Eduardo Martínez, Froilán Porras, Luis Arturo Reina, Emiro Pérez, Luz Nelly Márquez, Juan Francisco Pérez, en el paisaje de sabana inundable. Deogracias López, Cristóbal Roa, Ana Milena Herrera, Samuel Herrera, Luz Yady Herrera, Delfina Herrera, Cristóbal Fernández, Irene Fetecua, Pedro Heli Roa, Arquímedes Mendoza, Miguel Tarache, Ana Cruz Tarache, Dolfenia Tarache, Blanca Tarache, Hilver Rivera, Héctor Romero, Yalile Leal, Marelv Vageon Reuto, Martha Tarache y Dioselino Herrera, en el paisaje de piedemonte cerro Zamaricote;
- ✓ Al Grupo Ecológico Mastranto que fue un aliado estratégico para el trabajo realizado en el piedemonte - cerro Zamaricote;
- ✓ Los presidentes y demás miembros de Junta, de las veredas involucradas en el proyecto: Los Alpes y Guachiria en Pore; San Nicolás y La Florida en Hato Corozal; La Mesa y sector Manantiales, Caño Chiquito y sector Agua Verde, Centro Gaitán y Normandía en Paz de Ariporo;
- ✓ La Secretaria de agricultura de la gobernación de Casanare, especialmente a Camilo Alberto Montagut y Eunice Escobar;
- ✓ Al Subdirector de planeación de Corporinoquia, Carlos Sandoval;
- ✓ A Hugoberto Huertas, coordinador de Técnicán, Casanare y coordinador de la mesa de ganadería sostenible del Casanare;
- ✓ A las ONG's ambientales del Casanare y demás instituciones gubernamentales y no gubernamentales que se vincularon y participaron en diversos espacios del proyecto.



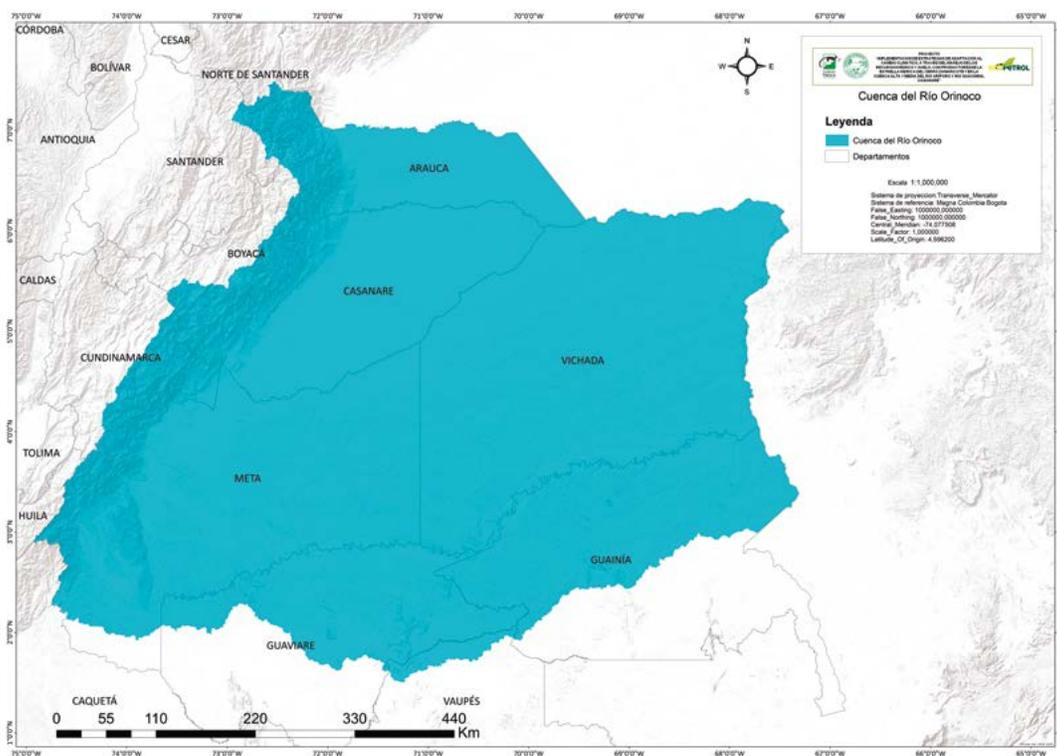
CAPITULO 1.

MARCO GENERAL

Lourdes Peñuela R¹ y Gustavo Segura²

1. Contexto

La región de la Orinoquia, es una zona heterogénea, en la que se congregan una gran variedad de paisajes y diferentes ecosistemas, que hacen de esta, una región rica en biodiversidad y con un valor biológico incalculable. Dicha región hace parte de la gran Cuenca del río Orinoco que está localizada desde la latitud 0° 40' Norte a la latitud 10° 17', con un área de 998.446 km² y una longitud aproximada de 991.587 km, que comparan Venezuela y Colombia, este último con un 35% de su extensión. La Cuenca del Orinoco es una región natural, que agrupa muchos paisajes y una gran variedad de ecosistemas, como es el caso de la sabana inundable, presente en un 12,5% de su área. Dichos ecosistemas se han clasificado en biomas (4) como resultado de la cobertura terrestre, el clima, aspectos geomorfológicos del suelo, producto del material parental, la geogénesis y el tiempo asociado al desarrollo edáfico. (Correa et al., 2005. Andrade et al., 2009).



1. Directora Ejecutiva Fundación Horizonte Verde, Zootecnista, MSc.
2. Jefe de proyectos Fundación Natura, Ingeniero Forestal, MSc

En la Orinoquia es evidente la interdependencia entre el clima, el agua, la vida de los ecosistemas y la dinámica de las poblaciones humanas, lo que obliga a verla como un gran sistema socio ecológico, donde los ecosistemas proveen bienes y servicios a la sociedad. El más evidente de los servicios ambientales asociados al funcionamiento de los ecosistemas de la Orinoquia es la regulación de los ciclos del agua. En esa regulación, los páramos, las selvas andinas, los humedales y las grandes superficies inundables desempeñan un papel central. Otros servicios ambientales son los alimentos provistos por los agro ecosistemas manejados o los que se extraen de áreas naturales, como la madera, las fibras, las gomas, las tinturas, las medicinas y la fauna. Esto muestra que gran parte del sistema económico de la Orinoquia corresponde al sector primario y secundario (caza, pesca y agricultura). Sin embargo, en proporción menor y creciente hay industrias de transformación y servicios. Gran parte de los sistemas productivos actuales de la región se basan en procesos sostenidos por los ecosistemas naturales y seminaturales (Forero et al., 1997 citado por Andrade et al., 2009).

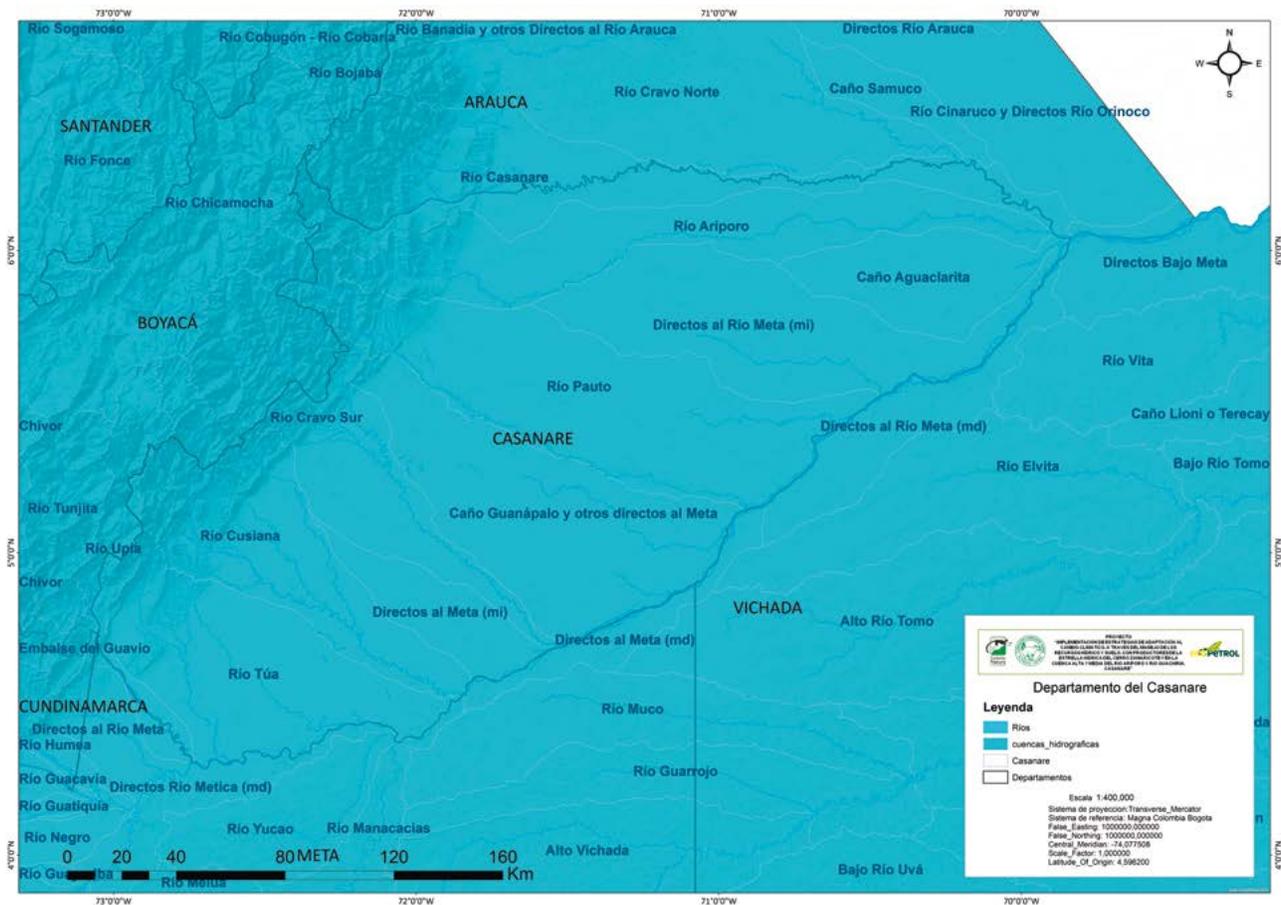
La región de la Orinoquia es hoy día el “polo de desarrollo del país”, con un proceso acelerado de transformación originado por los sectores productivos agropecuario y de hidrocarburos principalmente; exigiendo una gran demanda de los servicios eco sistémicos; con muy poca información sobre el manejo de los suelos, la dinámica hidrológica, la biodiversidad existente y la gran fragilidad de sus ecosistemas; lo que está ocasionando degradación de la base productiva (el suelo), pérdida de capacidad de retención y regulación hídrica, entre otros.

El clima, la red hídrica, la biodiversidad y la dinámica de las poblaciones humanas, están estrechamente relacionadas en la Orinoquia, como un sistema socio-ecológico, donde la oferta y demanda de los bienes y servicios ambientales son fundamentales de entender. La región de la Orinoquia cuenta con una extensión de 255.000 Km², lo cual representa el 22% de la superficie continental del país, y en donde se encuentran los departamentos de Arauca (23.8123 Km²), Casanare (44.640 Km²), Meta (85.635 Km²) y Vichada (100.242 Km²) (Benavides, CIAT y Cormacarena 2017).

El departamento de Casanare ocupa cerca del 4% del territorio nacional y se ubica al noroccidente de la Orinoquia colombiana. Contiene aproximadamente 3.300 Km² de la cordillera oriental y representa el 12,83% de la cuenca del río Orinoco en Colombia. De acuerdo a la evolución geológica regional, la configuración física y la evolución de la cordillera oriental de Colombia, en el departamento se definen tres unidades de paisajes: montaña, piedemonte y sabana. (Usma, et al, 2011).

El departamento de Casanare limita con el departamento de Arauca al norte, separado por el río Casanare; al este con el departamento del Vichada, separado por el río Meta; al sur con el departamento del Meta, separado por los ríos Upía y Meta; y al oeste con los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. La conformación geológica de Casanare está relacionada con el lado oriental andino de la cordillera oriental, se diferencia por sus características en dos grandes zonas: la primera es la zona montañosa cuyos suelos son de origen sedimentario y cuya formación se inicia desde comienzos del cretácico hasta el cuaternario, haciendo parte de la cordillera; la segunda región está conformada por el piedemonte y la planicie, consiste en depósitos aluviales, aluviotorrenciales, y fluvioglaciares acumulados durante el Pleistoceno y el Holoceno, conformando abanicos, conos, terrazas y planicies que con el tiempo también recibieron material de origen eólico. (IGAC, 2014).

Estas condiciones geológicas a su vez permitieron la división en diferentes tipos de paisajes como: paisaje de montaña que corresponde a la vertiente oriental de la cordillera se encuentra entre los 1.000 a 3.800 m.s.n.m.; paisajes de lomerío, piedemonte y altiplanicie que es una zona de transición entre la llanura y la cordillera oriental, se encuentra entre los 300 y 1000 m.s.n.m. su origen es el producto de la acumulación de materiales erosionados y el levantamiento propio de la cordillera, los suelos de este paisaje están conformados principalmente de arcillonitas, lodolitas, lutitas y areniscas lo que los hace susceptibles a la erosión, que también se ve relacionada estrechamente con el clima (precipitación) y el relieve; el paisaje de valle se ubica a lo largo de las vegas de los ríos, sus suelos son depósitos de sedimentos de arenas, li-



mos, arcillas, arenas y gravas arrastrados por las corrientes de agua; y por último también se encuentra el paisaje de planicie, llanura o sabana inundable localizado en el oriente del departamento sobre la parte plana o sabana entre los 100 y los 300 m.s.n.m. estos suelos fueron formados por la acumulación de materiales procedentes de la cordillera oriental, algunas zonas de la parte más oriental de la planicie aluvial los materiales sufrieron redistribución eólica y en algunos sectores se formaron grandes acumulaciones de arena llamadas médanos. La cantidad de elementos minerales en el suelo están ligados directamente con los materiales de sedimentación de la cordillera oriental, el material dominante en los suelos es de tipo cuarzoso para suelos con texturas arenosas y para suelos de texturas finas (más de 50%) son las arcillas caolinitas (IGAC, 2014. Colombia, 2015).

El departamento de Casanare posee una alta riqueza hídrica representada por las cuencas afluentes del río Meta. Estas cuencas tienen la siguiente extensión, río Casanare

8000 km², Ariporo 5862 km², Guachiría 3528 km², Pauto 2874 km², Cravo Sur 5372 km², Cusiana 7327 km² y Uptía 794 km². Los principales ríos navegables son el Uptía en 54 km, Cusiana 72 km, Cravo Sur 138 km, Pauto 132 km, Ariporo 198 km, Casanare 307 km y Meta 407 km (Usma, J.S., y F. Trujillo. 2011).

La Cuenca el río Guachiría se extiende desde el piedemonte Llanero, y drena parte de los municipios de Pore, Paz de Ariporo y Trinidad y desemboca en el río Meta. Tiene pocos tributarios por la margen izquierda, sector de Trinidad, debido a que su recorrido en sentido sureste al igual que la pendiente del terreno, lo cual hace que los caños corran en su mayoría paralelos a su cauce y desemboken en el río Meta. Entre los caños tributarios están la cañada Santa María, Guarataro, las Abejas y otros menores. El área total de esta cuenca es del orden de 1113.8 km², de las cuales 55.935,1 ha le corresponde al municipio de Trinidad representando el 18.7% del área del municipio. (Esquema de Ordenamiento Territorial Trinidad, 2005).



La cuenca hidrográfica del río Ariporo se encuentra localizada en el norte del departamento de Casanare, atravesando de oriente a occidente el departamento; comprende los municipios de Sácama, Tamara, Pore, Hato Corozal y Paz de Ariporo y su área es de 558579,98 Ha. La cuenca baja del río Ariporo comprende desde la cota 175 hasta su desembocadura en el río Casanare, incluye los municipios de Hato Corozal y Paz de Ariporo con un área total de 357895,50 Ha, de las cuales el 71,36% corresponden a Hato Corozal y el 28,64% a Paz de Ariporo. (Asociación de Ingenieros Forestales de Casanare, 2006)

Zamaricote o cerro Zamaricote, como le dicen los lugareños, es una serranía aislada del sistema montañoso principal de la cordillera oriental, **“constituyéndose en la única estrella hídrica independiente de la red fluvial del sistema andino en el Casanare”**. Allí nacen los principales tributarios de los ríos Ariporo y Guachiría, entre otros; y estos alimentan el complejo de las Sabanas inundables de los municipios de Hato Corozal y Paz de Ariporo (cuenca media de los ríos Ariporo y Guachiría).

El cerro Zamaricote se encuentra localizado en la zona de bosque húmedo tropical que corresponde a una parte independiente del sistema montañoso de la cordillera oriental localizado en la zona norte del departamento con influencia en los municipios de Pore, Tamara y Paz de Ariporo, representando un valor incalculable de orden social, económico, y ambiental para la región de la Orinoquia (GEM, 2000 y 2009)

Zamaricote abarca un área total de casi 30.000 ha, de las cuales 15.750 están demarcadas topográficamente, abarcando 210 familias ubicadas en 11 veredas de los municipios de Paz de Ariporo, Tamara y Pore. Su topografía con alturas que oscilan entre los 300 y 1.300 m.s.n.m, se caracteriza por la presencia en las partes altas de serranías y pendientes moderadas en un 75% con una variación de 54% a 89%. La temperatura oscila entre los 19.7°C y los 33.6°C, la humedad relativa anual promedio de 75% y la precipitación anual media entre los 2.500 y 3.200 mm (GEM, 2009).



Los principales rasgos geológicos definen que la zona de Zamaricote, se caracteriza por paisajes conformados por terrazas de piedemonte, conos aluviales (de alta erodabilidad), estructuralmente la zona está compuesta por el Sinclinal de Zamaricote, principal estructura que permite identificar el cerro a la distancia, y por las Fallas de Guachiría y de Paz de Ariporo (GEM 2009, citado por Ambiente Forestal Colombia y TNC, 2012).

Los ecosistemas presentes en cerro Zamaricote proveen de servicios a pequeños y medianos productores de los municipios de Paz de Ariporo, Pore y Támara, a través del abastecimiento y la regulación hídrica indispensables para el riego, uso en abrevaderos y consumo doméstico; el aprovisionamiento de alimentos, transformación de materiales y energía para la subsistencia; culturalmente ha sido el centro de educación a poblaciones jóvenes, su herencia cultural transmitida por años, su dependencia

en el desarrollo económico y social para su bienestar, Mantenimiento de un clima adecuado (temperatura, precipitaciones) para la salud, la agricultura y la ganadería, conversión de energía solar en animales y plantas comestibles, recolección de semillas y frutos, casa y pesca artesanal (Peña, M, 2015).

Por su ubicación es decisiva para el intercambio genético de flora y fauna entre la sabana y la zona andina dada su ubicación en el piedemonte, así mismo, es un importante sumidero de carbono ya que conserva una muestra representativa de ecosistemas boscosos en buen estado de conservación. Por otro lado, dada su oferta ambiental, cerro Zamaricote se convierte en un lugar estratégico para la investigación, preservación de fauna, conservación de bosques y acciones productivas sostenibles que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes (Peña, M, 2015).





El paisaje de sabana inundable está compuesto por un mosaico de ecosistemas naturales y algunos agroecosistemas, genera servicios ecosistémicos para los habitantes locales, para la regional, el país y el planeta (Lasso *et al*, 2012 citado por Peñuela *et al*, 2014). Los principales servicios ecosistémicos que presta la sabana inundable son: Provisión (alimento, agua, recursos genéticos, medicinas naturales, pesca artesanal y comercial, carne de monte-caza); Regulación (Clima, purificación del agua, ciclo hidrológico, balance de nutrientes, depósito de sedimentos, polinización, erosión); Hábitat y soporte (Banco de semillas, hábitat, de flora, sitio de criadero, reproducción, anidamiento, alimentación de fauna silvestre); Culturales (valor espiritual y religioso, valores estéticos y recreativos) (Peñuela *et al*, 2014; Lasso *et al*, 2014).

La sabana inundable del Casanare, hace parte de la depresión de la cordillera oriental, este paisaje tiene características físicas que lo hacen diferente a los demás, una de ellas es que permanece inundado por más de seis meses al año, gracias a su forma de cuneta y al régimen monomodal de lluvias; lo que conlleva a que tenga especies vegetales adaptadas a estas condiciones de inundación y posterior sequía (Rangel 1998, citado por Andrade *et al*,

2009) y que se ven estrechamente relacionadas con las características físico-químicas y biológicas ofertadas por su suelo (Sarmiento, 1984 citado por Romero *et al.*, 2004).

La sabana inundable tiene condiciones climáticas fuertemente marcadas con dos épocas estacionales en el año, la época seca que se encuentra entre los meses de diciembre al mes de marzo, y caracteriza por una mínima o nula precipitación, fuertes vientos y días bastante calurosos, generando una disminución de las fuentes hídricas superficiales, suelos fragmentados por la ausencia de humedad y algunas muertes de animales por falta de agua, entre otros; y la época de lluvias, que se presenta entre los meses de abril a noviembre, esta época se caracteriza por abundantes precipitaciones, condiciones de inundabilidad en diferentes ecosistemas (Estero, Bajo, Zural, Bosque de galería inundable) de la sabana y un nivel freático alto en el Banco, estas precipitaciones permiten que todo reverdezca y que haya abundancia de alimentos para los animales; esta hiperestacionalidad de la sabana le confieren unas características particulares, y ha hecho que la flora y la fauna que habita en este paisaje estén adaptadas así como las personas que cohabitan allí (Sarmiento, 1984 citado por Romero *et al.*, 2004).

Estas sabanas juegan un papel fundamental, ya que son fuente de elementos esenciales para la supervivencia de las personas que la habitan e inspiración para la cultura y el desarrollo de la ciencia. Presentan una fuerte dependencia a la dinámica hídrica lo cual hace que sea un paisaje único y vulnerable. La biodiversidad existente en estas sabanas es una expresión de la adaptación a las características climáticas, edáficas, geomorfológicas y bióticas, que responden a una topografía propia de esta zona y al régimen de lluvias (Jongman et al. 2008 citado por Mora-Fernández y Peñuela-Recio, 2013). Sin embargo, no se tiene conocimiento de la dinámica hidrológica de aguas subterráneas y superficiales que marcan las sabanas inundables, tampoco de la oferta y la demanda de los bienes y servicios ambientales que estas suministran a la humanidad y mucho menos sobre la ecología de las comunidades bióticas que habitan estas sabanas (Mora-Fernández y Peñuela-Recio, 2013).

A pesar de lo anterior, es evidente las consecuencias de la degradación en esta región de sabana inundable, debido al poco o nulo ordenamiento del territorio, la inexistencia de regulación para el uso del suelo, los sistemas productivos que están llegando a la región sin considerar la dinámica hidrológica de la misma y por ende transformando el paisaje (drenando como la palma de aceite) y arrasando con las matas de monte y bajos de sabana (como el arroz), y produciendo con agro tóxicos que contaminan las aguas sabaneras que después van a los caños y ríos, la explotación de hidrocarburos, entre otros;

con poco o nulo control de las autoridades respectivas en temas ambientales; y sumado a todo ello los cambios en los regímenes climáticos (temperatura, precipitación y humedad relativa); si no se toman medidas que lleven al mínimo resguardo de los bienes y servicios que son totalmente interdependientes de los sectores productivos, ni se usa el principio de precaución puesto que se decide aprovechar e implementar técnicas de uso de los sistemas productivos, sin que se conozca los verdaderos efectos de estos sobre la base biótica y física del territorio; esta situación es claramente observable pues tras la catástrofe ambiental del pasado marzo de 2014 en Paz de Ariporo, las respuestas son casi las mismas en cuanto a que se desconocen los efectos de la transformación, no hay evidencias cuantificables del efecto de un uso determinado, no hay estudios del impacto de la actividades en subsuelo, no hay sistemas de medición que indiquen trayectorias que generen alarmas entre muchas otras respuestas.

Así mismo no podemos responder adaptativamente como sociedad, pues no se conoce las causas que originan cambios abruptos en el comportamiento de las diferentes variables; ¿Es clima? ¿Es agotamiento de la capacidad de respuesta del sistema socioecológico? ¿Es un evento aislado? ¿Cómo está actuando sobre el sistema biofísico procesos de cambio en escalas regionales? ¿Cuál es el efecto agregado de todas las anteriores?; no parece haber respuestas claras frente a los fenómenos que afectan la vida de los ecosistemas y la sociedad humana que depende directamente de esta.



Si podemos inferir que necesitamos prepararnos a través de una gestión adaptativa al cambio climático global, y que debemos empezar a correlacionar e interpretar lo que está pasando como la suma de factores antrópicos y cambios ambientales globales, y a buscar las interdependencias en escalas mayores como por ejemplo una cuenca hídrica que tiene procesos de cambio muy profundos en la porción alta de pie de monte andino y que afectan la vida en la cuenca media y baja de sabanas con estacionalidades muy marcadas de inundación, por dar un ejemplo.

Los municipios de Paz de Ariporo, Hato Corozal y Pore en Casanare, son territorios que albergan gran parte de esta problemática, en la zona de piedemonte andina orinocense los agrosistemas predominantes son las ganaderías bovinas de doble propósito en las zonas más bajas, sistemas que han causado procesos de deforestación de ecosistemas boscosos húmedos andinos y subandinos, siendo hoy la matriz principal pastos introducidos con suelos degradados y con diferentes grados de erosión, un sistema hídrico con poca protección en nacimientos y quebradas, solo permaneciendo parches de bosques en zonas de alta pendiente y en bordes de ríos.

En la zona de sabanas inundables la ganadería bovina se ha desarrollado por más de 500 años, por las características de inundación estacional han permanecido en grandes extensiones la vegetación silvestre de sabana que por el carácter anfibio de estos humedales se han adaptado a la estacionalidad, así mismo los sistemas ganaderos son manejados de acuerdo a los pulsos de inundación, este sistema socio-ecológico se ha adaptado durante muchos años, inclusive las razas de ganado han desarrollado fenotipos que les permite sobrevivir a duras condiciones del sistema.

Lo anterior justifica desarrollar acciones, en donde se actúa en diferentes porciones de la cuenca para mejorar las condiciones ambientales y agro sistémicas de las ganaderías de pie de monte, y se actúa también en las ganaderías de sabana inundable para proteger la biodiversidad y los servicios ambientales de estos y se mejora el manejo del sistema productivo para impactar mucho menos en el sistema de soporte biofísico.



También, como lo muestran los hechos ambientales del 2014 en Casanare, cuando se hizo evidente que esteros y fuentes de agua, que históricamente los pobladores reconocen que no se secaban, se secaron, entonces debemos prepararnos para eventos aún más agudos y por lo tanto, se requiere actuar haciendo gestión adaptativa al cambio climático (entre otros factores), para minimizar los impactos en la degradación de los sistemas ecológicos y sus componentes. La Orinoquia al presentar esta estacionalidad climática marcada presenta mayores riesgos, por su condición extrema, así que eventos climáticos o efectos negativos por el desarrollo de procesos productivos, toma trayectorias inesperadas y conlleva a que sitios de sabanas de aguas permanentes en temporada seca pierdan por completo el espejo de agua y por ende todos la biodiversidad íctica y de otras especies interdependientes como aves, reptiles, anfibios y mamíferos.

Por ello la alianza entre la Fundación Natura y la Fundación Horizonte Verde trabajo en este proyecto, a través de diversas estrategias, en el manejo sostenible de los recursos hídrico y suelo, porque es vital para mejorar cualquier proceso productivo, adaptarse a los cambios climáticos, favorecer la biodiversidad allí existente y seguramente favorecer el mantenimiento de la oferta de los servicios ecosistemicos fundamentales que están asociados al suelo (soporte) y al recurso hídrico (regulación).



2. El recurso Suelo

La evolución de los suelos de la Orinoquia, se ligó al origen de la megacuena sedimentaria, localizada entre el escudo Guayanés y el flanco este de la Cordillera Oriental. Los materiales parentales de todos los suelos de los Llanos son de origen aluvial y eólico, estos suelos recibieron depósitos cuaternarios de origen fluvial, y las rocas sedimentarias (areniscas, lodolitas y calizas) que reposaron sobre sedimentitas del Cretáceo, Paleozoico y rocas cristalinas félsicas del Precámbrico y dieron origen

al desarrollo de paisajes de piedemonte, extensas planicies plioleustocénicas con disección variable, planicies aluviales y eólicas parcialmente disectadas y cortadas por largos y estrechos valles aluviales recientes y actuales, asociados a los grandes ríos; como sus materiales de origen fueron transportados a través del agua y el aire, sus propiedades físico-químicas dependen además del modo de transporte (eólica-aluvial) y deposición. Los suelos formados en la región orinocense en su mayoría se identifican con bajos contenidos nutricionales esto es baja meteorización y capacidad de intercambio catiónico

(Correa et al 2005. Mendivelso, 2003 citado por Malagón, 2004. Corpoica, 2009).

El uso y la vocación de los suelos del Casanare están demarcados por la clasificación agrológica, básicamente por la aptitud natural de los suelos para producir sosteniblemente. De manera general el mayor porcentaje de los suelos del Casanare (58,2%) pertenecen a la clase 5, localizados principalmente en la planicie o también conocida como sabana inundable; estas tierras son aptas para la ganadería estacional, refugio de la fauna silvestre y conservación de los cauces de agua. Los suelos de clase 4 (15,7%) son suelos apropiados para la producción de cultivos transitorios, semiperennes, perennes y de ganadería semiintensiva, estos suelos se encuentran principalmente en la mayor parte del piedemonte, en algunos sectores de lomerío y en algunas zonas de la planicie. Los suelos de clase 8 (12,7%) son exclusivos para la conservación y/o recuperación de la naturaleza y están ubicados principalmente en los paisajes de montaña y lomerío con pendientes superiores al 75% y también en las zonas cercanas a los cuerpos de agua de los valles y esteros. Los suelos de clase 6 (6,9%) son suelos aptos para la ganadería extensiva en la planicie; en el lomerío y la montaña son aptos para cultivos multiestrato, sistemas agroforestales y bosque nativo. Los suelos con menor porcentaje son los de clase 7 (5%) en los que se debe fomentar la generación natural de las plantas y la conservación, ubicados principalmente en la montaña, lomerío y valles de inundación (IGAC, 2014).



El uso del suelo en el Departamento del Casanare está ligado a la ganadería que ha sido uno de los principales renglones económicos del departamento, la explotación pecuaria ocupa cerca del 80% del territorio con pasturas y pastos introducidos; la agricultura ocupa aproximadamente el 4,% del territorio, de este porcentaje el 2.1% corresponde a cultivos comerciales y lo demás lo ocupan cultivos de economía campesina y de pan coger; alrededor del 6% está ocupado por lagunas, esteros y bosques naturales; el porcentaje restante tiene otros usos, del suelo usado para explotación petrolera aún no se tiene una claridad de que porcentaje ocupa de territorio, pero que sí hace parte de un uso actual del suelo (Andrade et al, 2009. Colombia, 2015).

El cerro Zamaricote es una serranía que hace parte del piedemonte casanareño, se extiende en tres municipios del departamento de Casanare que son: Pore, Paz de Ariporo y Tamara. Es un ecosistema frágil y susceptible a la erosión porque sus suelos tienen poca cohesión, son lavados continuamente por las precipitaciones y además tiene un grado de pendiente que se agudiza en las zonas más altas. Los suelos del cerro son de pH ácidos (<6), con baja capacidad de intercambio catiónico, baja saturación de bases intercambiables y pobres contenidos de materia orgánica (Colombia, 2015).

De manera general los suelos del cerro Zamaricote son susceptibles a la erosión y ésta se presenta en diferentes



grados debido al material parental del cual es formado, la poca cohesión que existe en cada uno de los sedimentos productos de la meteorización, la alta precipitación y la pendiente. Estos suelos son lavados continuamente por las lluvias, lo que hace que pierdan nutrientes por lixiviación y/o erosión hídrica. Estos suelos por lo general tienen pH ácido (<6), una capacidad de intercambio catiónico baja, con un contenido de Aluminio intercambiable alto y son pobres en fertilidad. Los factores de formación de suelo tienen que ver con su paisaje; se puede determinar que estos suelos de materiales arcillosos, de texturas finas, colores variados de pardo a rojizos, gris y blanco, sin saturación y bajos en fertilidad. Por otro lado los suelos de mesa de este paisaje, son suelos más franco arenosos, de colores pardos a pardo amarillentos. Los suelos ubicados en picos más altos son poco evolucionados, con una abundante pedregocidad, fuertemente ácidos, de colores pardo oscuro a oscuro, texturas franco arcillosas a franco arenosas, bajos contenidos de materia orgánica y de capacidad de intercambio catiónico (IGAC, 2014. Colombia, 2015).

El piedemonte tiene un relieve plano y fuertemente inclinado, con pendientes entre 3% y 25%, las características más sobresalientes de los suelos de esta zona tiene cantos heterométricos redondeados, los suelos son pocos profundos, limitados por las piedras que se encuentran en su superficie y a través del perfil, lo que favorece a que estos suelos sean bien drenados a excesivamente drenados (IGAC, 2014).

Según un estudio de suelos hechos por el servicio nacional de aprendizaje SENA y la empresa de SOMEX, realizado en algunas fincas del cerro Zamaricote en el año 2010, muestra que químicamente estos suelos tienden a indicar baja fertilidad por sus materiales de origen, y que además de ello la cantidad y disponibilidad de elementos nutricionales en el suelo también se ve afectada por los fenómenos como la erosión y factores externos de origen natural y antrópicos, el uso de estos suelos y la cobertura también influyen en los contenidos nutricionales de estos suelos; este estudio consistió en hacer 10 análisis de suelos en algunas fincas del cerro Zamaricote para conocer los contenidos nutricionales de los mismos. Los suelos de las fincas estudiadas indican que son suelos: de baja fertilidad, los contenidos de materia orgánica (MO) varían en razón a su cobertura y uso, para suelos cuya cobertura son rastrojos y zonas boscosas los contenidos de MO son altos, para suelos cuya cobertura es de pastizal estos contenidos disminuyen drásticamente, en las zonas escarpadas y erosionadas la MO es mínima, los suelos de las fincas estudiadas tienen contenidos de MO que van desde 1,87% a 3,58, estos suelos tienen texturas que van desde la Arenosa a Franco Arenosa y Arenosa Franca, el pH reportado en estos análisis corroboran la información de la literatura y los valores obtenidos para este caso van desde pH de 3,9 a pH 5,4 siendo fuertemente ácidos a ácidos con vocación agrícola si se manejan con enmiendas, el contenido de aluminio de estos suelos va de 0,92 a 4,56 meq/100g siendo el último valor con una alta

presencia de aluminio intercambiable, los contenidos de Calcio oscilan en valores de 1,63 meq/100g a 8,2 meq/100g, contenidos bajos a medios respectivamente, el Fosforo de estos suelos tiene en promedio de 12,85 ppm con valores que oscilan entre 1,86 ppm que afecta el crecimiento de las plantas a 23,45 ppm cantidades que insolubles en el suelo, la cantidad de Magnesio debe ser mejorada en la mayoría de los suelos de estas zonas cuyos valores promedio son de 3,5 meq/100g, de la misma manera el valor promedio 3,5 meq/100g del Potasio disponible es baja; los rangos de elementos menores en estos suelos, son de bajo a medio indicando que debe proporcionarse un manejo adecuado de estos suelos tanto para la producción como para la conservación.

El uso del suelo del Cerro Zamaricote está relacionado con actividades agropecuarias: Una aproximación del 40% de las acciones productivas de las familias que viven en el cerro se dedica a la explotación agrícola con predominancia en el municipio de Tamara (56,4%), seguido de Paz de Ariporo (36%) y Pore (34,1%); Aproximadamente 30% de las actividades productivas de los habitantes del cerro son de tipo ganadero, donde el municipio de Pore (47,7%) es quien más ganado tiene en el cerro seguido de Paz de Ariporo (27,7%) y Tamara (20%). Otros ocupantes del cerro Zamaricote también se dedican a la pesca con un porcentaje de 13%. El resto de las familias que viven el Cerro Zamaricote se sustentan de otras actividades que no necesariamente son de tipo agropecuario.



Los suelos de la sabana inundable, fueron formados a partir de materiales parentales de origen aluvial y eólico, estos suelos se fueron formando a partir de depósitos cuaternarios de origen fluvial, y las rocas sedimentarias (areniscas, lodolitas y calizas) que reposaron sobre sedimentitas del Cretáceo, Paleozoico y rocas cristalinas félsicas del Precámbrico y dieron origen al desarrollo de los diferentes paisajes que forman ésta región. La sabana inundable fue formada a partir de depósitos fluviales y

eólicos, por lo tanto como sus materiales de origen fueron transportados a través del agua y el aire, es decir que las propiedades físico-químicas de sus suelos han dependido de la forma en que fueron depositados sus suelos, estos suelos de sabana inundable se caracterizan por niveles altos de acidez, baja capacidad de intercambio catiónico, baja disponibilidad de nutrientes entre otros. (Correa et al 2005. Mendivelso, 2003 citado por Malagón, 2004. Corpoica, 2009).

Las características de formación de los suelos de la sabana inundable son de edad cuaternaria y provienen de la erosión de los sistemas montañosos, son influenciadas por los movimientos aluviales y eólicos y además afectados por sus condiciones climáticas han logrado en los suelos grados avanzados de alteración de sus sedimentos (cuarzo, caolinita, integrados, micas). Los suelos de Oxisoles son los que se encuentran en la planicie aluvial, los fenómenos de óxido-reducción propios en la zona, a su vez funcionan a partir del grado de inundabilidad a los que son sometidos por ejemplo el pH en los suelos (<5) es reducido en época de lluvias, mientras en la época seca hay una polimerización de sustancias húmicas del suelo, hay endurecimiento y cementación a partir de la deshidratación de algunos elementos como el Hierro. Por lo tanto este territorio de sabana inundable no es ajeno a la baja fertilidad, a los niveles altos de Aluminio intercambiable, a una baja oxigenación de los suelos en épocas lluviosas (IGAC, 2014).

Los suelos de la sabana inundable, son influenciados por los movimientos aluviales y eólicos, afectados por sus condiciones climáticas formando suelos con grados avanzados de alteración de sus sedimentos (cuarzo, caolinita, integrados, micas). Los fenómenos de óxido-reducción propios en la zona, a su vez funcionan a partir del grado de inundabilidad a los que son sometidos por ejemplo el pH en los suelos (<5) es reducido en época de lluvias, mientras en la época seca hay una polimerización de sustancias húmicas del suelo; hay endurecimiento y cementación a partir de la deshidratación de algunos elementos como el Hierro, son suelos pobremente drenados a bien drenados, de texturas finas a medias, pobremente fértiles, baja capacidad de intercambio catiónico, altas concentraciones de aluminio intercambiable en algunas zonas (Malagón 2004, IGAC 2014).

Los suelos de la sabana inundable tienen además altas concentraciones de Hierro y Aluminio, bajas concentraciones de Calcio, Magnesio y Potasio, sin embargo, son suelos que tienen una oferta forrajera que cumple los requerimientos en proteína que el ganado necesita, pero tiene bajo contenido mineral por lo que es necesario suplir esas deficiencias en otras formas de alimento



para el ganado como pueden ser sales o bloque multi-nutricionales. Estos suelos además tienen una diferencia marcada de un ecosistema a otro, de manera general la Banqueta o Banco tiene menor contenido de materia orgánica que el Bajo y el Estero y esto sucede por dos condiciones naturales, la primera es sabana inundable tiene una temperatura cálida, esto hace que la actividad de los microorganismos y macroorganismos del suelo sea más rápida, y la segunda condición que se presenta, es que en la época de lluvias, los materiales orgánicos son arrastrados hacia el Bajo y el Estero a causa de la escorrentía que se presenta, y esto hace que tanto el Bajo como el Estero tengan mayor contenido de materia orgánica que el Banco. (Peñuela et al, 2011).

Todo lo anterior nos muestra que es de vital importancia comprender cada uno de los factores que influyen no solo en la formación de los suelos de la sabana inun-

dable, sino que también todos los procesos de óxido-reducción que se dan a partir de la estacionalidad de este territorio y de ahí determinar cuál o cuáles deben ser los manejos para mejorar los sistemas de producción (ganadería) que se dan allí. Puesto que la ganadería es y ha sido un sistema de producción que ha co-evolucionado con el paisaje y que ha permitido que éste se mantenga “conservado” de alguna manera, pero que sin lugar a dudas debe ser mejorado. Sumado a esto se debe tener en cuenta, que para hoy en día existen otros tipos de explotación (hidrocarburos, cultivos arroz y palma) en esta sabana que al no ser controlados eficazmente amenazan la conservación de este paisaje.

El uso del suelo en la sabana inundable del Casanare está ligado a la cobertura vegetal que en ella se ofrece, la sabana inundable tiene una amplia oferta de gramíneas, leguminosas, especies leñosas arbustivas, entre otros; es

por esto que el uso y la vocación tradicional de estos suelos ha sido de ganadería extensiva pues ha demostrado su capacidad de adaptación a la dinámica hidrológica propia de la sabana y a la oferta forrajera que el suelo provee. (Peñuela et al, 2012).

Uno de los pilares fundamentales en el desarrollo del proyecto que ejecuto la alianza entre la Fundación Natura y La Fundación Horizonte Verde, fue trabajar con los productores ganaderos en el manejo sostenible del suelo, como uno de los aspectos más relevantes para adaptarnos desde los sistemas productivos, a la variabilidad climática. Un suelo conservado y que mantenga sus características físicas, químicas y biológicas a través del tiempo, será en consecuencia un suelo con una mayor capacidad productiva.



3. Ruta de trabajo del proyecto para fomentar el manejo sostenible del suelo

El proyecto que ejecutó la alianza entre la Fundación Natura y La Fundación Horizonte Verde definió una ruta general de trabajo para el buen desarrollo del mismo. Uno de los objetivos del proyecto era fomentar un manejo sostenible del suelo con los productores beneficiarios directos del proyecto; 20 ubicados en el piedemonte, cerro Zamaricote y 20 en la sabana inundable, entre las cuencas de los ríos Ariporo y Guachiria en el departamento de Casanare.

Para el desarrollo de este proceso se llevó a cabo la siguiente ruta de trabajo:

1. Definición de las ventanas de trabajo en el área de acción del proyecto

Gestión de información espacial y evaluación multicriterio para identificar potencial socioecológico

Definición de 4 ventanas de trabajo entre las cuencas de los ríos Ariporo y Guachiria

2. Elaboración de la ficha de criterios para seleccionar a los beneficiarios en las ventanas definidas

Revisión de criterios y ponderación de los mismos

Una ficha con criterios: generales, biológicos y ecológicos, antropológicos, legales, favorables, de interés y oportunidad.



3. Elaboración del listado previo de propietarios ubicados en las ventanas definidas

Contacto con presidentes de juntas de acción comunal, mapas de predios alcaldía. Listado de propietarios suministrado por Mastranto, Fundación Natura y Fundación Horizonte Verde por conocimiento en la zona

Listado previo de propietarios ubicados en las ventanas definidas

4. Visitas a los propietarios del listado previo y diligenciamiento de la ficha

Visitas a las fincas de los propietarios del listado previo y diligenciamiento de la ficha

40 productores ganaderos seleccionados en las veredas los Alpes y Guachiria en Pore; San Nicolas y La Florida en Hato Corozal; sector Manantiales, la Mesa, Centro Gaitan, Normandia, Caño Chuiquito y sector Agua verde en Paz de Ariporo



5. Acta de compromiso elaborada y firma de la misma por parte de cada beneficiario

Visitas a las fincas de los propietarios seleccionados, concertación y firma del acta respectiva

40 Actas firmadas entre las organizaciones ejecutoras del proyecto y los beneficiarios directos del mismo.

6. Ejercicio de planificación predial participativa con cada propietario

A través de varias visitas en campo, a cada una de las 40 fincas, se levantaron con GPS las coordenadas de la finca, se conversó con los productores sobre el manejo de la misma, se elaboraron mapas participativos de línea base y de cómo querían ver su finca en 5 años

40 mapas de coberturas, 40 mapas de zonificación y 40 documentos de plan de manejo discutido y concertado con cada propietario



7. Análisis de vulnerabilidad a la variabilidad climática de productores ganaderos

A través de encuestas y análisis de información secundaria y levantada en cada finca se identificó la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa

Evaluación de vulnerabilidad a la variabilidad climática para cada uno de los productores



8. Conocer los suelos de la finca

Toma de muestras de suelos por duplicado en cada finca. Para sabana toma de muestras de los ecosistemas de banco y bajo. Se llevaron al laboratorio de Corpoica y Unillanos para los respectivos análisis completos

120 análisis completos de suelos (40 para piedemonte y 80 para sabana).

9. Interpretación de los análisis de suelos

Elaboración de los documentos de interpretación de los análisis para cada paisaje y cada propietario. Visita a cada finca para entrega de la información respectiva. Jornadas de socialización de las características de los suelos en cada paisaje

Documento de sistematización de los suelos por paisaje y generación de conocimiento de los suelos de su finca por cada propietario. Mayor conocimiento de los suelos de estos 2 paisajes para suplir sus deficiencias.



10. Cualificación de información en el manejo sostenible del suelo

Jornadas de cualificación en el manejo sostenible del suelo. Conceptualización, principios y criterios. Ejercicios grupales con los propietarios para analizar cómo han manejado el suelo? Como mejorar este manejo?

Productores y técnicos con apropiación de conocimientos en el manejo sostenible del suelo

11. Propuesta de indicadores para monitorear el impacto en el suelo por las estrategias implementadas

Revisión de literatura. Elaboración de documento con indicadores físicos, químicos y biológicos a medir en campo.

Indicadores definidos para medir en las fincas, el impacto de las estrategias implementadas sobre el suelo.



12. Dos mediciones en campo para monitorear los indicadores definidos.

Definición de metodología de trabajo. Salida de campo para toma de información en septiembre 2016 y en septiembre 2017.

Registro de información valiosa sobre indicadores del suelo en dos mediciones realizadas en campo.

13. Ejercicio para toma de temperatura del suelo y análisis según las coberturas vegetales

Se elaboró un formato para registrar la temperatura del suelo (al menos en 3 fincas en cada paisaje), considerando suelo sin cobertura, con cobertura herbácea y con cobertura de bosque, en 4 épocas del año (lluvias, transición lluvias a verano, verano y transición verano a lluvias)

Registros de información de algunas fincas. Experiencia acumulada para toma de esta información.



14. Seguimiento y sistematización de la información generada

Visitas periódicas para el acompañamiento, toma de datos y registro fotográfico. Sistematización de la experiencia realizada. Elaboración de material de apoyo impreso para divulgación.

Información relevante sistematizada y divulgada entre los beneficiarios directos, indirectos y otros actores estratégicos.

Bibliografía

- Ambiente Forestal Colombia y The Nature Conservancy, 2012. Componente de áreas protegidas públicas. Capítulo 1: análisis de información secundaria Cerro Zamaricote-Casanare. Informe final. Convenio #100-15-10-021 entre la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia y The Nature Conservancy. 31 p.
- Andrade, G. Castro, L. Durán, A. Rodríguez, M. Rudas, G. Uribe, E. Wills, E. 2009. La Mejor Orinoquia que podemos Construir, Elementos para la Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo. En: La naturaleza de la Orinoquia. [En línea] [Consultado 04 de septiembre de 2015]. Disponible en <http://www.corporinoquia.gov.co/ktml2/images/uploads/Audiencia%20abril%202020/LA%20MEJOR%20ORINOQUIA%20QUE%20PODEMOS%20CONSTRUIR.pdf...>
- Asociación de Ingenieros Forestales de Casanare. 2006. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Baja del Río Ariporo, desde la cota 175 m.s.n.m hasta su desembocadura en el Río Casanare. Convenio N° 0458/2006 Secretaría de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente-
- Benavides, J. 2010. El desarrollo económico de la Orinoquia. En debate presidencial
- CIAT, Cormacarena, 2017. Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica, 2009. Resultados de 30 años de investigación en suelos de los Llanos orientales de Colombia. Informe general reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales.
- Correa, H.D. Ruiz, S.L y Arévalo, L.M (eds) 2005. Plan de Acción en Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco – Colombiano 2005 – 2015 – Propuesta técnica. Bogotá. Corporinoquia, Cormacarena, IAvH, Unitrópico, Fundación Omachá, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF- Colombia, GTZ- Colombia. Bogotá. 330p
- Esquema de Ordenamiento Territorial- Trinidad 2005. En Línea: www.Trinidad-casanare.gov.co
- Fundación Natura - Fundación Horizonte Verde. 2013. Ficha Técnica del proyecto “Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la Estrella Hídrica del Cerro Zamaricote y en la Cuenca alta y media del río Ariporo y río Guacharúa, Casanare”.
- Gobernación de Casanare y Asociación de Ingenieros Forestales de Casanare. Pag 421.
- COLOMBIA. Gobernación del Casanare. 2015. Diagnóstico ambiental reserva forestal cerro Zamaricote 1996. En: página oficial [en línea] [consultado 21 julio 2015]. Disponible en <<http://www.casanare.gov.co>>
- Grupo Ecológico Mastranto-GEM. 2000. Estudio socio cultural, económico, ambiental y delimitación topográfica del cerro Zamaricote Pore- Tamara- Paz de Ariporo. Convenio Gobernación de Casanare- Grupo Ecológico Mastranto. Septiembre del 2000.
- Grupo ecológico El Mastranto-GEM. 2009. Formulación Plan de Ordenamiento y manejo del área de reserva natural cerro Zamaricote, Pore, Támara, Paz de Ariporo, departamento de Casanare. Informe final. Convenio de cooperación no. 062/2009. 251 p
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Casanare. Bogotá. Colombia. 423 pág.
- Lasso, C. A., A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (Editores). 2014. XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 303 pp.
- Malagón, D. 2004. Ensayo sobre Tipología de suelos colombianos – énfasis en génesis y aspectos ambientales. En: doc. Ciencias de la Tierra. . [En línea] [Consultado 01 julio 2015]. Disponible en <http://mvz.unipaz.edu.co/textos/biblioteca/agroforestologia/libro-de-suelos.pdf>.
- Mora-Fernández, C., Peñuela-Recio, L., Cabrera-Amaya, D., Angarita-Sierra, T., Suarez- Castro, F., López-Ordoñez, J., Gonzales, J., Urbano- Bonilla, A., Maldonado- Ocampo, J y Castro- Lima, F.2013.Capitulo1. Caracterización y diagnóstico de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto. Págs. 10-33. En: Mora- Fernández,

C y Peñuela- Recio, L. (Eds) 2013. Salud ecosistémica de las sabanas inundables asociadas a la cuenca del río Pauto, Casanare- Colombia. Yoluka ONG, fundación de investigación en biodiversidad y conservación, Fundación Horizonte Verde y Ecopetrol S.A. 150 pp.

Peña, M. 2015. Comunicación personal

Peñuela, L. Fernández, A.P. Castro, F. & Ocampo, A. 2011. Uso y Manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. Convenio de cooperación interinstitucional entre The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Horizonte Verde (FHV), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad de España y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia). Colombia. 66p.

Peñuela, L., Ocampo, A., Fernández, A.P & Castro, F. 2012. Estrategias para el mejoramiento de la productividad ganadera y la conservación de la sabana inundable en la orinoquia. Convenio de cooperación interinstitucional entre The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Horizonte Verde (FHV), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad de España, la corporación autónoma regional de la Orinoquia (CORPORINOQUIA) y la Fundación Mario Santo Domingo.

Peñuela, L., Solano, C. Ardila, V. y Galán, S. (Eds.) 2014. Sabana inundable y ganadería, opción productiva de Conservación en la Orinoquia. Proyecto: "Fortalecimiento institucional y de política para incrementar la conservación de la biodiversidad en predios privados en Colombia". Grupo Colombiano Interinstitucional de Herramientas de Conservación Privada (G5): Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RESNATUR), Fundación Natura (FN), World Wildlife Fund (WWF), The Nature Conservancy (TNC), y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). Serie: Conservación de la biodiversidad en predios productivos. No.3, 230 pp.

Romero, M. Galindo, G. Otero, J. Armenteros, D. 2004. Ecosistemas de la Cuenca del Orinoco Colombiano. Instituto Alexander Von Humboldt. Bogotá. Colombia. Pág. 78-84

Usma, J.S., & F. Trujillo (Editores). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C.286p.



CAPITULO 2.

EL MANEJO SOSTENIBLE DEL RECURSO SUELO

Anyela María Mejía A. ¹ y Lourdes Peñuela R ².

1. Conceptualización

El manejo sostenible del suelo es un término muy usado actualmente, esto se debe, a que en los últimos años el suelo ha ganado protagonismo a raíz de la pérdida del potencial productivo del mismo, y se ha reconocido al suelo como un organismo que contiene vida y no solo como un objeto que funciona como soporte de muchas actividades que benefician al ser humano. Por otro lado, también se ha dado importancia porque se reconoce que al no hacer un manejo sostenible, puede desencadenar graves consecuencias al punto de degradarlo y perder éste importante sostén de la humanidad.

Manejar el suelo de manera sostenible es más que un requerimiento productivo, se convierte en una necesidad vital para el ser humano; no obstante no se puede manejar un recurso al cual no se le tiene un aprecio y al que no se le reconoce su papel e importancia; por este motivo Burbano (2004), habla del suelo de una manera que pareciera poética para muchos, pero que en esencia es una verdad, Burbano (2004) describe el suelo como *“la piel de la tierra, como una capa que recubre las tierras emergidas en el mundo; como un organismo que ha tardado cientos y cientos de años en formarse, puede durar*

hasta 100 años para formarse unos milímetros de suelo, pero que es tan susceptible que puede perder varios centímetros y más en tan solo un año”.



El suelo es un recurso natural muy importante, pero es un recurso no renovable, por lo tanto su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y el futuro sostenible de la humanidad. Es un sistema vivo, sus funciones están interconectadas a los ciclos de la vida, es decir

1. Profesional de apoyo Fundación Horizonte Verde, Ingeniera Agrónoma.
2. Directora Ejecutiva Fundación Horizonte Verde, Zootecnista, MSc.

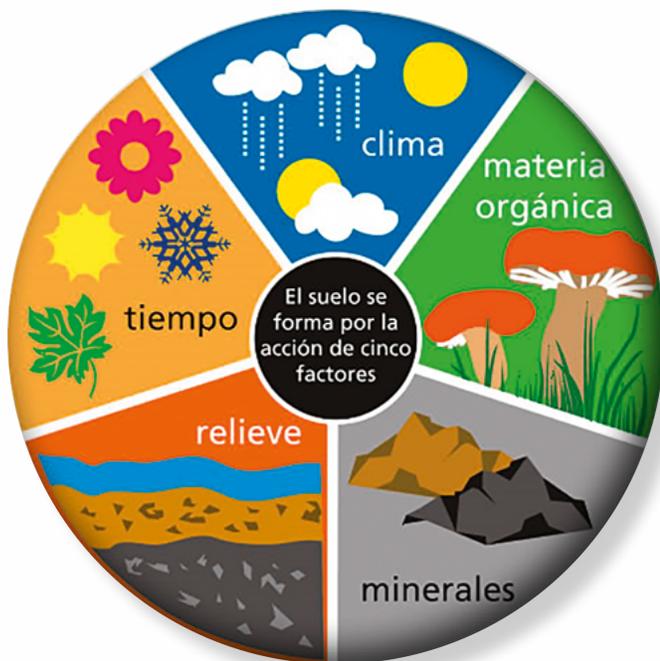


al ciclo del agua y al ciclo del Carbono ayudando a la adaptación al cambio climático, ciclo de Nitrógeno, del Fosforo, del Azufre y de otros; el suelo es el canal que permite que se realice una reincorporación de los ciclos bioquímicos naturales; el suelo permite el acopio del Carbono en la materia orgánica, depura y transforma la materia orgánica para que los nutrientes presentes en ésta puedan estar disponibles a las plantas; es el sostén de las plantas y quien oferta alimento para que ellas puedan tomarlo y así desarrollarse y proveer alimentos, fibras, combustibles y productos medicinales para el hombre y los animales; el suelo es el filtro, almacén y el medio de transporte del agua, permitiendo aumentar la resiliencia ante inundaciones y sequías; el suelo controla, almacena y filtra los contaminantes que llegan a este; el suelo atenúa los cambios de temperatura; el suelo es quien provee materiales para la construcción de infraestructuras requeridas por el hombre para su desarrollo; se convierte en un hábitat biológico por la gran multitud de organismos, la cuarta parte de la biodiversidad del mundo, se desarrollan su sistema de vida en y a través de este, convirtiéndose en un reserva genética, sostienen la biodiversidad del planeta, y cuenta la historia de la tierra

a partir de las capas geológicas que lo conforman, estas y otras funciones son las que hacen que éste recurso sea valioso para la vida de todos los organismos vivos del planeta tierra (Burbano, 2010, FAO, 2015).

El suelo es un sistema natural complejo, formado por minerales, aire, agua y materia orgánica, y componentes biológicos como lo son los micro, meso y macroorganismos del suelo, que ayudan a que éste tenga procesos físicos, químicos, y biológicos; por lo tanto el suelo es el soporte de la vida de otros ecosistemas, el suelo es un sistema elemental para la tierra, el territorio y las culturas; da sustento a la vida y a todas las actividades humanas; el suelo es la base para la provisión de aproximadamente el 90% de los alimentos humanos, de animales, fibra y combustibles y ofrece otros servicios asociados al bienestar de la humanidad; no obstante, el suelo es un organismo vivo que puede deteriorarse o morir, recuperar sus características puede llevar mucho tiempo o en el peor de los casos pueden perderse totalmente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

La formación del suelo ha sido un proceso que ha llevado miles de años, se dio a partir de la génesis y evolución de materiales parentales o rocas madres, estas se transformaron poco a poco debido a procesos de meteorización, mineralización y humificación, con la influencia de los factores formadores del suelo: la variabilidad climática, las condiciones de relieve, la acción de los microorganismos y el paso del tiempo; estos factores fueron desagregando la roca madre haciendo partículas cada vez más pequeñas hasta convertirse en lo que hoy se conoce como suelo; los materiales parentales que se disgregaron al pasar los siglos tuvieron diferente origen, y esto influyó en la capacidad nutricional de los suelos, haciendo que unos tuviesen mayor contenido de nutrientes que otros, además, también se dio descomposición de materiales orgánicos que se fueron combinando con el suelo, lo que influyó en la divergencia de las características físicas, químicas y biológicas, permitiendo la diferenciación de los materiales o sedimentos subyacentes del suelo a los horizontes o perfil del mismo (Burbano, 2010).



Fuente: Hernán Burbano Orjuela, 2010

El suelo es considerado un servicio ecosistémico de soporte para la humanidad, y está asociado a otros ser-

vicios ecosistémicos como: a) Soporte de la estructura socioeconómica (industria, infraestructura, recreación y estética); b) Reserva de genes y base de la biodiversidad; c) Agua suministrada y filtrada por los suelos en zonas de recarga de acuíferos; d) Regulación del ciclo hidrológico, evitando o minimizando eventos extremos, almacenando aguas lluvias y distribuyendo aguas cuenca abajo incluso en épocas sin lluvias; e) Regulación del clima global y regional; f) Purificación del aire; g) Captura de CO₂; h) Soporte y mantenimiento de la biodiversidad; i) Producción de alimentos, fibras, medicinas y bioenergía; j) Filtro de aguas lluvias; k) Mejoramiento de la calidad del aire y la calidad de las aguas subterráneas y superficiales; l) Hábitat de fauna y flora; m) Conservación de la biodiversidad; n) Valor cultural, conservación del patrimonio histórico (conservación arqueológica, paleontológica, rasgos de la historia humana y del planeta); ñ) Reciclaje de nutrientes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005 citado por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016) entre otros servicios; es posible decir entonces, que el recurso suelo, es un servicio ecosistémico de soporte para la humanidad (Burbano, 2004, Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

El suelo es importante para el sustento de todas las actividades humanas, por lo tanto, el manejo sostenible del recurso suelo, es trascendental, para que éste se mantenga en el tiempo sin pérdida y debilitamiento, sustentando la vida de las siguientes generaciones. El manejo sostenible del recurso suelo, puede contribuir a mejorar la calidad de vida de la humanidad; puede ser un motor de cambio para que los sistemas productivos sean transformados a sistemas sostenibles que impliquen toda la cadena productiva, contribuyendo a la disminución de impactos negativos sobre la naturaleza y el ambiente, suministrando alimentos de producción limpia para los animales y a las personas favoreciendo a la buena salud de los mismos; el manejo sostenible del recurso suelo puede disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero-GEI, al reemplazar la fertilización sintética con abonos de tipo orgánico, que aportan al mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, y a su vez disminuya el valor de 14% de degradación de los suelos que la FAO (2014) reportó para en América Latina y el

Caribe (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA 2016).

El manejo sostenible del recurso suelo, es una necesidad, como se dijo al inicio de éste capítulo, ¿pero que es el manejo sostenible del recurso suelo?, para responder a esta pregunta se estudiaron varios conceptos de sostenibilidad, uno de ellos fue la definición dada por Sullivan (2007), que dice que la “sostenibilidad es la capacidad de ser mantenido por un largo tiempo, sin interrupción, debilitamiento, o pérdida de potencia o calidad”.

Esta definición fue la base para que el proyecto de la alianza entre la Fundación Natura y Fundación Horizonte Verde-FHV adoptara un concepto propio: “*el manejo sostenible del recurso suelo es la capacidad del mismo para conservar sus características físicas, químicas, y biológicas en el de tiempo, sin dificultad, sin disminuir rendimien-*

to o pérdida de su potencial productivo, ni su calidad”. Esto implica que para asegurar un manejo sostenible del recurso suelo, se deben conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo y a partir de allí buscar mantenerlas en el tiempo; sin embargo no se descarta la posibilidad que con el transcurrir del tiempo y del uso eficiente de diferentes estrategias de manejo sostenible alguna de las características del suelo puedan no solo mantenerse, sino mejorarse.

No obstante para hacer un manejo sostenible del recurso suelo se debe partir de unos criterios que permitan establecer estrategias y/o prácticas donde apliquen dichos criterios. Por lo tanto, a partir de la consulta de diferentes fuentes bibliográficas se tuvieron en cuenta los criterios de manejo sostenible del suelo, que el proyecto consideró apropiados para el desarrollo del mismo.





2. Criterios

2.1 Uso de coberturas vegetales, o residuos de cosecha.

Las coberturas vegetales, como su nombre lo indica, son elementos vegetales, que están en el suelo (sembrados) o que han sido puestos sobre él como los residuos de cosecha, que cubren el suelo de agentes externos a éste, formando como una cobija que no permite que los rayos solares penetren la superficie del suelo de manera directa, pues las plantas reciben los rayos directos del sol y los amortiguan para que la energía solar sea recibida en el suelo, manteniendo una temperatura adecuada, y éste pueda sostener la vida que existe en el mismo, esto implica que los organismos del suelo, los macro, meso y micro, puedan realizar todas sus procesos biológicos y químicos, sin verse afectados por altas temperaturas; las coberturas vegetales, también forman una capa protectora sobre el suelo, de manera que cuando se presentan

periodos lluviosos, la cobertura protegen el suelo de las gotas de lluvia, evitando que las partículas del suelo se desprendan y se pierdan por escorrentía (erosión hídrica) o por erosión eólica, evitando de esta forma la degradación de los suelos; estudios indican que un 40% de cobertura del suelo, puede llegar a reducir las pérdidas de suelo o la erosión a valores menores de 10%, de lo que podría ocurrir si ese mismo suelo estuviese desnudo y expuesto a los rayos directos del sol y a las gotas de la lluvia (Sullivan, 2007, FAO 2000).

El uso de cobertura vegetales, o residuos de cosechas permiten entonces, que el suelo tenga una mayor protección de agentes externos y contribuyen en el manejo sostenible, pues al no dejarse desnudo el suelo se evita la pérdida de este asegurando su calidad en el tiempo. Es necesario que los productores entiendan que la hojarasca, las arvenses que no desean en sus cultivos entre otros, son fuente importante de cobertura en el suelo. Casi siempre el productor quiere ver “limpio de malezas” sus surcos y cultivos.

**Un suelo protegido con cobertura,
siempre será más productivo**



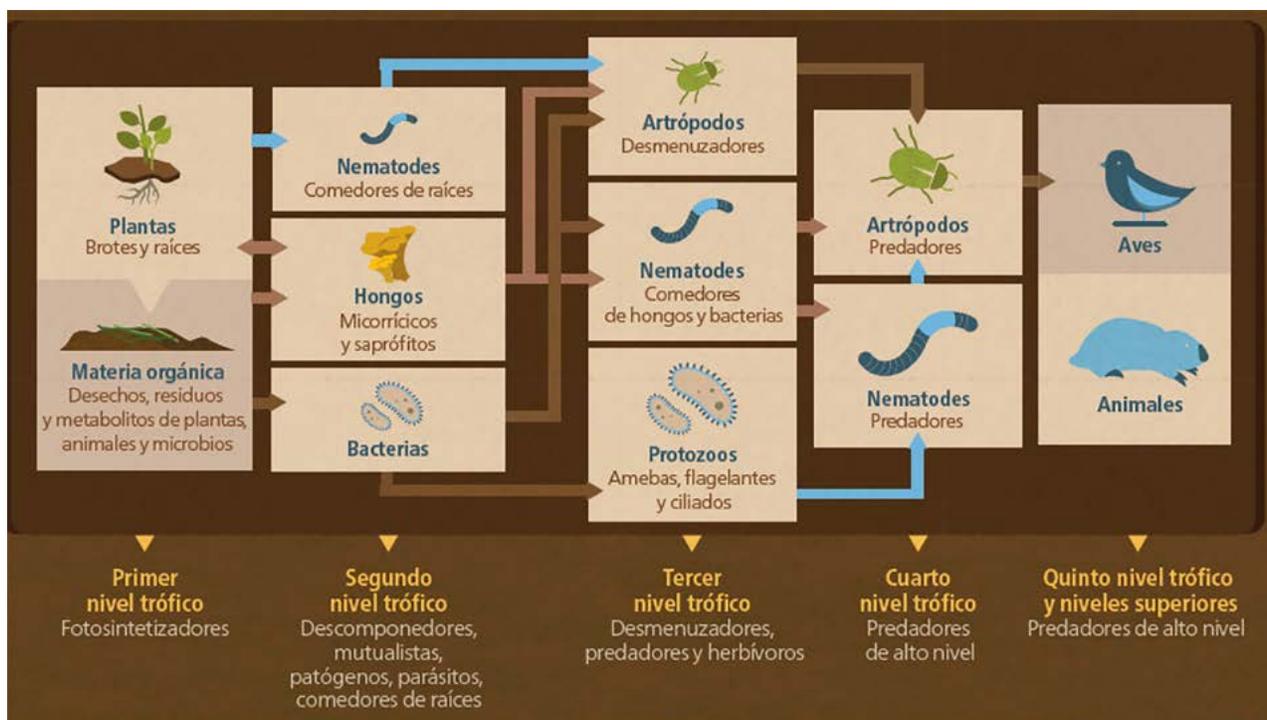
2.2 Aporte de materia orgánica al suelo.

La materia orgánica-MO es el compuesto de partes muertas de plantas y animales que están presentes en el suelo. El aporte de materia orgánica al suelo puede provenir de diferentes fuentes, pero casi siempre las que se tienen en las fincas son: residuos de cosecha, estiércol de animales, hojarasca, residuos de cocina, coberturas vegetales (arvenses), abonos verdes, entre otros, que pueden depositarse en el suelo y aumentar así el aporte de MO al mismo, lo que en el tiempo puede mejorar la estabilidad de las partículas del suelo, aportando una mayor cohesión a su estructura, evitando que se desagregue fácilmente; puede además favorecer la retención de humedad en el suelo, permitiendo disponibilidad de agua para todos los proce-

dos físicos, químicos y biológicos que se desarrollan allí; también pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes, pues los microorganismos y los macroorganismos del suelo van a tener material orgánico para su subsistencia, ya que estos se alimentan de estos materiales, contribuyendo a su descomposición y mineralización garantizando que todos los procesos biogeoquímicos en el suelo se mantengan en el tiempo y que se optimice el ciclo de nutrientes en éste (FAO 2000, Sullivan, 2007).

El aporte de materia orgánica al suelo es vital, pues sin ella no se favorece la actividad biológica del suelo. Con la materia orgánica se contribuye al manejo sostenible, pues se permite, en el largo plazo, mejorar las características químicas, físicas y biológicas del suelo.

Materia orgánica vida hoy y siempre



2.3 Uso de herramientas, equipos e implementos adecuados al medio.

El uso de herramientas, equipos y maquinaria adecuada en los suelos, es una estrategia que minimiza las perturbaciones hechas en el mismo de manera agresiva; para lograr esto, es importante que el productor conozca las características físicas de los suelos de su finca y las limitantes que se tienen en los mismos, en el momento de realizar alguna adecuación bien sea para labores agrícolas o pecuarias; conociendo las limitantes físicas de los suelos, se podrán realizar las actividades de adecuación o siembra con herramientas, equipos e implementos adecuados, que mengüen las disturbios al suelo y los posibles daños en el mismo; adicional a conocer las características físicas de los suelos, es importante que se conozca la época del año en la que es recomendable hacer las labores agropecuarias y el horario ideal para hacerlo, de tal manera que no se afecte de manera radi-

cal a los organismos del suelo, con esto evitará degradar su terreno y perder potencial productivo. No obstante, también se puede hacer agricultura de conservación o mínima labranza, que es aquel que deja en exceso un 30% de residuos orgánicos sobre la superficie del suelo, y requiere del mínimo uso o ningún uso de labranza en los suelos, contribuyendo de esta manera, a la reducción de la erosión, a la retención de humedad, y a la reducción de los costos de producción, entre otros (Sullivan, 2007).

El uso de herramientas, equipos e implementos adecuados al suelo es otro criterio que aporta al manejo sostenible del mismo, e implica hacer un uso eficiente de los instrumentos o maquinaria en la finca y evita costos innecesarios. Se requiere que le productor se concientice de la necesidad de mantener la vida en el suelo y hacer mínima labranza del mismo y solo en los casos que sea necesaria para no dañar la estructura del suelo.

Entre menos disturbios al suelo, mayor posibilidad de mantener una buena producción en el tiempo



2.4 Siembra en curvas de nivel en zonas con pendientes.

La siembra en curvas de nivel, es aquella que se hace contraria o perpendicular a la pendiente, tiene en cuenta el grado de inclinación de un área determinada; esta actividad permite que los productores con terrenos de pendiente puedan establecer sus cultivos con un menor riesgo al deslizamiento de tierra, y la pérdida de su producción; la siembra en curvas de nivel requiere que el productor realice una previa planificación a las labores de adecuación y siembra en su terreno, evitando el uso de maquinaria pesada y el uso indiscriminado de equipos que puedan causar alguna degradación al suelo; adicional a establecer el sistema de producción de manera perpendicular a la pendiente, es necesario además, realizar siembra de otras especies vegetales en contorno a la siembra, para ayudar a sostener el suelo, que de manera natural se va a ir erosionando por la inclinación natural del terreno; también se pueden establecer cultivos de protección contra la erosión, que controlen la pérdida de suelo por acción de la lluvia o el viento; se pueden realizar terrazas, control de cárcavas, canales de desagüe,

entre otros, con el fin de evitar la degradación del suelo, por un mal manejo en sitios inclinados (FAO, 2000).

La siembra en curvas de nivel, es una opción de manejo sostenible de los suelos en los lugares con pendientes, en donde se quiere establecer sistemas productivos a pequeña escala. Esta actividad contribuye junto con los otros criterios a hacer un mejor manejo del suelo, e incluso podría llegar a recuperar áreas que han sido degradadas.



Sembrar perpendicular a la pendiente, así evito la erosión del suelo



2.5 Rotación de cultivos y/o potreros.

La rotación de cultivos consiste en sembrar en el mismo sitio un cultivo diferente al que estaba establecido, esto para el caso de cultivos de ciclo corto o medio. Esta rotación de cultivos tiene varios beneficios al suelo entre ellos, es que evita la toma de los mismos nutrientes que requieren las plantas de una misma especie para su producción degradando el suelo químicamente. Generalmente la rotación de cultivos busca enriquecer los suelos con la siembra de especies que capturen Nitrógeno en el suelo, como las leguminosas, compensando la demanda de Nitrógeno del cultivo que estaba establecido, por lo tanto se busca preferiblemente que la rotación compense el nutriente que ha sido altamente demandado por la especie sembrada anteriormente; por otro lado, la rotación de cultivos también permite la incorporación de materia orgánica en el suelo, producto de los residuos de cosecha que quedan en el terreno, haciendo que estos puedan también incorporar al suelo, por medio de la descomposición los nutrientes que quedaron en sus estructuras vegetales (FAO, 2000).

Los tiempos de descanso del suelo, tienen que ver con permitir que el suelo esté libre de cultivos por una temporada, a éste suelo debe adicionársele materiales orgánicos o preferiblemente establecer un abono verde, buscando que el suelo pueda recuperar sus propiedades biológicas, químicas y físicas que ha ido perdiendo por medio de la explotación agrícola y de esta manera no se degrade (FAO, 2000).

La rotación de potreros tiene que ver con el movimiento del ganado en los mismos, por lo tanto es necesario que los potreros tengan unos días de descanso y unos días de ocupación, y podría decirse que por regla general “mínima ocupación y máximo descanso”; pero para ello es necesario que el ganadero establezca diferentes divisiones (dependiendo de su finca y la cantidad de animales que maneje), con áreas adecuadas para mover su ganado de un lugar a otro. La rotación permite que el suelo descanse, no se compacte y que las pasturas puedan recuperarse y aumentar su biomasa. Esto no solo beneficia al suelo, sino que traerá un beneficio al productor, porque tendrá mayor oferta forrajera para su ganado.



El descanso es necesario, incluso para el suelo

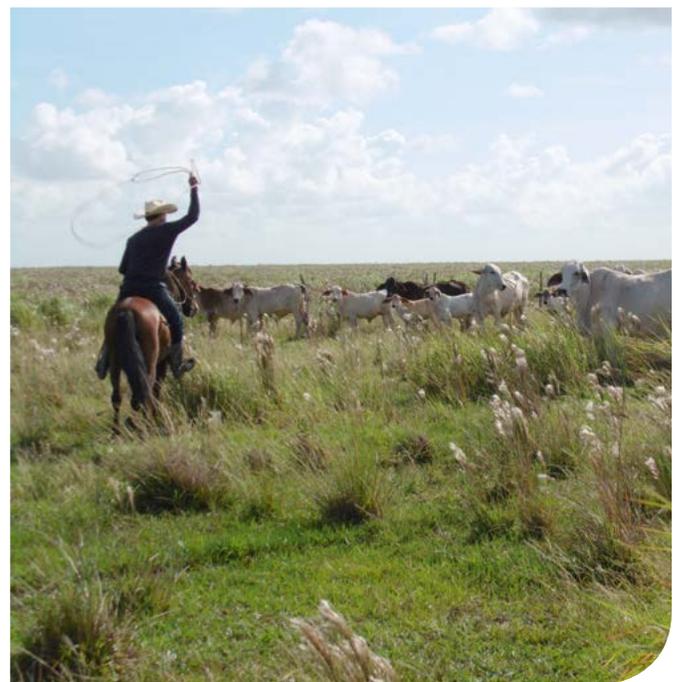
Es entonces indispensable aplicar estos mínimos criterios para hacer un manejo sostenible del suelo que conlleve a mantener las características originales de los mismos y a permanecer productivo en el corto, mediano y largo plazo; porque SUELO no hay más, es el que tenemos en nuestras fincas y el que nos mantiene la productividad de la misma.

3. La vocación de los suelos del Casanare

El departamento del Casanare tiene una extensión de 4'416.439,3 ha, que corresponden al 3,91% del total del área nacional y al 17,5% de la región; tiene 3.000.562 hectáreas que representa el 67,8% del departamento para producción agrícola, ganadera y explotación de recursos naturales, de esta área tiene 2.401.901 Has. (54,27% del total del departamento); para establecer sistemas productivos pecuarios con pastoreo intensivo de clima cálido, pastoreo intensivo de clima medio, pastoreo semi-intensivo de clima y pastoreo extensivo de clima cálido, estos datos nos indican que casi la mitad del departamento del Casanare tiene vocación ganadera, (IGAC, 2014); lo que permite establecer medidas para el manejo sostenible de los suelos en estas áreas.

Conocer la vocación y uso de los suelos del Casanare permite tomar decisiones acertadas para el desarrollo productivo del departamento y para hacer que esta producción sea sostenible y brinde herramientas de adaptación al cambio climático a los productores. En el año 2014, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, publicó el "Estudio general de suelos y zonificación de tierras" del departamento de Casanare, a escala 1:100.000, en el que se pudo recopilar información actualizada sobre los suelos de este departamento, en este estudio se pudo observar que hay una marcada diferenciación de clases de suelos en ésta zona y que ésta es la que determina el potencial productivo del departamento, de tal manera que se pudo observar que el 58,2% de los suelos del departamento pertenece a la clase 5, son suelos localizados prin-

cialmente en la planicie o también conocida como sabana inundable, son suelos que deben ser orientados a la producción de ganadería estacional, refugio de la fauna silvestre y conservación de los cauces de agua; por otro lado el 15,7% son suelos de clase 4, son suelos ubicados en la mayor parte del piedemonte, en algunos sectores de lomerío y en algunas zonas de la sabana inundable, estos suelos deben ser dedicados a la producción de cultivos transitorios, semi-perennes, perennes y de ganadería semi-intensiva; de la misma manera, el 6,9% de los suelos son de clase 6 que se encuentran en algunas zonas de la sabana inundable, en el lomerío y la montaña; en la sabana inundable se debe dedicar el suelo a la ganadería extensiva, mientras que en el lomerío y la montaña estos suelos son aptos para cultivos multiestrato, sistemas agroforestales y bosque nativo; el 12,7% son suelos de clase 8, ubicados principalmente en los paisajes de montaña y lomerío con pendientes superiores al 75% y también en las zonas cercanas a los cuerpos de agua de los valles y esteros, estos suelos son exclusivos para la conservación y/o recuperación de la naturaleza; y el 5% de los suelos del departamento son clase 7 ubicados principalmente en la montaña, lomerío y valles de inundación, en estos suelos se debe fomentar la generación natural de las plantas y la conservación (IGAC, 2014).





Los criterios de manejo sostenible del recurso suelo y la vocación de los mismos marcan una ruta a seguir. Así mismo el conocimiento de las clases agro-ecológicas y su mejor uso, permite corroborar la vocación ganadera del departamento de Casanare, especialmente en el paisaje de sabana inundable, y la importancia de establecer sistemas de producción que vayan en la misma dirección de la vocación de los suelos, de esta manera se evitarán daños irreparables en este recurso.

A pesar de lo anterior, es bien conocido que en el piedemonte del cerro Zamaricote, zona en la que los suelos deberían estar destinados a la conservación, producción de cultivos transitorios, semiperennes, perennes y de ganadería semi-intensiva, el uso del suelo ha sido para la ganadería doble propósito y cultivos de pancoger. Establecer estas ganaderías ha traído efectos negativos al suelo, pues se ha hecho un cambio de uso del mismo, casi siempre tumbando el bosque y quemando para establecer potreros con pastos introducidos, transformando la cobertura vegetal original. Podría por lo anterior pensarse que el suelo ha tenido una degradación (por

erosión y/o pérdida de sus propiedades), que no ha sido medida pero que es evidente en el paisaje y reconocida por algunos productores de la zona.

Sin embargo, estos sistemas de producción de ganadería doble propósito ya están en la zona, han sido el sustento de muchas familias por varios años, y es difícil el solo pensar en trasladarlos a terrenos en los que se tengan una mejor aptitud del suelo, porque los propietarios solo cuentan con esas áreas. De tal manera que es necesario y urgente la apropiación, por parte de los propietarios y técnicos, de los criterios del manejo sostenible del suelo para mejorar el uso del mismo en estas zonas y evitar la degradación de este valioso recurso. Además, es necesario reconocer que se está en un mundo en donde el clima está cambiando rápidamente y que por lo tanto, los propietarios deben adaptarse a esta variabilidad climática, mejorando y siendo más eficiente en el uso de los recursos que tienen en sus fincas, incluyendo la base de su productividad que es el suelo, para que puedan estar mejor preparados ante los efectos de estos cambios y evitar así la pérdida del potencial productivo de sus fincas.



Por otro lado, la sabana inundable del Casanare ha sido ocupada históricamente por la ganadería de cría. Esta ganadería se ha adaptado y ha convivido con las condiciones de inundación y de sequía que se presenta en la sabana en los periodos de invierno (8 meses) y verano (4 meses), siendo una ganadería que se ha sostenido con la oferta forrajera de este paisaje que a la vez ha determinado su movilidad en el territorio; una ganadería que ha tenido nula o mínima transformación de las coberturas nativas para su sostenimiento, y una ganadería acorde a la vocación de los suelos. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado la necesidad de mejorar el manejo del sistema de producción de dichas ganaderías, que tienen bajos parámetros productivos y reproductivos, hay cambios en la tenencia de la tierra (las fincas son más pequeñas en áreas), hay presiones por el costo de la tierra y su uso, exploración y explotación de hidrocarburos, hay cambios en los regímenes climáticos (sequias más extremas y régimen de precipitación), competencia por disponibilidad de agua y en algunos casos el mal manejo de la ganadería por sobrepastoreo. Todo lo anterior ha llevado de alguna manera a tener suelos que se han ido degradando en el tiempo por compactación, la cobertura del suelo se ha ido perdiendo en el tiempo ya sea por erosión eólica, hídrica o por la intervención humana; y

seguramente estos suelos han ido perdiendo sus propiedades físicas, químicas y biológicas originales.

Por todo lo anterior, es necesario que los productores en la sabana inundable (ganaderos, arroceros, palmeros, petroleros, entre otros), consideren y apliquen los criterios de manejo sostenible del recurso suelo, los que le permitirán mantener y/o mejorar las características de sus suelos, así como estar mejor adaptados ante los efectos del cambio climático.

4. Manejar el suelo es un tema de adaptación.

El Cambio Climático es un hecho inequívoco, en los últimos años se ha evidenciado una aceleración en el calentamiento global; según el Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC (2014), probablemente en el período comprendido entre 1983-2012 (30 años aproximadamente) ha sido el más cálido de los últimos 1400 años en el hemisferio norte, éste aumento de la temperatura ha dejado como consecuencias el calentamiento de la atmosfera y del océano, disminución de los volúmenes de nieve y de hielo y aumento en el nivel del mar, se han levantado datos de tem-

peratura de la superficie terrestre y del océano y se han combinado y promediado globalmente, calculando una tendencia lineal, lo que ha dado resultado un calentamiento de $0,85^{\circ}\text{C}$ desde 1880 al año 2012; estos datos muestran evidentemente que la tierra se está calentando y que esto traerá repercusiones en la vida del ser humano, animales y ecosistemas y que los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos se verán afectados.

Se cree que la causa del calentamiento global se ha dado por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero-GEI, a raíz del crecimiento económico y demográfico, y que han ido en crecimiento desde la era preindustrial, lo que ha llevado a un aumento de Dióxido de Carbono- CO_2 , Metano- CH_4 y Óxido Nitroso- N_2O , procedentes de la quema de combustibles fósiles, procesos industriales, silvicultura y otros usos del suelo ; por lo tanto entre 1750 y 2011, las emisiones antropógenas de CO_2 a la atmosfera fueron de 2040 ± 310 Gigatoneladas de Dióxido de Carbono- Gt CO_2 , aproximadamente $880 \pm 35 \text{ Gt CO}_2$, es decir el 40% de esas emisiones, han permanecido en la atmosfera y el restante fueron removidas y almacenadas en los suelos y las plantas y en el océano (acidificando el océano) (IPCC, 2014).

El cambio del uso del suelo producto de la agricultura, silvicultura y otros usos, contribuyen al aumento de estos GEI en la atmosfera, no obstante, estas son actividades vitales para la producción de alimentos y suministros de hombres y animales, y se requieren mejorarlas para suplir las necesidades alimenticias de la población en crecimiento. Por este motivo, es necesario mejorar los sistemas de producción haciéndolos más sostenibles y/o amigables con el ambiente, entendiendo que hay que asumir el reto de producir y conservar. Se debe planificar y zonificar el suelo de la finca, dejando unas áreas para infraestructura, otras para producir, otras para mantener parches del ecosistema natural presente en cada finca y otras de amortiguación. Se hace necesario que los agro-ecosistemas tengan la capacidad de recuperarse en el tiempo (resiliencia).

Al manejar sosteniblemente el recurso suelo, estamos generando mayor capacidad adaptativa como productores,



de tal manera que es perentorio realizar acciones basadas en los criterios descritos anteriormente, puesto que el suelo no es solo el medio para la producción agropecuaria y otros servicios que presta, sino que además se ve fuertemente afectado por todo lo que ocurre en la tierra, sumado al panorama que ha descrito Instituto de estudios ambientales -IDEAM en el informe de 2010 donde se pronostican entre otros, eventos climáticos extremos, y un posible aumento de la temperatura, lo que puede ayudar a acelerar los procesos de degradación del suelo, si estos no son frenados o evitados.

El manejo sostenible del recurso suelo se presenta como una estrategia de adaptación al Cambio Climático que le

permitirá a los productores mantener y/o mejorar las características del mismo, y como lo menciona el ministerio de medio ambiente - MADS,2016, podrá: -evitar, resistir o aprovechar la variabilidad, - los cambios y los efectos del clima actuales o previstos, -disminuyendo la vulnerabilidad del suelo ante la degradación, - aumentando la capacidad del suelo ante las repercusiones negativas del Cambio Climático, que posiblemente son menor precipitación y mayor evapotranspiración, - evitar la pérdida de materia orgánica y biota del suelo, entre otras. Teniendo en cuenta que los efectos sobre el recurso suelo, no sólo lo afectarían a él, sino que también tendría repercusiones sobre los sistemas productivos y por ende la familia que vive en y de ese suelo.

El manejo sostenible del recurso suelo, es clave para adaptarnos al cambio climático



Bibliografía

- Burbano, Hernán (2004). La piel de la Tierra. Cinco reflexiones para valorar el recurso suelo. Pasto: Universidad de Nariño. 176 p.
- Burbano, Hernán (2010). El suelo y su importancia para la sociedad. En: Burbano, H. y Silva, F., eds. Ciencia del suelo. Principios básicos. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2010. pp. 553-594.
- FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. En doc. Boletín de tierras y aguas de la FAO. En línea [Consultado 07 agosto 2015]. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>
- FAO. 2014. Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas para la adaptación al cambio climático. En doc. PDF. En línea [Consultado 07 abril 2017]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3741s.pdf>
- FAO, 2015. En portal de suelos FAO, Encontrado en levantamiento de suelos + propiedades químicas [En línea] [Consultado 29 de septiembre 2015]. Disponible en <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2014. En doc. Cambio Climático 2014. Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas. [En línea] [Consultado 05 julio de 2015]. Disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_es.pdf
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Casanare. Bogotá. Colombia. 423 págs
- Karen Montiel. Muhammad Ibrahim. 2016. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2016. En doc. Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático. Sistematización del ciclo de foros virtuales | Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015. [En línea] [Consultado 05 julio de 2015]. Disponible en <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3982E.PDF>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016. Política para la gestión sostenible del suelo. En doc. PDF. En línea [Consultado 07 abril 2017]. Disponible en http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosAmbientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Informe de síntesis. [En línea] [Consultado 01 septiembre 2015]. Disponible en <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Sullivan, P. 2007. El manejo sostenible de suelos. En: doc. ATTRA "El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible. [En línea] [Consultado 06 julio 2015]. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jTwuPU012W0J:https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php%3Fid%3D282+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>



CAPITULO 3.

EL MAJADEO, UNA PRÁCTICA SOSTENIBLE

Ramiro Téllez¹.

El majadeo consiste en la práctica de confinar un rebaño o rodeo de ganado periódicamente en un área cerrada, para que sirva como depósito de abono orgánico y utilizarlo posteriormente con fines agrícolas.

Por instinto de conservación; cada rodeo de ganado ubica un punto estratégico en su territorio donde se agrupa a descansar, plaguiar (espantarse los insectos con el calor corporal y el movimiento de la cola) y rumiarse; siendo muy probable que las matas de monte aisladas que se formaron en el paisaje llanero se originaron por la dispersión de semillas en estos paraderos de majadeo del ganado, que fueron ocupados temporalmente por cultivos de pancoger, donde sin el rigor de análisis de suelos requerido se sembró: maíz, topocho, frijol, yuca, ñame, frutales entre otros, generando abundantes cosechas. Fruto de esta práctica con una rotación inteligente, con posterioridad se fueron conformando bancos de especies maderables para el uso doméstico, teniendo en cuenta las necesidades de construcción de vivienda, de cercas en la finca, de mobiliario, de sillas de montar, cabos de herramientas, pilones y manijas para trillar arroz o maíz, trojas o tarimas de tablas, puentes de caños, embarcaciones, corrales y mucho más.

Cada vacuno se asocia a su paradero obedeciendo a un espíritu de grupo, y pasta dentro de una determinada área geográfica permitiéndole al caporal de sabana del hato, identificar con exactitud a que rodeo pertenece tal o cual res. Así, encontramos sendos paraderos de majadeo según el número de rodeos o grupos.



¹ Ganadero, propietario de la RNSC Aves D`Jah



Foto: cortesía Aurora Camargo

Y el majadeo ha hecho historia. Según la Biblia, los Hebreos en su travesía de cuarenta años por el desierto subsistieron utilizando el majadeo con sus cabras, ovejas, bueyes; y por salubridad enterraban sus propios excrementos. Tal como se lee en el libro de Deuteronomio 23:12 *“Y tendrás un lugar fuera del real, y saldrás allá fuera; Tendrás también una estaca ente tus armas y será que cuando estuvieres allí fuera, cavaras con ella, y luego al volverte cubrirás tu excremento”*.

Hoy por hoy, estos desechos son destinados a enormes piscinas de tratamiento, encauzados hacia los ríos y estos finalmente al mar; donde no se siembra nada, dejando un pasivo ambiental a su paso por contaminación en todos los cuerpos de agua.

Es muy importante majadear porque:

- Es la fórmula más completa y asequible para acondicionar los suelos ácidos de sabana inundable,
- Es un insumo económico y eficiente, muchas veces desperdiciado,
- Se hace aprovechamiento de un recurso valioso y gratuito en la época seca para las siembras de la temporada lluviosa,
- Se mejora la calidad del suelo y las cosechas,
- Se optimiza la capacidad del suelo en el largo plazo por el aporte de materia orgánica;
- Hay retro-alimentación del suelo por el suelo.

El suelo es la base física y química donde se genera y se reproduce todo el principio de la vida sustentable.

La ocupación de la actividad ganadera ha predominado en los suelos de sabana inundable como lo más funcional en el contexto de una economía primaria, desprovistas de vías de comunicación para el desarrollo de agricultura a gran escala, y por su topografía variable; con suelos inundados la mayor parte del año (7 meses).



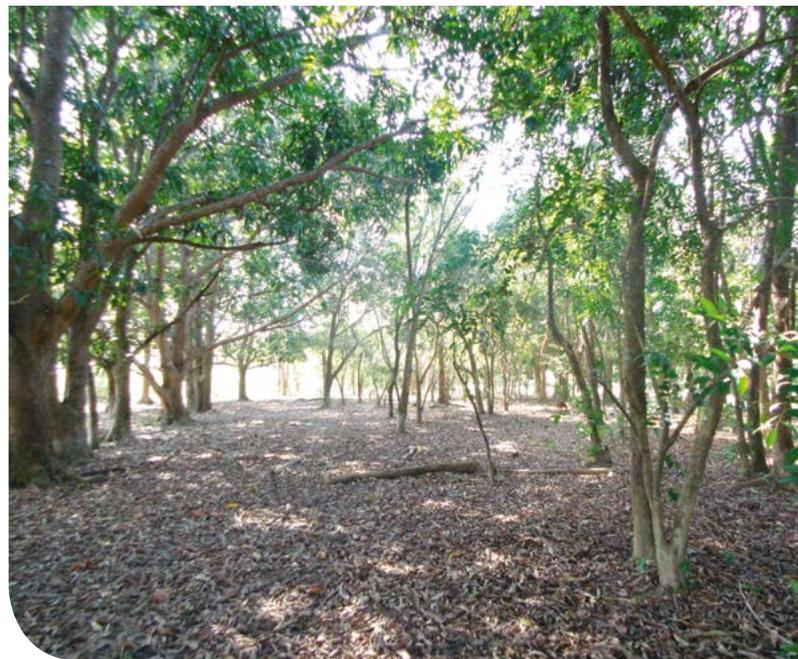
La quema de sabana ha sido una práctica utilizada históricamente, para desbravar y renovar la cobertura vegetal de las pasturas nativas, según cuentan los ganaderos rai-zales, brindarle espacio a la expansión de la ganadería de cría (aumento de carga animal), así como para desalojar serpientes venenosas que son limitantes serias en los rebaños de caballares y vacunos. Fueron muy nom-

bradas en su época las jornadas de culebreo para lograr asentar los rebaños en estas sabanas.

Gracias a la topografía, en el suelo de sabana se conforman ecosistemas de contención y de drenaje. El suelo se ha vestido con economía y eficiencia. En el banco de sabana ha producido paja “rabo de vaca” de tallos largos y entrenudos como la guadua que retienen la humedad para la época seca. Cuando el ganadero la elimina se amplía el banco de sabana porque el suelo se deseca. Y en el caso de la flexible “lambedora” que se desarrolla en esteros con hojas suaves y cortas y flota ondulante sobre el espejo de agua manteniéndola desembarada y apta para el consumo del ganado en el invierno, cuando se pudren otros tipos de forraje por el efecto del agua y barro. El suelo también guarda una relación de altura con el ecosistema predominante, es así que los arbustos menores están en el bajo y los grandes árboles en los suelos más altos. El suelo es firme y pesado en el bajo y más suelto en el banco, y aparecen atolladeros en la transición entre ambos.

En este orden de ideas; he manejado el majadeo desde el año 1985 y hasta hace poco (2017) gozo del equilibrio de la relación suelo-planta-animal. Empero, la expansión de la frontera agrícola, de monocultivos en este paisaje de sabanas inundables, ha borrado del mapa gran número de ecosistemas; después de que los lugareños respetaron históricamente el curso de los cuerpos de agua y sus vías de drenaje, y pese a la inundación constante en sus planicies, nunca se ha conocido calamidad alguna por ahogamiento de fauna silvestre o ganaderías.

El libre pastoreo sin periodos de descanso a los suelos ha estorbado la proliferación de la floresta.



¿Pero cómo inicie el majadeo? Al principio, hace 32 años (1985), tenía en la finca un ganado de cría muy arisco dificultando el arreo hasta una majada, lo que nos obligaba a recoger la boñiga seca de la sabana, preferiblemente de sitios de dormitorio, paradero, saladero o abrevadero. Cada miembro de la familia con costal en mano, recorría el campo llenándolo con bosta de ganado, para llevarlos a un sitio donde se apilaban lo más

cerca del estercolero. Cuando se agotaba este recurso y era insuficiente, se deambulaba caprichosamente por la sabana hasta reunir cinco o seis bultos de bosta seca, los cuales pesaban entre 10 a 15 kilos cada uno, que se transportaban al hombro en una vara de guadua hasta el montón más cercano; lo que demandaba un buen tiempo y mano de obra.

Posteriormente con un burro al que se le acondiciono una "parihuela de arrastre" (como una camilla), se optimizo el trabajo porque ya se transportaban en 10 bultos por viaje (de 15 kilos cada uno), un total de 150 kilos de abono. Porque tengamos en cuenta, que una "sementera" de 100 colinos de topocho requería 400 bultos de bosta seca, es decir unos 6000 kilos de abono, recogido en los meses de verano, con el fin de abonar el terreno para la siembra del topocho, donde se podía además sembrar maíz y yuca para el consumo. Era un alivio tener vacas de ordeño porque estas proporcionaban el estiércol directamente en la majada, ahorrándonos tiempo valioso para el trabajo en la finca. La ganadería busca instintivamente el dormitorio en la majada.

La necesidad de tener más asequible el abono, nos obligó a pastorear y domesticar el pie de cría para que obe-

decieran a las voces de arriería de una o dos personas a caballo, hasta acostumbrarlas al dormitorio de la majada. Así, llegaron grandes beneficios con el majadeo (en tiempo y dinero) por la facilidad en el manejo, destacándose la mansedumbre de los animales. A partir de ahí, cada año se hacían dos lotes en majadeo en una hectárea, la cual se dividía por la mitad y se rotaba el ganado de cría (unos 500 animales); uno para siembra de maíz y otro para el plátano y cuando abundaba el plátano se destinaban ambos al maíz. Después de los 3 años de producción del plátano, es decir al 4 año, se sembraba generosamente con especies forestales nativas como: yopo, pardillo, cedro y también frutales y se trazaba una nueva majada, que era reconocida por el ganado solo con instalar un saladero dentro. De este modo; abundo el pancoger para la seguridad alimentaria sin deforestar, sin dejar huella antiecológica, y ahora después de 32 años gozamos de bosques, frutos y fauna. He aprovechado las áreas de majadeo para sembrar pastos de corte y caña desde hace unos 10 años (2007), que usamos como alimento suplementario para el ganado y también para extraer jugo de caña para nosotros. Actualmente tenemos establecidas 4 hectáreas de pasto de corte (Clon 51 y Cuba 22) y una hectárea en caña de azúcar.



Tenemos cuentas que se han incorporado al suelo un promedio de 50 toneladas de abono por cada 3 hectáreas anualmente. Es decir que durante los 32 años en los que se ha hecho este manejo se han majadeado 15 hectáreas, en las cuales se ha sembrado las sementeras que luego han servido para sembrar árboles y hacer bosque (en 10 ha), las 4 hectáreas de pasto de corte y una ha de caña. En el año 2016, con el proyecto que ejecuto la Alianza entre la Fundación Natura y La Fundación Horizonte Verde con la cofinanciación de Ecopetrol, se hizo un diagnóstico para conocer y determinar la calidad del suelo en veinte predios de productores de sabana inundable, y nuestra finca que desde hace unos años se estableció como Reserva natural de la sociedad civil-RNSC Aves D' Jah, se destacó con los mayores valores de minerales en las muestras de suelos tanto en el banco de sabana como en el bajo.

Una pregunta importante que siempre nos hace la gente es ¿de qué área debe ser la majada? Podría decirse que la majada debe ser de una hectárea en promedio, la cual es importante dividirla en dos para que se esté rotando el ganado durante unos tres meses (en época de verano), y así poder abonar el suelo con el estiércol y orina de este. En promedio se pueden encerrar unos 400 animales, teniendo en cuenta que son ganado de cría (vacas, becerros, mautes).

Podrían mencionarse los beneficios directos e indirectos que he tenido con el majadeo a través de los años:

- ✓ Por su periodicidad, permite un manejo de control al pie de cría en el monitoreo de hembras en celo, hembras próximas al parto, curación de gusaneras, descorne de terneros, entre otros,
- ✓ Domesticar la ganadería de cría al encierro y a la presencia de personal,
- ✓ Recogimiento del rebaño movilizado por el deseo de consumir sal (que se le da en el corral a majadear),
- ✓ Aprovechamiento del estiércol durante el verano para siembras de invierno,
- ✓ Incremento del índice de hembras en celo, y por supuesto de crías,
- ✓ La sal es consumida directamente por las vacas, no por los chigüiros,
- ✓ Es un modelo de seguridad alimentaria que es sostenible ambientalmente, ya que se lleva a cabo en un área diferente cada año,
- ✓ Con el majadeo se ahorra en fertilizantes porque los suelos son productivos hasta por tres años (solo con el aporte de la materia orgánica),
- ✓ La retención de humedad en el suelo con majadeo es superior hasta un 50% frente a otro con tratamiento químico,
- ✓ Se hace fácil el desmonte total por la acción de la pudrición generada por la orina y el estiércol fresco,
- ✓ Se puede sembrar cualquier cultivo sin previo análisis de suelos con la garantía de óptimas cosechas,
- ✓ La doble utilidad del terreno: después del cultivo de pancoger se siembra árboles,
- ✓ La transformación del suelo con majadeo garantiza buena cosecha aun con escaso tratamiento,
- ✓ Por ejemplo para siembra de arroz: se selecciona un área cubierta de pajonal o víbora; se encierra dos veces el ganado para trillar el viboral; y una tercera vez para batir el suelo y enterrar la semilla. Con este método de labranza cero, se consigue la cosecha aun sin desyerbar. Únicamente se debe cuidar de que los pájaros no se la coman toda,
- ✓ Obtenemos suelos mejorados sin talar bosques,
- ✓ Incremento en la microfauna del suelo que hace viable el establecimiento de cultivos a mayor densidad de siembra y mayores cosechas,
- ✓ Cosechas sanas robusteciendo la salud humana con un sentido de amor por la tierra,
- ✓ Seguridad alimentaria a la familia campesina con excedentes para el mercado y la conservación de semillas nativas,
- ✓ Es el lugar ideal para la reproducción del hato ganadero prolongando la vida útil de toros reproductores porque la monta se reduce al ámbito de

la majada en horas nocturnas; y durante el día el toro se aísla a una cuadra de descanso con suplementación y, el total de hembras en calor suelen fecundarse por el contacto continuo con los reproductores,

- ✓ Con menor número de reproductores se cubren los vientres disponibles dando margen para adquirir reproductores de mejor calidad genética,
- ✓ La majada es un vivero o deposito abierto de semillas de corozo, guácimo, caracaro, cañafistol, etc.,

que los animales rumian durante la noche y que brotan una vez se deja descansar la majada,

- ✓ Se puede incorporar cascarilla de arroz superficialmente para ampliar la vida útil de la majada sobre el terreno y el continuo movimiento del ganado lo mezcla homogéneamente,
- ✓ La continuidad de la práctica de majadeo permite levantar nuevas cercas con el recurso plantado sin deforestar el bosque natural.



***Sin suelo sano la humanidad
cava su propia tumba.***

La caña sembrada en majada es salobre. Si transportamos el estiércol a otro sitio y sembramos caña esta será dulce.

Se quema bosta seca para espantar la plaga en el paradero o en el chiquero de los becerros.

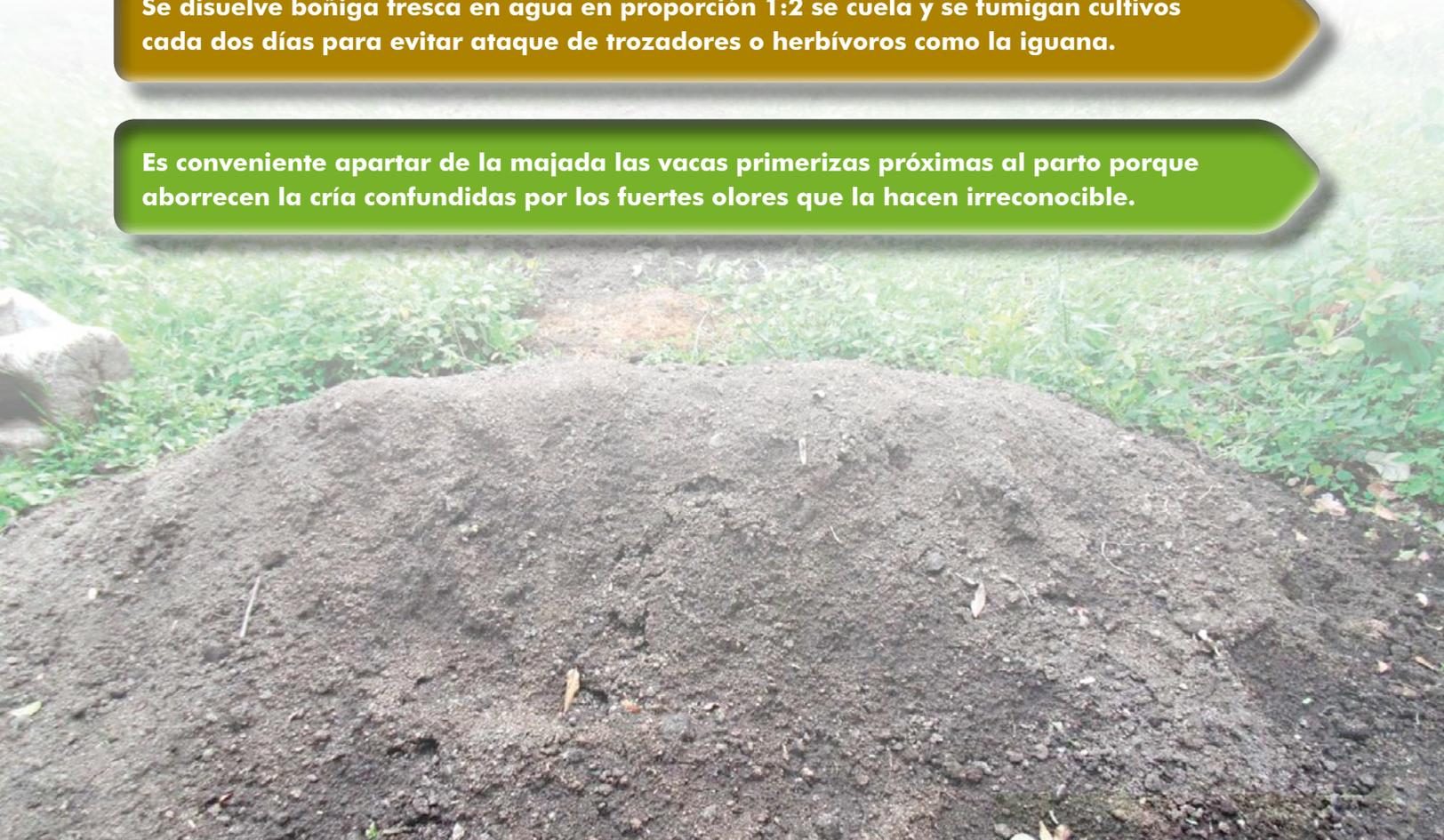
El humo de bosta es utilizado para apaciguar la agresividad de abejas, avispas matajey y sacar su miel.

El humo ahuyenta los murciélagos de la vivienda.

Se embadurna en bosta los quesos de verano para curarlos y conservarlos para la época de invierno en que se suspende el ordeño debido al exceso de plaga.

Se disuelve boñiga fresca en agua en proporción 1:2 se cuela y se fumigan cultivos cada dos días para evitar ataque de trozadores o herbívoros como la iguana.

Es conveniente apartar de la majada las vacas primerizas próximas al parto porque aborrecen la cría confundidas por los fuertes olores que la hacen irreconocible.





CAPITULO 4.

IMPLEMENTANDO PRACTICAS DE MANEJO SOSTENIBLE DEL SUELO.

Anyela María Mejía A¹, Andrea Vanessa Ardila², Edwin Vargas³,
Lourdes Peñuela R⁴ y Gustavo Segura⁵

1. Contexto

1.1. El paisaje de piedemonte, cerro Zamaricote

El cerro Zamaricote, es una serranía independiente de la cordillera oriental, hace parte del paisaje de piedemonte del departamento de Casanare en la jurisdicción de los municipios de Pore, Paz de Ariporo y Tamara. Ha sido declarado como una estrella hídrica del departamento, por encontrarse un gran número de nacimientos de agua que pertenecen al sistema hídrico de ríos como el Pore, Guachiría, Muese, Ariporo, entre otros, que provee de agua a estos municipios para el desarrollo social y económico de sus habitantes.

El uso del suelo del Cerro Zamaricote ha estado ligado a actividades agropecuarias: aproximadamente del 40% de las acciones productivas de las familias que viven en el cerro se dedica a la producción agrícola con predominancia en el municipio de Tamara (56,4%), seguido de Paz de Ariporo (36%) y Pore (34,1%); el 30% de las actividades productivas de los habitantes del cerro son de tipo ganadero, siendo el municipio de Pore (47,7%) el que mayor número de cabezas de ganado tiene, seguido de

Paz de Ariporo (27,7%) y Tamara (20%); otros ocupantes del cerro Zamaricote también se dedican a la pesca con un porcentaje de 13% (Colombia, 2015).

En el piedemonte del cerro Zamaricote, con el desarrollo de actividades agropecuarias, el paisaje fue transformado por sus habitantes para establecer sistemas productivos, los cambios hechos fueron desde la apertura de trochas y carreteras para tener acceso a las fincas, hasta la tumba y quema del bosque nativo con el fin de establecer pasturas introducidas del genero *Brachiaria sp*, como fuente forrajera para la ganadería doble propósito y la siembra de conucos para la seguridad alimentaria de las familias; también se intervinieron fuentes de agua como reservorios para el ganado, actividades que no tuvieron ningún tipo de control y que por lo tanto los nacimientos de agua quedaron sin protección, expuestos al pisoteo del ganado y a una posible degradación y/o pérdida del nacimiento (Colombia, 2015).

Las características biofísicas de la zona, su topografía, relieve, precipitación, entre otras, hacen del cerro Zamaricote un área susceptible a las intervenciones de

1. Profesional de apoyo Fundación Horizonte Verde, Ingeniera Agrónoma.
2. Profesional de apoyo Fundación Horizonte Verde, Zootecnista..
3. Grupo Ecológico Mastranto. Administrador ambiental y de recursos naturales
4. Directora Ejecutiva Fundación Horizonte Verde, Zootecnista, MSc.
5. Jefe de proyectos Fundación Natura, Ingeniero Forestal, MSc

explotación antrópica, por este motivo los sistemas de producción necesitan manejarse de manera sostenible la conservación de los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos (Colombia, 2015).

Los 20 beneficiarios directos que participaron del proyecto ejecutado por la Alianza entre la Fundación Natura y la Fundación Horizonte Verde, en este paisaje de piedemonte, cerro Zamaricote, en su mayoría no realizaban en su cotidianidad prácticas de manejo sostenible del recurso suelo, casi todos habían tumbado y quemado una importante área del bosque de su finca, para establecer potreros con pastos del genero *Brachiaria sp* y algunos del genero *Panicum sp* con el objeto de tener forraje para su ganadería de doble propósito.



1.2. El paisaje de sabana inundable

La sabana inundable del Casanare hace parte del Anfibioma Arauca-Casanare que es uno de los cuatro ecosistemas naturales que corresponden al Zonobioma húmedo tropical, conformado por ocho biomas y 67 ecosistemas en Colombia, que se localizan a alturas entre los 50 a 1.100 msnm donde el clima es de tipo tropical cálido húmedo y ligeramente estacional, la sabana inundable tiene una extensión 2.792.481 ha. (Romero, et al. 2004, Andrade et al, 2009); la sabana es un paisaje natural de la cuenca del Rio Orinoco, representada en ecosistemas de características físicas y formaciones vegetales que se ven influenciados principalmente por el clima que se presenta en la zona con una temperatura media anual de aproximadamente 19°C a 33 °C, un régimen de precipitaciones monomodal, que marca la época de lluvias que generalmente va de abril a noviembre y la época seca de diciembre a marzo (Rangel 1998, citado por Andrade et al, 2009); adicional a ello este paisaje se divide a su vez en la sabana inundable de la Llanura eólica, que permanece inundada la mayor parte del año (8 – 12 meses) y la sabana inundable estacional o de Llanura aluvial de desborde, que se somete a inundación durante periodos más cortos (6 –8 meses), lo que hace que este paisaje muy diverso en especies vegetales y animales, cuya riqueza obedece a sus condiciones de relieve, suelo, a sus características hidrológicas, entre otros (Sarmiento, 1984 citado por Romero et al., 2004).

Los ecosistemas más representativos que se pueden encontrar en éste paisaje son: los esteros que son las depresiones más bajas de este paisaje, son los que permanecen más inundados durante el año, la vegetación que se forma en ellos depende de la lámina de agua que allí permanece; los bajos, son áreas transicionales entre el estero y el banco o banqueta, los bajos se inundan durante la época de lluvias pero se van secando más rápidamente a medida que disminuyen las precipitaciones, la vegetación que se presenta allí se ve muy influenciada por las lluvias. La banqueta o bancos son las zonas más altas en éste paisaje de sabana inundable, durante la época de lluvias su nivel freático alcanza los 20 cm por debajo de la superficie del suelo, Adicional a estos ecosistemas se encuentran también el bosque de galería inundable y no inundable y las matas de monte (Castro, 2011, citado por Mejía 2011).

El uso del suelo en la sabana inundable del Casanare está ligado a la cobertura vegetal que en ella se ofrece, la sabana inundable tiene una amplia oferta de gramíneas, leguminosas, especies leñosas arbustivas, entre otros; esto le confiere unas características particulares y le permite tener una vocación ganadera, vocación que ha estado acorde al uso de estos suelo, con la producción de la ganadería de cría, que ha mostrado su capacidad

de adaptación a la dinámica hidrológica propia de la sabana y a la oferta forrajera que el suelo provee. (Peñuela et al, 2012).

La ganadería en la sabana inundable es un sistema de producción que ha co-evolucionado con el paisaje y que ha permitido que éste se mantenga “conservado” de alguna manera, pero que sin lugar a dudas debe ser mejorado, pues en los últimos años, se ha cambiado el uso del suelo, para dar lugar a la explotación de hidrocarburos y a la siembra masiva de cultivos de arroz y palma de aceite, usos que amenazan la conservación de éste paisaje. Esta ganadería se ha desarrollado bajo sistemas de producción muy elementales, es decir que el ganado se deja en la sabana inundable durante la mayor época del año y se recoge una o dos veces en época seca para marcar el ganado que ha nacido en el último año; el sistema de producción ganadero no ha implementado de manera general y eficiente la rotación de potreros, es así que, se hace un pastoreo intensivo en algunos ecosistemas como la Banqueta en época de lluvias, tampoco se ha hecho una delimitación de áreas frágiles para evitar que el ganado ingrese a ellas, compacte los suelos y/o contamine las aguas, no se tiene un ajuste adecuado de la carga animal, y tampoco se hace una suplementación mineral en época seca (Tejos, 2003).





Los 20 beneficiarios directos que participaron del proyecto ejecutado por la Alianza entre la Fundación Natura y la Fundación Horizonte Verde, en su mayoría manejaban la ganadería de manera tradicional (como se ha hecho históricamente), es decir que los ganaderos de la sabana inundable hicieron una mínima intervención en este paisaje, transformaron la cobertura vegetal nativa en un porcentaje mínimo, para sembrar pastos del género *Brachiaria sp*, con el objeto de tener mayor biomasa, y el resto del área de las fincas (en general más del 90%) ha permanecido y permanece con las coberturas del ecosistema natural. En época de lluvias cuando la sabana se inunda (7 meses del año-abril a noviembre) y el nivel freático aumenta el ganado pastorea en los bancos de sabana convirtiéndose en el ecosistema más importante durante las lluvias por ser las únicas áreas no inundadas; pero el resto del año cuando los niveles del agua disminuyen el ganado busca su alimento por todos los ecosistemas del paisaje (haciendo como una rotación en el paisaje dependiendo de la oferta forrajera que determina su movilidad en el área permitiendo que los suelos puedan “descansar”. El suelo ha sido el soporte biofísico en la ganadería de la sabana inundable; sin embargo se hace necesario la aplicación de diversas estrategias para

el manejo sostenible del suelo con el objetivo de mejorar o mantener las características físicas, químicas y biológicas y así garantizar la conservación de los mismos.

2. Implementando prácticas

Durante los 3 años de ejecución del proyecto se llevó a cabo un proceso muy interesante en las 40 fincas ganaderas beneficiarias directas del mismo, el cual relatamos a continuación.

2.1. Análisis de suelos

Como un elemento importante para fomentar el manejo sostenible del suelo e implementar buenas prácticas al mismo, lo primero es conocer qué tipo de suelo se tiene. Por ello, y para contar con información para la línea base de los planes de manejo en los 2 paisajes, se tomaron dos muestras de suelos representativas del área total de la finca, según la metodología de Corpoica, y se llevaron a los laboratorios de suelos de Corpoica y de la Universidad de los Llanos para contar con análisis por duplicado en cada finca. Para el caso del paisaje de piedemonte-cerro Zamaricote se tienen análisis de

suelos por duplicado para cada una de las 20 finca (es decir 40 análisis en total). Para el caso del paisaje de sabana inundable, teniendo en cuenta la diferencia de suelos entre los ecosistemas de banco y bajo, se tomaron 4 muestras de suelo por finca y representativa de los 2 ecosistemas más usados por la ganadería, para poder tener por duplicado análisis de suelos de banco y de bajo por finca (es decir 80 análisis en total).

Las muestras de suelo fueron llevadas a dos laboratorios reconocidos del país: el laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos y el laboratorio de suelos de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria “Corpoica” Tibaitatá; a fin de que se hicieran análisis completos de los suelos, para un mayor soporte e insumo base del manejo sostenible del recurso suelo.

La toma de muestras en campo para cada finca se hizo con base en la: “Guía toma de muestras de suelo” de Corpoica-Tibaitatá con código VC-G-06., que consiste en: 1) Tomar una herramienta (pala, palín, o barreno), y eliminar la cobertura del suelo con precaución. 2) Hacer un hoyo en el suelo de 30x30 cm² y 30 cm de profundidad, introducir la herramienta verticalmente al suelo, tomando una porción de suelo de 5 cm de grosor aproximadamente hasta una profundidad de 20-30 cm. 3) Sacar con cuidado la porción de suelo, eliminar los bordes laterales y agregar a un recipiente, repetir para tomar varias sub-muestras (mínimo 3) en diferentes lugares. 4) Mezclar las sub-muestras, eliminar restos vegetales, piedras y otros, homogenizar y tomar 1 kg aproximado de esa muestra de suelo y llevarla al laboratorio debidamente rotulada.

Con base en la información de los 120 análisis de suelos, se elaboró un documento de interpretación de suelos para los paisajes de piedemonte y de sabana respectivamente, para tener un consolidado por paisaje; información que no existía en la región y de esta forma conocer las características físico-químicas de los suelos a una escala local y de paisaje; lo que es importante para que los propietarios



de las fincas, pueden conocer sus suelos y a partir de ello mejorar el manejo de los mismos y de su sistema productivo, conociendo las características físicas y químicas de los suelos les permite generar un sentido de apropiación por el recurso, les ayuda a entender su importancia y los motiva a implementar prácticas más amigables con el ambiente. Así mismo se entiende la diferencia de suelos que existe entre los 2 paisajes, que por supuesto tiene que ver con el origen y formación de los mismos.

De igual manera, se elaboró un documento de interpretación de suelos para cada finca con el fin de que cada propietario entendiera y asimilara la importancia de conocer los suelos de su finca y que significaba lo que estaba en el análisis, como esto era base para un ejercicio de planificación de finca, y por ejemplo como darle las deficiencias del suelo al ganado a través de la sal y no gastar tanto dinero en enmiendas para los suelos; pues si el suelo tiene deficiencias las plantas que consume el ganado también.

Como referente para analizar los valores encontrados en los análisis de suelos se tuvo en cuenta el resumen general de valores de los elementos disponibles en el suelo elaborado por Julio Cesar Moreno del Laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos año 2015.



Tabla 1. Valores de los elementos para interpretar análisis de suelos (niveles críticos)

Valores de los elementos para interpretar análisis de suelos (niveles críticos)				
Elementos Mayores	Unidad de medida	Interpretación		
		Bajo	Medio	Alto
Calcio-Ca	meq/100g	<2	2 - 5	>5
Magnesio-Mg	meq/100g	<1	1 - 2	>2
Potasio-K	meq/100g	<0,15	0,15 - 0,3	>0,3
Aluminio-Al	meq/100g	<1,5	1,5 - 3,0	>3,0
Azufre-S	ppm	<8	8 - 15	>15
Fósforo-P	ppm	<15	15 - 30	>30
Elementos menores				
Cobre-Cu	ppm	<1	1 - 30	>3,0
Hierro-Fe	ppm	<20	20 - 40	>40
Manganeso-Mn	ppm	<5	5 - 10	>10
Zinc-Zn	ppm	<3	3 - 6	>6
Boro-B	ppm	<0,2	0,2 - 0,6	>0,6
Otros				
Materia orgánica	%	<2	2 - 4	>4
pH	%	<4,5	4,5 - 5,5	>5,5
		Muy ácido	Ácido	Ligeramente ácido

Nota: ppm (partes por millón), meq/100g (miliequivalentes por 100 gramos de suelo), % (porcentaje)

Fuente: Julio Cesar Moreno, Unillanos-2015. Resumen general de valores de elementos disponibles en el suelo, para interpretar análisis de suelos

Los resultados de los análisis de suelos de los laboratorios de Corpoica y Unillanos, se promediaron para las 20 fincas del **piedemonte "cerro Zamaricote"**, teniendo en cuenta los valores de referencia mencionados en la tabla anterior, en general reporta:

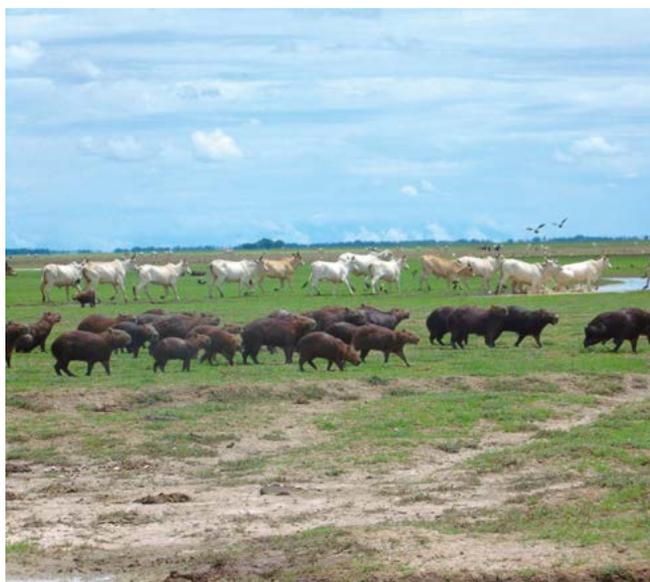
- ✓ diferentes **clases texturales**, desde la textura Arenosa Franca (AF), seguida de la Franco Arenosa (FA) también se encontraron texturas Arcillosas y Arcillo Arenosas en algunas fincas,
- ✓ los suelos presentaron **pH** extremadamente ácido (menos de 3), a pH ácido y ligeramente ácido (5,6 – 5,3),
- ✓ suelos con bajos contenidos de **materia orgánica** en algunos lugares (menos 2%) y contenidos medios (2-2,3) en otras fincas y con promedio para el paisaje de 1,69%,
- ✓ el porcentaje de **Aluminio-Al intercambiable** presentó valores menores a 1 meq/100g, para la mayoría de las fincas,
- ✓ los contenidos de **Calcio-Ca** fueron diferentes, algunas fincas presentaron valores medios (2-5 miliequivalentes por 100 gramos de suelos-meq/100g) y otros contenidos bajos (rangos menores a 2 meq/100g),
- ✓ el contenido de **Magnesio-Mg** para este paisaje tenía valores bajos y medios con promedios según Unillanos 0,917 meq/100g., y Corpoica-Tibaitatá 1,41 meq/100g,
- ✓ los rangos promedios de **Azufre-S** para el paisaje fueron bajos, según resultados de Unillanos 4,37 ppm y Corpoica-Tibaitatá 1,41 ppm,
- ✓ el contenido de **Potasio-K** de estas fincas presentaron valores medios de 0,287 meq/100g,
- ✓ los contenidos de **Fósforo-P** de este paisaje se encontraron muy bajos con rangos menores a 6 ppm,
- ✓ los valores del contenido de **Cobre-Cu** resultaron medios y oscilaron según Unillanos en 1,69 ppm y en Corpoica-Tibaitatá 2,6 ppm,
- ✓ los contenidos de **Hierro-Fe** en este paisaje estaban muy altos (147-180,4 ppm),
- ✓ los contenidos de **Zinc-Zn** para estos suelos fueron bajos, el promedio para Unillanos 2,86 ppm y para Corpoica 2,2 ppm,
- ✓ los contenidos de **Boro-B** para éste paisaje en promedio fueron de 0,22 ppm, rangos promedios para la mayoría de las fincas,
- ✓ la concentración de **Manganeso-Mn** se presentó alta con rangos mayores a 10 ppm.

Con base a los resultados obtenidos, se evidencia que los suelos del paisaje de piedemonte “cerro Zamaricote”, son suelos pobres en nutrientes, con mínima capa vegetal, susceptibles a la erosión, muy ácidos, y con limitantes físicos que dan características propias a cada lugar; son suelos que deben ser manejados de manera sostenible, y en lo posible orientarse con fines de conservación, ya que pueden degradarse fácilmente y tienen muy poco potencial productivo.



Los resultados de los análisis de suelos de los laboratorios de Corpoica y Unillanos, se promediaron para las 20 fincas de la **sabana inundable**, teniendo en cuenta los valores de referencia mencionados en la tabla anterior, en general reporta:

- ✓ diferentes **clases texturales**, desde la textura Arcillosa-Ar a la Arenosa-A, teniendo predominancia la textura Arenosa Franca-AF, seguida de la Franco Arenosa-FA,
- ✓ suelos con **pH** ácidos a extremadamente ácidos con valores que van por debajo de 4,0 y máximo 5,2,
- ✓ suelos con pobres contenidos de **materia orgánica** en el banco de sabana (debajo de 2%), y contenidos medios (2-4%) en el ecosistema de bajo,
- ✓ contenidos de **Fosforo-P** en partes por millón (ppm) limitantes en el banco con valores promedio de 8,6 ppm según Corpoica-Tibaitatá y 13,6 ppm según Unillanos, pero con concentraciones medias de Fosforo-P en el bajo, con valores promedio de 28,9 ppm según Corpoica-Tibaitatá y 38,7 ppm según Unillanos,
- ✓ los contenidos de **Calcio-Ca** para el paisaje en promedio son muy mínimos, para el banco los rangos son de 0,2-0,5 meq/100g (meliequivalentes por 100 gramos de suelo), y para el bajo con valores de 0,3-0,9 meq/100g,
- ✓ la concentración de **Magnesio-Mg** para el paisaje tiene valores bajos con rangos menores a 1 meq/100g,
- ✓ los contenidos de **Potasio-K** en los dos ecosistemas de banco y bajo están por debajo del nivel normal (0,15 meq/100g),
- ✓ la concentración de **Sodio-Na** para estos suelos es normal a nivel general,
- ✓ la sabana inundable tiene promedios bajos de **Azufre-S** con valores de 2,85 ppm en el banco y 2,79 en el bajo,
- ✓ el rango para el elemento **Aluminio-Al** en el ecosistema de banco es bajo (menor a 1,5 meq/100g) y para el bajo tiene valores normales (1,5-3 meq/100g) aunque se presenta en algunas fincas niveles restrictivos que deben ser manejados,
- ✓ la concentración de **Cobre-Cu** para el paisaje de sabana inundable es media con rangos de 1-3 ppm,
- ✓ los valores encontrados en promedio para **Hierro-Fe** están por encima de 200 ppm que es lo medido para toxicidad de plantas, sin embargo, no se ha observado problemas de toxicidad ni en el desarrollo de las plantas,
- ✓ los valores de **Manganeso-Mn** son altos en los dos ecosistemas, en el banco tiene valores promedio de 16,35 ppm y en el bajo con 23,84 ppm,
- ✓ los niveles de **Zinc-Zn** en el paisaje son bajos (menos de 3 ppm),
- ✓ los contenidos de **Boro-B** son medios para los dos ecosistemas de banco y bajo



Los suelos de éste paisaje han desarrollado su propia oferta natural que se ha adaptado a las condiciones físico-químicas propias del paisaje, al relieve, al régimen de lluvias, entre otros aspectos; permitiendo que sea apto para un manejo ganadero con baja carga animal, con movilidad en los suelos dependiendo de la dinámica hidrológica y con poca o nula transformación. Suelos donde convive la ganadería con la fauna y flora nativa adaptada a este paisaje; entendiendo que debe trabajarse para que estas ganaderías mejoren sus parámetros productivos y reproductivos a la vez que hacen un manejo sostenible del recurso suelo.

2.2. Jornadas técnicas sobre manejo sostenible del recurso suelo

Con el objetivo de concientizar y apropiarse conceptos y criterios sobre el manejo sostenible del recurso suelo, como una clave para adaptarnos al cambio climático, se realizaron jornadas técnicas sobre esta temática, donde

participaron activamente los beneficiarios del proyecto, ganaderos, representantes de las instituciones regionales y el equipo del proyecto, para intercambiar saberes y reflexionar en conjunto sobre los suelos de estos dos paisajes, sobre la importancia del suelo como un servicio ecosistémico de soporte, como el sostén de las actividades del hombre, como el que sustenta todas las actividades agropecuarias, como un recurso vital en la conductividad del agua; la relación de la génesis del suelo con el paisaje y la importancia de conocer las diferencias entre los diferentes suelos dependiendo del proceso de formación de los mismos entendiendo el origen de los suelos de Colombia, Orinoquia, Casanare, los factores de formación, los materiales parentales, y el porqué de las características físico-químicas de esos suelos, relacionados con su génesis; la clasificación agrológica, la vocación y el uso recomendado de estos suelos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC, y reflexionar sobre si es importante hacer un manejo para mantenerlo con sus características a través del tiempo.



A continuación, se observa una síntesis de la reflexión trabajada en las jornadas, donde es importante mencionar que las que están subrayadas fueron las que más mencionaron los integrantes del grupo (se repitieron más de 4 veces). Otro aspecto interesante de estas jornadas, fue

el entendimiento y compromiso que adquirieron los participantes para continuar realizando prácticas adecuadas al suelo, como las que se estuvieron haciendo durante el proyecto.

Tabla 2. Síntesis aportes y reflexiones de las jornadas

A. ¿Cuáles son prácticas adecuadas para el suelo?	B. ¿Cuáles son prácticas inadecuadas para el suelo?	C. ¿Cuáles prácticas son clave para adaptarnos al cambio climático?
<ul style="list-style-type: none"> - <u>No quemar</u> - Utilizando abono natural para el suelo - <u>Aportándole al suelo materia orgánica</u> - No utilizando tanta maquinaria para el suelo - <u>Hacer majadas</u> - Tener estudios de suelos - Descompactar el suelo - No tumbar las orillas de los ríos - Protegiendo las leguminosas que aportan al suelo - Hacer potreros y rotarlos - Variar los cultivos (rotarlos) - <u>Proteger los bosques</u> - <u>No fumigar con plaguicidas químicos</u> - Sembrando sombrío para la gente y el ganado - <u>Preservando la vegetación natural</u> - <u>Reforestar</u> - Hacer cercas vivas (con árboles) - Restaurando áreas degradadas - Conservando y usando (suelo con abono) - Las que se utilizan naturalmente (sin insumos ni tanta tecnología) - Proteger con vegetación las aguas veraneras - Mantener el suelo cubierto para proteger la vegetación y humedad del suelo - No recargar la sabana con ganado (sobrepastoreo) - Evitar compactar el suelo - Sembrando árboles y especialmente leguminosas - Conocer los suelos 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Quemar y rosar</u> - <u>Talar los arboles</u> - <u>Sobrepastoreo</u> - <u>Fumigación con químicos</u> - La explotación petrolera daña aguas y suelo - Mecanización de la tierra (con arados y tractores) - Ganadería intensiva - No cuidar los nacimientos de agua - La superpoblación - Hacer drenajes y desagües - <u>Quemas de sabana</u> - <u>Talar las orillas de los caños y ríos</u> - Utilizar plaguicidas - Todas las que contaminen el medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Majadear para aportar materia orgánica al suelo</u> - <u>Dividir la finca en varios potreros para proteger el suelo</u> - Rotación de potreros - Siembra de árboles al lado y lado de las cercas - Rotación de cultivos de pancoger - Utilizar el abono orgánico de la mejor forma - Aprovechar la materia orgánica para las huertas caseras y topocheras - <u>Tener huerta casera para seguridad alimentaria</u> - La menor intervención humana - Sembrando árboles nativos que protejan el suelo y mantengan la humedad - Aislando los nacimientos de agua para protegerlos - Aprovechando el suelo adecuadamente para no acabarlo - Protegiendo el suelo con cobertura vegetal (pasto, arbustos, arboles) - Incorporando la hojarasca al suelo como materia orgánica (abonos) - <u>No quemando</u> - <u>No rosando</u>

2.3. Prácticas para el manejo sostenible del suelo

La estructura física, química y la actividad biológica del suelo son fundamentales para sostener la productividad agrícola y de ellas depende, en su complejidad, la fertilidad del suelo. La gestión de los suelos mantendrá y mejorará la fertilidad de los mismos reduciendo al mínimo la pérdida de suelo, nutrientes y sustancias agroquímicas a consecuencia de la erosión, así como los escurrimientos y la lixiviación en la superficie o en las aguas subterráneas. Esas pérdidas se deben a una gestión ineficiente e insostenible de estos recursos, además de que sus nocivos efectos pueden desbordarse. A través de la gestión también se pretende mejorar la actividad biológica del suelo y proteger la vegetación natural circundante, mediante:

- la gestión de las granjas de conformidad con sus propiedades, distribución y utilización potencial de los suelos, llevando un registro de los insumos y productos de cada unidad de gestión agraria;
- la conservación o enriquecimiento de la materia orgánica del suelo mediante la rotación de cultivos, favorable para el suelo, y la utilización de prácticas apropiadas de labranza mecánica o de conservación;
- la conservación de la cubierta del suelo para reducir al mínimo su pérdida por erosión eólica o hídrica; • la aplicación de sustancias agroquímicas y fertilizantes orgánicos e inorgánicos en cantidades, aplicaciones y métodos adecuados a las necesidades agronómicas y ambientales (FAO, 2000).



Con el fin de tener información de línea base, sobre cómo han manejado el suelo históricamente los productores tanto en el piedemonte, cerro Zamaricote, como en la sabana inundable, se elaboró y diligenció una encuesta a los 40 beneficiarios del proyecto, encontrándose los siguientes resultados:

Para el **paisaje de piedemonte**: 17 de los 20 propietarios tumbaron, quemaron y talaron el bosque para sembrar pastos introducidos; 11 de ellos manifestaron que han usado agrotóxicos en los suelos de su finca; 10 de los propietarios comentaron que los fumigos son indispensables para los potreros (herbicidas, insecticidas, entre otros); 18 de ellos han transformado la cobertura natural de su suelo para sembrar pastos introducidos; 19 propietarios han tenido cultivos para su seguridad alimentaria (plátano y yuca) ; 15 de ellos manifestaron que el suelo siempre tenía vegetación y que no lo han trabajado con tractores, arados y rastrillos (por costos y difícil acceso); 16 propietarios permitieron que su ganado ingresara a las fuentes de agua que tiene la finca; 18 de ellos valoraron el suelo como un recurso agotable, es decir que es finito; 17 de los entrevistados no sabían cómo estaba compuesto física, química y biológicamente el suelo de su finca.

Mientras que para el **paisaje de sabana inundable**: ninguno de los ganaderos tumba bosque para establecer potreros porque los animales pastorean en la sabana; 9 de ellos manifestaron que usan la quema (bien manejada), para mantener sus sabanas “limpias” y obtener retoños de los pastos nativos para el alimento del ganado; 5 de los propietarios usan la tala (corte con guadaña como podar) para limpiar la sabana, pero no talan árboles sino especies como rabo de vaca, que no son las mejores plantas para el alimento de su ganado; solo 1 de ellos usa agrotóxicos en su finca y lo hace en la Topochera para controlar malezas y enfermedades; 8 de ellos han cambiado la cobertura natural del suelo para la siembra de pasturas introducidas, sin embargo, el porcentaje de transformación es mínimo y no alcanza en cada finca ni el 5% del área total de la finca, pero manifiestan que a veces es necesario tener estas clases de pastos porque tienen más volumen y también porque han sido programas de las alcaldías o gobernación, que les dan 2 ha para “mejoramiento de praderas” por ejemplo.

El total de los entrevistados ha cultivado para su seguridad alimentaria y no ha dejado el suelo sin cobertura vegetal; 5 ganaderos comentaron que han usado tractor con arados y rastrillos en el suelo de su finca para la siembra de pastos introducidos, que es lo que recomiendan los técnicos; 12 de ellos ha permitido el acceso del ganado a las fuentes hídricas, sobre todo en época seca porque es la única fuente disponible que tienen, aunque algunos de ellos han hecho pozos profundos para suplir la necesidad de agua de sus animales en el verano; 11 propietarios han valorado el suelo de su finca como un recurso que puede ser agotable o finito; y la mayoría no conocían la composición física y química de los suelos de su finca.

Con la información anterior y lo observado en las visitas realizadas periódicamente a las fincas, es claro que los 20 propietarios del piedemonte, cerro Zamaricote, transformaron el paisaje natural y cambiaron el uso del suelo, estableciendo, en algunos casos, su sistema productivo en sitios con pendiente, favoreciendo procesos erosivos y compactación del suelo. Varios de estos potreros se ubicaron en la margen de caños o cañadas y nacimientos de agua, lo que ha ocasionado contaminación de las

fuentes de agua y deterioro de las mismas, de igual manera se establecieron conucos, para lo cual también tumbaron y quemaron bosque; algunos de los beneficiarios también tenían siembra de cultivos de piña, para lo cual usaban prácticas convencionales como uso de tractor, varios pases de rastra, uso de agrotóxicos y fertilizantes sintéticos para mantener su cultivo bien nutrido y libre de plagas y enfermedades.

Con todo este manejo perjudicaban el suelo, pues el uso indiscriminado de equipos y maquinaria, compacta el suelo y daña la estructura del mismo; con el uso de agrotóxicos, no solo eliminaban las posibles plagas y enfermedades, sino que además mataban la vida del suelo (macrofauna, mesofauna y microfauna); y con el uso de fertilizantes sintéticos, podrían hacer que el exceso de los mismos se perdiera por lixiviación o escorrentía, creando un mayor gasto económico y una posible contaminación de los cursos de agua; sumado a la eliminación de la cobertura vegetal natural lo que conllevaba a erosión y remoción en masa del suelo, haciéndolo más propenso a su degradación. Por todo lo anterior, se puede decir que en general los propietarios de fincas ganaderas del piedemonte, cerro Zamaricote no hacían manejo sostenible del suelo, ni adelantaban procesos de producción sostenible, que les permitiera estar adaptados frente al cambio climático.

Sin embargo, también se aplicó una encuesta para ver los impactos de haber participado en el proyecto durante 3 años, donde los 20 productores (100%) ubicados en el piedemonte respondieron que fue importante para ellos ser beneficiarios del proyecto, ya que aprendieron nuevos conocimientos, entendieron el beneficio de tener el plan de manejo de su finca con los mapas de coberturas vegetales y zonificación. Así mismo, manifestaron que fue bueno realizar actividades para conservar el recurso suelo y el agua; afirmaron que fue bueno para ellos y para su finca, tener el análisis de suelo y recibir información sobre el manejo sostenible del recurso suelo, el cual debe permanecer con cobertura vegetal.

La mayoría comentó que no volverán a realizar quemas, ni tumban bosque; tratarán de no usar agrotóxicos en el suelo de su finca. Todos están de acuerdo en agregar

permanentemente materia orgánica al suelo y usaran implementos y maquinaria adecuados para las siembras. El 100% de los beneficiarios manifestó que aprendió y aplicó buenas prácticas de manejo sostenible del suelo y se comprometieron a seguirlo haciendo en el futuro. Todos consideran que los aislamientos realizados a las fuentes hídricas fueron importantes para su finca y para el medio ambiente y por esta razón los mantendrá en el tiempo; de igual manera creen que las estrategias implementadas fueron importantes para ellos y que estas mismas traerán beneficio para sus fincas y vereda.



Así mismo, mediante una encuesta se recopiló la información de los 20 beneficiarios ubicados en el paisaje de sabana inundable, para ver los impactos de haber participado en el proyecto durante 3 años, la importancia de conocer y aplicar las prácticas de manejo sostenible al suelo durante la ejecución del mismo y como las acciones o estrategias implementadas aportaron al manejo adecuado del suelo y les generó mayor capacidad adaptativa frente a los efectos de la variabilidad climática.

El 100% de los beneficiarios (20 ganaderos de la sabana), respondieron que fue importante hacer parte del proyecto durante los 3 años, y ser seleccionados para participar en el mismo es un privilegio, porque ahora se tiene información importante, se aprendieron nuevos conocimientos, se tienen los mapas de coberturas y zonificación, un plan de manejo de cada finca; el realizar actividades para conservar el suelo y las fuentes de agua es fundamental; contar con los análisis de suelos de la finca, entenderlos y aplicar las recomendaciones sobre el manejo sostenible del recurso suelo en el futuro los hará ser más productivos. El 100% de los propietarios considera que el suelo siempre debe permanecer con cobertura vegetal; que harán un mejor manejo de potreros con divisiones y rotación para no quemar las pasturas buscando retoños en sus fincas. Aunque no usan agrotóxicos en su finca para la ganadería, manifestaron que si se están perjudicando por la cantidad de fumigaciones aéreas que están haciendo en el cultivo de arroz (que antes no existía en esa zona). La mayoría han hecho majadeo en sus fincas y saben que agregar materia orgánica es importante para tener buenas plantas, pero conocer la cantidad de “bichitos” que hay en los suelos, que tiene tanta vida, se comprometen a valorar aún más la materia orgánica.

Los 20 ganaderos manifestaron que aprendieron buenas prácticas de manejo sostenible del recurso suelo; y que mantendrán las cercas de restauración en el tiempo para proteger las fuentes de agua; consideran que las estrategias implementadas en el proyecto son importantes para su finca, y un beneficio muy tangible incluso en el corto plazo.

Las estrategias implementadas fueron: -Huertas caseras, -Bancos Mixtos de Forraje (BMF), -Topochera en majadeo, - Estufas eficientes de leña, - Aislamiento de nacimientos de agua, - Núcleos de sombrío, - División de potreros en sabana asociada a árboles, - Establecimiento de molinos de viento, -Manejo y cosecha de aguas lluvias en sabana y – Restauración. Al menos una de estas estrategias se implementó en cada una de las 40 fincas ganaderas beneficiarias directas de este proceso. Estas estrategias aportaron un cambio importante en el suelo en cada uno de los paisajes de influencia del proyecto, tal como se puede observar en las siguientes tablas.

Tabla 3. Prácticas de manejo del suelo antes y después del proyecto en el piedemonte, cerro Zamaricote

criterio	Antes (histórico)	Después (año 2017)
Uso de coberturas vegetales	Quemas, fumigos con químicos, desmonte, tala, guadañando. Suelos con pobres coberturas vegetales, reemplazo de especies nativas por introducidas, zonas sin cobertura vegetal que presentan erosión en diferentes grados.	Mantenimiento y aumento de las coberturas vegetales con la zonificación realizada en cada finca y la implementación de las estrategias Huertas caseras, restauración, topocheras, Bancos mixtos de forrajes.
Aporte de la materia orgánica del suelo	Bajo o nulo aporte de materia orgánica al suelo.	Aumento del aporte de materia orgánica en áreas de la finca con la implementación de la Topochera en majadeo, los bancos mixtos de forraje y las huertas especialmente.
Uso de herramientas, equipos e implementos adecuados al medio.	Uso de herramientas inadecuadas, uso indiscriminado de equipos y maquinaria agrícola.	Disminución del uso de equipos, aunque se debe seguir mejorando.
Siembra en curvas de nivel en zonas con pendientes	No siembra en curvas de nivel.	Aumento del conocimiento para la siembra en curvas de nivel, con la restauración.
Rotación de cultivos, tiempos de descanso del suelo	En general sobre pastoreo y compactación del suelo. Suelos sin descanso.	Zonificación de la finca con los mapas de coberturas elaborados en el plan de manejo. Liberación de áreas para conservación, y mayor producción de forraje en ciertas áreas con el banco mixto de forraje.

Es satisfactorio mencionar que con el ejercicio realizado con estos beneficiarios del piedemonte cerro Zamaricote, y teniendo en cuenta los temas de adaptación al cambio climático, fue fundamental el aporte para que cada uno de estos propietarios tuviera sus mapas de cobertura y zonificación de la finca, elaborados participativamente, porque esto les permite tener una herramienta de planificación di-

námica, y como una oportunidad para la negociación en temas de conservación, como puede ser la estrategia de BanCO2, entre otras. Se observan cambios significativos en la aplicación de los criterios con las estrategias implementadas para el manejo sostenible del suelo; y se espera que ellos sean multiplicadores con sus vecinos y en sus veredas de lo aprendido a través del desarrollo del proyecto.

Tabla 4. Prácticas de manejo de suelo antes y después del proyecto en la sabana inundable

Principio	Antes (histórico)	Después (año 2017)
Uso de coberturas vegetales	Suelos con coberturas vegetales nativas en su mayoría (más del 90%), pero con poco manejo de rotación de la sabana para el descanso.	Mantenimiento y aumento de las coberturas vegetales con la zonificación realizada en cada finca y con la implementación de los núcleos de sombrío.
Aporte de la materia orgánica del suelo	Mediano aporte de materia orgánica al suelo por la ganadería.	Aumento del aporte de materia orgánica con la implementación de la Topochera en majadeo y los núcleos de sombrío.
Uso de herramientas, equipos e implementos adecuados al medio.	Uso de herramientas adecuadas en general.	Uso de herramientas adecuadas en general.
Siembra en curvas de nivel en zonas con pendientes	No hay necesidad. No son pronunciados los sitios de pendiente (es más bien plano) y no tiene las pendientes que se encuentran en piedemonte.	No aplica
Rotación de cultivos, tiempos de descanso del suelo	En general sobre pastoreo en época de lluvias en la sabana inundable y compactación del suelo. Los cultivos en estas fincas son de pancoger en áreas pequeñas.	Zonificación de la finca con los mapas de coberturas elaborados en el plan de manejo. Liberación de áreas para conservación y producción sostenible con la restauración, los núcleos de sombrío y las topocheras en majadeo. Establecimiento de divisiones de potreros en sabana

Con la información de la tabla anterior y las visitas realizadas periódicamente a las fincas, es claro que los 20 propietarios de la sabana inundable han manejado históricamente el suelo con sus coberturas naturales, transformando muy pocas áreas con pastos introducidos (en general menos del 5% del área total de la finca), y han establecidos algunas áreas mínimas para el pancoger. Fue claro en todo el desarrollo del proceso la necesidad de mejorar el manejo del ganado incluyendo divisiones de potreros, núcleos de sombrío, corredores, entre otras estrategias; considerando que las fincas de sabana ya no son del mismo tamaño que eran antes, como los grandes hatos ganaderos, y por ello debe hacerse un manejo del área para rotar y dejar descansar el suelo, que antes por las grandes áreas de los hatos el mismo ganado hacia naturalmente esta rotación.

En este paisaje no es tan significativo el cambio entre el antes y el después del proyecto porque aquí a diferen-

cia del piedemonte, cerro Zamaricote, los propietarios no han deforestado para establecer sus ganaderías y no han transformado drásticamente las coberturas nativas, pues la ganadería interviene el ecosistema moviéndose de acuerdo a la dinámica hídrica y a la oferta de forraje en las diferentes épocas del año. Sin embargo, es satisfactorio mencionar que con el ejercicio realizado con estos beneficiarios y teniendo en cuenta los temas de adaptación al cambio climático, fue fundamental el aporte realizado para que cada uno de estos propietarios tuviera sus mapas de cobertura y zonificación de la finca, elaborados participativamente, porque esto les permite tener una herramienta de planificación dinámica, y como una oportunidad para la negociación en temas de conservación. Se observan cambios en la aplicación de los criterios para el manejo sostenible del suelo con las estrategias implementadas; y se espera que ellos sean multiplicadores con sus vecinos y en sus veredas de lo aprendido a través del desarrollo del proyecto.



2.4. Medición indicadores del suelo

Para medir los indicadores de la calidad del suelo, se tomó como referencia los propuestos por Chen (2000) y modificado por Acevedo y colaboradores, 2005, que se toman como los indicadores de manejo sostenible del recurso suelo.

A continuación se describe brevemente cada indicador, con el fin de tener una mayor comprensión del alcance y la medición de cada uno de ellos.

Se han propuesto algunos indicadores **físicos** del suelo para medir su calidad y el avance en el manejo sostenible, dichos varían de acuerdo al tipo de suelos que se esté evaluando. Aunque no todos los indicadores se pueden medir de manera sencilla hay algunos como la infiltración del agua que pueden calcularse con algunas metodologías sencillas que se modifican dependiendo de la capacidad de los productores y técnicos para hacer la medición. Los indicadores físicos más relevantes son:

- **Textura del suelo:** Este indicador está relacionado con la retención y el transporte de agua y minerales y la erosión del suelo. Tiene que ver con la fase sólida compuesta por fracciones de arena, limo y arcilla y la proporción de las mismas, que constituyen la masa del suelo. Se relaciona con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio poroso, que afecta el movimiento y la reserva de humedad en el suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración de las raíces (FAO, 2000)
- **Profundidad del suelo:** Este indicador permite medir el potencial productivo y la erosión en el suelo, es importante porque se relaciona con la capacidad del suelo para permitir el desarrollo de las raíces y de la disponibilidad de humedad y nutrientes para las plantas, afecta la infiltración y las labores agrícolas dependiendo de su capa arable. Un suelo poco profundo, se ve afectado por la erosión, debido a que la infiltración del agua puede verse afectada por encontrarse con un sustrato rocoso, lo que puede llevar a erosiones en masa por el desprendimiento del suelo superficial (FAO, 2000).
- **Infiltración del agua y densidad aparente:** Este indicador tiene que ver con el potencial de lixiviación, productividad y erosión. La infiltración es un parámetro importante, se relaciona con la capacidad del suelo para que el agua penetre, y refleja de alguna manera la calidad del suelo; Un suelo que por diferentes factores presente encostramiento en su superficie, al recibir agua lluvia o de riego tendrá menos infiltración de agua que un suelo sin costras, y será propenso a la erosión. Por otro lado un suelo descubierto y con texturas arenosas permitirá que el agua ingrese al perfil del suelo rápidamente, provocando una fuerte lixiviación y a su vez un suelo que no permita una adecuada infiltración o que el agua se pierda rápidamente, influirá negativamente en la productividad. La densidad aparente es un parámetro importante, pues permiten ver el estado del suelo para el crecimiento de raíces, la aireación y la infiltración del agua; esta densidad aparente también se ve afectada por las acciones antrópicas sobre este suelo, lo que lleva a concluir que es un indicador importante en el tiempo, para medir las acciones del hombre sobre el suelo (FAO, 2009).
- **Capacidad de retención de agua:** Este indicador se relaciona con el contenido de humedad en el suelo, el transporte de agua y la erosión. Mide la capacidad del suelo para retener y mantener la humedad en el mismo. Este indicador se relaciona también con el ambiente, ya que la interacción con el ambiente determina la pérdida de agua por procesos de evaporación, y también se relaciona con la textura pues dependiendo de esta propiedad del suelo, también se puede determinar el porcentaje de pérdida de agua por infiltración y lixiviación (FAO, 2000).
- **Estabilidad de agregados del suelo:** Este indicador tiene que ver con la erosión en potencia de un suelo y la infiltración del agua. Los agregados del suelo están relacionados con la estructura del suelo, de cómo los componentes minerales del suelo se encuentran ordenados y que incluyen un espacio poroso, la manera como estos agregados se encuentren unidos va a determinar la estabilidad de un suelo y la

capacidad del mismo para responder a las prácticas agrícolas (FAO, 2000).

Los indicadores **químicos** son aquellos que tienen una relación estrecha con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, formando una relación suelo-planta, son afectados por los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica, la génesis del suelo y por ende del material parental del cual proceden; se ven influenciados por la acción de los micro y macro organismos y por el producto de las relaciones de tales organismos. Como todos los indicadores estos no dan una certeza total del estado del suelo, pero si permiten medir a largo plazo los resultados de las estrategias que se realicen para mejorar la calidad del suelo, Chen (2000) modificado por Acevedo et al (2005), propuso algunos indicadores para estas características que pueden observarse en la tabla 2 para medir la calidad del suelo (García y col., 2012).

- **Materia Orgánica (Carbono y Nitrógeno orgánico):** Este indicador está relacionado con la fertilidad del suelo, la estabilidad y el grado de erosión y el potencial productivo. Es un indicador importante tanto por sus funciones agrícolas como ambientales, es la principal determinante de la actividad biológica del suelo, pues la abundancia de materia orgánica determina la presencia, la diversidad y la actividad de los organismos (macro-meso-micro) del suelo; está estrechamente relacionada con las funciones de la vida como el ciclo del Nitrógeno y Carbono, entre otros. Es un indicador de la capacidad del suelo para almacenar Carbono, pues el suelo puede actuar como sumidero de Dióxido de Carbono CO_2 atmosférico y retardar su retorno al ambiente, actividad que está relacionada con apropiadas prácticas de manejo de los suelos. Es considerada un factor representativo de la calidad del suelo y dinámica en su correlación con las otras características del suelo, por eso es un indicador relevante en el manejo sostenible, aun así, es uno de los más difíciles de mejorar en el corto tiempo (FAO, 2000. Jamioy, 2011)
- **pH:** Este indicador se relaciona directamente con la actividad química y biológica del suelo, limita el

crecimiento y desarrollo de las plantas e influye en la actividad microbiana. El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo, afectando la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas y otros procesos químicos y biológicos en el suelo. El pH del suelo va desde los valores de 1 a 14 en el que 1 es extremadamente ácido y 14 extremadamente alcalino, el valor medio de pH es 7, para la producción de un suelo se requiere de pH en promedio de 5,5 – 6, con valores superiores o inferiores, se deben hacer manejos en el suelo para que no se afecte la producción. El pH del suelo se puede medir con análisis químicos y pruebas de laboratorio (FAO, 2009).

- **Conductividad eléctrica:** Este indicador está relacionado con la actividad microbiológica y de las plantas, puede limitar el crecimiento de las plantas y la actividad de los microorganismos del suelo. Es un indicador que debe ser medido con pruebas de laboratorio (Jamioy, 2011).
- **Nitrógeno-N, Fosforo-P, Potasio-K:** Este indicador está relacionado con la disponibilidad de nutrientes para las plantas la pérdida del potencial de Nitrógeno, son indicadores de productividad y de calidad ambiental. La disponibilidad de estos nutrientes es fundamental para el desarrollo de los cultivos, no obstante, el contenido de éstos depende de los procesos de formación de los suelos, las prácticas de manejo de los suelos y la actividad agropecuaria que se lleve a cabo y la Capacidad de Intercambio Catiónico. El contenido de estos elementos en el suelo se mide por análisis de suelos en los laboratorios (FAO, 2000)
- **Capacidad de intercambio catiónico:** La Capacidad de Intercambio Catiónico-CIC, está relacionada con la fertilidad del suelo y el potencial productivo del mismo, debido a que es una medida de la cantidad de cargas negativas que se encuentran presentes en las superficies minerales y orgánicas de los suelos, por lo que representa la cantidad de cationes que pueden ser retenidas por esas superficies; es decir, un suelo con CIC alta, puede retener los catio-

nes presentes en los nutrientes del suelo en lugar de permitir su intercambio, lo que afectará de manera directa la absorción de estos nutrientes y la fertilidad de las plantas, estos nutrientes del suelo pueden por lo tanto perderse por lixiviación ya que no pueden ser retenidos. Para establecer la CIC de un suelo, deben realizarse análisis de laboratorio y compararse con los contenidos nutricionales de los mismos (FAO, 2000).

- **Metales pesados:** Este indicador se encuentra relacionado con altos niveles de toxicidad para el crecimiento de las plantas y la calidad de cultivo. Es un indicador que se relaciona además con la calidad de agua con la que se realizan las labores agrícolas, en el caso de zonas en las que se realiza riego con agua reciclada, se debe tener especial cuidado con que estas no contengan contaminantes, también se debe medir cuando en las labores agrícolas se realiza una aplicación excesiva de pesticidas. Es un parámetro que requiere pruebas especializadas (FAO, 2000).

Los indicadores **biológicos** son aquellos que están relacionados con la vida del suelo, esa vida está integrada con todos los micro y macroorganismos, incluidos bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos y otros, que viven y dependen del suelo para su subsistencia, influyen en la calidad, en la abundancia de subproductos y en las características físico-químicas del suelo. Estos indicadores se ven afectados por la temperatura, el estado de conservación y la materia orgánica del suelo, así como con otros factores; se han propuesto algunos indicadores que pueden observarse en la tabla 2 de Chen (2000) modificado por Acevedo y colaboradores (2005) para medir la calidad del suelo (Bautista y col., 2004. García y col., 2012).

- **Biomasa microbiana (Carbono y Nitrógeno):** La biomasa microbiana está relacionada con la actividad biológica presente en el suelo, que se relaciona con el contenido de Carbono y Nitrógeno del suelo; la biomasa microbiana es un potencial catalizador microbiano que interviene en el ciclo del Carbono y Nitrógeno, por ende, es importante para el ciclaje de nutrientes de un suelo (FAO, 2009).

- **Nitrógeno potencial mineralizable:** Este indicador se relaciona con la productividad del suelo y el aporte potencial de Nitrógeno del mismo, el Nitrógeno mineralizable es el producto del estado avanzado de descomposición de los restos orgánicos presentes en el suelo, producto de la actividad microbiana. Se evalúa a través de la materia orgánica (FAO, 2000).
- **Respiración edáfica, contenido de agua, temperatura del suelo:** Este indicador está relacionado con la actividad microbiana del suelo, también se puede medir con toda la actividad de los organismos del suelo. La actividad de los microorganismos del suelo, se encuentra relacionada desde la descomposición de los restos orgánicos, el proceso de mineralización absorción y disponibilidad de los nutrientes del suelo. Una alta actividad biológica en el suelo es muy importante para sostener la productividad de los suelos. Este indicador se relaciona estrechamente con la materia orgánica del suelo, debido a que los organismos del suelo requieren de ella para subsistir (FAO, 2000).
- **Número de lombrices/ macrofauna:** Este indicador se relaciona con la actividad microbiana, se dice que un suelo sano tiene un componente biológico (macrofauna) importante que contribuye a mejorar su calidad. Las lombrices hacen parte de esa macrofauna que se presenta en un suelo con alta actividad biológica, no obstante, no son los únicos organismos que hacen parte de la macrofauna, además de ellas se pueden encontrar diferentes especies detectables a la vista que poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igual o mayor de 10 mm, quienes pueden dividirse en grupos funcionales (detritívoros, herbívoros, depredadores) que intervienen en la descomposición de la materia orgánica, el ciclaje de nutrientes, el mantenimiento de la estructura del suelo, entre otras. Existen varios métodos para medir las poblaciones de lombrices en campo, pero requieren de paciencia y una alta capacidad de observación (Brown et al., 2001 citado por Cabrera, 2014).

- **Rendimiento del cultivo:** Este indicador está relacionado con la producción potencial del cultivo y con la disponibilidad de nutrientes de un suelo. Un suelo con la cantidad apropiada de nutrientes debe mantener rendimientos adecuados del cultivo, esto depende intrínsecamente de lo que el agricultor espera obtener en sus unidades productivas de acuerdo a la zona en la que esté realizando su labor agropecuaria, pero también se encuentra relacionado con la sostenibilidad de los suelos, esto quiere decir, que en el tiempo el suelo debe mantener el canon de producción sin disminuir, sin embargo, en la realidad, los suelos tienen a empobrecerse cuando no se realizan manejos adecuados, por lo tanto, este indicador en el largo plazo puede reflejar si los manejos realizados en el suelo son sostenibles (FAO, 2000).

- **Temperatura del suelo:** La temperatura del suelo es variable, cambia por diferentes factores como humedad del suelo, la textura, la estructura, la actividad biológica, y también por la exposición al sol; Doran y Parkin, 1994 citado por Jamioy, 2011; de acuerdo a las funciones del suelo, presentaron un conjunto básico de indicadores entre los que se encuentra la temperatura del suelo. La temperatura del suelo es muy importante porque está relacionada con la actividad microbiológica, la retención de humedad, la evaporación, la velocidad de las reacciones químicas, la mineralización y la acumulación de materia orgánica, entre otras. Es una propiedad poco estudiada pero necesaria para medir algunas estrategias de adaptación al cambio climático (Rojo, 2005. Jamioy, 2011)



Las estrategias implementadas con los productores ganaderos de piedemonte, cerro Zamaricote y sabana inundable, buscaban darle a los propietarios de las fincas diversas herramientas para hacerlos menos vulnerables ante los efectos de la variabilidad climática, donde el manejo sostenible del recurso suelo es fundamental. Pero también era muy importante medir algunos indicadores que demuestren que las estrategias han impactado favorablemente el recurso suelo. Para ello se analizaron los indicadores físicos, químicos, biológicos y socioeconómicos que se reportan en la literatura teniendo en cuenta que no todos los indicadores que deben usarse para me-

dir el impacto sobre el manejo sostenible del recurso suelo se midieron en este ejercicio, debido a la temporalidad de los cambios en las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, pues son lentos y demanda años (entre 3, 5, 10 y en adelante). Sujeto a lo anterior, se midieron los indicadores pertinentes de acuerdo a la tem-

poralidad del proyecto. Así mismo es importante seguir divulgando y trabajando en este tema para que pueda lograrse medir en el tiempo los indicadores respectivos y recopilar la mayor información relevante al tema del manejo sostenible del suelo. En la siguiente tabla se observan los indicadores definidos.

Tabla 5. Indicadores para medir el impacto de las acciones realizadas sobre el recurso suelo

INDICADOR	TIEMPO	MEDICIÓN 2016	MEDICIÓN 2017	OBSERVACIÓN / METODO
Físicos				
Textura del suelo	Cada 3 años	Sí. Línea base análisis de suelos	No	Importante que se tiene la línea base. Los cambios son casi nulos en un año, pues la textura del suelo es una condición natural. Es poco probable cambiarla, sin embargo, es importante medirla para relacionarla con otros indicadores. Durante la ejecución del proyecto no se justifica realizar otra medición en un año.
Profundidad del suelo	Anual	Si	Si	Se hizo con un Penetrómetro análogo.
Infiltración y densidad aparente	Anual	Si	Si	Se hizo con el Método cilindro, sólo para densidad aparente.
Capacidad de retención de agua	Anual	No	No	Requiere de una metodología larga y compleja en el tiempo. No se pudo medir en el alcance del proyecto.
Estabilidad de los agregados	Cada 3 años	No	No	Los cambios en este indicador son lentos, no se pudo medir en el alcance del proyecto.
Químicos				
Materia Orgánica (C* y N* orgánico)	Cada 5 años	Sí. Línea base análisis de suelos	No	Importante que se tienen 120 análisis de laboratorio de muestras que fueron tomadas en el año 2015, como línea base para el manejo sostenible del recurso suelo. 40 muestras para piedemonte y 80 para sabana (por finca y por duplicado)
pH			No	
N*, P*, K*	Cada 5 años		No	
Capacidad de intercambio catiónico	Cada 5 años		No	
Metales pesados disponibles	Cada 5 años	No	No	Los cambios en estos indicadores son lentos, por lo tanto, no se midieron en la ejecución del proyecto. Requiere de trabajo de campo para la toma de muestras y de laboratorios especializados que las analicen, al menos cada 5 años.
Biológicos				
Biomasa microbiana (C* y N*)	Cada 3 años	No	No	Los cambios en este indicador son lentos, se requiere de muestreos en campo y de envío de dichas muestras a laboratorios especializados, no se puede medir en el alcance del proyecto.
N potencial mineralizable	Cada 3 años	No	No	
Respiración edáfica, contenido de agua, temperatura del suelo	Anual	Si	Si	Se toma la temperatura del suelo con un termómetro tipo reloj en varias de las fincas de los beneficiarios según metodología acordada y formatos entregados; se harán las mediciones respectivas en las estrategias (año 2016 y 2017)
Peso de Macrofauna – Número de lombrices	Anual	Si	Si	Se tomará peso macrofauna del suelo, se usará una metodología sencilla para aplicar durante el proyecto y tener información en las mediciones 2016 y 2017.
Rendimiento del cultivo	Tiempo de cultivo	No	No	Se requiere levantar información constante en las unidades productivas, en el tiempo del proyecto no se midió. Aunque sí se sistematizó todo el proceso de implementación de las estrategias.
Socioeconómicos				
Encuesta	Anual	Sí	Sí	Mediante encuesta a los 40 beneficiarios del proyecto se evaluó lo que ellos perciben de la implementación de estrategias para el manejo sostenible del suelo, como clave para adaptarse al cambio climático.

C: Carbono P: Fósforo N: Nitrógeno K: Potasio

Para medir estos indicadores y tener información de referencia, se tuvo en cuenta lo reportado en los análisis de suelo para la línea base y las dos mediciones realizadas en las estrategias implementadas en las fincas.

Para el **piequemonte**, cerro Zamaricote se midieron estos indicadores en 6 fincas y en 4 estrategias: Huertas caseras, Bancos Mixtos de Forraje, Topochera en majadeo y Restauración. Para el año 2016 la medición fue la línea base y en el año 2017 se tomaron los resultados de avance.

En cada finca se levantaron los datos de los indicadores en la estrategia implementada y adicional a ello se midió un testigo, que en la mayoría de las fincas fueron áreas con pasturas que dominan la matriz de paisaje de la finca. Para el caso de estas 6 fincas de piedemonte, todos los sitios testigo tenían pasturas introducidas del género *Brachiaria sp.* En los casos de la estrategia de restauración, además de las mediciones en los sitios testigo, se tomaron muestras en los bosques cercanos a las estrategias para tener un referente de lo que se quiere lograr con las zonas restauradas, esto es recuperar la vegetación perdida por diferentes factores como son la ampliación de zonas para el pastoreo, quemas, entre otros.

Para la **sabana inundable** se midieron estos indicadores en 5 fincas y en 3 estrategias: Núcleos de sombrío, Topochera en majadeo y Restauración. Todos los sitios testigo fueron en sabana nativa. Para el año 2016 la medición fue la línea base y en el año 2017 se tendrían los resultados de avance.

A continuación, se presenta una síntesis promedio de resultados de los diversos indicadores en las 2 mediciones realizadas durante la ejecución del proyecto (años 2016 y 2017).

2.4.1 Resultados Indicadores físicos

a. Textura del suelo

La textura del suelo se midió con el método de Boyucos, los resultados con este método fueron analizados en el

laboratorio de suelos de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria-Corpoica Tibaitatá.

Para este indicador solo se tiene la información del 2016, no se midió en el 2017 pues la textura es una condición natural del suelo y es poco probable cambiarla, sin embargo, es importante medirla para relacionarla con otros indicadores.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis físico (textura) del suelo para el paisaje de **piequemonte**, cerro Zamaricote, y la estrategia implementada en cada finca. Los resultados de la textura del suelo, corresponde a los resultados del promedio de toda la finca.

Tabla 6. Resultados de textura del suelo en el paisaje del piedemonte del cerro Zamaricote

Fincas Piedemonte	Estrategia	Textura
1. El Alcaraván	Banco mixto forraje	Areno-Franca
2. Esmeralda 1	Banco mixto forraje	Areno-Franca
2. Esmeralda 2	Huerta casera	Areno-Franca
3. El Guamo	Huerta casera	Franco-Arenosa
3. El Guamo	Topochera en majadeo	Franco-Arenosa
4. Mata de palma	Topochera en Majadeo	Franco-Arenosa
5. La Camburera	Restauración	Franco-Arenosa
	Bosque	Franco-Arenosa
6. El Porvenir	Restauración	Franco-Arcillosa
	Bosque	Franco-Arcillosa

Fuente: Para textura laboratorio de suelos de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria "Corpoica" Tibaitatá

Los resultados de los análisis físicos de suelos del laboratorio de Corpoica de las fincas de piedemonte - cerro Zamaricote reportan que en general se encuentra: diferentes clases texturales, desde la textura Arenosa Franca (AF), seguida de la Franco Arenosa (FA) también se encuentran texturas Arcillosas y Arcillo Arenosas en algunas fincas.



En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis físico (textura) del suelo para el paisaje de **sabana**, y la estrategia implementada en cada finca. Los resultados de la textura del suelo, corresponde a los resultados del promedio de toda la finca.

Tabla 7. Resultados de textura del suelo en el paisaje de sabana inundable

Fincas sabana inundable	Estrategia	Textura
1. Los Alacranes	Núcleo de sombrío	Franca, Franco-Arcillo-Limosa
2. Alcalá	Núcleo de sombrío	Franco-Limosa, Franco-Arcillosa
3. Acapulco	Topochera en majadeo	Franco, Arcillosa
	Restauración	Franco, Arcillosa
3. Acapulco	Bosque con encierro	Franco, Arcillosa
	Bosque sin encierro	Franco, Arcillosa
4. Birmania	Topochera en majadeo	Franco-Arenosa, Franco-Arcillosa
5. RNSC La Florida	Restauración	Areno-Franca, Franco-Arcillo-Limosa
	Bosque	Franco-Arenosa, Franco-Arcillosa

Fuente: Para textura laboratorio de suelos de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria "Corpoica" Tibaitatá

Los resultados de los análisis físicos de suelos del laboratorio de Corpoica-Tibaitatá para las fincas de sabana inundable, en general reportan que se encuentra: diferentes clases texturales, desde la textura Arcillosa-Ar a la Arenosa-A.

Así mismo se encuentran texturas diferentes entre los suelos de piedemonte y los suelos de sabana, siendo las texturas entre ligeras a medias para el piedemonte y entre medias a fuertes para sabana. Las texturas se deben conocer, pero no son comparables porque es una condición natural debido al material parental de formación de los suelos. En relación con las estrategias lo importante era que los propietarios entendieran que textura de suelo tenían, y conversar sobre el tema de adaptación de las especies a esos suelos.

b. Profundidad del suelo

La profundidad del suelo se midió con un Penetrómetro análogo, que en realidad se conoce como un medidor de compactación, en el cual un indicador tipo reloj muestra las siguientes escalas (Agrotonix, 2014):

- ✓ Verde (0 a 200 psi. 0 a 13,61 atmósferas) buenas condiciones para el cultivo.
- ✓ Amarillo (200 a 300 psi. 13,61 a 20,41 atmósferas), regulares condiciones para el cultivo.
- ✓ Rojo (300 psi y más alto. 20,41 atmósferas y más alto), malas condiciones para el cultivo.

Las medidas con este Penetrómetro análogo no son precisas, para tomar medidas más exactas se requiere de un equipo muy especializado, por lo tanto, las cifras resultantes de esta medición son estimativas, indican un rango de resistencia a la penetración y sirven para lo que se requiere en este escenario de medición.

Para el trabajo en campo la vara del Penetrómetro previamente fue marcada con cinta por centímetros (cm), que al hacer el cálculo se convirtieron a pulgadas (1 cm = 0,39370), para tomar la medida estimativa indicada con el Penetrómetro en PSI.

1. 5cm = 1,97 pulgadas
2. 10 cm = 3,94 pulgadas
3. 15 cm = 5,91 pulgadas
4. 20 cm = 7,87 pulgadas
5. 25 cm = 9,84 pulgadas
6. 30 cm = 11,81 pulgadas

Se tomó el Penetrómetro con las dos manos y se hizo presión hacia abajo teniendo cuidado de tomar registro en cada sitio marcado con la cinta (medidas), se inició a tomar la resistencia a la compactación desde 1,97 pulgadas de profundidad hasta la pulgada 11,81, como se observa en las fotografías.



Los registros de la medición del año 2016 y 2017 en este indicador evaluado en las 6 fincas y en las 4 estrategias, así como en el testigo, fueron pasados a una hoja de campo y posteriormente se hizo una sistematización de todos ellos para promediar la información obtenida para el piedemonte, cerro Zamaricote, tal como se observa en la siguiente tabla.



Tabla 8. Resultados promedio de profundidad del suelo en piedemonte en relación con las estrategias implementadas (años 2016-2017).

Fincas por paisaje	Estrategia	Profundidad (libras/pulgadas ²)					
		1	2	3	4	5	6
		1,97	3,94	5,91	7,87	9,84	11.81
Piedemonte							
El Alcaraván	Banco mixto forraje	75-125	100-150	100-150	100-150	100-150	100-150
	Testigo	100-150	150-200	225-275	200-250	175-225	125-175
La Esmeralda 1	Banco mixto forraje	75-125	150-200	125-175	125-175	125-175	125-175
	Testigo	125-175	225-300	175-225	175-225	150-200	125-175
	Huerta Casera	50-100	50-100	50-100	75-125	100-150	75-125
	Testigo	125-175	225-300	175-225	175-225	150-200	125-175
El Guamo	Huerta Casera	0-50	25-75	75-125	150-200	125-175	150-200
	Testigo	175-250	175-225	125-175	150-200	125-175	100-150
	Topochera - majadeo	75-125	75-125	75-125	50-100	50-100	50-100
	Testigo	175-250	175-225	125-175	150-200	150-200	100-150
Mata de Palma	Topochera - majadeo	125-175	200-250	175-250	225-275	175-225	150-200
	Testigo	150-200	175-225	175-250	175-250	150-200	175-225
La Camburera	Restauración	100-150	150-200	200-250	200-250	225-275	225-275
	Bosque	50-100	75-125	125-175	175-225	150-200*	200-250*
	Testigo	100-150	125-175	175-225	175-225	225-275	No-
El Porvenir	Restauración	100-150	175-250	225-300	225-300	225-300	150-200*
	Bosque	200-275	175-225	275-350	275-350	No	No
	Testigo	175-225	175-225	175-225	175-225	150-200	150-200

*corresponde solo a una medición porque no fue posible realizar la segunda por tener poca profundidad ese suelo

Como el medidor de compactación ayuda a medir a profundidad de los suelos, los resultados se dan en PSI (libras/pulgadas²), indicando la resistencia a la penetración o la presión que se realiza al introducir el Penetrómetro en el suelo; la literatura indica diferentes valores de PSI: 1). los valores de 0-200 PSI, manifiestan áreas no compactadas; 2). Los valores de 100-200 PSI, presentan suelos con regulares condiciones para la producción; 3). Los valores de 300 y más, indican suelos compactados, con una difícil capacidad de penetración de las raíces (Agrotonix, 2014); para el consolidado se tomaron en amarillo, todos los rangos que superaron los 200 PSI, y en rojo todos los rangos que superaron los 300 PSI, (segundo rango), teniendo en cuenta que para cada profundidad se tomaron dos rangos, para indicar el valor en el que se encontraba el suelo.

Se evidencia por la información consolidada en la tabla anterior, que en general y para las 6 profundidades se presentan entre buenas y regulares condiciones en el suelo para el desarrollo de las plantas. En todas las áreas testigo a diferentes profundidades, se presentan rangos por encima de 200. También se presentan condiciones regulares en las áreas con implementación de estrategias en las fincas Mata de Palma, La Camburera, y El Porvenir, debido a que los terrenos estaban expuestos al pisoteo continuo del ganado, lo que ha sumado para la compactación del suelo, así mismo el perfil del suelo no era profundo y se encontraron rocas cercanas a la superficie.

En las áreas en las que se estableció el Banco Mixto de Forraje-BMF, los suelos presentaron buenas condiciones para el desarrollo de las plantas, lo que indica un manejo

sostenible del recurso suelo en estas áreas; no obstante en las áreas testigo que estaban con pastos introducidos se presentaron niveles regulares para el desarrollo de las plantas, pues son terrenos en los que se tiene dificultad a la penetración, lo que demuestra cierto grado de compactación en el suelo que está afectando la penetración de las raíces y el desarrollo normal de las mismas generando baja calidad de los suelos en esas áreas.

En los terrenos donde se implementaron las Huertas Caseras los suelos no tienen problemas de compactación, por lo tanto tienen buenas condiciones para el desarrollo de plantas, esto obedece a las prácticas de manejo sostenible del recurso suelo: como uso adecuado de implementos agrícolas, adición de materia orgánica, uso de coberturas vegetales y otros, que han permitido que estos suelos tengan una mejor calidad. Los suelos de las áreas testigo presentan condiciones regulares para el desarrollo de plantas en algunas profundidades, lo perjudicial del asunto, es que estas condiciones se encontraron en los primeros niveles de profundidad, lo que impide el crecimiento de nuevas plantas que apenas están empezando a desarrollar su sistema radicular, y esto obedece seguramente a las prácticas de manejo inadecuadas que han venido haciendo los productores hace más de 10 años.

Los suelos donde se implementó la Topochera en Majadeo muestran que en la finca el Guamo por ejemplo tiene buenas condiciones para el desarrollo de plantas, mientras que en la finca Mata de Palma las condiciones son regulares, lo que sugiere que esa capa de suelo no se ha manejado adecuadamente (el señor manifestaba

haber talado y quemado incluso para sembrar), por lo tanto es necesario incrementar la materia orgánica a este suelo así como usar implementos adecuados para las labores agrícolas y no volver a quemar. Las áreas testigo también muestran condiciones regulares para el desarrollo de las plantas presentándose resistencia a la penetración, lo que sugiere que son áreas que fueron manejadas de manera inadecuada por largos periodos de tiempo posiblemente compactadas por el pisoteo del ganado.

Con respecto a los suelos donde se realizó Restauración, se presentaron condiciones regulares de compactación para las pulgadas 5,91' a la 11,81' de la finca La Camburera, y en las pulgadas 3,94' a la 11,81' de la finca el Porvenir, lo que sugiere que en estas áreas no se tenía un uso adecuado de los suelos lo que conlleva a dificultades para el desarrollo de las plantas; sumado a ello el perfil del suelo es poco profundo, por lo tanto en algunos lugares se dejó el rango que corresponde al de una medición (*). El suelo del bosque también presentó problemas de compactación y rocas muy cercanas a la superficie del suelo. En el área testigo se presentan condiciones regulares del crecimiento de las plantas y poca profundidad del suelo. Estos resultados indican que el manejo que se estaba haciendo al suelo no era el adecuado y seguramente el ganado ha estado accediendo a estas áreas durante muchos años; y aunque ahora los propietarios están cambiando a un manejo sostenible del suelo, estos cambios no son evidentes de un año a otro, pero se espera que en el mediano plazo la condición de estos suelos mejore para bien de los productores.





Para la sabana inundable, los registros de la medición de los años 2016 y 2017 en este indicador se evaluaron en 5 fincas y en 3 estrategias, así como en el testigo que era sabana nativa. Estos datos fueron pasados a una hoja

de campo y posteriormente se hizo una sistematización de todos los registros para promediar la información, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 9. Resultados promedio de profundidad del suelo en sabana en relación con las estrategias implementadas (años 2016-2017).

Fincas por paisaje	Estrategia	Profundidad (libras/pulgadas 2)					
		1	2	3	4	5	6
		1,97	3,94	5,91	7,87	9,84	11.81
Sabana inundable							
Los Alacranes	Núcleo de sombrío	75-125	75-125	75-125	75-125	50-100	50-100
	Testigo	125-175	150-200	125-175	75-125	100-150	50-100
Alcalá	Núcleo de sombrío	25-75	0-50	25-75	25-75	75-125	50-100
	Testigo	100-150	100-150	125-175	125-175	100-150	100-150
	Restauración	100-150	125-175	100-150	100-150	100-150	100-150
Acapulco	Bosque con encierro	125-175	125-175	125-175	100-150	100-150	100-150
	Bosque sin encierro	150-200	150-200	125-175	100-150	125-175	150-200
	Testigo	150-200	125-175	125-175	150-200	125-175	150-200
	Topochera – majadeo	125-175	100-150	100-150	75-125	125-175	75-125
	Testigo	150-200	125-175	125-175	175-225	125-175	150-200
Birmania	Topochera - majadeo	75-125	125-175	100-150	50-100	75-125	100-150
	Testigo	100-150	175-225	225-300	175-225	225-300	225-300
RNSC La Florida	Restauración	100-150	100-150	150-200	150-200	175-225	125-175
	Bosque	125-175	150-200	125-175	125-175	100-150	125-175
	Testigo	150-200	175-225	200-250	175-225	125-175	75-125

*corresponde solo a una medición porque no fue posible realizar la segunda por tener poca profundidad ese suelo

En la tabla anterior se observa que la mayoría de los suelos donde se implementaron las estrategias se encuentran con buenas condiciones para el desarrollo de las plantas y se encuentran en los rangos de menos de 200 PSI, lo que quiere decir que no están compactados. No obstante, en las áreas testigo de Acapulco, Birmania y La Florida se presentan condiciones regulares (resaltado en amarillo) para el desarrollo de las plantas, aunque en algunos casos, estas condiciones han ido cambiando y debe prestarse mayor atención a las acciones de manejo sostenible del suelo, para que estos no tengan problemas con la profundidad y las plantas puedan desarrollarse sin dificultad, de esta manera se mejorará la calidad y la cantidad de forraje disponible para la ganadería.



En las áreas donde se implementaron los núcleos de sombra indican una mejor condición para el desarrollo de las plantas, respecto a las áreas testigo, aunque tampoco en estas se presenta compactación.

Los resultados reflejan que no hay resistencia a la penetración en los suelos con la estrategia de topochera en

majadeo, lo que indica un mejor manejo de suelo en estas áreas seguramente por el aporte de materia orgánica, las coberturas vegetales, el uso adecuado de implementos agrícolas y herramientas. Sin embargo, en el área testigo de la finca Birmania, se encontraron condiciones regulares en casi todas las profundidades para el desarrollo de plantas, posiblemente indicando que en estos suelos se estaba realizando un uso inadecuado los mismos, con una alta carga animal, lo que ayudó a generar esas condiciones. Es de resaltar que este tipo de indicador no cambia fácilmente, por lo tanto, se espera que en el futuro se mejoren estas condiciones de compactación.

Por otro lado, en la RNSC La Florida se presentan suelos con buena capacidad para el desarrollo de las plantas en las áreas de restauración y bosque, a excepción de los problemas de compactación en la profundidad de la pulgada 9,84' en la zona de restauración, lo que podría dificultar el desarrollo de raíces en ese suelo. Así mismo, en las áreas testigo se encontraron condiciones regulares para la penetración de las raíces en el suelo y lógicamente en el desarrollo de plantas, esto se debe a que es un área en la que se encuentra permanentemente la ganadería y aunque estas condiciones se han venido mejorando para tener rotación de la sabana, los resultados se verán en el mediano y largo plazo.

Se puede observar que de acuerdo a los resultados consolidados para profundidad del suelo en las tablas 8 y 9, en general los datos para el paisaje de sabana son mejores respecto a la información registrada para el piedemonte, y esto puede obedecer a que la sabana no presenta una alta pedregocidad en áreas cercanas a las superficies del suelo, y que los suelos de sabana han tenido históricamente vocación ganadera, que se respalda con lo que reporta el libro de suelos de Casanare, del IGAC, 2014; lo que no es igual para el área de piedemonte, cerro Zamaricote.

c. Densidad aparente

Para medir la densidad aparente (Dap) se usaron dos cilindros biselados de volumen conocido, el primero se puso sobre la superficie del suelo con el borde biselado

hacia abajo, con la ayuda del bloque de manera y del mazo se introdujo completamente en el suelo dando pequeños golpes, luego se puso el otro cilindro con el borde biselado hacia arriba y se hizo el mismo procedimiento con el mazo y el bloque de madera, una vez hecho esto, se tomó la palita jardinera y se sacó la muestra del suelo en el lugar donde estaban los cilindros, se descartó la muestra de suelo que estaba más cercana a la superficie, sólo se tuvo en cuenta el suelo que estaba dentro

del primer cilindro; la muestra se pesó en una balanza o gramera con capacidad de 0,1 gramos-g – 500 g, se guardó la muestra en bolsa ziploc, se rotuló y se guardó para ser llevada al laboratorio. Este procedimiento se hizo con todas las muestras para densidad aparente en las fincas seleccionadas, tanto en las áreas con acciones implementadas, así como también en las zonas testigo; como se observa en las siguientes fotografías.



Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Fisiología de la Universidad de los Llanos, allí fueron puestas en bolsas de papel debidamente rotuladas y se dejaron en un horno secador a 100 grados centígrados durante 3 días, con el objetivo de deshidratarlas para luego ser pesadas.

Luego de ser deshidratadas las muestras fueron pesadas nuevamente en la gramera y se aplicó la fórmula para conocer la densidad aparente. $Dap = \frac{\text{peso suelo seco (g)}}{\text{volumen del cilindro cm}^3}$ donde: Dap: Densidad aparente, g: gramos y cm³: centímetros cúbicos.

En la siguiente tabla se reportan los valores ideales de Dap, respecto a la textura del suelo y los niveles críticos que influyen en el crecimiento radicular. Se puede evidenciar que los valores de densidad aparente cambian de acuerdo a la clase textural de los suelos. Estos datos comparados con los análisis físicos de los suelos, permiten determinar la calidad de los suelos para el manejo sostenible del mismo. Teniendo como referente esta tabla, se interpretaron los resultados de la densidad aparente realizados en las 2 mediciones.

Tabla 10. Valores referentes ideales para la relación general entre la densidad aparente del suelo y el crecimiento radicular con base en la textura.

Textura del suelo	Densidad aparente ideal (g/cm ³)	Valor de densidad aparente que puede afectar el crecimiento de raíces (g/cm ³)	Valor de densidad que restringe el crecimiento de raíces (g/cm ³)
Arena, areno-franco	<1,60	1,69	>1,80
Franco-arenosa, franco	<1,40	1,63	>1,80
Franco-arcillo-arenosa, franco, franco-arcillosa	<1,40	1,60	>1,75
Limoso, franco-limoso	<1,30	1,60	>1,75
Franco-limoso, franco-arcillo-limoso.	<1,40	1,55	>1,65
Arcillo-arenosa, arcillo-limoso, algunas franco-arcillosas (35-45% arcilla)	<1,10	1,39	>1,58
Arcillosa (>45% de arcilla)	<1,10	1,39	>1,47

Tomado de: Guía para la evaluación de la calidad y la salud del suelo. (USDA, 1999).

La densidad aparente, es importante porque permite medir el peso del suelo sobre un volumen, esto incluye el espacio poroso del suelo, es decir los espacios que el suelo tiene en su interior para el almacenamiento del agua y del aire (Rojas, 2012).

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la densidad aparente para el paisaje de piedemonte, cerro

Zamaricote de este indicador evaluado en 6 fincas y en 4 estrategias, así como en el testigo. Datos de las mediciones 2016 y 2017, que fueron pasados a una hoja de campo y posteriormente se hizo una sistematización de todos los registros para promediar la información obtenida.

Tabla 11. Resultados de la densidad aparente y textura del suelo para el piedemonte en relación a las estrategias (años 2016 y 2017).

Fincas por paisaje	Estrategia	Prueba*		Textura suelo promedio
		Densidad Aparente		
Piedemonte		muestra g/cm ³	testigo g/cm ³	
1. El Alcaraván	Banco mixto forraje	1,57	1,72	Franco-Arenosa y Franco-Arcillo-Arenosa
2. Esmeralda 1	Banco mixto forraje	1,38	1,60	
	Huerta casera	1,50	1,60	
3. El Guamo	Huerta casera	1,18	2,01	
	Topochera en majadeo	1,73	2,01	
4. Mata de palma	Topochera en majadeo	1,56	1,60	
5. La Camburera	Restauración	1,66	1,37	
	Bosque	1,70	1,37	
6. El Porvenir	Restauración	1,73	1,62	
	Bosque	1,64	1,62	
Media		1,57	1,65	

Los resultados de la tabla anterior reflejan que en promedio para el piedemonte, en relación a la textura general de los suelos de las fincas evaluadas y teniendo como referencia los valores de la tabla 10, donde el valor de la densidad aparente ideal es para estas texturas debe ser menor a 1,40 g/cm³, se observa que en la mayoría de los casos las plantas pueden tener problemas en el crecimiento de raíces debido a la resistencia que se presenta en el suelo, y la disminución de espacios porosos que limita la el movimiento del agua y la oxigenación del suelo como reporta Rojas, 2012. No obstante, la densidad aparente que se observa en las áreas testigo es aún mayor y en algunos casos supera el valor de 1,75 g/cm³ como en la Finca El Guamo. Por lo tanto, se hace necesario seguir aplicando los criterios de manejo sostenible del recurso suelo para mejorar la calidad del mismo y para que los propietarios puedan tener más capacidad de adaptación al cambio climático, porque las estrategias implementadas están mejorando el recurso, teniendo en cuenta que ha sido muy poco el tiempo de implementación y se espera que en el mediano plazo estos datos cambien positivamente.

Para el caso de la densidad aparente del suelo en el banco mixto de forraje-BMF como estrategia implementada, en general fueron mejores a los resultados encontrados en estos suelos que los de las áreas testigo; lo que hace pensar que en las fincas esta estrategia ha ayudado a mejorar esta característica importante para el suelo debido a que las especies usadas para el establecimiento del BMF son gramíneas en su mayoría, cuyas raíces secundarias penetran en el suelo aumentando la cantidad de poros presente en esos suelos, mejorando la aireación y permitiendo que las especies sembradas se desarrollen de una manera más adecuada. Sin embargo, estas acciones se han realizado en un corto periodo de tiempo, y es importante hacer mediciones posteriores para conocer mejor el avance en estas características que cambian progresivamente.

La densidad aparente del suelo donde se establecieron las huertas caseras, en promedio fue muy superior a la encontrada en las áreas testigo donde incluso sobrepasa el valor que restringe el crecimiento de las raíces en todas las texturas, pues las plantas no pueden penetrar bien en el suelo y tomar los nutrientes que necesitan para su

desarrollo, afectando directamente al hombre o los animales, por otro lado el suelo se hace más impermeable por no tener espacio poroso, haciendo que se sature rápidamente de agua y se pierda por escorrentía. Las cifras muestran que el suelo en el que se ha implementado la huerta casera, no solo está mejorando su potencial productivo, sino que además tiene un manejo sostenible del mismo, y adicional a ello esta estrategia está aportando a la seguridad alimentaria de las familias que es fundamental para la adaptación al cambio climático.

En el suelo donde se implementó la topochera en majadeo, se encontraron valores por encima del rango ideal, pero más bajos que los reportados en las áreas testigo, lo que sugiere que la topochera en majadeo contribuye al manejo sostenible del recurso suelo para la adaptación al cambio climático y a que además contribuye a la relación suelo-planta-animal, pues el ejercicio de majadear permite la incorporación de materia orgánica en el suelo, que por acción de los organismos del suelo (micro-meso-macro), será descompuesta, para que las plantas puedan tomar los nutrientes disponibles y de esta manera tener una mejor nutrición con el objeto de producir alimento para las personas, además en estas topocheras, no solo se siembra plátano como única fuente

de alimento, sino que el productor aprovecha el espacio entre calles y hace arreglos con otras especies, como yuca, maíz y ahuyama, lo que aumenta la diversidad de especies, contribuyendo a que se minimicen los daños en los cultivos por plagas.

El promedio de la densidad aparente en el caso de la restauración, se encontraron mejores rangos en las áreas testigo. Algunas hipótesis para argumentar el porqué de estas cifras en el piedemonte en el área en la cual se está desarrollando la estrategia podría ser que son áreas con pendiente, zonas de poca profundidad del suelo y/o que han sido sometidas al pisoteo continuo de ganado, esto ha influenciado para que se encuentre compactación en el suelo, en la finca El Porvenir por ejemplo, el área en la que se encuentra la Restauración era una zona donde había ganadería, a pesar de ser una zona de ladera, mientras que las zonas testigos son áreas más planas y con pequeñas pendientes. No obstante, la restauración puede contribuir a mejorar estos suelos de altas pendientes, pues con el establecimiento de un área aislada y restaurada se restringe el paso del ganado, mejorando así estos suelos, llevando a disminuir la densidad aparente y a que se mejoren en el largo plazo las condiciones de esos suelos.



A continuación, se presentan los resultados de la densidad aparente para el paisaje de sabana inundable de este indicador evaluado en 5 fincas y en 3 estrategias, así como en el testigo. Datos de las mediciones 2016 y

2017, que fueron pasados a una hoja de campo y posteriormente se hizo una sistematización de todos los registros para promediar la información obtenida como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Resultados de la densidad aparente y textura del suelo para la sabana en relación a las estrategias (años 2016 y 2017).

Fincas por paisaje	Estrategia	Prueba*		Textura suelo promedio
		Densidad Aparente		
Sabana Inundable		muestra g/cm ³	testigo g/cm ³	
1. Los Alacranes	Núcleo de sombrío	1,46	1,57	Franco y Franco-Arcillosa
2. Alcalá	Núcleo de sombrío	1,60	1,63	
3. Acapulco	Topochera en majadeo	1,55	1,46	
	Restauración	0,99	1,46	
	Bosque con encierro	1,11	1,46	
	Bosque sin encierro	1,25	1,46	
4. Birmania	Topochera en majadeo	1,54	1,65	
5. La Florida	Restauración	1,52	1,65	
	Bosque	1,58	1,65	
Media		1,40	1,56	

Los resultados para estas fincas de sabana inundable en promedio indican que la densidad aparente en la mayoría de las estrategias está en el nivel ideal (1,40 – 1,60 g/cm³), excepto los resultados de la finca Alcalá que están levemente por encima del valor adecuado. Por otro lado, en las áreas testigos algunas fincas si reflejan un valor alto para densidad aparente, por lo que podría estar afectando el crecimiento de las plantas en estas zonas, aunque no es tan significativo el cambio teniendo en cuenta que el testigo es sabana nativa.

En los núcleos de sombrío implementados, la densidad aparente en promedio es menor a la densidad aparente para las áreas testigo respecto a la textura del suelo. Sin embargo, no se puede inferir que haya problemas en el crecimiento de raíces en las zonas testigos, pero si puede deducirse que los núcleos de sombrío si aportan al manejo sostenible del recurso suelo, pues disminuye la densidad aparente de los mismos, mejorando su calidad. Se espera con el paso del tiempo que las plantas sembradas en estos núcleos también hagan aportes de materia orgánica (con la hojarasca), lo cual contribuirá al mejo-

ramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas de estos suelos.

Los resultados para densidad aparente del suelo en la topochera en majadeo, tienen una mínima diferencia en promedio en relación a la densidad aparente para las áreas testigo. Hay que considerar que es poco el tiempo de implementación de esta estrategia peor permite decir que se está aportando al manejo sostenible del recurso suelo, porque está cambiando su potencial productivo, puesto que los productores al tener áreas establecidas para topocheras, aprovechan estos espacios y siembran otras especies que contribuyen a la seguridad alimentaria de sus familias, además por el majadeo se hace un aporte importante de materia orgánica, esto puede mejorar la abundancia de especies de macrofauna en los suelos, aumentando así la vida del mismo, y adicional a ello la diversidad de especies traen otros beneficios en el ecosistema, tales como una disminución de especies plagas en los sistemas productivos por la variedad de plantas, garantizando una mejor relación del suelo-planta-animal, pues el animal está aportando materia orgánica al suelo, esta

materia orgánica será tomada por los organismos del suelo y se hará disponible para que las plantas puedan tomar los nutrientes, así se tendrán plantas sanas y productivas.

Para las áreas donde se implementó la restauración la densidad aparente, son menores en promedio con relación a las áreas testigo de acuerdo a la textura del suelo. En la finca Acapulco en la restauración y bosque la densidad aparente del suelo es bastante menor frente a las áreas testigo, de esto se puede inferir que esta estrategia sí está aportando al manejo sostenible del recurso suelo. Por otro lado, en la restauración y el bosque de la RNSC La Florida, es un poco menor respecto al testigo, pero se ha mejorado la densidad aparente del suelo, y esto puede deberse a que estos son bosques de galería que permiten el tránsito del ganado y son refugio en las noches y en tiempos de lluvia, para estos animales, lo que hace que sean suelos más pisoteados y presenten menos porosidad

Lo anterior respecto a este indicador, permite decir que las estrategias de adaptación al cambio climático implementadas, ayudan a mejorar las características físicas de estos suelos con cada acción que se realiza, porque el uso de coberturas y el aporte de materia orgánica, mejoran la porosidad de los suelos disminuyendo la densidad

aparente, mejorando la infiltración de agua en el suelo, permitiendo que las raíces penetren mejor, ayudando de esta manera a un manejo sostenible del suelo.

2.4.2 Resultados Indicadores químicos

a. Materia Orgánica (C* y N* orgánico), pH, Nitrógeno-N, Fosforo-P, Potasio-K, Capacidad de intercambio catiónico

Los resultados de los indicadores químicos, se toman de los análisis de suelos que se realizaron por duplicado en cada una de las 20 fincas del piedemonte, cerro Zamarcote y las 20 fincas de sabana inundable, para esta última se tomaron muestras en los ecosistemas de banco y bajo. Los métodos para determinar estos indicadores en los laboratorios de Unillanos y Corpoica, fueron: para Materia Orgánica (M.O) el método de Walkley & Black; para el pH el método potenciométrico (usando el Potenciómetro equipo para medir pH); para determinación el Fosforo el método de Bray II; para el Potasio intercambiable el método Acetato de amonio 1N pH 7, y para determinar la capacidad de intercambio catiónico el método de suma de cationes. En la siguiente tabla se reportan los resultados para el piedemonte y para sabana inundable.



Tabla 13. Resultados del promedio de los indicadores químicos de los suelos de piedemonte y sabana inundable año 2016.

Promedio de análisis de suelos/ Paisaje			
Análisis	Piedemonte (40 muestras)	Sabana Inundable (Banco – 40 muestras)	Sabana Inundable (Bajo – 40 muestras)
CIC	4,63	11,6	3,81
pH	4,8	4,6	4,73
M.O	1,69	1,8	2,61
P ppm	4,43	10,8	31,04
Elementos mayores CATIONES meq/100g suelos	Al	0,7	1,3
	Ca	1,77	0,4
	Mg	1,16	0,1
	K	0,29	0,1
	Na	0,08	0,1
Elementos menores CATIONES (ppm)	Cu	2,14	1,9
	Fe	163,74	246,3
	Mn	20,99	15,1
	Zn	2,53	1,5
	B	0,22	0,5
	S	4,04	2,9

Abreviaturas: MO: Materia Orgánica - P: Fosforo - Al: Aluminio - Ca: Calcio - Mg: Magnesio - K: Potasio - Na: Sodio - Cu: Cobre - Fe: Hierro - Mn: Manganeso - Zn: Zinc - B: Boro - S:Azufre - ppm: partes por millón - meq/100g: mili equivalentes por 100 gramos de suelos - CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad de los Llanos. Laboratorio de suelos de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria "Corpoica" Tibaitatá

Para el paisaje de piedemonte, cerro Zamaricote en general se encuentra: suelos con pH ácidos. Tienen bajos contenidos de materia orgánica menos 2%. El Aluminio-Al intercambiable es normal con valores menores a 1 suelos-meq/100g, para la mayoría de las fincas. Los contenidos de Calcio-Ca en promedio presenta valores bajos (rangos menores a 2 meq/100g). El contenido de Magnesio-Mg tiene valores bajos. Los rangos promedios de Azufre-S para también son bajos. El contenido de Potasio-K de estas fincas tiene valores medios. Los contenidos de Fósforo-P son muy bajos con rangos menores a 6 ppm. Los valores del contenido de Cobre-Cu son medios. El Hierro-Fe en este paisaje es muy alto, pero estos valores son normales para este tipo de suelos. Los contenidos de Zinc-Zn son bajos. Los contenidos de Boro-B en promedio son bajos. El contenido de Manganeso-Mn es alto con rangos mayores a 10 ppm.

Para el caso de la sabana inundable en general se encuentra suelos con pH ácidos; con pobres contenidos de materia orgánica especialmente en el banco (debajo de 2%), y contenidos medios (2-4%) en el ecosistema de bajo. Contenidos de Fosforo-P en partes por millón (ppm) limitantes en el banco y concentraciones medias en el bajo; los contenidos de Calcio-Ca en promedio son mínimos tanto para el banco como para el bajo. La concentración de Magnesio-Mg tiene valores bajos menores a 1 meq/100g. Los contenidos de Potasio-K en los dos ecosistemas de banco y bajo están por debajo del nivel normal. El Sodio-Na para estos suelos tiene contenido normal a nivel general. La sabana inundable tiene promedios bajos de Azufre-S en el banco y en el bajo. El rango para el elemento Aluminio-Al en el ecosistema de banco es bajo y para el ecosistema bajo tiene valores normales, aunque se presenta en algunas fincas niveles restrictivos que deben ser manejados. La concentración

de Cobre-Cu es media. Los valores encontrados en promedio para Hierro-Fe están por encima de 200 ppm que es lo medido para toxicidad de plantas, sin embargo, debe revisarse en qué áreas hay estos valores específicamente porque estos son promedios, y si se están presentando problemas en el desarrollo de las plantas. Los valores de Manganeso-Mn son altos en los dos ecosistemas. Los niveles de Zinc-Zn en el paisaje son bajos (menos de 3 ppm). Los contenidos de Boro-B son medios para los dos ecosistemas de banco y bajo.

Podría decirse que los contenidos de elementos mayores y menores, en los suelos de ambos paisajes son los esperados debido al origen de formación de estos suelos. Los ganaderos podrán suplir las deficiencias de estos elementos a través de las sales mineralizadas que le ofrecen al ganado, pero debe hacerse en la cantidad requerida nutricionalmente para los animales y de forma permanente, lo que hará que mejoren su condición de mantenimiento y producción.



2.4.3 Resultados indicadores biológicos

a. Temperatura del suelo en relación a cobertura vegetal

La temperatura del suelo es un indicador importante, pues es variable, cambia dependiendo de la cantidad de radiación solar que llega al suelo, por condiciones de humedad, por textura, entre otros (Doran y Parkin, 1994); Además está asociada a la temperatura atmosférica, al ser el suelo un aislante del flujo del calor entre la tierra y la atmosfera. Está estrechamente relacionada con la actividad biológica del suelo, la evaporación, las reacciones químicas, la mineralización, la acumulación de materia orgánica, entre otras (Rojo, 2005. Jamioy, 2011). Indica que tanto calor está recibiendo el suelo durante el

día y como indicador para el manejo sostenible del suelo muestra como la intensidad de la radiación solar que entra al suelo puede ser disminuida con el uso de cobertura vegetales y a partir de allí mantener temperaturas que no afecten la vida del suelo y las reacciones químicas presentes en el mismo.

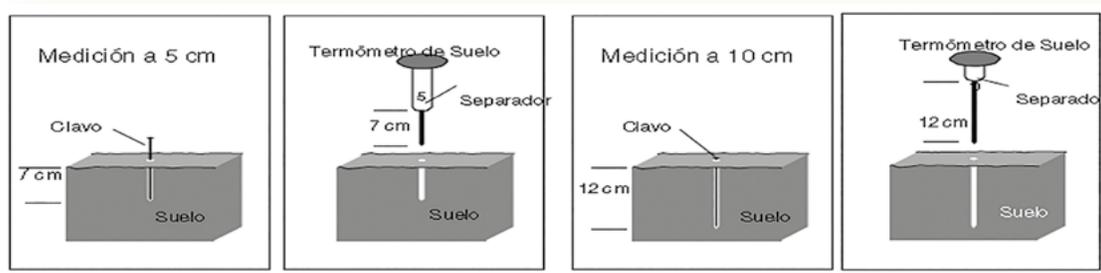
Comparar la temperatura del suelo en áreas diferentes para determinar el umbral de cambio entre ellas, es un indicador importante del manejo sostenible del recurso suelo.

Por ello, en el desarrollo del proyecto se midió la temperatura en tres áreas diferentes de las fincas beneficiarias (sin cobertura, con cobertura herbácea, con cobertura arbórea), tomando en cada una de ellas los datos de la temperatura: i) durante la época seca (marzo), ii) la tran-

sición de seca a lluvias (abril), iii) época de lluvias (junio) y iv) la transición de época de lluvias a época seca (noviembre), durante tres veces al día, tres días a la semana. Se seleccionaron por cada uno de los paisajes 3 fincas, en el piedemonte cerro Zamaricote las fincas Carimagua, La Esmeralda 1 y El Alcaravan y en sabana inundable las fincas Acapulco, Aves D`Jah y Remolino.

Tomando un clavo, se midió 7 cm, se insertó el clavo en el suelo y luego se colocaba el termómetro en el agujero durante 2 minutos, se registró la temperatura en grados centígrados en la libreta, luego se insertó el clavo hasta 12 cm, se puso el termómetro nuevamente durante 2 minutos, se escribió el dato en la libreta, tal como se muestra en la figura 1. Esto se hizo en cada área de la finca (sin cobertura, con cobertura herbácea, con cobertura arbórea).

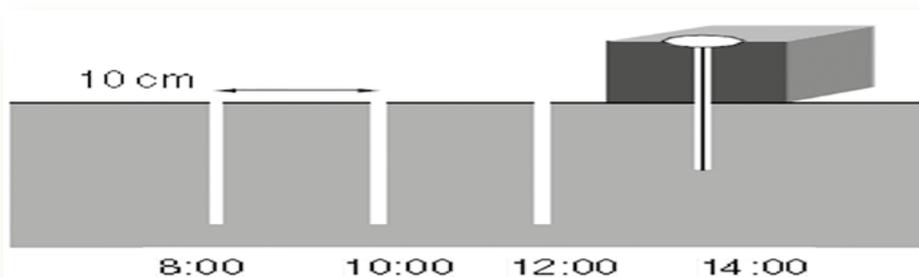
Figura 1: Protocolo temperatura del suelo



Tomado de: Protocolo de Temperatura del Suelo, Globe Argentina.

La temperatura del suelo se tomó 10 cm al lado de donde se tomó la primera vez y así sucesivamente, tal como se ilustra en la figura 2.

Figura 2: Planificación de la toma de temperatura diaria



Tomado de: Protocolo de Temperatura del Suelo, Globe Argentina.

El termómetro usado fue tipo reloj (como se observa en la foto). Los propietarios asumieron el compromiso de medir la temperatura del suelo en sus fincas, en los tres lugares indicados (sin cobertura vegetal, con cobertura herbácea, con cobertura arbórea), a la hora indicada, con el objeto de observar la temperatura en estos sitios y los cambios durante el día. Se entregó un formato para registrar la información, como se observa a continuación.

Los datos obtenidos en la medición de temperatura y registrado según el formato entregado para ello en cada finca, fueron promediados y se graficaron para tener una mayor claridad de los mismos. El siguiente fue el formato que se elaboró y utilizó.



Formato para temperatura del suelo										
Finca:				Municipio:				Paisaje:		
Época: _____				Sin cobertura vegetal			Con cobertura herbácea		Con cobertura arbórea	
Año: _____										
		hora								
		6:00 a. m.	12:00 m.	5:00 p. m.	6:00 a. m.	12:00 m.	5:00 p. m.	6:00 a. m.	12:00 m.	5:00 p. m.
Semana	día	T°								
	día 1	5 cm								
Semana 1	día 2	5 cm								
	día 3	5 cm								
Semana 2	día 1	5 cm								
	día 2	5 cm								
	día 3	5 cm								
		10 cm								

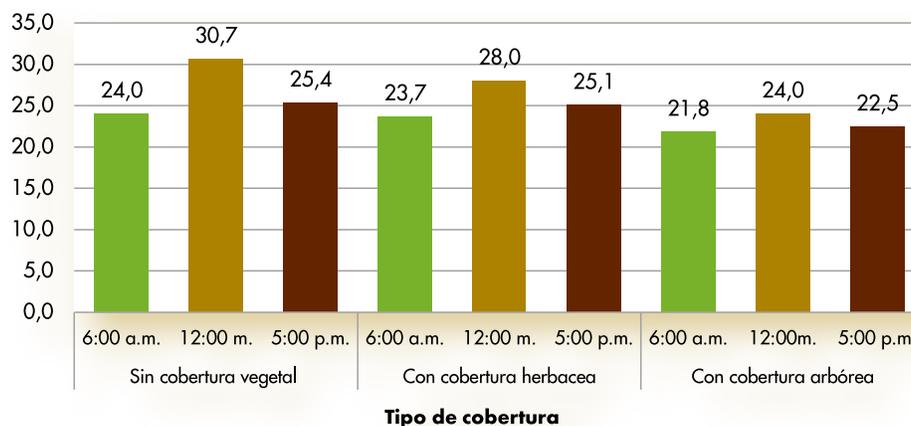
De esta manera se pudieron obtener datos preliminares sobre la temperatura del suelo; pero más allá de los datos, se buscó que los propietarios entendieran la importancia de la cobertura vegetal en el suelo y su incidencia en la temperatura del mismo. A continuación, se presen-

ta la información consolidada y promediada para cada época y cada paisaje.

Temperatura promedio época de lluvias año 2016

Los datos promediados en la gráfica 1 corresponden desde el 27 de junio hasta el 22 julio para piedemonte, y la gráfica 2 muestra los datos promediados de sabana y corresponden al mes de junio.

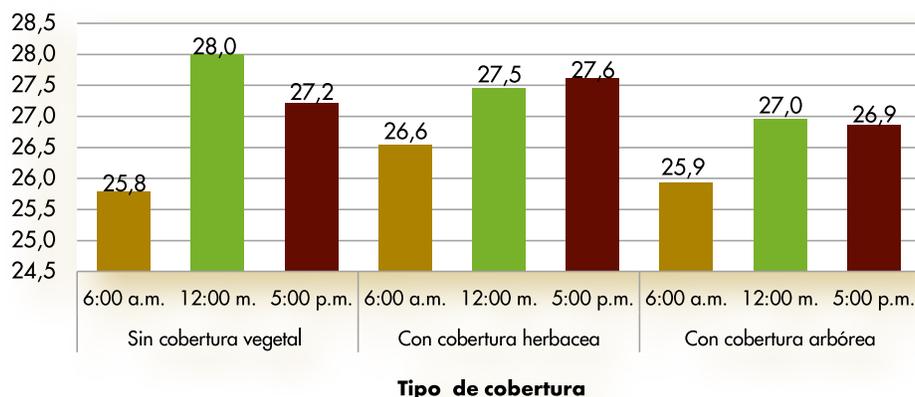
Grafica 1. Temperatura promedio época de lluvias Piedemonte



En la gráfica 1, se puede observar que las temperaturas del suelo bajaron más de un grado centígrado en las horas de medición, es decir que en la mañana la temperatura fue menor y aumentó más de 2°C al medio día, con respecto a las 5 pm la temperatura del suelo volvió a descender, pero no alcanzó a bajar a la temperatura inicial de las 6 am. Por otra parte, se puede observar que el suelo sin cobertura vegetal presenta el promedio de temperatura más alta respecto a los otros sitios medidos.

Por ejemplo, la temperatura del suelo tomada a las 12 del día, en el suelo sin cobertura vegetal presenta una diferencia de temperatura de más 2.7°C (grados centígrados), frente al suelo con cobertura herbácea y una diferencia de más 6.7°C respecto al suelo con cobertura arbórea, esto permite deducir que el suelo expuesto a los rayos solares, mantiene una temperatura más alta en su superficie que el suelo con cobertura herbácea y arbórea.

Grafica 2. Temperatura promedio época de lluvias Sabana



En la gráfica 2, se observa que hay unos cambios considerables durante el día en la temperatura del suelo en cada uno de los sitios medidos, no obstante, se observa que el suelo con cobertura herbácea en las horas de la mañana tiene mayor temperatura frente al suelo sin cobertura vegetal y al suelo con cobertura arbórea, no obstante, el suelo sin cobertura vegetal presenta más alta temperatura frente a un suelo con cobertura arbórea.

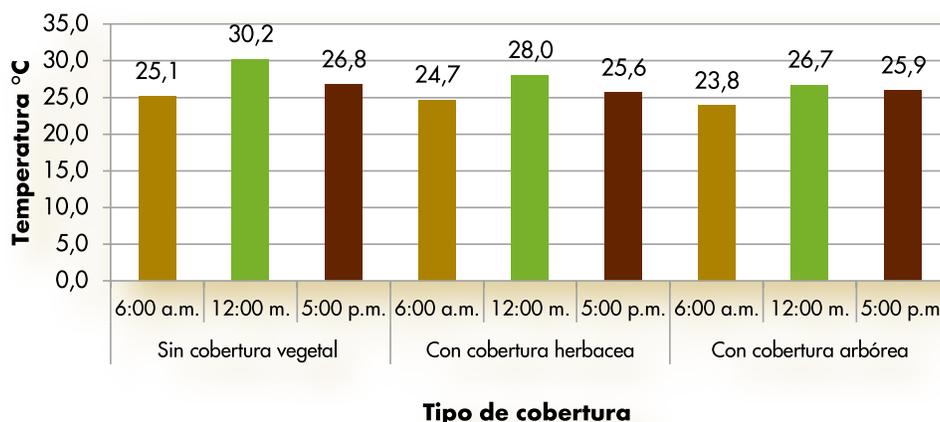
Un ejemplo de ello es ver la temperatura del suelo tomada a las 12 del día durante la medición de la época de lluvias, se puede observar que la temperatura del suelo sin cobertura vegetal, en promedio fue de 28°C, mientras que el suelo con cobertura herbácea tuvo un promedio de 27°C y el suelo con cobertura arbórea un promedio

de 27°C, la diferencia entre el suelo sin cobertura vegetal fue de 1°C frente al suelo con cobertura arbórea, se puede inferir por lo tanto que el suelo con cobertura arbórea mantiene una temperatura más baja y que esto puede ser un beneficio importante para los organismos que viven en el suelo.

Temperatura promedio transición época de lluvias a seca año 2016

En la siguiente gráfica se puede observar los resultados promedio de la temperatura del suelo en la transición de la época de lluvias a seca en el piedemonte, cerro Zamaricote.

Grafica 3 Temperatura promedio transición época de lluvias a seca en el piedemonte, cerro Zamaricote

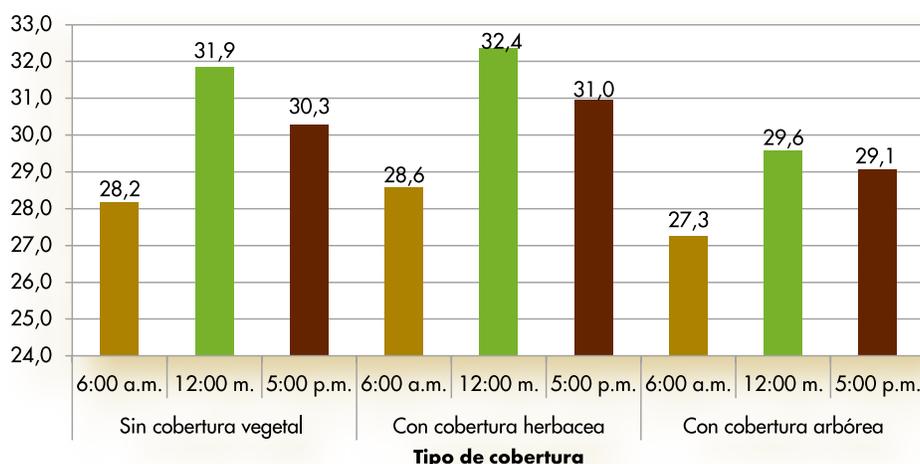


Se puede observar, que hay variaciones de temperatura durante el día en cada uno de los sitios medidos; el promedio de la temperatura del sitio sin cobertura vegetal, tiene mayor grado de temperatura respecto a los otros sitios: con cobertura vegetal y con cobertura arbórea respectivamente.

Por ejemplo, la temperatura promedio del suelo tomada a las 12 del día durante los meses de noviembre y diciembre en la transición de la época lluvias a seca, en el sitio sin cobertura vegetal fue de 30,2°C, mientras que a

la misma hora el suelo con cobertura herbácea presentó una temperatura de 28,0°C, es decir que el suelo sin cobertura vegetal presentó 2,2°C más. Por otra parte, el suelo con cobertura arbórea presentó una temperatura de 26,7 °C, es decir, que el suelo sin cobertura vegetal, estuvo por encima 3,5°C, al medio día.

Los datos promediados en la gráfica 3 corresponden al paisaje de Sabana y al mes de noviembre del año 2016.

Grafica 4. Temperatura promedio transición época de lluvias a seca Sabana


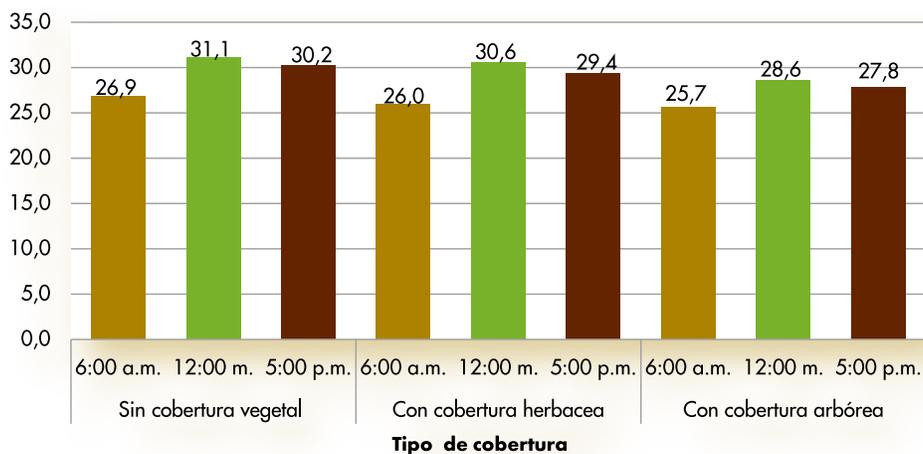
En la gráfica 4, se puede observar que hay una importante variación de la temperatura en cada uno de los sitios medidos, en esta transición de época de lluvias a época seca la temperatura del suelo fue más alta en el sitio con cobertura herbácea, respecto a las mediciones observadas en las gráficas (1,2,3,4) anteriores, se considera que puede deberse a varios factores como la actividad de microorganismos en el suelo, la conservación de temperatura y otros, pero debe hacerse un estudio de estas posibilidades en otro tipo de medición, pero de manera general se puede observar que la temperatura del suelo sigue siendo más baja en el suelo con cobertura arbórea.

Por ejemplo la temperatura promedio del suelo tomada a las 12 del día durante el mes de noviembre en la tran-

sición de la época seca a lluvias, en el sitio sin cobertura vegetal fue de 31,9°C, mientras que a la misma hora el suelo con cobertura herbácea presentó una temperatura de 32,4°C, es decir que el suelo con cobertura herbácea presentó 0,5°C más, mientras que el suelo con cobertura arbórea mostró una temperatura de 29,6°C, es decir 2,3°C menos que el suelo sin cobertura vegetal y 2,8°C menos que el suelo con cobertura herbácea.

Temperatura promedio época seca año 2017

Los datos promediados en la gráfica 5 corresponden al periodo del 1 al 27 de marzo para piedemonte; y la gráfica 6 muestra los datos promediados de sabana y corresponden al mes de marzo.

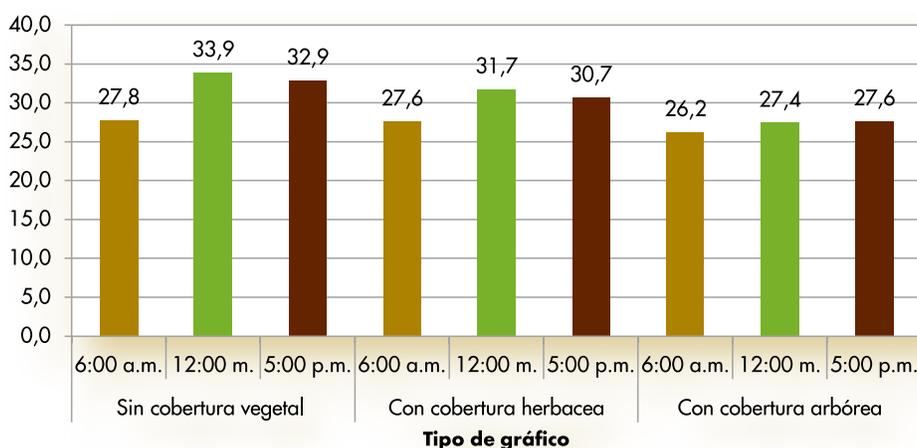
Grafica 5. Temperatura promedio época seca Piedemonte


En la gráfica 5, se puede observar una diferencia de temperatura del suelo, marcada en cada sitio donde ésta fue medida. En general se puede decir que el sitio donde el suelo no tiene cobertura vegetal, la temperatura del suelo fue más alta respecto a los sitios donde el suelo tenía algún tipo de cobertura herbácea o cobertura arbórea.

Por ejemplo la temperatura del suelo tomada a las 12 del día, en el suelo sin cobertura vegetal fue de 31.1°C

(grados centígrados), mientras que a la misma hora el suelo con cobertura herbácea presentó una temperatura de 30.6°C, y el suelo con cobertura arbórea presentó una temperatura de 28.6°C; esto permite deducir que el suelo desnudo o sin cobertura vegetal tiene 0.5°C más de diferencia frente a un suelo con una cobertura herbácea y una diferencia de más 2.9°C de temperatura frente a un suelo con cobertura arbórea.

Grafica 6. Temperatura promedio época seca Sabana



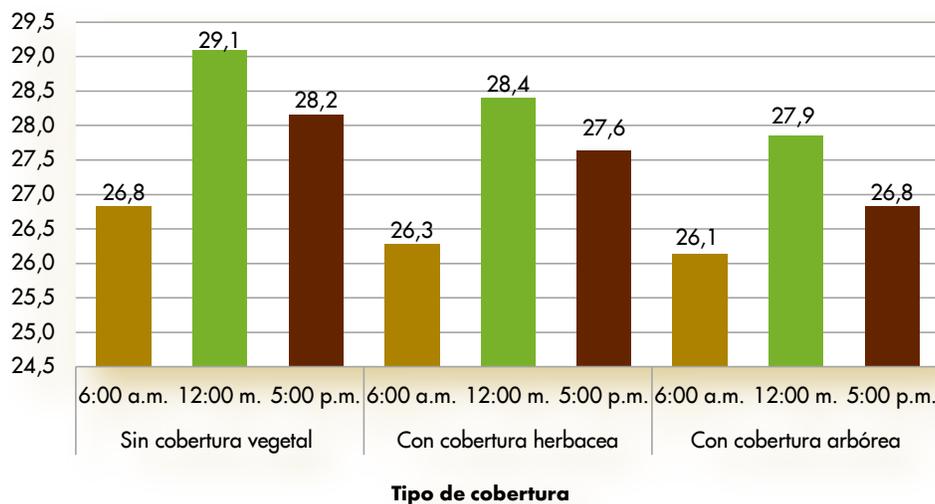
En la gráfica 6, se puede observar que hay un aumento de temperatura considerable en el suelo en cada uno de los sitios, se puede decir que es algo normal debido a que no hay presencia de precipitaciones en esta época, también se evidencia que hay un aumento de más de 4,0°C en el suelo sin cobertura vegetal y el suelo con cobertura herbácea desde las 6 de la mañana hasta las 12 del mediodía, en el suelo con cobertura arbórea, mientras que en el suelo con cobertura arbórea el aumento desde las 6 de la mañana a las 12 del mediodía fue de 1,2°C; también en esta gráfica se ve que la temperatura del suelo se mantiene más alta en el suelo sin cobertura vegetal, frente a los otros sitios.

La temperatura del suelo promedio tomada durante la época seca tomada a las 12 del día, en el suelo sin cobertura vegetal fue de 33.9°C, mientras que la tempe-

ratura fue de 31.7°C a la misma hora en el suelo con cobertura herbácea, y en el suelo con cobertura arbórea se presentó una temperatura de 27.4°C; por lo tanto hay una diferencia de temperatura de 2,2°C del suelo con cobertura herbácea menos frente al suelo sin cobertura vegetal, y hay 6.5°C de temperatura menos en el suelo con cobertura arbórea frente al suelo sin cobertura vegetal.

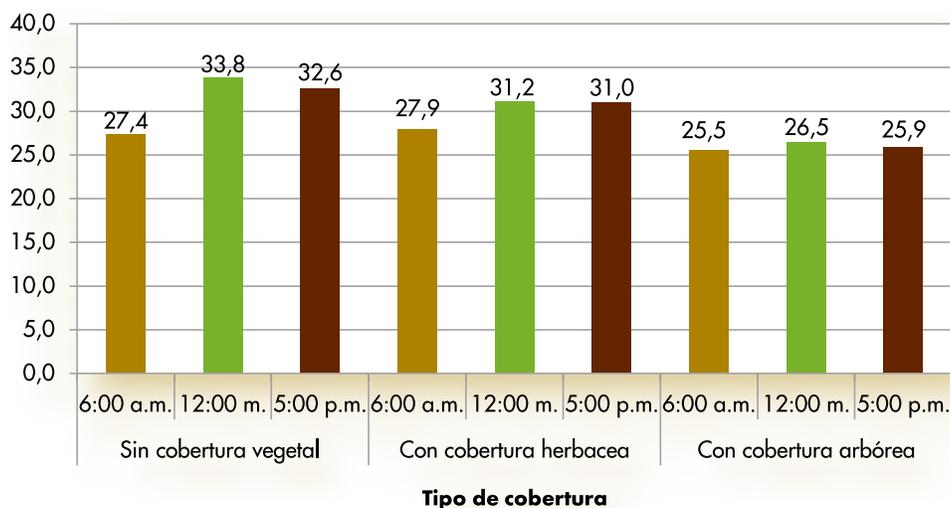
Temperatura promedio transición época seca a lluvias año 2017

Los datos promediados en la gráfica 7 corresponden al periodo entre el 24 de abril hasta el 21 de mayo para piedemonte. Para sabana corresponde a las dos últimas semanas del mes de abril y a las dos primeras semanas del mes de mayo del año 2017, como se observa en la gráfica 8.

Grafica 7. Temperatura promedio transición época seca a lluvias en Piedemonte


En la gráfica 7, se puede ver que hay cambios considerables durante el día en la transición de la época seca a lluvias, esto puede deberse a las precipitaciones que suceden durante el día y/o noche que pueden causar un cambio de hasta 2 grados centígrados de una hora determinada del día como las 6 am versus la hora de más brillo solar al medio día (12:00 m); además de esto se observa una tendencia menor de temperatura en los suelos con cobertura herbácea y cobertura arbórea, siendo ésta última la que presenta una tendencia de más baja temperatura durante el día en esa época del año. Por ejemplo la temperatura del suelo tomada a las 12 del

día, en el suelo sin cobertura vegetal fue de 29.1°C (grados centígrados), mientras que a la misma hora el suelo con cobertura herbácea presentó una temperatura de 28.4°C, y el suelo con cobertura arbórea presentó una temperatura de 27.9°C; frente a estos resultados se puede inferir que el suelo con cobertura arbórea tiene una menor temperatura con respecto a los otros sitios, porque los árboles disminuyen la incidencia de los rayos solares en el suelo, mientras que el suelo sin cobertura vegetal está más expuesto a los rayos solares y por lo tanto presenta una diferencia de 2.3°C más que el suelo con cobertura arbórea y tiene 0.7°C más que el suelo con cobertura herbácea.

Grafica 8. Temperatura promedio época seca a lluvias en Sabana


En la gráfica 8, se puede ver que hay cambios considerables durante el día en la transición de la época seca a lluvias, esto puede deberse a que durante el día o noche se empiezan a presentar precipitaciones y ocasionan los cambios en la temperatura durante el día, no obstante, el suelo con cobertura herbácea y cobertura arbórea presenta menos temperatura frente al suelo sin cobertura vegetal.

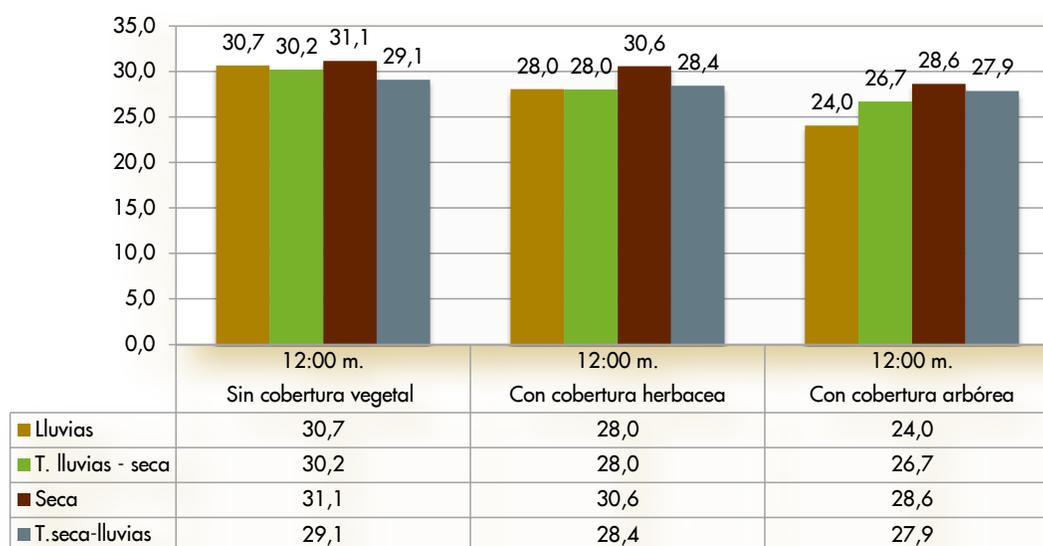
La temperatura tomada a las 12 del día, en el suelo sin cobertura vegetal fue de 33,8°C (grados centígrados), mientras que a la misma hora el suelo con cobertura herbácea presentó una temperatura de 31,2°C, y el sue-

lo con cobertura arbórea presentó una temperatura de 26.5°C; es decir que hay una diferencia de temperatura en el suelo sin cobertura vegetal de más 2,6°C frente al suelo con cobertura herbácea y de más de 7,3°C respecto al suelo con cobertura arbórea.

Promedio medición de temperatura piedemonte del cerro Zamaricote

Se puede observar en la gráfica 9, el promedio general de la medición de la temperatura del suelo realizada en 4 épocas del año en los sitios elegidos en cada una de las fincas de piedemonte.

Grafica 9. Promedio de la medición de temperatura en el Piedemonte, cerro Zamaricote

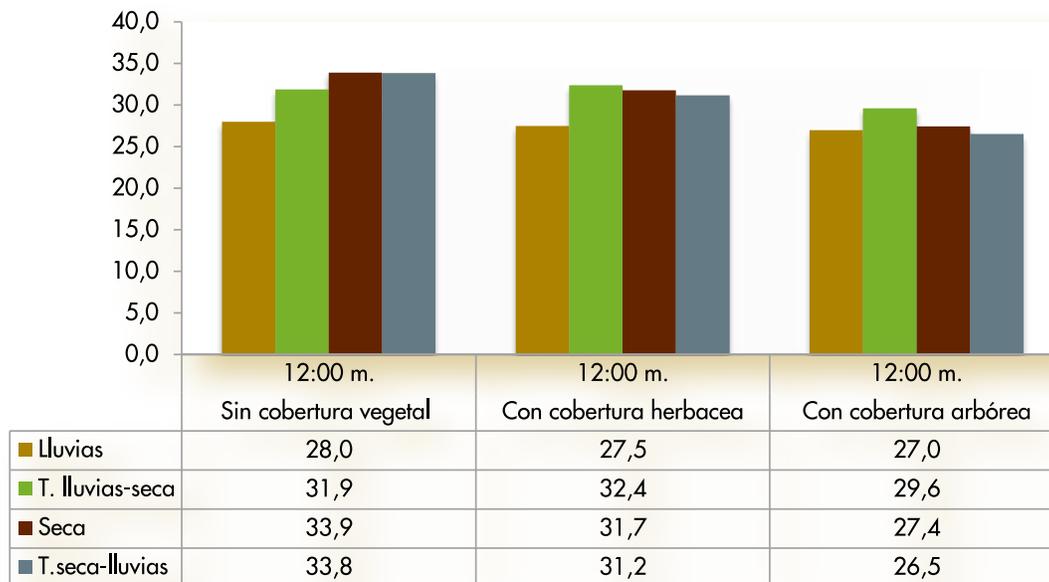


Como se puede observar en la gráfica 9, durante toda la medición realizada en las cuatro épocas, al medio día, el suelo sin cobertura vegetal presentó en todas las épocas mayor temperatura, frente al suelo con cobertura herbácea y el suelo con cobertura arbórea, la gráfica también permite ver que el suelo con cobertura arbórea presentó menor temperatura que los otros sitios, por lo tanto se puede deducir que un suelo con cobertura arbórea mantendrá la temperatura de sí mismo por debajo que los suelos que no tienen ninguna cobertura, y que por

ende la cobertura del suelo bien sea herbácea o arbórea favorece el suelo y a los organismos que viven allí y que generan la vida del suelo.

Promedio medición de temperatura sabana inundable

Se puede observar en la gráfica 10 el promedio de la temperatura del suelo tomada al medio día (12:00 m), en cada una de las épocas en las que se hizo la medición en la sabana.

Grafica 10. Promedio de la medición de temperatura en la Sabana inundable


En esta gráfica se puede observar que, de manera general en casi todas las épocas del año, el suelo sin cobertura vegetal presentó una mayor temperatura, con respecto al suelo con cobertura herbácea y el suelo con cobertura arbórea; también se puede observar que un suelo con cobertura arbórea mantiene la temperatura más baja versus los otros sitios, y esto permite deducir que la cobertura arbórea genera un mayor cubrimiento del suelo y lo protege más de los rayos solares. Por otra parte, se puede inferir que el suelo cubierto bien sea con cobertura arbórea o herbácea, genera una mejor cobertura del suelo y mantiene un ambiente más adecuado para la actividad de los organismos del suelo.

b. Temperatura del suelo en estrategias

De igual manera y siguiendo la misma metodología descrita en el anterior numeral: a) Temperatura del suelo en relación a la cobertura vegetal, se tomaron 5 datos de la temperatura del suelo en grados centígrados (°C) en cada finca, en las estrategias implementadas y en las áreas testigo (a 5 y 10 cm de profundidad con 5 mediciones por sitio), para tener un dato promedio de temperatura por sitio. En la siguiente tabla se consolida la información levantada en campo.

Tabla 14. Resultados promedio de la temperatura del suelo por paisaje y por estrategias

Fincas por paisaje	Estrategia	Prueba*			
		Temperatura °C			
		Estrategia		Testigo (pasto introducido y sabana nativa)	
Piedemonte		5 cm	10 cm	5 cm	10 cm
1. El Alcaraván	Banco Mixto Forraje	27,1	26,5	27,6	26,2
2. Esmeralda 1	Banco Mixto Forraje	28,3	26,4	27,4	26,8
	Huerta casera	29,0	28,0	27,3	26,8
3. El Guamo	Huerta casera	28,6	28,1	30,6	29,7
	Topochera en Majadeo	28,9	28,1	30,6	29,7
4. Mata de palma	Topochera en Majadeo	31,1	29,5	28,3	27,6
5. La Camburera	Restauración	27,0	25,8	22,8	25,4
	Bosque	24,3	24,2	22,8	25,4
6. El Porvenir	Restauración	25,2	25,0	28,1	27,7
	Bosque	24,4	24,3	28,1	27,7
	Media	27,4	26,6	27,3	27,3
Sabana Inundable					
1. Los Alacranes	Núcleo de sombrío	27,6	27,2	28,3	27,8
2. Alcalá	Núcleo de sombrío	26,4	26,4	28,1	27,4
3. Acapulco	Topochera en Majadeo	30,8	29,8	32,2	30,8
	Restauración	27,5	27,4	32,2	30,8
	Bosque con encierro	25,8	25,6	32,2	30,8
	Bosque sin encierro	25,6	25,5	32,2	30,8
4. Birmania	Topochera en Majadeo	27,0	26,6	29,3	28,6
5. La Florida	Restauración	29,0	28,5	31,8	29,7
	Bosque	25,1	25,0	31,8	29,7
	Media	27,2	26,9	30,9	29,6

Los datos de temperatura por paisaje, no reflejan cambios significativos en promedio, sin embargo, es importante reconocer que la temperatura es un valor que cambia rápidamente y que condiciones como la lluvia, pueden afectar los resultados globales de la temperatura. Por ejemplo, en la primera y segunda medición se presentaron precipitaciones, que disminuyeron la temperatura del suelo durante la medición afectando así los resultados, por lo tanto, la temperatura del suelo, aunque es un buen indicador, debe tomarse de manera paulatina para obtener datos más confiables a largo plazo. Estos datos preliminares muestran en promedio que en el piedemonte la diferencia de temperatura de los suelos de las estrategias implementadas son mínimas respecto a los resultados de las áreas testigo; mientras que en sabana inundable la

diferencia de 3 grados centígrados de más en la temperatura del suelo de las áreas testigo es significativa.

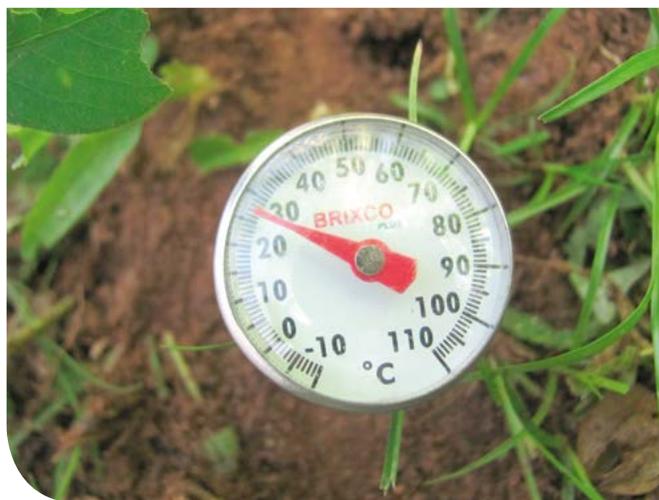
Es importante mencionar que a mayor disponibilidad de materia orgánica en el suelo la temperatura de este tiende a aumentar, pero a medida que la materia orgánica se va descomponiendo, así mismo, la temperatura va disminuyendo. Para el caso de la topochera en majadeo de la finca Mata de Palma hay que decir que el propietario quemó el área y afectó el terreno para la toma de datos y seguramente por ello aparece mayor el dato de temperatura en la estrategia que en el área testigo; porque es claro que en la topochera de la finca las Guamas la temperatura es 2 °C menor donde se implementó la topochera respecto al testigo.

En la época que se tomaron las temperaturas (mes de septiembre 2016 y 2017), están no sobrepasaron el nivel máximo de 35°C, sin embargo en algunas áreas más que todo en piedemonte el valor de la temperatura estuvo por debajo del ideal 25°C, puesto que según reporta Sullivan, 2007, la temperatura óptima en el suelo para el desarrollo de las raíces, la germinación y el crecimiento de las plantas está comprendida entre los 25 – 35 °C, temperaturas superiores limitan la absorción de agua por parte de las plantas y temperaturas menores, reducen la actividad de los organismos del suelo.

La temperatura del suelo se ve afectada por la cantidad de radiación que el suelo recibe; influye en el crecimiento de las plantas, en la descomposición de los residuos orgánicos y en la actividad de los organismos del suelo (Rojó, F. 2005).

En este sentido y con la experiencia acumulada es importante recomendar que la toma de datos para temperatura del suelo, debe hacerse en una época del año en la que se tenga un clima homogéneo (sin lluvias repentinas), para que este dato no se vea afectado.

La mayoría de los resultados de la temperatura del suelo, reflejaron una disminución de la temperatura del mismo en las áreas con acciones implementadas, exceptuando muy pocos casos, lo que conlleva a deducir que estos ejercicios de manejo sostenible del recurso suelo contribuyen a disminuir la temperatura del mismo, permitiendo que en estas áreas haya un ambiente más fresco para la vida del suelo, lo que mantendrá su calidad y mejorará la capacidad de retención de agua, evitando la evaporación por altas temperaturas.



c. Macrofauna del suelo

Un criterio fundamental para el manejo sostenible del recurso suelo es favorecer la VIDA en el suelo. El suelo es el soporte de los procesos productivos y necesita estar sano para producir mejor. Uno de los mejores indicadores de la salud del suelo es la micro y macrofauna del mismo. La materia orgánica es fundamental para mantener la VIDA en el suelo. Por ello es importante el aporte constante de la misma en las áreas que vaya a producirse y así optimizar la relación suelo-planta-animal. Podría decirse que la macrofauna es un indicador importante para medir el manejo sostenible del suelo, pues los organismos del suelo son sensibles a los cambios en el manejo del mismo

y responden de manera positiva o negativa de acuerdo a las prácticas de manejo que se realicen. Por lo tanto, es de vital importancia asegurar un aporte constante de materia orgánica al suelo, para que la macrofauna pueda seguir mejorando las condiciones físicas y químicas del suelo, pues como se ha descrito anteriormente, estos organismos aportan a las características físicas, químicas y biológicas de los suelos.

Para este indicador se usó la metodología de cuadrantes propuesta por Cabrera, G. 2014, que consiste en abrir dos cuadrantes en el suelo, cada uno de 25 x 25 cm hasta la profundidad de 25 cm (Anderson et al., 1993; método TSBF), con el empleo de una cuerda y con el mismo distanciamiento entre cuadrantes, de más de 5 m pero no más de 20 m. Extraer por cuadrante el contenido de suelo y depositarlo en bandejas; usar una zaranda para filtrar el suelo y recolectar todos los organismos visibles con la utilización de pinceles y pinzas pequeñas y depositarlos en frascos de vidrio o plástico con tapas, que contengan alcohol etílico al 70% para preservar el resto de los organismos; cada frasco con una cantidad suficiente que cubra los organismos recolectados. Pesar en balanza analítica

Como se observa en las siguientes fotografías, se zaranearon las muestras de suelos donde se eliminaron los restos de raíces y de vegetales, luego se fueron tomando con las pinzas todos los organismos visibles (macrofauna) que fueron introducidos en frascos rotulados según la estrategia y la finca, frascos previamente pesados que contenían en su interior algodón impregnado con alcohol al 70%. Al final de cada muestra, se pesó el frasco respectivo con la macrofauna correspondiente a cada acción implementada o a la muestra testigo, en una gramera de precisión con capacidad de 001g-100g. Los frascos fueron llevados al laboratorio de Entomología de la Universidad de los Llanos, donde se hizo una clasificación primaria de la macrofauna; fueron contadas por individuos y por especies, se registraron los datos resultantes y se sistematizaron. Luego se promediaron los resultados de las mediciones del año 2016 y 2017, para consolidar la información de la macrofauna para el piedemonte y para sabana. Los resultados se pueden observar en las siguientes tablas.



Tabla 15. Resultados de la Macrofauna del suelo en piedemonte en relación a las estrategias.

Fincas por paisaje	Estrategia	Macrofauna					
		Peso g / Número					
		Peso masa total (g)	Número individuos	Número especies	Testigo (pasto introducido) masa (g)	Número individuos	Número especies
Piedemonte							
1. El Alcaraván	Banco mixto forraje	1,51	16	7	1,3	39	7
2. Esmeralda 1	Banco mixto forraje	4,08	76	9	1,2	24	6
2. Esmeralda 2	Huerta casera	1,50	40	6	1,2	24	6
3. El Guamo	Huerta casera	4,14	59	5	0,6	13	6
3. El Guamo	Topochera en majadeo	0,68	56	9	0,6	13	6
4. Mata de palma	Topochera en Majadeo	4,43	79	11	5,9	38	6
5. La Camburera	Restauración	1,60	65	7	2,9	40	7
	Bosque	3,84	21	9	2,9	40	9
6. El Porvenir	Restauración	1,77	58	8	0,7	20	5
	Bosque	0,33	24	5	0,7	20	5
Media		2,4	49	8	1,8	27	6

El total de masa de macrofauna que se recolectó en las 6 fincas y 4 estrategias evaluadas en el piedemonte fue de 24 g con 494 individuos, bastante mayor estos datos respecto al testigo que fue de 18 g de masa y 271 individuos. En este ejercicio solo se identificó hasta especie presentándose un rango entre 5 y 11 especies en las estrategias, con mayor diversidad respecto al testigo con rango entre 5 y 9 especies. En todos los casos la información encontrada es superior en los suelos con estrategias que en las áreas testigo.

La cantidad de individuos no está relacionada con la diversidad de especies, de tal manera que es necesario identificar de manera sencilla, cuantas especies diferentes se encuentran en un suelo, y de esa forma determinar el impacto positivo con la estrategia de manejo sostenible del recurso suelo, para la adaptación al cambio climático, esto es aumentar la riqueza (diversidad de especies) en el suelo; porque la cantidad de una especie en especial puede estar indicando una sobrepoblación que desplaza las otras especies.

Entre la macrofauna encontrada se reportaron individuos de: ciempiés, comején, lombrices, chizas, cucarrarones,

hormigas, chinches, arañas, cucarachas, chicharras, moscas, perro de agua, grillos, gorgojos, y larvas de lepidópteros, entre otros. Lo importante en este ejercicio era al menos tener el peso de la masa de la macrofauna hallada e identificar la diversidad de especies como se observa en la tabla 16.

La riqueza de las especies es importante porque esto garantiza que las especies están interactuando entre sí y que hay un equilibrio en el suelo, y que todos están interrelacionándose para mejorar la calidad del suelo, independientemente del rol funcional que cumplan, por ejemplo, la presencia de ingenieros del suelo como miriápodos y lombrices, es vital para el suelo, porque mientras unos descomponen la materia orgánica hasta un nivel, los otros consumen esta materia orgánica y excretan lombricomposto que mejora las condiciones químicas del suelo, también hacen galerías entre el perfil del suelo, haciendo que este tenga mayor porosidad y mejoren la respiración y la infiltración del agua.

Tabla 16. Resultados de la Macrofauna del suelo en sabana en relación a las estrategias.

Fincas por paisaje	Estrategia	Macrofauna					
		Peso g / Número					
		Peso masa total (g)	Número individuos	Número especies	Testigo (sabana nativa) masa (g)	Número individuos	Número especies
Sabana Inundable							
1. Los Alacranes	Núcleo de sombrío	7,33	22	6	2,4	24	5
2. Alcalá	Núcleo de sombrío	5,97	52	8	7,1	22	5
3. Acapulco	Topochera en majadeo	0,44	13	4	2,7	117	4
3. Acapulco	Restauración	1,84	88	5	2,7	117	4
3. Acapulco	Bosque con encierro	0,20	10	4	2,7	117	4
3. Acapulco	Bosque sin encierro	0,18	7	2	2,7	117	4
4. Birmania	Topochera en majadeo	0,98	13	5	2,0	63	5
5. La Florida	Restauración	17,53	64	8	11,9	63	6
	Bosque	20,01	12	2	11,9	63	6
	Media	6,05	31	5	5,1	78	5

El total de masa de macrofauna que se recolectó en las 5 fincas y 3 estrategias evaluadas en la sabana fue de 55 g con 281 individuos, respecto al testigo que fue de 46 g de masa y 703 individuos, dato que fue afectado significativamente por la finca Acapulco donde en todos los testigos se contaron 117 individuos, que conversando con los propietarios son áreas de sabana bien rotadas con ganado en buen estado que hace permanentemente aporte de materia orgánica a estos suelos. En este ejercicio solo se identificó hasta especie presentándose un rango promedio entre 4 y 6 siendo los extremos 2 y 8 especies

En ambos paisajes y en promedio puede decirse que con las estrategias implementadas se ha contribuido a mejorar la macrofauna del suelo, debido seguramente al aumento de la materia orgánica para que los organismos del suelo tengan alimento y puedan aumentar sus poblaciones, se ha regulado la temperatura para que la macrofauna, pueda tener una temperatura adecuada para todas sus actividades, se ha mantenido la cobertura vegetal del suelo lo que ha creado un hábitat adecuado para los organismos del mismo, se ha evitado el uso de agrotóxicos para la producción de cultivos de pancoger y las topocheras en majadeo, además en varios casos se

usó abono orgánico proveniente de residuos vegetales y estiércol del ganado, lo que aumento el suministro de alimento para la macrofauna. Es de resaltar que la mayoría de las áreas donde se implementaron las estrategias, especialmente en piedemonte eran sitios que no tenían un buen manejo del suelo y en algunos lugares incluso eran terrenos en proceso de degradación.; frente a las áreas testigo que eran sitios con pastos introducidos establecidos y manejados como cultivo. En la sabana en las áreas testigo siempre ha mantenido el ganado aportando permanentemente materia orgánica al suelo.





Estos son resultados preliminares y son la suma de todas las acciones realizadas en el manejo sostenible del recurso suelo, para la adaptación al cambio climático, en muy corto tiempo, por lo tanto, es importante continuar con el trabajo adelantado, para que a largo plazo, se obtengan mejores resultados en la macrofauna del suelo.

Una consideración vital es que los procesos que se desarrollan en el suelo para generar cambios positivos en los indicadores son muy lentos, aunque para generar cambios negativos son muy rápidos.

2.4.5 Resultados indicadores socioeconómicos

Los indicadores socioeconómicos, se miden a partir del impacto social y económico que alcanzan los demás indicadores en las unidades productivas. Estos no reflejan un elemento aparte sino que se integran con cada una de las actividades realizadas por los productores, cam-

pesinos y otros, permite medir elementos cualificables y cuantificables en razón de lo que se quiera conocer; Los elementos cualitativos se evalúan a partir de la percepción de las personas y de lo que ellos pueden medir a simple vista, los indicadores cuantificables requieren de un ejercicio minucioso y constante para obtener resultados que en el mediano o largo plazo pueden indicar los cambios que se han obtenido en las unidades rurales.

Para el caso del proyecto ejecutado se aplicó una encuesta de percepción a una población muestra de los beneficiarios del mismo, 15 productores de piedemonte y 15 de sabana, lo que significa que se encuestó al 75% del total en el año 2016 y también en el 2017, con el fin de recopilar las opiniones en las acciones realizadas en sus unidades rurales como estrategias de adaptación al cambio climático en el componente socioeconómico, como se observa en la siguiente tabla.

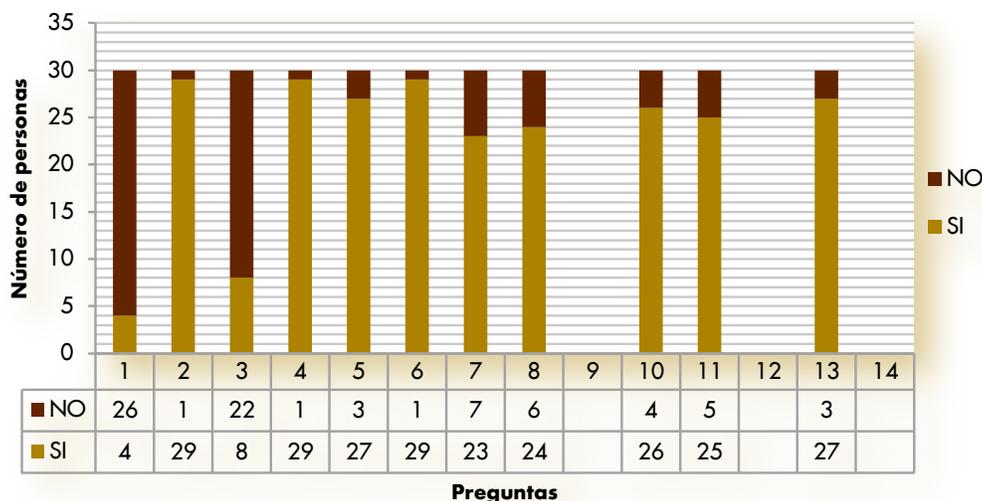
Tabla 17. Estructura de la encuesta para evaluar el indicador socioeconómico

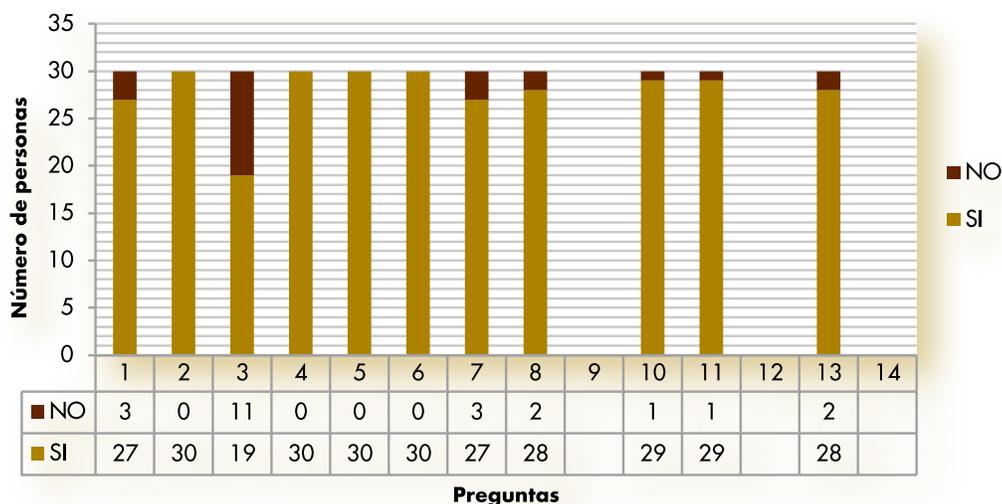
Encuesta percepción indicadores socioeconómicos			
N°	Preguntas	SI	NO
1	¿Conocía las características físico-químicas de los suelos de su finca?		
2	¿El proyecto le ayudo a conocer las características físico-químicas de los suelos de su finca?		
3	¿Conocía el concepto de manejo sostenible del recurso suelo?		
4	¿Con el proyecto conoció el concepto de manejo sostenible del recurso suelo?		
5	¿El manejo sostenible del recurso suelo, es importante para la adaptación al cambio climático?		
6	¿Las estrategias implementadas ayudaran a que usted haga un manejo sostenible del recurso suelo?		
7	¿La estrategia implementada le evitara comprar insumos externos para el manejo sostenible del recurso suelo?		
8	¿La estrategia implementada disminuirá el costo de producción en su finca?		
9	¿Cuánto podría disminuir el costo de producción de su finca? Porcentaje / valor (semestre)		
10	¿La estrategia implementada mejorará la producción (ganadería-agricultura) de su finca?		
11	¿La estrategia implementada permitirá aumentar los ingresos económicos de su finca?		
12	¿Cuánto podría aumentar los ingresos económicos de su finca? Porcentaje / Valor (Semestre)		
13	¿La estrategia implementada mejorará la seguridad alimentaria de su familia?		
14	¿Cuántos productos de su producción son de autoconsumo?		

Los resultados de la encuesta fueron promediados para todas las preguntas y graficadas para las preguntas de la 1 a la 8 y de la 10, 11 y 13. Las preguntas 9 y 12 corresponden a cifras porcentuales y la pregunta 14 co-

responde a un dato de cantidad, por lo tanto, para estas preguntas no se incluyen gráficas pero se hace una descripción de las respuestas.

Grafica 11. Resultados encuesta de percepción año 2016



Grafica 12. Resultados encuesta de percepción año 2017


En las gráficas anteriores se observa el cambio de la percepción del año 2016 respecto al año 2017 de la muestra de los 30 encuestados beneficiarios del proyecto.

Para la pregunta 1 en el 2016, 4 propietarios contestaron que sí conocían las características físicas y químicas de sus predios antes del proyecto, en el 2017, 27 propietarios respondieron que, a partir del proyecto, conocieron las características físicas y químicas de los suelos de sus fincas. En la pregunta 2 en el año 2017 los 30 encuestados respondieron que el proyecto les ayudó a conocer las características físicas y químicas de los suelos de sus fincas, aunque en el 2016 también 29 de ellos respondieron afirmativamente. Contextualizando después las respuestas, era claro que un gran aporte fue el interpretar estos resultados durante los ejercicios de ejecución del proyecto.

Para la pregunta 3, en el 2016, 8 entrevistados dijeron que conocían el concepto de manejo sostenible del recurso suelo, mientras que, en el 2017, 19 respondieron que conocieron el concepto de manejo sostenible del recurso suelo. En la pregunta 4, para el 2017 los 30 beneficiarios encuestados mencionaron que a partir del proyecto conocieron y aplicaron el concepto de manejo sostenible del recurso suelo.

En la pregunta 5 para el 2016, 27 beneficiarios consideraban que el manejo sostenible del suelo es importante

para el cambio climático, en el 2017 los 30 entrevistados reconocieron la importancia de esta temática. Para la pregunta 6 en el año 2016, 29 de los entrevistados consideraban que las estrategias les ayudaban a hacer un manejo sostenible del recurso suelo, y en el 2017, el total de los entrevistados estaban contentos y no tenían dudas que las estrategias implementadas les ayudaron a mejorar el suelo. Respecto a la pregunta 7 en el 2016, 23 encuestados consideraban que la estrategia implementada les evitaría comprar insumos externos para el manejo del suelo y en el 2017, aumento esta cifra a 27 propietarios. En la pregunta 8 entre 24 y 28 propietarios consideraban que la estrategia implementada reduciría el costo de producción en su finca.





En la pregunta 9 para el 2016 y 2017 la mayoría de los propietarios respondieron en promedio que el costo de producción de sus fincas podría disminuir hasta en un 20% con las estrategias implementadas.

Respecto a la pregunta 10 tanto en el 2016 como en el 2017 la mayoría de los propietarios creen que la estrategia implementada mejorara la producción de su finca; en la pregunta 11 para el 2016, 25 propietarios pensaban que la estrategia implementada en su finca aumentaría los ingresos económicos y esta cifra aumento a 29 entrevistados en el 2017.

En la pregunta 12, 24 y 27 entrevistados para los años 2016 y 2017 respectivamente, respondieron que se aumentaría los ingresos económicos de sus familias en un 20%, o más; los que no respondieron argumentaron que era muy corto tiempo y no podían estimar una ganancia, pero que con los años se verían los resultados concretos. A la pregunta 13 tanto para el 2016 como en el 2017, la mayoría de los propietarios consideran que las estrategias implementadas permitirán mejorar la seguridad alimentaria de sus familias.

En la pregunta 14, en el 2016, 26 de 30 entrevistados tenían productos para la seguridad alimentaria de sus familias, en promedio esos beneficiarios cultivan 10 productos (animal y vegetal), para su autoconsumo; en el 2017, 28 de 30 entrevistados cultivaron para su seguridad alimentaria, en promedio ellos tenían 18 productos de origen animal y vegetal, para su autoconsumo; esto es un aporte importante, porque se puede ver que no solo aumentó el número de entrevistados que respondieron que cultivaron para su seguridad alimentaria, sino que además también aumentó la diversidad de especies para autoconsumo, lo que les permitió aumentar la seguridad alimentaria de sus familia, mejorando su calidad de vida y disminuyendo la compra de productos externos, afectando positivamente la economía familiar.

De acuerdo a lo observado en las gráficas, para los años 2016 y 2017 fue evidente la percepción positiva respecto a las estrategias implementadas e incluso entre año y año mejoro la percepción sobre la importancia del manejo sostenible del recurso suelo y la relación que existe con las estrategias que implementó el proyecto para la adaptación al cambio climático.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Armienta, Gilberto. 1995. Perfil mineral del suelo, forraje y tejidos del ganado en agostaderos del Estado de Nuevo León. México. En: Tesis de doctorado [en línea] consultado [15 agosto 2016] disponible en: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080125912/1080125912_MA.PDF
- Agrotónix, 2014. Medidor de Compactación para Suelo "Penetrómetro" Antes Ref: AGO8180- Ahora SP06120. En doc. [en línea] consultado [15 agosto 2016] disponible en <http://www.agratronix.com/imagenes/08180-manual.pdf>
- Bautista Cruz, J. Etchevers Barra, R.F. del Castillo, C. Gutiérrez. Indicadores de la calidad del suelo. En: doc. Revista Ecosistemas. [en línea] consultado [15 agosto 2016]. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GL-TyP5xOEhMJ:www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/572/541+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>
- Brown, G. Frago, C. Barois, I. Rojas, P. Patrón, J. Bueno, J. Moreno, A. Lavelle, P. Ordaz, V. Rodríguez, C. 2007. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana. [en línea] consultado [15 agosto 2016]. Disponible en http://www3.inecol.edu.mx/csmgbgd/images/stories/resultados_articulos_archivos/6%20DIVERSIDAD%20Y%20ROL%20FUNCIONAL%20DE%20LA%20MACROFAUNA%20EDAFICA.pdf esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Bugarín, J. 2012. La interacción suelo, planta, animal en un sistema silvopastoril. En: Revista Computadorizada de Producción Porcina. [en línea] consultado [15 octubre 2016] disponible en: http://www.iip.co.co/RCP/192/192_02artResJBugarin.pdf
- Burbano, Hernán (2004). La piel de la Tierra. Cinco reflexiones para valorar el recurso suelo. Pasto: Universidad de Nariño. 176 p.
- Burbano, Hernán (2010a). El suelo y su importancia para la sociedad. En: Burbano, H. y Silva, F., eds. Ciencia del suelo. Principios básicos. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2010. pp. 553-594. esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Cabrera, G. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna del suelo, según resultados en Cuba. [en línea] Consultado [17 octubre 2016]. Disponible en <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- Chamorro, C. 2001. El suelo maravilloso teatro de la vida. En: Revista Academia colombiana ciencias de la tierra. [en línea] consultado [26 diciembre 2015] disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_25/97/483-494.pdf
- COLOMBIA. Gobernación del Casanare. 2015. Plan Vial Departamental 2010 -2019. Secretaria de obras públicas. En: página oficial [en línea] consultado [21 agosto 2016]. Disponible en <http://www.casanare.gov.co>
- COLOMBIA. _____. Diagnóstico ambiental reserva forestal cerro Zamaricote 1996. En: página oficial [en línea] consultado [21 agosto 2016]. Disponible en <http://www.casanare.gov.co>. esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 2009. Resultados de 30 años de investigación en suelos de los Llanos orientales de Colombia. Informe general reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales. esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA. 2013. Guía de toma de muestras de suelo. CODIGO: VC-G-06. Colombia.
- Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Universidad de Caldas. Manizales. pág. 25-27
- FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. En doc. Boletín de tierras y aguas de la FAO. [en línea] Consultado [07 agosto 2016]. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. En doc. En línea] Consultado [17 octubre 2016]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>
- Fundación Natura - Fundación Horizonte Verde. 2013. Ficha Técnica del proyecto "Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la Estrella Hídrica del Cerro Zamaricote y en la Cuenca alta y media del río Ariporo y río Guacharúa, Casanare".
- García, Y. Ramírez, W. Sánchez, S. 2012. En doc. Pastos y forrajes vol. 35. Indicadores de la calidad de los suelos: una manera de evaluar este recurso. [en línea] Consultado [07 agosto 2016]. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>.
- Globe. 2005. Protocolo de la Temperatura del suelo. En promagra Globe Argentina. [En línea] Consultado [07 agosto 2016]. Disponible en http://www.globeargentina.org/guia_del_maestro_web/suelos/protocolos/prottemperaturadelsuelo.pdf

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Casanare. Bogotá. Colombia. 423 pág.
- Jamioy, D. 2011. Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de Colombia. [en línea] Consultado [07 agosto 2016]. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>
- Malagón, D. 2004. Ensayo sobre Tipología de suelos colombianos – énfasis en génesis y aspectos ambientales. En: doc. Ciencias de la Tierra. [en línea] Consultado [30 agosto 2016]. Disponible en <http://mvz.unipaz.edu.co/textos/biblioteca/agroforestologia/libro-de-suelos.pdf> esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Mejía-Aldana. 2011. Caracterización de especies forrajeras nativas (gramíneas – leguminosas) de mayor consumo en ganadería de cría en la sabana inundable del Casanare. Resultados de Pasantía en investigación, Tesis de grado. Universidad de los Llanos-Fundación Horizonte Verde. esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. En doc. Plan Nacional de Restauración, Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. [En línea] [Consultado 01 septiembre 2016]. Disponible en http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION%3%93N_2.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Informe de síntesis. [En línea] [Consultado 01 septiembre 2016]. Disponible en <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Paladines, O. 1972. Principios de manejo de praderas. En: Colección histórica - Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. [en línea] Consultado [26 octubre 2016] disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/66110.pdf
- Peñuela, L. Fernández, A.P. Castro, F. & Ocampo, A. 2011. Uso y Manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. Convenio de cooperación interinstitucional entre The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Horizonte Verde (FHV), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad de España y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia). Colombia. 66p. esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Peñuela, L. Ocampo, A. Fernández, A. P. & Castro, F. 2012. Estrategias para el mejoramiento de la productividad ganadera y la conservación de la sabana inundable en la Orinoquia. Casanare, Colombia. 118p
- PNUD-TNC-GEF. 2011. Resumen Proyecto Fortalecimiento institucional y de política para incrementar la conservación de la biodiversidad en predios privados (PP) en Colombia.
- Rojo, Francisco, 2005. Temperatura del suelo. En doc. Labranza y temperatura del suelo. [en línea] [Consultado 06 octubre 2016]. Disponible en http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/temperatura/labranza_y_temperatura_del_suelo.pdf
- Rojas, J. 2012. Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. En doc. Densidad aparente. [en línea] Consultado [06 agosto 2016]. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_densidad_aparente.pdf
- Ross, F. 2012. Profundidad del suelo. En doc. Determinación espacial de la profundidad del suelo y su relación con el rendimiento del cultivo. [en línea] Consultado [06 agosto 2016]. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-profundidad_del_suelo_y_rendimiento_de_cultivo.pdf esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- Sullivan, P. 2007. El manejo sostenible de suelos. En: doc. ATTRA “El Servicio Nacional de Información de la Agricultura Sostenible. [en línea] Consultado [06 agosto 2016]. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jTwuPU012W0J:https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php%3Fid%3D282+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>
- Universidad Nacional de Ingeniería-UNI. 2011. Practicas de laboratorio de Fundamentos de suelo. En: doc. Determinación de textura al tacto. [En línea] [Consultado 12 agosto 2015]. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:p0NqkMlcYR4J:https://luisilvert.files.wordpress.com/2012/03/prc3a1ctica-4-fsue-textura-al-tacto.docx+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=co> esta es un documento que consulté, por eso lo incluí en la bibliografía, aunque no esté citado en el documento.
- USDA. Departamento de Agricultura. En: doc Guía para la evaluación de la calidad y la salud del suelo. 1999. [en línea] Consultado [06 de septiembre 2016]. Disponible en https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf



CAPITULO 5.

RELACION SUELO-PLANTA ANIMAL

Anyela María Mejía A. ¹ y Lourdes Peñuela R ².

Un tema fundamental a tener en cuenta por parte de los productores, es la relación que existe entre el suelo, las plantas y los animales. Dependiendo del tipo de suelo, así mismo la vegetación que allí se exprese tendrá que ver con las características de estos suelos, pues el suelo provee los nutrientes a las plantas, y los animales consumirán el forraje con los nutrientes que tiene potencial y esta adaptado a las condiciones de ese tipo de suelo, y después los animales retornaran nutrientes al suelo. Lo que debe buscarse en un sistema productivo es ir optimizando cada vez más estas relaciones, entendiéndolas y asimilando que entre más óptima la relación, mejor adaptados estaremos desde el sistema productivo, a los efectos de la variabilidad climática.

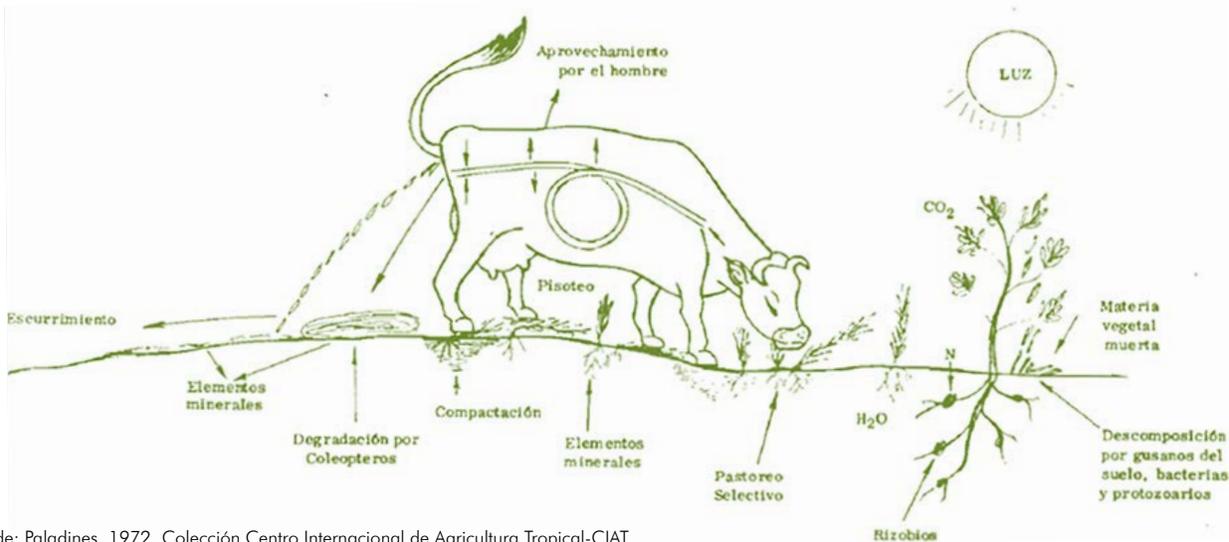
Varios autores consultados como Paladines, 1972, Chamorro 2001 y Estrada 2002, mencionan la relación sue-

lo-planta-animal, como un ciclo biológico que constituye el más complejo medio para aprovechar los elementos de la producción a fin de ser útiles al hombre; un ciclo de transformación y reordenamiento del suelo como resultado de las actividades hechas por las plantas y los animales. La relación suelo-planta-animal se establece como los aportes que cada uno de estos elementos hace en beneficio de los otros y obedece a la interacción entre los factores suelo, plantas y animales y la eficiencia de esa interrelación, que determina si el ciclo es eficiente, para lo cual cada elemento debe cumplir a cabalidad su función, y conociendo el funcionamiento de esa relación, pueden establecerse la necesidad de ser ajustada o no.

En la figura 1. se observa un ejemplo de las principales relaciones entre el ambiente, el suelo, las plantas y los animales en el pastoreo.

1. Profesional de apoyo Fundación Horizonte Verde, Ingeniera Agrónoma.

2. Directora Ejecutiva Fundación Horizonte Verde, Zootecnista, MSc.

Figura 1. Relaciones entre el ambiente, el suelo, las plantas y los animales en el pastoreo.


Tomada de: Paladines, 1972. Colección Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT

El suelo es la base de todo proceso productivo, tiene vida, es un servicio ecosistémico de soporte, y como dice el profesor Burbano, H: “es la piel de la tierra”.

El suelo es el componente básico de los ecosistemas, en el que se sostiene la vida del hombre y la diversidad biológica, funciona como reciclador de la materia orgánica y controla la dinámica de los nutrientes, es el hábitat de muchos organismos animales y vegetales que se interrelacionan y aporta a sus funciones, es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos (Chamorro, 2001).

El suelo es el sostén de las plantas y estas toman los nutrientes del mismo, dependiendo de las características de los suelos, así mismo dependerá la cantidad y calidad de los nutrientes que ellas tendrán, y los animales consumirán estas plantas para alimentarse y cumplir su ciclo de vida y tendrán las deficiencias que tiene el suelo y que tienen por ende las plantas consumidas.

El contenido mineral del suelo tiene influencia directa en la composición nutricional de las plantas, pero sus características intervienen en la utilización de los elementos por las plantas, una de ellas es el pH del suelo que puede afectar la disponibilidad de algunos nutrientes, también se puede presentar desequilibrios por el exceso de un mineral, como por ejemplo altas concentraciones

de potasio, que disminuyen los contenidos de Sodio y Magnesio (Ciria *et al* 2005). Los minerales tienen funciones fundamentales en todo ser vivo, las deficiencias de estos repercuten en el funcionamiento de las especies de interés agropecuario. Por esto es importante mantener un ciclaje de los mismos, el suelo va perdiendo elementos nutricionales a medida que se producen plantas para alimentación, sin embargo, se ha demostrado que las deposiciones de las bostas y las micciones sobre el suelo de la ganadería, producen aportes de elementos en el suelo, pues estos al descomponerse liberan los nutrientes contenidos al suelo, haciéndose asimilables para las plantas (Crespo *et al.* 2009 citado por Galindo *et al.*, 2014).

Figura 2. Contenidos minerales del suelo.


Tomada de: http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=33

Como se observa en la figura 2 las plantas son organismos autótrofos, usan la energía solar, el CO₂ del aire, el agua y los nutrientes del suelo para su formación; las plantas necesitan un ambiente favorable de luz, humedad, temperatura, suelo como soporte y proveedor de nutrientes. Para su desarrollo requieren de elementos macronutrientes que son aquellos que demandan en mayores cantidades: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre. También necesitan otros elementos en menor proporción, conocidos como micronutrientes, estos son: Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Boro, Molibdeno y Cloro; la deficiencia de estos elementos, repercutirá en la tasa de crecimiento, en la resistencia y en la reproducción de las mismas (Armienta, 1995).

Las plantas secretan sustancias orgánicas en sus raíces, con el material descompuesto y el agua, resultando de esta mezcla Ácido Carbónico (H₂CO₃), éste disuelve los minerales de las rocas, contribuyendo a la formación de humus que confiere mejores características químicas a los suelos. Algunas plantas trabajan en asociación con bacterias, particularmente del genero *Rhizobium*, creando una simbiosis con las raíces lo que les permite fijar nitrógeno atmosférico al suelo, que será aprovechado nuevamente por estas (Salas & Cabalceta, 2011).

La absorción de los nutrientes de suelo por las raíces de las plantas, depende de la solubilidad de los mismos en el suelo, de la asimilación de la planta y de la capacidad del sistema radicular para tomarlos (Salisbury y Ross, 1985 citado por Beguet & Bavera 2001); Los microorganismos del suelo, ayudan a la planta a tomar los elementos pues simplifican los minerales, permitiendo que el sistema radicular los transfiera al resto de la planta (Bidwell, 1983 citado por Beguet & Bavera 2001). La concentración de elementos minerales en las plantas es influenciada por el suelo, la adaptación de las especies y la especie vegetal, el desarrollo fisiológico de la planta, el manejo antrópico y el clima; pero también su composición mineral depende de la génesis de los suelos (Meir, 1979 citado por Beguet & Bavera 2001)

Todos los animales se relacionan con el suelo y las plantas, los bovinos aportan a la relación suelo-planta-ani-

mal. El comportamiento de esta relación depende de la forma como se efectúe el pastoreo. Si hay una inadecuada rotación de la ganadería ésta empezará a degradar el suelo por compactación, a causa del pisoteo continuo del ganado, que ocasiona daños mecánicos en las plantas; la compactación disminuye la infiltración de agua en el suelo o se agudiza por el exceso de la misma en la superficie del suelo; impide el adecuado desarrollo de las plantas, etc. Por el contrario cuando se realiza un adecuado pastoreo, que incluyen entre otras actividades tiempos de descanso de las pasturas y una deyección animal controlada, las condiciones físicas de los suelos mejoran de manera considerable, incluyendo además mejores características biológicas y químicas (Paladines, 1972).



El sistema de ganadería en la sabana inundable de Casanare ha sido históricamente manejado bajo una sola área, en rodeos, como lo hacían en los grandes hatos de antaño, donde el mismo ganado rotaba en los diferentes ecosistemas de la finca (bancos y bajos) aprovechando la oferta forrajera que el suelo producía naturalmente de acuerdo a la estacionalidad de la precipitación, que tiene un régimen unimodal muy marcado (8 meses de lluvias y 4 de verano, para satisfacer sus necesidades nutricionales. Y como comentan muchos llaneros: *“los primeros minerales a los que tenía acceso el ganado eran las cenizas de las quemas de sabana que se usan para mejorar los retoños de las pasturas sabaneras, porque el ganado va detrás de la quema consumiendo el retoño que tiene mejores nutrientes”*.

Sin embargo, es claro para el ganadero que en la época seca escasea la comida para su ganado, se lignifican las pasturas y realmente por falta de cantidad y calidad, además de la poca disponibilidad de agua en el verano, los animales no pueden cumplir los requerimientos nutricionales en general y mucho menos los de los minerales necesarios para la reproducción. Como se menciona en muchos artículos nutricionales, el ganado bovino requiere al menos entre 15 y 17 minerales para su desarrollo (formación de huesos, dientes, para el mantenimiento general, para la fertilidad, para el sistema nervioso y para la producción tanto de carne como de leche).

Si analizamos las características generales promedio de los suelos de sabana, con base en varios análisis de muestras de suelo tomadas en ecosistemas de banco, bajo y estero, en los municipios de Hato Corozal, Paz de Ariporo y Orocué, presentan algunas diferencias entre esos ecosistemas, como se observa en la siguiente tabla:



Tabla 1. Promedios y diferencias entre los suelos de banco, bajo y estero

Ecosistema/Características	Banco	Bajo	Esteros	Referencia para interpretación*
Textura	Arenosa Franca a Franco-Arcillo-Limosa	Arcillo-Limosas	Franco- Arcillo-Limosa	La textura es una característica propia de cada suelo y depende del material parental
pH - acidez del suelo	5	4.7	4.8	Acido entre 4.5 y 5.5
Materia orgánica - MO%	1%	2%	3%	Menor de 2 es bajo. Entre 2 y 4 es medio
Calcio-Ca meq/100g suelo	0.06	0.85	0.65	Menor de 2 es bajo
Aluminio -Al meq/100g suelo	1.3	2.6	3.2	Menor a 1.5 es bajo. Entre 1.5 y 3 es medio
Magnesio-Mg meq/100g suelo	0.02	0.54	0.86	Menor de 1 es bajo
Potasio-K meq/100g suelo	0.1	0.14	0.16	Menor de 0.15 es bajo. Entre 0.15 y 0.3 es medio
Fosforo-P ppm	4.66	13.9 ppm	29.6 ppm	Menor de 15 es bajo. Entre 15 y 30 es medio
Cobre -Cu ppm	0.76	2.31	2.58	Menos de 1 es bajo. Entre 1 y 3 es medio
Hierro -Fe ppm	98.5	225.6	146.2	Mayor a 40 es alto
Manganeso - Mn ppm	16.9	98.5	41.0	Mayor a 10 es alto
Zinc-Zn ppm	0.57	5.6	2.7	Menor a 3 es bajo. Entre 3 y 6 es medio
Boro -B ppm	0.17	1.63	1.0	Menor a 0.2 es bajo. Mayor a 0.6 es alto
Azufre -S ppm	2.41	3.2	3.5	Menor a 8 es bajo

ppm = partes por millón, meq/100g suelo = miliequivalentes por 100 gramos de suelo

Fuente: Análisis de suelos realizados por Fundación Horizonte Verde. Laboratorio de Suelos, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta. 2012

*Resumen general de valores de elementos disponibles en el suelo para interpretar los análisis. Julio Cesar Moreno, Unillanos, 2015.

Los suelos con texturas arcillosas y limosas están indicando una menor porosidad, mayor retención de agua y depósito de Materia orgánica-MO; por otro lado los suelos de texturas arenosas retienen menos agua y menos materia orgánica. La acidez es una característica de los suelos de la Orinoquia y los resultados de estos análisis demuestran que en general en los 3 ecosistemas los suelos son ácidos. El pH del suelo tiene una relación directa sobre la absorción de minerales por parte de las plantas, por ejemplo en pH ácidos se aumenta la disponibilidad y absorción de algunos elementos como el Hierro, Magnesio, Zinc y Cobre; y se disminuye la absorción de elementos como el Fósforo, Molibdeno y el Selenio.

La MO en general para los suelos de la Orinoquia es baja, en este caso el estero presenta mayor contenido de MO donde por escorrentía se va acumulando en las depresiones del terreno más profundas de la sabana que se presentan precisamente en este ecosistema, convirtiéndose en el sumidero de la materia orgánica en la sabana inundable.

El fósforo presenta contenidos deficientes en el ecosistema de banco, y buenos contenidos en los bajos y estero, según la literatura se requieren 12 ppm de fósforo para que la planta pueda alcanzar el nivel necesario para nutrir al animal. Un elemento tan importante como es el calcio, se encuentra en todos los ecosistemas en muy bajas cantidades. Así mismo, la mayoría de los minerales necesarios para nutrir las plantas y cumplir con los requerimientos nutricionales de los animales se encuentran con valores bajos en los 3 ecosistemas; exceptuando el manganeso y el hierro, que son resultados normales en suelos con pH ácido.

Los resultados de los 80 análisis de suelos que se llevaron a cabo en el marco del proyecto ejecutado por la alianza entre la Fundación Natura y la Fundación Horizonte Verde, muestran que los contenidos de los elementos minerales más requeridos por los animales, presentan concentraciones bajas y medias tales como Calcio y Fósforo, elementos importantes para la formación de huesos y la regulación celular; Magnesio y Potasio, son también esenciales para la regulación celular; estos elementos

son vitales para el buen funcionamiento y desarrollo de los animales. Por este motivo es necesario aumentar las concentraciones de estos elementos en la dieta animal, suministrándolos por ejemplo en la sal; la cual es necesaria para el ganado pero teniendo en cuenta que debe suplir las deficiencias de minerales mayores y menores que no contienen ni el suelo, ni las pasturas, teniendo como referente las características de los suelos de la sabana inundable y en lo posible contar con análisis de suelos propios de la finca. También es importante que la sal mineralizada que se ofrezca se haga en la cantidad necesaria para el ganado y permanente.



Como ya se ha dicho dependiendo del tipo de suelo y sus contenidos, va a depender la calidad nutricional del forraje que consumen los animales. Las gramíneas y leguminosas nativas de mayor consumo por la ganadería de cría en la sabana inundable, tienen contenidos nutricionales aceptables para el tipo de suelo donde se están soportando. En la siguiente tabla se observan los contenidos nutricionales de 5 especies de gramíneas o pastos nativos en los diversos ecosistemas y en 3 municipios representativos de sabana inundable del Casanare.

Tabla 2. Composición Bromatológica de cinco especies de gramíneas nativas en tres ecosistemas de los municipios de Hato Corozal, Paz de Ariporo y Orocué, Casanare.

Composición bromatológica								
Gramíneas	Ecosistema	Municipio	% MS	P	FDN	FDA	C	EE
				% de la MS				
<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	Banco	Hato Corozal	43.5	6.1	71.6	42.6	8.3	2.1
<i>Leersia hexandra</i> Sw	Bajo		44.3	8.3	61.8	43	20.1	2.2
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Banco		36.5	9.8	70	43.6	12.4	2.1
<i>Paratheria prostrata</i> Griseb	Estero		40.35	8.31	73.20	39.40	14.90	1.70
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rubge) Nees	Bajo		23.43	14.00	72.40	41.40	12.40	0.60
<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	Banco	Paz de Ariporo	21.1	6.3	70	40.6	8.5	2
<i>Leersia hexandra</i> Sw	Bajo		36.5	8.1	69.8	46.6	15.4	1.7
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Banco		27.9	9.2	74.2	44.2	7.9	1.5
<i>Paratheria prostrata</i> Griseb	Estero		31.37	12.25	63.20	34.80	15.50	2.20
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rubge) Nees	Bajo		25.69	10.50	73.60	44.80	11.60	1.80
<i>Axonopus purpusii</i> (Mez) Chase	Banco	Orocué	32	5.5	71.4	44.4	11.7	1
<i>Leersia hexandra</i> Sw	Bajo		28.9	10.9	68	44	12.8	2
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	Banqueta		25.5	8.3	70.8	47.8	10.4	1
<i>Paratheria prostrata</i> Griseb	Estero		32.23	16.19	66.60	37.60	13.80	1.60

Fuente análisis bromatológicos: Centro de Investigación Corpoica la Libertad. Villavicencio, Meta. 2012

MS: Materia seca; P: Proteína; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Ácido; C: Cenizas, EE: Extracto Etéreo

Fuente: Peñuela, L. et al 2013. Afiche "Relación Suelo-Planta-Animal en la Sabana Inundable de Casanare, Colombia" Proyecto predios productivos

En estos análisis bromatológicos se pudo comprobar que cuatro de las cinco especies vegetales estarían en los rangos óptimos de contenido de materia seca (30%-40%), excepto *Hymenachne amplexicaulis* que tiene 24.56% de materia seca promedio. El nivel de proteína presente en estos forrajes en la época que se colectaron (mayo) fue de 5.96% para *Axonopus purpusii*, 9.1% para *Leersia hexandra*, 9.1% *Paspalum notatum*, 12.25% en *Paratheria prostrata* y 12.25% para *Hymenachne amplexicaulis*, los resultados muestran que a excepción de *Axonopus purpusii*, que se encontraba en floración en el momento de la colecta de la muestra, están por encima del 7%, porcentaje necesario, según la literatura, para que el forraje sea absorbido por la microflora ruminal de los bovinos. Así mismo estos contenidos de proteína, tal como se observa en *Axonopus purpusii*, cambian de acuerdo al momento fenológico en el que se encuentren y esto va ligado a la época del año en que se coseche. El contenido

de cenizas (minerales) en las especies vegetales varía de acuerdo a la concentración de minerales en el suelo y la capacidad de movilidad desde el suelo a la planta, los resultados de los bromatológicos mostraron contenidos superiores al 9% en las 5 especies: *Axonopus purpusii* 9.50%, *Leersia hexandra* 16.10%, *Paspalum notatum* 10.23%, *Paratheria prostrata* 14.73% e *Hymenachne amplexicaulis* 12.00%, lo que conlleva a pensar que hay un enorme potencial en éstas pasturas para alimentar el ganado de cría en la sabana inundable, pero que requiere mejorar su manejo.

De manera general se puede deducir a partir de los análisis de suelos, que pese a que los macroelementos en el suelo de la sabana inundable del Casanare presentan contenidos medios y bajos en los análisis de suelos; los forrajes nativos de estas zonas están adaptados a las condiciones edafoclimáticas que ofrece el paisaje, han

sido la oferta para la alimentación del ganado, que dependiendo de la época y de acuerdo al ciclo de la planta, pueden presentar mayores o menores contenidos nutricionales, por ello es necesario conocer estas dinámicas y darle la oportunidad a las pasturas de descansar mediante la rotación de sabana, requiriéndose por parte de los ganaderos, un mejor manejo animal que conlleve a mejorar las condiciones nutricionales ligados a optimizar las relaciones entre el suelo-la planta y los animales.

Figura 3. Relación suelo-planta-animal.



Otro aspecto fundamental en la relación suelo-planta-animal tiene que ver con las razas de ganado. Existen razas adaptadas al medio, entiéndase que han co-evolucionado con el medio biofísico, y existen razas aclimatadas al medio. Lo que se quiere es tener un ganadería que reúna las características deseables para el sistema productivo que se quiere, en este caso: rusticidad, habilidad materna, fertilidad, producción de carne y/o leche, entre otras; buscando que el ganado se adapte al medio y no tratar de adaptar el medio al ganado. En este orden de ideas juega un papel relevante mirar hacia las razas criollas, valorarlas y buscar los mejores cruzamientos con ellas para optimizar la relación que nos interesa, y trabajar para que lo autóctono sea reconocido en el mercado como un indicador de identidad y sostenibilidad.

Los productores ganaderos de la sabana inundable han ido entendiendo que deben mejorar el manejo de sus ganaderías; entendido como: establecer divisiones de sabana para rotarla (darle tiempo de descanso y ocupación), establecer evaluaciones reproductivas anuales (lo que permite saber cuáles animales deben descartarse), establecer grupos de animales por estado reproductivo (gestantes, horas, levante, entre otros), implementar algunas estrategias prácticas para disminuir el estrés calórico (núcleos de sombrío, divisiones de potreros asociadas a árboles dispersos), bebederos con agua disponible en cantidad y calidad todo el año, estrategias de manejo y cosecha de aguas lluvias (el exceso del invierno para el verano), entre otras; lo que les permitirá optimizar la relación suelo-planta-animal, y así ser más productivos integralmente. No se trata de aumentar la población ganadera de la finca, se trata de evaluar primero la población que se tiene, mejorar su manejo y establecer la mejor carga animal que puede tener la finca durante todo el año. La ganadería de sabana inundable es una ganadería que ha estado históricamente ligada a procesos de conservación de la biodiversidad y por ello debería ser reconocida y pagarse diferencialmente ese valor agregado, así el reto también es trabajar en esos incentivos de mercado que marquen la diferencia de qué? Y cómo? se está produciendo en la sabana inundable.



De acuerdo con la sistematización del ciclo de foros virtuales en el Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015, que se realizó en el documento: Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático, en el año 2016; se pudo resaltar la importancia del suelo como un “sistema básico para la vida”, y la enorme necesidad de hacer un manejo sostenible del recurso que permita la adaptación del suelo frente a las condiciones

que genera el cambio climático, integrando un manejo eficiente de los recursos naturales, los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. En esta sistematización, se destaca que la gestión sustentable de los residuos agrícolas y pecuarios en los sistemas productivos, evitarían la emisión de GEI y se llevaría a cabo la producción sustentable de alimentos, como se observa en la siguiente figura.

Figura 4. Gestión sustentable de residuos agrícolas y pecuarios.



De acuerdo con esto, las estrategias de adaptación al cambio climático que se implementen y conlleven a un manejo sostenible del suelo, respondiendo a los criterios para el mismo, como son: el mantenimiento y aumento de coberturas vegetales; aporte permanente de materia orgánica al suelo, a partir del aprovechamiento de la bosta del ganado y de los residuos vegetales; el no uso de agro tóxicos para el manejo de plagas y enfermedades; el uso de implementos adecuados, que evitan el daño de la estructura del suelo, entre otros, contribuyen a un mejor ciclaje de nutrientes y a optimizar por ende la relación suelo-planta-animal.

Finalmente, es importante ratificar la urgente necesidad de aplicar los criterios de un manejo sostenible del suelo en todos los sistemas productivos y en todos los paisajes fisiográficos, para tener mayor capacidad adaptativa a los efectos del cambio climático, ya que esto garantizará la oportuna resiliencia del sector agropecuario. Hay que recordar que el suelo actúa como una fuente de Gases de Efecto Invernadero-GEI, siendo a la vez un sumidero de estos mismos gases. Así, el reto exige también trabajar con prácticas que conlleven a tener procesos productivos bajos en carbono (reducir emisiones), que por ende nos mejoren la relación suelo-planta-animal.

Bibliografía

- Armentia, Gilberto. 1995. Perfil mineral del suelo, forraje y tejidos del ganado en agostaderos del Estado de Nuevo León. México. En: Tesis de doctorado [en línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1080125912/1080125912_MA.PDF
- Beguet, H. Bavera, G. 2001. Relación suelo, planta, animal. En: Curso de producción bovina de carne. [en línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/05-relacion_suelo-planta-animal.pdf
- Chamorro, C. 2001. El suelo maravilloso teatro de la vida. En: Revista Academia colombiana ciencias de la tierra. [en línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_25/97/483-494.pdf
- Ciria, J. Villanueva, R. Ciria-García, J. 2005. Avances en nutrición mineral en ganado bovino. En: IX Seminario de pastos y forrajes. [En línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/112-Minerales.pdf
- Estrada, J. 2002. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Universidad de Caldas. Manizales. pág. 25-27
- Galindo, J. Gutiérrez, O. Ramayo, M. Leyva, L. 2014. Estatus mineral de las vacas y su relación con el sistema suelo-planta en una vaquería de la región oriental de Cuba. En: Revista Cubana de Ciencia Agrícola. [en línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: <http://www.ciencia-animal.org/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulos/T48-N3-A2014-P241-J-Galindo.pdf>
- Montiel, Karen. Muhammad Ibrahim. 2016. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2016. En doc. Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático. Sistematización del ciclo de foros virtuales | Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015. [En línea] [Consultado 05 julio de 2015]. Disponible en <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3982E.PDF>
- Paladines, O. 1972. Principios de manejo de praderas. En: Colección histórica - Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. [En línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/CIAT/66110.pdf
- Peñuela, L. Mejía, A. Ardila, V. 2013. Afiche "Relación Suelo-Planta-Animal en la Sabana Inundable de Casanare, Colombia" Fundación Horizonte Verde. Proyecto: "Fortalecimiento institucional y de política para incrementar la conservación de la biodiversidad en predios privados en Colombia". Grupo Colombiano Interinstitucional de Herramientas de Conservación Privada (G5): Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RESNATUR), Fundación Natura (FN), World Wildlife Fund (WWF), The Nature Conservancy (TNC), y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). Serie: Conservación de la biodiversidad en predios productivos.
- Salas, R. Cabalceta, G. 2011. Manejo del sistema suelo – pasto: partida para la producción de forrajes. En: Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. [En línea] recuperado [26 diciembre 2015] disponible en: http://www.proleche.com/recursos/documentos/Manejo_del_suelo-pasto_Dr_Rafael_Salas_y_M_Sc_Gilberto_Cabelceta.pdf



CAPITULO 6.

EL SUELO, SOPORTE BIOFÍSICO DE LA GANADERÍA DE CRÍA EN SABANA INUNDABLE

Hugoberto Huertas R. ¹ y Lourdes Peñuela R. ²

El conocimiento empírico basado en la experiencia a través de las vivencias de los pobladores de origen europeo recorriendo la llanura, desde hace unos 350 años, fue formando al hombre llanero de Casanare y Arauca; simultáneamente los bovinos y equinos que introdujeron los jesuitas a la hacienda Caribabare en 1661, se fueron adaptando al relieve plano cóncavo de la sabana inundable y a la dinámica del agua lluvia que se iba acumulando en los bajos y esteros durante el invierno y reduciéndose paulatinamente durante el verano; es decir, adaptándose a la disponibilidad forrajera de las pasturas nativas que también se habían adaptado por siglos a las fuertes va-

riaciones de anegación en invierno y sequedad en verano. Antes de llegar los bovinos y equinos al paisaje de sabana inundable, los herbívoros que predominaban eran el chigüiro y el venado, los cuales establecieron una convivencia natural, pero también se presentó competencia por el agua y las gramíneas más palatables y una mayor presión sobre el suelo por pisoteo. El proceso de adaptación de las plantas a las características físico-químicas del suelo y al nivel de anegación, estableció algunas especies que tipifican la variación entre los ecosistemas de sabana inundable, como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Características de los ecosistemas de sabana inundable según espejo de agua y vegetación

ECOSISTEMA	CARACTERÍSTICAS	PLANTAS REPRESENTATIVAS
<i>Banco</i> : El corozo es la palmera representativa en forma dispersa	Suelo no encharcable, con buena humedad de abril a noviembre y muy seco de enero a marzo	Gramíneas y leguminosas de porte bajo, con predominio de guaratara y gramas, con escasa arborización denominada mata de monte
<i>Bajo</i> : El moriche es la palmera representativa en forma agrupada	Suelo semi-encharcable en invierno y seco de enero a marzo. Los zurales evitan encharcamiento de toda la superficie del bajo	Gramíneas que toleran encharcamiento, donde sobresalen lambedora y paja de agua. En algunos zurales se forman charrascales
<i>Estero</i> : Cosechador de agua, con mínima presencia de plantas en invierno	Suelo completamente inundado de mayo a octubre, su principal función es aportar agua en verano y pasturas estacionales	Platanillo, lambedora y carretera, que emergen a medida que se va perdiendo el espejo de agua, de uso intensivo en Enero y Febrero por todos los herbívoros

3. Mvz MSc Producción Bovina. Coordinador mesa ganadería sostenible de Casanare.

4. Directora Ejecutiva Fundación Horizonte Verde, Zootecnista, MSc.

ECOSISTEMA	CARACTERÍSTICAS	PLANTAS REPRESENTATIVAS
<i>Bosque de galería:</i> Árboles de especies nativas y morichales mixtos asociados siempre a cursos de agua. Refugio de fauna	Áreas con sombra con abundante agua en la época de invierno. Subienda de peces	Aceite, guarataro, congrio, laureles, simaruba, gualanday, palma de moriche, palma real, palma cubarro, aráceas, entre otras
<i>Vega de río no inundable:</i> albergue de fauna todo el año	Áreas fértiles en riberas de ríos, que no se inundan por lluvia ni desbordamiento de ríos	Bosque alto denso y numerosas palmeras. Fuente forrajera, de frutos y sombrío en verano
<i>Vega de río inundable:</i> albergue de fauna especialmente en verano	Áreas fértiles que sirven de amortiguación durante el desbordamiento de los ríos	Bosque y palmeras en menor densidad y formación de charrascales útiles en verano



Con estas características ecosistémicas los primitivos llaneros, los bovinos y equinos, fueron adaptándose al medio ambiente de la sabana inundable, hasta llegar a convivir con las especies silvestres (mamíferos, aves, peces, caimanes serpientes, mosquitos y zancudos) y otras domesticas como gallinas y cerdos, en un sistema extractivo conservacionista de los recursos naturales.

De esta manera el llanero logró “domar” las sabanas bravías, y con la continua observación del comportamiento de los bovinos, equinos y pasturas nativas a través del año, estableció un manejo natural de los animales, las plantas y el agua. Por ejemplo:

- A finales de invierno (noviembre) colocaba tapas en lugares estratégicos de rebosadero de esteros y cañadas para que los animales mantuvieran agua todo el verano;

- Aprendió a que era contraproducente hacer canales para drenar, pues aumentaba anegación en invierno y sequía en verano;
- Conservó los zurales, que cumplen la función de desagüé por las canaletas por dónde camina el ganado a comer pasto de la superficie del zural;
- Para sembrar el conuco y frutales aplica el sistema de majada (aporte de materia orgánica con el ganado) y la ahoyada en la parte del banco con nivel freático profundo. Nunca alteró la estructura del suelo;
- Aprendió que con la quema de pajonales, surgían rebrotes apetecidos por el ganado; sin proponérselo también estaban mineralizando el ganado y los caballos, con la ceniza producto de la quema. Es el aprendizaje ancestral cuestionable por la quema indiscriminada que afecta la fauna, las pocas matas de monte y sobre todo por el incre-

mento en la emisión de Co^2 . Quemadas racionales y estratégicas pueden ser útiles (manejo);

- La producción ganadera en sabana inundable se ha basado en una utilización conservacionista de los recursos naturales, sin dependencia de insumos externos.

Con el conocimiento científico se supo que estos suelos de sabana tienen baja concentración de nutrientes esenciales para la planta; también excesos de hierro y aluminio que ocasionan acidez, por lo cual los forrajes nativos son los que presentan la mejor adaptación a estas condiciones, con la ventaja de que varios de ellos tienen mayor calidad nutricional que los Braquiarias introducidos. Como reporta Peñuela, L *et,al*, 2011 existen más de 15 especies entre gramíneas y leguminosas presentes en la sabana inundable que son preferidas para ser consumidas por el ganado, con contenidos proteicos importantes (promedio entre 5-15 %), y que se encuentran en oferta en los distintos ecosistemas (esteros, zural, banco, bajo, vega) dependiendo de la estacionalidad climática, lo que conlleva a la movilidad del ganado para acceder a ellas. Sin embargo la oferta forrajera nativa tiene la desventaja de producir menos cantidad de forraje por hectárea (biomasa), lo que se ha compensado con área para mantener una carga animal acorde a la oferta ecosistémica y a la marcada estacionalidad (invierno-verano); por ello la carga animal de estas ganaderías no puede ni debe compararse con las cargas que se manejan en otros ecosistemas como en el piedemonte casanareño.

También se conoció que la capa vegetal en la sabana es superficial, con una estructura frágil, por la cual los procesos de mecanización la alteran fácilmente y en poco tiempo aumenta la compactación y la pérdida de nutrientes del suelo.

En consecuencia, un acertado equilibrio entre el conocimiento empírico de los productores ancestrales y el conocimiento científico, redundará en mayor productividad y sostenibilidad del paisaje de sabana inundable, requerido con urgencia para mitigar los impactos degradativos del suelo y del cambio climático.

El suelo como base de todo proceso productivo es un servicio ecosistémico de soporte. Sin embargo, es neces-



Foto: cortesía Don Fernando Barragan

sario considerar una serie de factores que se relacionan e influyen para poder afirmar si ese proceso productivo que se está desarrollando en ese tipo de suelo es el más adecuado o no. La idea no es “ajustar el suelo” al proceso productivo que se quiere desarrollar, la idea es entender el suelo que se tiene y el contexto del paisaje donde está ubicado y preguntarse qué es lo mejor que puede producirse en ese tipo de suelo para no destruirlo en el corto, mediano o largo plazo, buscando la productividad integral del sistema productivo (ecosistemas, recurso hídrico, suelo, producción pecuaria y/o agrícola, entre otros). Y el suelo ha sido históricamente el soporte biofísico de la ganadería de cría y levante en sabanas inundables del Casanare.

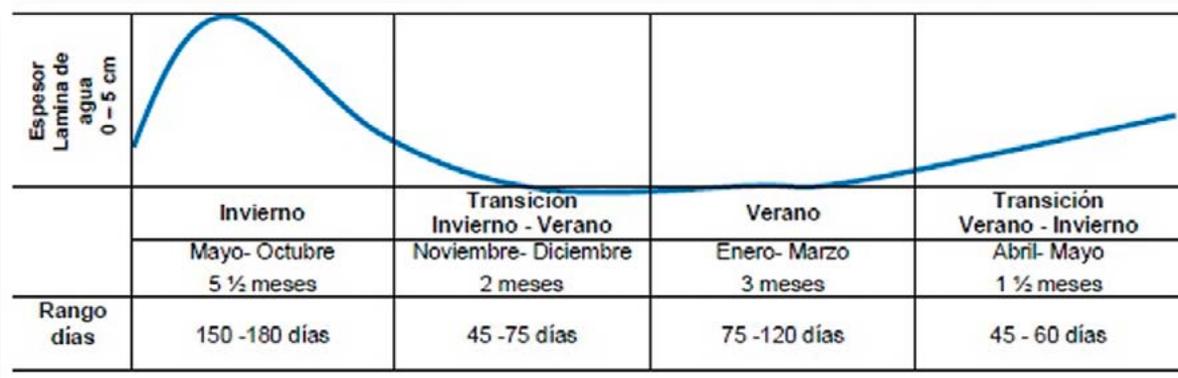
La sabana inundable es una planicie plano-cóncavo (batea), donde se presentan los ecosistemas de banco, bajo y estero, con particularidades como los zurales, bosques de galería, morichales, matas de monte y rastrojos. Debido a que el 60% de la sabana inundable, en los bajos y esterios, mantiene lámina de agua durante la época de lluvias o invierno, el manejo sostenible de su suelo está estrechamente ligado a la dinámica del agua, donde la solución no es drenar, sino saber regular los volúmenes de agua durante el año, por ejemplo cosechar el exceso de aguas lluvias de la época de invierno; porque todo lo que pasa en la sabana inundable depende de la dinámica hidrológica (la fauna, la flora, los servicios ecosistémicos que provee, la productividad...).

La actividad de varios de los organismos del suelo, como las lombrices y cucarrones, varía según el grado de saturación por agua, siendo casi nula cuando el espejo de agua sobrepasa la superficie del suelo. Por el contrario, en el banco de sabana, la dinámica de estos organismos es máxima en la época de lluvias y se reduce en la época seca.

El departamento de Casanare tiene un 70% de paisaje de sabana inundable en los municipios como: Hato Co-

rozal, Paz de Ariporo, Pore, Nunchia, Trinidad, San Luis de Palenque, Orocue, Maní, Tauramena y Aguazul. La mayoría de las fincas ganaderas de cría del departamento están ubicadas allí y del total de su área, aproximadamente presentan entre el 60 y 90% de ecosistemas de bajos y esteros; es decir que más del 50% del año está inundada entre el 60-90% del área total de la finca, y allí ha subsistido en una relación de complementariedad la ganadería por más de 400 años.

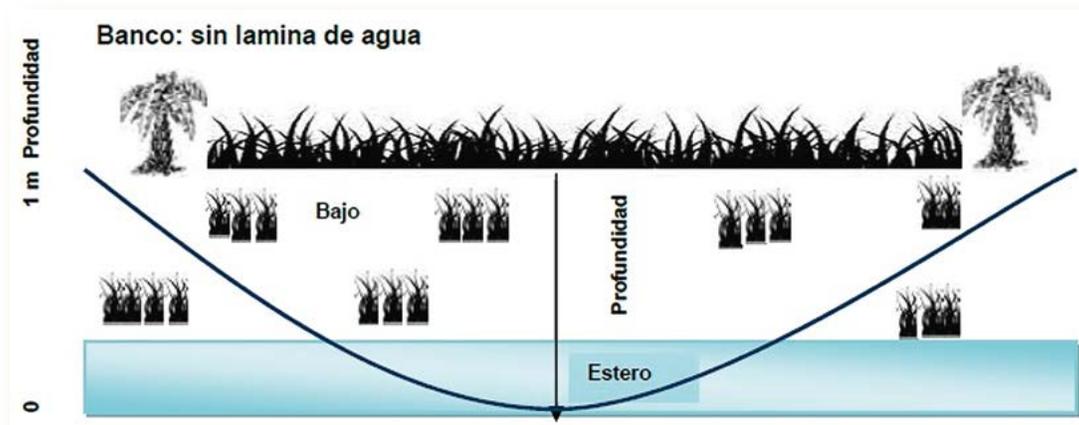
Figura 1. Lámina de agua sobre el suelo, según la época del año.



Las variaciones de la lámina de agua sobre el suelo inciden sobre la disponibilidad del área forrajera según la época del año, como puede observarse en la figura 1. La experiencia de los ganaderos, y que se está confirmando con recientes investigaciones, indican que las épocas más favorables para la ganadería son las de transición

(noviembre a diciembre y abril a mayo), pues el suelo tiene un gradiente de humedad adecuado y mayor área con cobertura forrajera. Dichas variaciones no solo dependen del tiempo de lluvias y su intensidad, sino fundamentalmente del tiempo de acumulación del agua y descenso en los bajos y esteros, como se observa en la figura 2.

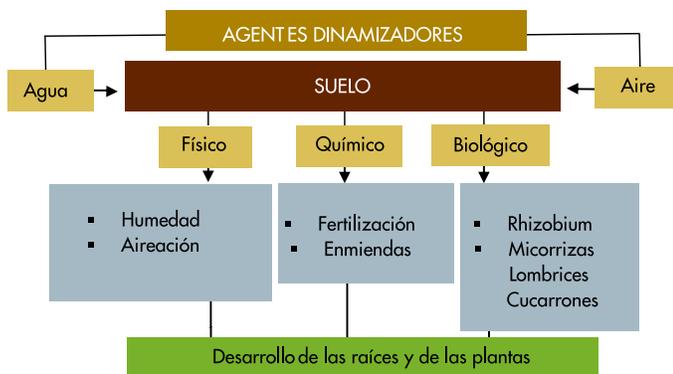
Figura 2 Representación gráfica de la profundidad del espejo de agua.



Por banco se entiende el área de sabana que no se inunda durante el invierno; por bajo se entiende el área que mantiene lámina de agua en invierno y en la cual se observa forraje que sobresale del agua; por estero se entiende el área de mayor espesor de lámina de agua, o la parte más profunda del bajo, donde poco se observa forraje que sobresale de la superficie del agua.

Un suelo sin humedad y sin aire, es un suelo muerto; de aquí la importancia de mantener la estructura física del suelo para no afectar su porosidad y así pueda circular el aire y el agua, que son los agentes dinamizadores de la actividad biológica y química. Cualquier intervención del hombre y de los animales debe estar dirigida a minimizar los impactos de compactación, erosión y degradación. Cuando se aplican estas estrategias conservacionistas de los recursos naturales se reduce la dependencia de enmiendas (encalamiento) y aplicación de fertilizantes, igualmente se mantiene activa la dinámica de las bacterias, hongos, lombrices y cucarrones. En la siguiente grafica se resume el manejo integral del suelo para lograr una producción sostenible.

Grafica 1. Manejo integral del suelo



Por lo tanto, si queremos mantener a través del tiempo una producción es necesario manejar sosteniblemente el suelo y para ello se requiere considerar aspectos como la *Aptitud del suelo*, una consideración básica es que el suelo se debe aprovechar de acuerdo a su aptitud y capacidad natural. Es preferible utilizar bien las plantas adaptadas al suelo que adaptar el suelo a nuevas plantas.

Un estudio hecho por la FAO en 1965, y otro por el IGAC en 2015, indicaron que la mejor aptitud de los suelos de sabana inundable es para ganadería, aprovechando sus recursos forrajeros nativos y las fuentes de agua. El estudio de Lasso y colaboradores, 2011, calculó que el 70.7% (3.158.589 ha) del área de Casanare no había tenido intervención directa del hombre, ya que la mayor parte la utiliza el ganado consumiendo pasturas nativas en manejo extensivo. El 29.3% había sido intervenido por cultivos agrícolas y pastos introducidos. Este estudio resalta la oportunidad de desarrollar una ganadería sostenible en la llanura, para lo cual se requiere más investigación y mejoras en el manejo integral de la misma. En el mapa generado por Corzo, G., 2015 en Planeación ambiental para la conservación de la Biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol, es evidente que el paisaje de sabana inundable del Casanare, se encuentra en su mayoría en estado natural respecto a sus coberturas vegetales

Otro aspecto relevante a considerar son los *Componentes del suelo*; el suelo se debe considerar como una estructura viva compuesta por material inorgánico, orgánico, biológico, agua y aire. Si tenemos en cuenta estos 5 componentes se podrá tener un enfoque integral y sostenible del suelo; porque cuando se afecta uno o más de estos componentes, el suelo pierde calidad y se degrada. Por ejemplo, algunos elementos químicos están en exceso en la sabana inundable, como el hierro (Fe) y el aluminio (Al). El hierro da color rojizo y el aluminio produce acidez; estos excesos reducen la absorción de nutrientes por las raíces y las pasturas nativas de sabana inundable (gramíneas y leguminosas) están adaptadas a la acidez y a la mediana fertilidad del suelo. Un suelo de estructura normal es poroso, como un estropajo, por donde circula el agua y el aire, que son dinamizadores de la absorción de los nutrientes por las raíces; también facilitan la actividad de microorganismos y del intercambio gaseoso (CO₂ y Oxígeno) del suelo. Cuando el suelo se compacta se reduce la circulación del agua y del aire, lo que afecta el desarrollo de las plantas.

Algunos organismos del suelo son microscópicos, como bacterias y hongos; otros son visibles como las lombrices

y cucarrones. Las bacterias más reconocidas se denominan *Rhizobium*, que se observan como pequeños nódulos en las raíces de las leguminosas. Los *Rhizobium* se alimentan de nitrógeno que las plantas toman del aire y lo llevan a la raíz, donde lo captan y luego lo liberan al suelo para nutrir otras plantas; este proceso se denomina fertilización biológica natural. Los hongos micorrizas se adhieren a las raíces de las gramíneas (pastos) y facilitan la absorción del fósforo. Las lombrices y cucarrones ayudan a la aireación del suelo, producen precursores de humus e incorporan el estiércol dentro del suelo, que luego de mineralizarse se absorbe por las raíces. Cuando se aplican insecticidas a la pradera, estos llegan al suelo y matan las bacterias, hongos, lombrices y cucarrones, acentuando la degradación.



Por el afán de obtener máximo rendimiento de productos agrícolas y ganaderos por hectárea, se ha sometido al suelo a intensos procesos de mecanización, fertilización y fumigación, que han ocasionado graves daños a los ecosistemas. Este modelo de desarrollo agrario que inició al finalizar la segunda guerra mundial en 1945, se extendió por todo el mundo y es el que predomina en Colombia y en el departamento del Casanare.

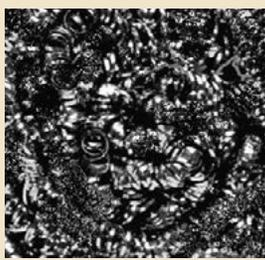
Para contrarrestar sus impactos negativos han surgido estrategias de desarrollo sostenible que garantizan las necesidades de alimentos para la población humana y animal, sin mayor afectación de los recursos naturales. Pero

la esencia radica en el buen uso del suelo y del agua, con una visión de aprovechamiento sistémico a corto, mediano y largo plazo. Con tales propósitos, es primordial e importante, que los productores ubicados en la fisiografía de sabana inundable en la Orinoquia colombiana, puedan contribuir a mitigar la degradación del suelo y las consecuencias adversas del cambio climático, haciendo buen uso de los recursos suelo y agua.

Las definiciones más comunes sobre los suelos de los llanos de Casanare, los califican de baja fertilidad, ácidos, superficiales, mal drenados, ricos en hierro y pobres en materia orgánica; consideraciones que solo desmerecen su potencial productivo e inducen a cambiar su vegetación natural, a la desecación de bajos y a su drástica transformación, creando una dependencia de insumos externos o agroquímicos.

La degradación se refiere a la disminución y pérdida de la capacidad productiva del suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Las fuerzas degradantes pueden ser naturales, como lluvias, vientos y pisoteo; e inducidas, como exceso de labranza con arado y rastrillado. La pérdida de estructura del suelo, su compactación y el encostramiento superficial, se deben a la excesiva labranza mecanizada. En consecuencia, el uso productivo y manejo integral del suelo debe considerar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, sus relaciones con el clima y las prácticas agronómicas, para lograr sistemas productivos sostenibles. El implemento más apropiado para labranza de suelos en ganadería es arado de cincel y el de buey, porque no voltean el suelo y si ayudan a la aireación y descompactación. Una particularidad de los suelos de sabana inundable es su fragilidad, y alta susceptibilidad a la erosión por lluvia y vientos, que se acentúa cuando se mecaniza. La erosión del suelo puede ser física, química y biológica; la física se acentúa principalmente por la mecanización; la química por destrucción de leguminosas herbáceas y arbóreas y por mal manejo de las praderas; y la biológica es afectada severamente por la compactación y la aplicación de insecticidas.

Cuadro 2. Características físicas del suelo según mecanización.

MECANIZACIÓN				
Sin uso (estado natural)		Sin mecanización + Ganado	Cinzel + Ganado	Arado de disco- Rastra-Pulidor
Espesor del suelo				Costra Superficial 
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conserva las propiedades físicas-químicas y biológicas del suelo; 2. Conserva la biodiversidad de flora, fauna y el recurso agua; 3. Los procesos degradativos son lentos y causados por las lluvias, vientos y temperatura. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mantiene la estructura del suelo; 2. Ligera compactación por pisoteo; 3. Disminuye porosidad y aireación; 4. Mantiene filtración del agua; 5. Mantiene la biodiversidad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mínima afectación de la estructura del suelo; 2. Recupera porosidad, filtración del agua y aireación del suelo; 3. Facilita la actividad de los organismos del suelo; 4. Facilita la absorción de nutrientes por las raíces; 5. Mantiene la biodiversidad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pérdida absoluta e irreparable de la estructura original del suelo; 2. Severa compactación; 3. Alta escorrentía o pérdida superficial del agua; 4. Suelo con poca humedad en invierno y resequead en verano; 5. Poca o ausente dinámica de microorganismos; 6. Pérdida de biodiversidad ; 7. Alta dependencia de agroquímicos.

En el cuadro anterior, la columna 1 representa el estado natural del suelo sin intervención; la columna 2 representa el estado natural del suelo, sin mecanización pero con pastoreo de ganado, por lo cual se presenta una ligera compactación, que reduce el espesor del suelo; la columna 3 es equivalente a la columna 2 pero sometida al arado de cinzel, para recuperar porosidad del suelo,

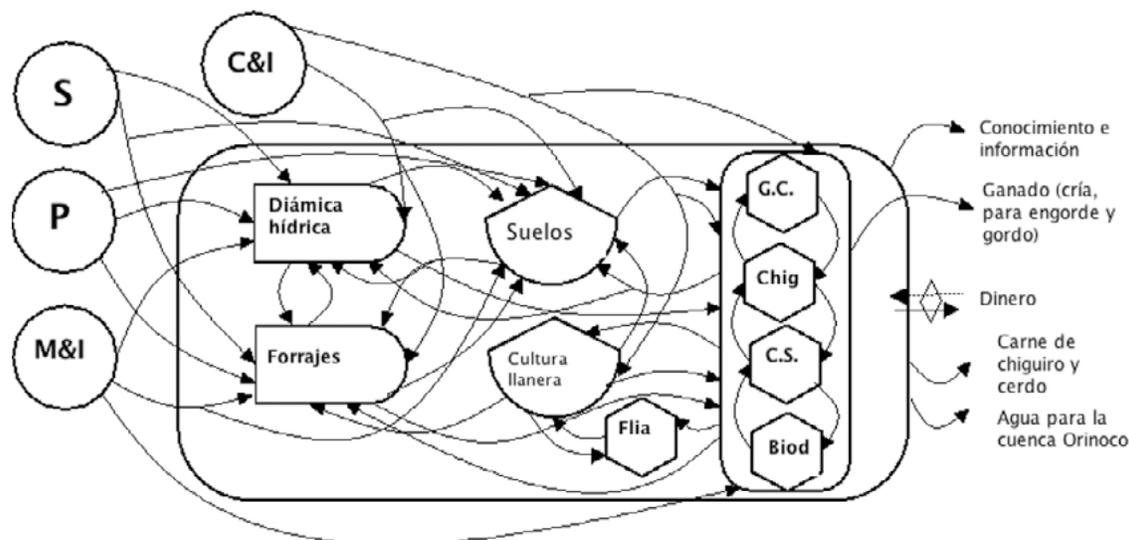
sin mayor alteración de su estructura; la columna 4 representa un suelo tractorado con arado de disco, rastra y pulidora, por lo que se presenta una drástica compactación que no permite la circulación del agua y del aire, porque se ha perdido su estructura y porosidad, el espesor del suelo se reduce alrededor de la mitad.



Como plantean Ocampo, A, Peñuela, L, 2014, el enfoque sistémico es base fundamental para la productividad de la ganadería de cría en sabana inundable, y hay que entender que esta ganadería desde el punto de vista sistémico,

no es un proceso aislado sino que hay una serie de interrelaciones y flujos energéticos entre los componentes de este sistema como se observa en la siguiente figura.

Figura 3. Sistema sabana inundable; fuentes energéticas, productores, reservorios de energía y consumidores que representan un subsistema



(S=sol; P=precipitación; M&I= materiales e insumos; C&I= conocimiento e información; G.C= ganadería de cría; Chi= chiguüiros; C.S.= cerdo sabanero; Biod= biodiversidad)

Fuente: Ocampo, A, Peñuela, L, 2014



También es cierto que hay que continuar enriqueciendo este análisis sistémico que permita generar conocimientos más profundos para comprender las determinantes productivas y los factores que pueden potenciarse de acuerdo a las relaciones y flujos energéticos que se dan en el sistema; donde uno de los aspectos fundamentales es esa relación suelo-agua-planta-animal.

Los retos que se tienen para apropiarse una visión sistémica de la sabana inundable, entre otros son:

- Promover cambios de actitud de los ganaderos y agricultores hacia el manejo sostenible de los recursos suelo y agua,
- La sabana inundable no solo produce ganadería y es clave en la regulación hídrica para la cuenca del Orinoco,
- Promover políticas estatales y privadas coherentes con el desarrollo de la ganadería sostenible: ma-

nejo del suelo, agua, de los pastos, de la biodiversidad y de los animales,

- Fomentar transferencia de tecnología escrita, oral y demostrativa, relacionada con la visión sistémica,
- Motivar y apoyar a ganaderos que valoran el potencial productivo de los recursos naturales,
- Reconocer en los mercados el valor agregado de la ganadería de sabana inundable ligada a procesos de conservación de la biodiversidad,
- Contrarrestar los efectos negativos de patrones tecnológicos lesivos del medio ambiente y desmotivar su continuidad para mitigar impactos del cambio climático.

Literatura consultada

Corzo, G., 2015. Planeación ambiental para la conservación de la Biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol.

FAO 1965. Reconocimiento Edafológico de los Llanos Orientales, Colombia. Los Suelos de Llanos Orientales. Tomo II

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras, Departamento de Casanare. Bogotá. Colombia. 423 pág.

Peñuela, L.; Fernández, A.P.; Castro, F y Ocampo, A. 2011. Uso y manejo de forrajes nativos en la sabana inundable de la Orinoquia. Convenio de cooperación interinstitucional en The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Horizonte verde (FHV), con el apoyo de la Fundación Biodiversidad de España y la corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia).

Ocampo, A. Peñuela, L. 2014. Capítulo 2: Enfoque sistémico base fundamental para la productividad de la ganadería de cría. En: Sabana inundable y ganadería,

opción productiva de Conservación en la Orinoquia. Proyecto: "Fortalecimiento institucional y de política para incrementar la conservación de la biodiversidad en predios privados en Colombia". Grupo Colombiano Interinstitucional de Herramientas de Conservación Privada (G5): Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RESNATUR), Fundación Natura (FN), World Wildlife Fund (WWF), The Nature Conservancy (TNC), y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). Serie: Conservación de la biodiversidad en predios productivos. No.3, 230 pp.

Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1994. Fertilidad de Suelos. Bogotá 345-402 pág.

Usma, J.S., & F. Trujillo (Editores). 2011. Biodiversidad del Casanare: Ecosistemas Estratégicos del Departamento. Gobernación de Casanare - WWF Colombia. Bogotá D.C. 286 pág.

LO QUE DIJERON LOS PRODUCTORES DE LA SABANA INUNDABLE



“Hemos aprendido unas ideas sobre el uso sostenible del suelo y su protección. Sobre la importancia de la vegetación y la protección de los cuerpos de agua”.

“El proyecto ha sido muy bueno, porque se han hecho las cosas y aunque uno también ha tenido que invertir bastante, los resultados han sido muy buenos”

“Se ha aprendido y se ha dado buena información con la asesoría de los profesionales que han estado en el proyecto.”

“Hemos conversado y por eso todos hemos aprendido”



“Sería muy bueno poder replicar este tipo de proyectos, pues las empresas petroleras deben copiar las cosas buenas y hacerlas con la comunidad.”

“Lo que se dijo en un principio se ha hecho y todos hemos cumplido”

“Hemos sembrado muchos árboles que nos sirven para todo, el majaguillo como madera de viento, el aceite y algarrobo como madera dura y el gualanday que sirve de alimento para el ganado, los venados y los pájaros”



Los productores beneficiarios directos del proyecto

“Lo que hicimos con el proyecto lo tenía pensado hacer en algún tiempo, pero no tenía claro como y tampoco contaba con el dinero, y con el proyecto me sirvió para que me asesoraran y además me apoyaran con los recursos”

“El proyecto ha sido bueno y ha cumplido, el que no ha sido muy juicioso he sido yo, y hay que comprometerse para que las cosas salgan mejor de lo que ya han salido”

“Para sembrar en la sabana, se requiere de una inversión grande en materiales para proteger lo que se siembra ya que hay diferentes animales que llegan a comerse lo que se está cultivando, por eso este aporte es muy valioso para nosotros y hemos hecho todo lo que nos han recomendado”

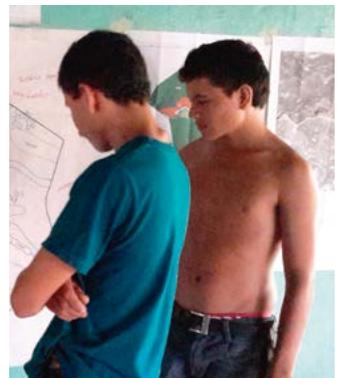
“Un árbol en la sabana es una bendición para el ganado y hasta para uno cuando va a sabanear”

“El ganado nos da el abono más rico que podemos encontrar”

“El majadeo ha sido por años nuestro sistema para poder sembrar y es muy triste que muchos llaneros ya ni conozcan que es majadear”

“Antes no nos preocupábamos por tener sombra, el sol no era tan fuerte, pero ahora con el cambio climático, lo mejor que podemos hacer por nuestras vacas y por nosotros mismos es sembrar arbolitos”

“Nuestros árboles nativos es lo mejor que tenemos, porque sirven para muchas cosas desde la madera, alimento, hasta para remedio”





LO QUE DIJERON LOS PRODUCTORES DEL PIEDEMONTE CERRO ZAMARICOTE

“Hemos aprendido mucho, experiencia en manejo de bancos mixtos de forraje, de suelos, restauración, viveros y otros temas en las diversas jornadas técnicas”.

“Nosotros los propietarios a veces fuimos irresponsables porque no cumplimos con algunos compromisos en el tiempo que se programó”.

“Lo que no teníamos, ahora tenemos”.

“Ecopetrol debe seguir apoyando proyectos como estos, que si nos benefician y quedan en nuestras fincas”.

“Todo salió bien, no nos engañaron”.

“No sabemos de esto de tomar datos y no seguimos tomando los datos de precipitación, temperatura y humedad relativa, porque no le vemos importancia”.

“Aprendimos con las reuniones a trabajar en comunidad y compartir como equipo de trabajo”.

“El que tumba un árbol en su finca para cercar o hacer unas tablas lleva del bulto y hay otros que deforestan gran área y no les pasa nada”

“Uno estaba machiro al principio porque ya nos habían incumplido otras personas. En cambio ahora creemos porque ustedes cumplieron”.





“Es bueno el acompañamiento de los técnicos porque se tiene mas confianza y se aprende en las visitas “

“Es importante conocer los datos del clima y se mira el pluviometro y uno dice si llovera 30-40, 60 mm entonces el rio esta crecido”

“Me parecio bueno lo que se hizo en el proyecto porque dejo una enseñanza mas y mejore la produccion en la finca”

“Tomar los datos de precipitation, temperatura y humedad relativa es muy importante para conocer y saber sobre el clima”.



“ Nos apoyaron para proteger el acueducto el Triunfo y estamos muy agradecidos porque ademas se restaura esa area de 6.7 ha y esto es bueno para el agua de los usuarios de las 5 veredas que se benefician”

“Se ha intercambiado con otras personas los conocimientos y aprendizajes”.

“Se aprendio de la experiencia vivencial haciendolo y se ven resultados por uno mismo”





I Aprendizajes, Reflexiones y Retos

En el desarrollo de proyectos como el que ejecutamos entre la Alianza Fundación Natura y Fundación Horizonte Verde, cofinanciado por Ecopetrol; donde hay interacción entre diversas organizaciones, instituciones, productores, profesionales y 3 años de trabajo; siempre quedan aprendizajes, reflexiones y retos futuros. Hemos querido compartir con los lectores de esta publicación, una síntesis recopilada entre el equipo de trabajo del proyecto.

- El trabajo en equipo es un reto permanente, pero en los 3 años de ejecución de este proyecto se logró mantener un equipo en armonía, respetando, construyendo y aportando desde la diversidad de opiniones, logrando consolidar siempre las mejores opciones.
- Seguimos aprendiendo a relacionarnos a nivel institucional, y siempre será óptima esta relación si las personas con las que se interactúa, respetan las opiniones y tienen la capacidad de escuchar, de aportar y concertar. Esto fue fundamental en la relación con los profesionales de Ecopetrol S.A. que acompañaron el desarrollo del proyecto,
- Aprender haciendo directamente con los productores, siempre es más enriquecedor porque se comparten los conocimientos técnicos y los saberes locales, el aprendizaje es mutuo y se trabaja sobre realidades,
- El trabajar de la mano con la institucionalidad regional es un gran aprendizaje mutuo, y permite que se apropien nuevos conocimientos que pueden ser rutas para incidir desde la institucionalidad en un territorio, porque al final ellos son los que permanecerán en la región y en parte responsables de transmitir los conocimientos adquiridos,
- Los productores que se vincularon en el proyecto, aprendieron sobre temas de cambio climático, manejo sostenible del suelo, recurso hídrico, diversas estrategias para mejorar su productividad y tener mayor capacidad adaptativa, a trabajar en equipo; y todo esto es ganancia para cada uno de ellos y para que puedan transmitir a otros con el ejemplo,
- Una vez más se sigue aprendiendo que el trabajo en equipo es necesario e importante, a nivel de técnicos y con los productores, porque así es más fácil avanzar en los objetivos propuestos,
- La comunicación clara y concreta entre el equipo de trabajo y con los productores es fundamental. Es necesario hablar el mismo idioma y transmitir muy bien los mensajes técnicos para entendernos,
- Sigue siendo difícil, para algunos productores, aprender que debemos estar dispuestos al cambio y a las nuevas propuestas técnicas que sean acordes a las necesidades y capacidades,

- Aprender a tomar datos climáticos (como precipitación, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa) por parte de algunos productores, no fue un gran aprendizaje para ellos y no le ven la aplicabilidad a los mismos.
- Durante el proyecto se hizo un trabajo muy importante junto con la participación de los productores, en la aplicación de varias técnicas y practicas sencillas que ayudan a mejorar las condiciones del suelo, que si el productor las sigue implementando tendrá mejores resultados en sus diferentes actividades productivas gracias a que cada día va a contar con un mejor suelo en su finca.



- Definitivamente dependiendo del paisaje donde están ubicados los productores y su arraigo cultural, tiene mucho que ver con la forma como se relacionan con la naturaleza y sus ganaderías. Existe una marcada diferencia entre los productores del cerro Zamaricote que han deforestado para establecer una ganadería doble propósito y poder vivir de ella, transformando un gran porcentaje de su cobertura natura para establecer potreros con pastos introducidos; a los productores de la sabana inundable que han convivido con sus ganaderías en convivencia con la dinámica

hidrológica, la oferta natural de gramíneas y leguminosas nativas, asociada a la fauna y flora propia de la región. Pero con todos hay que trabajar aunque las dinámicas son muy diferentes y hay que entenderlas y asumirlas.

- Es necesario que los productores tengan claro la capacidad de su mano de obra, de sus recursos económicos, de su tiempo, para establecer estrategias que permanezcan en el corto, mediano y largo plazo. Algunas estrategias pueden llegar a sobrepasar las capacidades y por ello no ser tan efectivas.
- La curiosidad de algunos productores y su capacidad de observar la naturaleza que lo rodea es asombrosa para entender cómo funcionan las dinámicas en sus procesos productivos. Lastimosamente son muy pocos los productores y técnicos que tienen curiosidad y capacidad de trabajar con la naturaleza y no en su contra.
- Seleccionar muy bien los productores con los cuales se va a trabajar en un proyecto, es parte del éxito de los resultados del mismo. Se requieren personas con compromiso, responsables, con necesidades sentidas y con capacidades para realizar las actividades a las cuales se comprometen.
- Los propietarios de la sabana inundable conocen muy bien su finca en términos de ubicación, es decir, por donde entran y salen las cañadas y los caños, que áreas son de banco, bajo o esteros, cuales son los árboles más viejos y emblemáticos de la finca, o en que sitios se pueden encontrar determinados animales; pero cuando se les pregunta cómo hacer para que su finca sea más integral, y tenga un manejo más eficiente utilizando todos los recursos que poseen, se quedan cortos y en muchas ocasiones no saben cómo utilizarlos. Es por esto que hay que hacer un esfuerzo grande, para que ellos reconozcan lo valioso que tiene en su finca y que pueden utilizarlo para ser más productivos; como por ejemplo realizar acciones en pro del mejoramiento de su seguridad alimentaria sin que tengan que depender de lo que pueden comprar en el pueblo o casco urbano más cercano. Pueden

utilizar el estiércol que se produce en la finca, para abonar terrenos altos no inundables y producir su propio alimento obteniendo así, no solo darle manejo al estiércol, si no cultivar alimentos libres de químicos y disminuir los gastos a no tener que comprar. Pero esta simple acción, que aunque para muchos debería ser un manejo normal de una finca, no es del todo aplicable para la mayoría de las fincas, ya que por la influencia de diferentes tecnologías y la creencia de que si se trae comprado del pueblo es mejor y da mayor estatus, o porque no se cuenta con mano de obra para trabajar, se ha dejado de hacer en las fincas y no se cuenta con la seguridad alimentaria mínima, que debería producir una finca con las características que se tiene, aunque en la realidad también pasa en la mayoría de las fincas del país.

- La ganadería de cría en la sabana inundable ha tenido una ocupación histórica en el territorio, ha convivido con la flora y fauna de este paisaje, y con la dinámica hidrológica. Ha forjado la cultura llanera y ha sido el sustento de las personas que allí han vivido por generaciones con todas sus debilidades y fortalezas. Pero en la actualidad, por los temas de tenencia de tierra, el poco apoyo que tienen estos ganaderos, los bajos índices productivos y reproductivos de estas ganaderías; con la transformación acelerada de este paisaje y su suelo por la introducción de otros sistemas productivos como la palma y el arroz (que no siempre se están produciendo de manera amigable con la naturaleza), sino por el contrario contaminando las aguas, compactando el suelo y drenando en forma intensa la sabana; puede ser que este sistema ganadero desaparezca en el mediano plazo. Por lo tanto hay que continuar trabajando para que los ganaderos raizales permanezcan con estas ganaderías de “casi producción limpia” en sabana, con una mayor productividad. Pero es fundamental reglamentar el uso del suelo, donde SI y donde NO se puede desarrollar ciertos sistemas productivos, y COMO deben desarrollarse esos sistemas. Debe haber reglas de juego para que pueda producirse pero con criterios de conservación.

- Seguramente que los productores que trabajaron en el proyecto serán multiplicadores de buenas prácticas al suelo, porque se dieron cuenta que el suelo al estar protegido y utilizar la bosta del ganado como abono pudieron obtener mejores producciones (por ejemplo racimos de plátano, topocho, yuca, maíz, sandía, tomates, pepinos, entre otros), y además buen desarrollo y adaptación de árboles nativos, los cuales en un futuro utilizaran como sombra y alimento para sus ganaderías.



- Que importante entender que un suelo descubierto, expuesto a las inclemencias del clima es muy difícil que se mantenga vivo y que logre ser productivo. Por eso debemos transmitirle a los productores y algunos técnicos, que un buen manejo no es limpiar todo (quitar la maleza como dicen), porque no se ve bonito, o que recoger la hojarasca y quemarla es lo mejor, cuando esto es abono; y que es importante que sus cultivos no dependan de los insumos químicos como los agro tóxicos (insecticidas, herbicidas y fungicidas),
- Continuar generando información útil y aplicable para los productores,
- Que los profesionales se cualifiquen y fortalezcan apropiando un enfoque de conservación-producción,

con una mirada integral de los procesos que se desarrollan en los diversos ecosistemas de la Orinoquia,

- Lograr que la ganadería en sabana inundable permanezca, mejorando sus parámetros productivos y reproductivos, para que así los ganaderos no tengan que arrendar o vender sus tierras dando entrada a otros sistemas productivos que no tienen el interés de conservar los recursos naturales de este paisaje,
- Lograr que la ganadería de sabana inundable tenga un valor agregado en el mercado que reconozca que es una ganadería ligada a procesos de conservación,
- El tema de la quema en la sabana siempre ha sido muy controversial y las teorías de que si es bueno o malo son muchas, pero la pregunta es, si es malo y si se ha hecho durante tanto tiempo que consecuencias negativas ha traído para el paisaje de sabana inundable y lo que lo conforma? ; Si uno le pregunta a los propietarios ganaderos de tradición, la mayoría las hace en determinadas épocas de año porque es la manera de hacer un manejo para la rabo de vaca (*Andropogon bicornis*), la cual invade los bancos y bajos y no permite que pueda crecer la guaratara (*Axonopus purpusii*), que es el pasto que mayor consume el ganado; la rabo de vaca no la consume el ganado a menos que allá sido quemada y este retoñando, entonces en términos de manejo para el ganadero es una forma de solucionar el problema de alimentación para sus animales, pero en términos de manejo del suelo será lo más apropiado que se queme? Entonces la respuesta es la época, según los ganaderos y lo que se ha podido observar según la experiencia desde lo visto en campo, ya que se realiza a entradas de aguas (Abril o Mayo, dependiendo las lluvias y en el veranillo de Agosto) y como se tiene un colchón de rabo de vaca solo se quema esta y el contacto con el suelo no es directo además hay humedad lo que no permite que el fuego penetre el suelo. Pero esta afirmación es débil en cuanto a investigación científica y técnica, entonces es una alerta y un reto seguir trabajando en este tema tan controversial,
- Los suelos en el piedemonte cerro Zamaricote, durante los últimos 50 años se han venido degradando progresivamente debido a la tala y posterior quema de los bosques para la implementación inicialmente de conucos, y una vez colectada la cosecha la siembra de pastos introducidos como *Brachiarias*, convirtiéndose estos terrenos en potreros para la cría y ceba de ganado vacuno. Esta actividad ha traído consecuencias en los suelos: más infértiles y compactados porque al ser talada la capa vegetal no hay aporte de materia orgánica que ayude a su regeneración, hay mayor calentamiento del suelo en época seca y de lluvias debido a la acción directa de los rayos solares sobre el suelo causando a la vez la disminución de los microorganismos, y en épocas de lluvias se ha generado erosión y arrastre del suelo por la acción directa de esta sobre el suelo y en algunos lugares se ha presentado remoción en masa del suelo en lugares de altas pendientes donde se ha talado el bosque, así como el desbarrancamiento de las riveras de las quebradas y ríos en donde se ha llegado a talar el bosque hasta las orillas de los mismos. Por lo tanto el reto es que los productores aprendan a manejar sosteniblemente el suelo.
- Lograr que muchos productores y técnicos entiendan y apropien que el mejor manejo que se le puede hacer al suelo es no transformándolo para que se vuelva “más productivo”, sino entendiendo que tipo de suelo se tiene? Que potencial tiene? Para qué? Como suplementar a los animales las deficiencias de ese suelo? Cuál es la mejor relación de ese suelo con las coberturas vegetales? Cual es al mejor relación suelo-planta-animal?.
- Un reto futuro es implementar más y más técnicas que protejan y ayuden a disminuir la pérdida de capacidad del suelo y sus propiedades, en las fincas del área del cerro Zamaricote y en general del suelo casanareño ya que si contamos con buenos suelos, sin duda alguna nuestras actividades productivas serán mejores.

Fomentar un manejo sostenible del suelo es uno de los aspectos más relevantes para adaptarnos, desde los sistemas productivos, a la variabilidad climática. Un suelo conservado y que mantenga sus características físicas, químicas y biológicas a través del tiempo, será en consecuencia un suelo con una mayor capacidad productiva.

Esta publicación es uno de los resultados del proyecto: "Implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, a través del manejo de los recursos hídrico y suelo, con productores de la estrella hídrica del cerro Zamaricote y en la cuenca alta y media del río Ariporo y río Guachiria, Casanare", que desarrollo la Alianza entre la Fundación Natura y la Fundación Horizonte Verde, cofinanciado por Ecopetrol S.A. entre los años 2015-2017.

El proyecto trabajo específicamente en los paisajes de sabana inundable y piedemonte cerro Zamaricote, entre las cuencas de los ríos Guachiria y Ariporo, en Casanare. Se resalta la vinculación al proyecto y el apoyo del Grupo Ecológico Mastranto en el paisaje de piedemonte cerro Zamaricote.



GEM

Grupo Ecológico Mastranto