

# Las Sabanas de los Llanos Orientales de Colombia: Caracterización Biofísica e Importancia para la Producción Agropecuaria

*M. Rivera<sup>1</sup>, E. Amézquita<sup>2</sup>, J. H. Bernal<sup>3</sup> e I. M. Rao<sup>4</sup>*

### Resumen

Las sabanas tropicales del mundo ocupan cerca del 43% de la tierra cultivable; de esta extensión, el 27% está localizada en América tropical y marca una importante frontera para expandir la frontera agrícola, mediante sistemas que integren la ganadería y la agricultura. Las sabanas de América del Sur cubren, aproximadamente, 270 millones de hectáreas (Mha), de las cuales 17 Mha están ubicadas en los Llanos Orientales de Colombia, entre los diferentes paisajes que componen el ecosistema de sabanas. Los suelos bien drenados de la altillanura plana, que cubren alrededor de 4.6 Mha, se encaminan a una intensificación de la producción agropecuaria similar a la que se realizó en los Cerrados de Brasil, aunque a escala menor, debido a limitaciones en infraestructura, acceso a insumos y maquinaria. En la región predominan los Oxisoles y Ultisoles, caracterizados por presentar baja fertilidad debido a su estado avanzado de meteorización. Aunque se presentan condiciones favorables para la explotación agrícola, como son pluviosidad, temperatura y una topografía apta para la mecanización, su productividad está restringida, además de la baja fertilidad por la alta acidez y toxicidad por Al intercambiable. Desde el punto de vista físico, los suelos son frágiles, susceptibles a la compactación, erosión y sellamiento superficial, presentan baja infiltración y baja capacidad de almacenamiento de agua y alta densidad aparente. La vegetación nativa dominante se caracteriza por una escasa diversidad, debido a que pocas especies se adaptan a las severas limitaciones de suelo y condiciones ambientales; como consecuencia, la productividad animal en la región es muy baja. La rápida expansión de sistemas en monocultivo para producción de granos y pasturas sin el manejo adecuado dio como resultado la pérdida de productividad y degradación del suelo. En la Orinoquia, más del 85% del suelo disponible está bajo ganadería extensiva, actividad que genera un empleo directo por cada 61 ha. El cultivo predominante es el arroz, seguido de la palma de aceite, los cuales

- 
1. Física de suelos/Agronomía, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. [m.rivera@cgiar.org](mailto:m.rivera@cgiar.org)
  2. Física de suelos, Consultor Internacional. [eamezquitac@gmail.com](mailto:eamezquitac@gmail.com)
  3. Fisiología vegetal, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. [jhbernal@corpoica.org.co](mailto:jhbernal@corpoica.org.co)
  4. Fisiología y Nutrición de plantas, CIAT. [i.rao@cgiar.org](mailto:i.rao@cgiar.org)

producen alrededor del 30% de la producción nacional de arroz paddy y aceite de palma, respectivamente, y que generan un empleo por cada 6 ha.

*Palabras claves:* altillanura plana, Oxisoles, desarrollo agrícola, economía regional

## Generalidades

Las sabanas tropicales son uno de los más importantes biomas del mundo, y ocupan aproximadamente 20% de la superficie en América del Sur, África, Asia y Australia (Silva y Bates, 2002; López-Hernández et al., 2005). Las sabanas neotropicales de América del Sur comprenden cerca de 270 millones de hectáreas: 76% en Brasil, 11% en Venezuela, 5% en Colombia, 5% en Bolivia y 1.5% en Guyana (Cochrane, 1990; Rippstein et al., 2001). Debido a sus características topográficas y de clima, este macrosistema es considerado una de las últimas fronteras para la ampliación de la producción agropecuaria en el mundo (Borlaug y Dowswell, 1994). Las sabanas colombianas, ubicadas en los Llanos Orientales, geográficamente pertenecen a la región de la Orinoquia o cuenca del río Orinoco, y ocupan alrededor de 17 millones de hectáreas en los departamentos del Meta, Vichada, Arauca y Casanare. Los ecosistemas en esta región son generalmente frágiles y su funcionamiento es complejo, por lo que requieren sistemas de manejo adecuados para su utilización (Amézquita et al., 1998); existe una amplia variedad de paisajes que incluyen altillanura plana, altillanura ondulada, serranía y bosques de galería. Las sabanas bien drenadas comprenden alrededor de 10 millones de hectáreas, cubiertas con vegetación de sabana natural. La altillanura plana, con 3.5 millones de hectáreas, y la altillanura ondulada y serranía, con una extensión aproximada de 6.5 millones de hectáreas, son los paisajes principales.

### Unidades fisiográficas

La evolución y el desarrollo de la región de la Orinoquia están ligados con el origen de la megacuenca sedimentaria localizada entre el Escudo de la Guayana y el flanco este de la Cordillera Oriental. Predominan los depósitos cuaternarios de origen fluvial, las rocas sedimentarias del Terciario (areniscas, lodolitas y calizas) que reposan sobre sedimentitas del Cretáceo, Paleozoico y rocas cristalinas félsicas del Precámbrico; sobre estos materiales se desarrollan paisajes de piedemonte, extensas altiplanicies plioleístocénicas, con disección variable, planicies aluviales y eólicas parcialmente disectadas y cortadas por largos y estrechos valles aluviales recientes, asociados a grandes ríos. Los fallamientos sobre los cuales discurre el río Meta establecen dos subregiones claramente diferenciadas: la altillanura (altiplanicie) y la denominada Orinoquia inundable (Malagón, 2003).

La altillanura plana es una franja de 60 km de ancho, en promedio, que se extiende al sur del río Meta desde el municipio de Puerto López hasta el límite con Venezuela. Está formada principalmente por sedimentos aluviales del Pleistoceno primario a través de extensas áreas ligeramente elevadas y planas que alternan con zonas bajas y estrechas de forma alargada,

conocidas como 'bajos', que constituyen drenajes naturales y ocupan cerca del 10% de esta altillanura (Cochrane et al., 1985). Las zonas con pendientes inferiores a 1% ocupan más del 90% del área y se caracterizan por una vegetación de sabana con escasa presencia de árboles y arbustos.

La altillanura ondulada y la serranía son franjas extensas al sur de la altillanura plana, con un paisaje de colinas redondeadas, pendientes entre 1 y 30% y zonas bajas y húmedas que ocupan alrededor del 25% del área.

Los bajos, que conforman el sistema de drenaje de ambos tipos de altillanura, son valles constituidos por vertientes amplias, suavemente inclinadas, de fondo plano, por donde generalmente corre un río o cauce conocido como 'caño'. Estos caños pueden tener corrientes de agua permanente o intermitente según su caudal, y son importantes como abrevaderos para el ganado. Constituyen importantes reservas *in situ* de plantas forrajeras, ya que por su alto nivel freático permiten el crecimiento de éstas durante la época seca, mientras que durante la época lluviosa permanecen saturados de agua o inundados.

Los bosques de galería, que surcan tanto la altillanura plana como la ondulada y la serranía, crecen en los bordes de caños y ríos. Con frecuencia su ancho es solo de algunos cientos de metros, y rara vez miden 1 km. La exuberante vegetación de árboles de hoja ancha y de algunas palmeras en estos bosques se debe a la mayor humedad, así como también a las propiedades físico-químicas y biológicas favorables del suelo.

Los morichales están formados por la palma de moriche (*Mauritia minor*) que crece y se desarrolla en grupos largos y angostos al lado de los caños que corren sobre los suelos húmedos (bajos), en las orillas de los esteros o en los bordes de las lagunas.

La Orinoquia mal drenada está localizada al norte, desde la margen izquierda del río Meta hasta el río Arauca, que define la frontera con Venezuela, y presenta un paisaje de bajos inundables mal drenados con alrededor de 5 millones de hectáreas, que comprende los subpaisajes llanura de desborde y llanura eólica.

La llanura aluvial de desborde presenta un relieve plano en el que sobresalen los bancos, que son diques naturales de los cauces de agua. Según su posición en el dique, los suelos varían desde Quartzipsamments, pasando por Dystropepts, hasta Tropaquepts (IGAC, 1991).

La llanura eólica se superpone a la llanura de desborde y en las áreas más arenosas presenta suelos Quartzipsamments. Las partes que contienen mayor cantidad de limos se clasifican como Dystropepts, y las áreas de mayor presión como Aquepts (IGAC, 1991).

## Clima

Las sabanas neotropicales son generalmente macrotérmicas y se desarrollan bien en zonas de climas estacionales, principalmente tropical húmedo tipo Aw (Koppen), donde las épocas lluviosa y seca son marcadamente contrastantes. La precipitación promedio anual varía entre 800 y 2500 mm, con un período seco que incrementa a medida que se aleja de los Andes (Cochrane, 1990; López-Hernández et al., 2005; Huber, 2007).

La región se encuentra entre 100 y 300 m.s.n.m.; la humedad relativa alcanza 80% durante la época lluviosa y entre 50 y 60% durante la época seca. La evaporación potencial es alta al final de la época seca entre diciembre y marzo, cuando el agua almacenada en el suelo disminuye a valores mínimos, particularmente durante febrero y marzo. En la zona predominan los vientos alisios cuya dirección es noreste-suroeste, con velocidades promedio de 2 a 3 m/seg.

La denominación de sabanas isohipertérmicas significa que estas zonas tienen un promedio de temperatura mayor a 23.5 °C a través del año, que se asocia con un régimen ústico-údic de humedad en el suelo, aunque en los sitios bajos el régimen es ácuico. No obstante, la precipitación es el factor climático crítico, que si bien alcanza valores por encima de 2000 mm, se concentra en 8 meses del año, siendo secos los 4 meses restantes. Debido a la baja capacidad de almacenamiento, durante la época seca ocurre una severa deficiencia de agua en el suelo, lo que afecta en forma severa el crecimiento de las plantas.

## Geomorfología y suelos

Las sabanas tropicales son el resultado de la evolución de diversos procesos geológicos; entre ellos, las fuerzas tectónicas, la sedimentación, la erosión y los cambios climáticos drásticos. Las sabanas en esta región presentan una gran variabilidad geológica y topográfica, debido a la interacción entre la geomorfología, el tipo de material original de la corteza terrestre y el clima. El levantamiento final de la Cordillera Oriental ocurrió durante el Pliopleistoceno y, simultáneamente, los sedimentos desprendidos de ella se depositaron en la región actualmente ocupada por los Llanos Orientales. Las lluvias, que en la última glaciación del Cuaternario fueron abundantes, abrieron profundos cauces y transportaron enormes cantidades de sedimentos que se acumularon en las partes baja y plana, proceso que dio origen a la actual topografía y a los numerosos ríos que se observan en los Llanos Orientales de Colombia (IGAC, 1991).

En la región predominan Oxisoles y Ultisoles (Soil Survey Staff, 1994), que se caracterizan por presentar baja fertilidad, debido a su estado avanzado de meteorización y lixiviación, como consecuencia de los altos regímenes de precipitación y la alta permeabilidad. Los Oxisoles presentan una mineralogía dominada por arcillas de escasa actividad, baja capacidad de intercambio catiónico y alta acidez, condiciones que están asociadas con toxicidad por Al y, en

algunos casos, por Mn. El P se considera como el elemento más limitante en suelos ácidos; el contenido de P total en la región varía entre 200 y 600 mg/kg de suelo, mientras que el P disponible para las plantas varía entre 1 y 3 mg/kg, determinado por Bray II (Botero, 1989; Rao et al., 1999).

Los suelos de la altillanura plana presentan un excelente drenaje natural, aunque se pueden observar algunas zonas deprimidas, ligeramente cóncavas y mal drenadas. Son suelos profundos, bien estructurados, muy porosos y permeables, clasificados como Typic Haplustox Isohipertérmicos caoliníticos. Estos suelos tienen las características típicas de una formación resultante de condiciones de temperatura alta y continua, exceso de humedad en la época lluviosa y una alta concentración de óxidos de hierro y aluminio. La continua pérdida de minerales esenciales de fácil intemperismo causado por lixiviación origina el alto grado de acidez del suelo. La alternancia entre las condiciones de humedad y sequía genera procesos de gleyzación o formación de laterita, los cuales se manifiestan por cambios de coloraciones gris, amarillo o rojizo en el perfil del suelo y por la presencia de capas continuas de plintita, que al quedar expuesta al aire sobre la superficie se transforma en laterita (IGAC, 1991).

Los suelos de la altillanura ondulada y la serranía son generalmente pedregosos, debido a la abundancia de plintita y cantos rodados de cuarzo; su fertilidad es tan baja como en los suelos de la altillanura plana. Los suelos de los 'bajos' generalmente tienen mayores contenidos de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, aunque son deficientes en la mayoría de nutrientes esenciales y comúnmente son clasificados como Inceptisoles. Los bosques de galería tienen suelos con mejor fertilidad; los morichales presentan suelos deficientes en oxígeno, constantemente saturados de agua y superficialmente endurecidos durante la estación seca (IGAC, 1991).

## Vegetación nativa

La vegetación nativa dominante en la sabana se caracteriza por una escasa variedad botánica, debido a que pocas especies se adaptan a las severas limitaciones de fertilidad del suelo y condiciones ambientales. Las especies de gramíneas nativas más comunes son *Trachypogon vestitus*, *T. plumosus*, *T. ligularis*, *Axonopus purpusii*, *Leptocoryphyum lanatum*, *Paspalum pectinatum* y *P. plicatulum*. La baja calidad nutritiva de las gramíneas nativas es una condición difícil de superar, debido a que estas especies, por su rusticidad y su adaptación a la acidez y baja fertilidad del suelo, presentan una escasa respuesta a la aplicación de fertilizantes. Como consecuencia de la baja calidad del forraje de las gramíneas nativas y las fluctuaciones en disponibilidad, la productividad animal en la región es muy baja (Botero, 1989). El Chapararro (*Curatela americana*) y el Peralejo (*Byrsonima crassifolia*) son las especies arbustivas dominantes en las zonas no hidromórficas (Malagón, 2003).

El aporte de biomasa es escaso (2.2 a 3.8 t/ha por año) en sabanas herbáceas (Rao et al., 2001), pero puede incrementarse a 28 t/ha por año o más, bajo otras coberturas en función del

régimen de lluvias, longitud de la estación seca y los nutrientes disponibles (Lamotte, 1987). Dicho aporte explica, de manera general, un horizonte ócrico en la superficie de los suelos, el cual aumenta su contenido en materiales orgánicos, a medida que se establece la transición a las zonas con mayor precipitación o a aquellas bajas y a los esteros, en los que la formación vegetal asociada al “bosque de galería” aporta mayor biomasa, se incrementan radicalmente los contenidos de humedad y los suelos presentan horizontes úmbricos o hísticos. En la altillanura, el tipo de humus es el mull ácido tropical, con composiciones promedio de ácidos fúlvicos a ácidos húmicos superiores a 1.2; su contenido en humina es inferior a 50%, salvo en zonas con recubrimientos eólicos donde supera el 60% (De Becerra, 1986); la humificación supera el 80% en la altillanura poco disectada (Andreux y De Becerra, 1975) y 40–60% en la disectada (De Becerra, 1986).

### **Macrofauna en el suelo**

La distribución dominante de la macrofauna en el suelo sigue un patrón específico en el cual las lombrices (*Lumbricus* sp.) dominan en las zonas bajas, los cucarrones (coleópteros) en las zonas de transición y las hormigas (himenópteros) en las zonas altas. La ubicación de dichos organismos está correlacionada con sus requerimientos, de tal forma que las lombrices se encuentran en zonas húmedas y ricas en materiales orgánicos, las hormigas en suelos arenosos, mientras que las termitas (isópteros) abundan en suelos arcillosos. El drenaje influye sobre la población de organismos; bajo el efecto de drenaje favorable se presenta mayor diversidad biológica, contrario a lo que sucede en condiciones de inundación. La composición típica de la fauna en el suelo a nivel de familias es: Formicidae, Termitidae, Carabidae, Staphylinidae, Blattidae, Japygidae, Compodeidae y Cyndyidae (Malagón, 1987).

Estudios de Decaëns et al. (2001) mostraron que las sabanas y los bosques de galería presentan alta riqueza taxonómica y alta densidad de poblaciones (en promedio, 4293 y 2830 individuos/m<sup>2</sup>), respectivamente, con una biomasa promedio (13.6 y 15.3 g/m<sup>2</sup>). Las termitas y las lombrices, consideradas los mayores componentes de la biomasa, representan el 47 y 31%, respectivamente; otros resultados de Decaëns et al. (2001) han mostrado que las comunidades de macroinvertebrados de las pasturas mejoradas se caracterizaron por una alta biomasa y alta riqueza taxonómica y una densidad de población media; además, asociaciones de pastos africanos y leguminosas presentaron mayor biomasa de lombrices (4.8 a 51.1 g/m<sup>2</sup>), equivalente a 4 y 10 veces mayor que la sabana nativa. Las poblaciones de lombrices bajo pasturas estuvieron compuestas de especies nativas con una gran diversidad de macrofauna, representada en 26 a 32 unidades taxonómicas. Sistemas de cultivos (arroz y yuca) presentaron menor biomasa (3.2 y 4.3 g/m<sup>2</sup>) y menor densidad (429-592 individuos/m<sup>2</sup>) y baja riqueza taxonómica (18 unidades taxonómicas). Las comunidades de lombrices en las sabanas bien drenadas de Colombia son muy sensibles a cambios ambientales asociados con la intensificación de la agricultura (Jiménez, 2001).

Decaëns et al. (2001) presenta tres tipos de agroecosistemas y sus efectos en la macrofauna:

- *Pasturas de sabana nativa, bajo ganadería extensiva*: donde los efectos en la macrofauna son poco significativos, con re-colonización después del manejo tradicional de quema rápida. Las lombrices son favorecidas por el tipo de pastoreo y el fuego, pero su importancia disminuye con el sobrepastoreo. Las termitas responden en direcciones claramente opuestas y la relación lombrices/termitas puede ser considerada como un indicador del estado ambiental.
- *Pasturas introducidas*: favorece los principales componentes del grupo de los macroinvertebrados. La siembra de pasturas con leguminosas y la producción animal mejorada tiene un impacto muy importante en la macrofauna, especialmente en las poblaciones de lombrices que incrementan su masa de 4.8 a 51.1 g/m<sup>2</sup>. El mejoramiento de la calidad de hojarasca y la gran cantidad de desechos del suelo, producto de los animales en pastoreo, explican esos resultados.
- *Cultivos anuales*: tienen un efecto dramático en las poblaciones de lombrices y artrópodos con una drástica disminución de la biomasa, densidad de poblaciones y riqueza taxonómica. Los factores responsables de este fenómeno están relacionados con prácticas agrícolas como la labranza, aplicación de fertilizantes o agroquímicos, en la reducción de producción de raíces y la modificación de las condiciones microclimáticas que ocurren después de eliminar la vegetación natural. La pérdida de la abundancia y diversidad de las comunidades bajo cultivos anuales resulta invariablemente en la pérdida de ciertas funciones importantes del suelo (Lavelle, 1996; Giller et al., 1997).

## **Evolución de las estrategias de investigación en sabanas**

Inicialmente, las investigaciones del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en las sabanas de los Llanos Orientales de Colombia fueron enfocadas al uso de germoplasma forrajero adaptado a suelos ácidos de baja fertilidad, con el objetivo de sustituir las pasturas nativas de baja calidad por pasturas mejoradas del género *Brachiaria*. En esa época, el entendimiento del impacto del recurso en la producción fue poco enfatizado. Igualmente, los mecanismos de degradación de los recursos y el mejoramiento bajo diferentes sistemas, incluyendo cultivos y forrajes, recibieron poca atención. No obstante, posteriormente las actividades de investigación comenzaron a definir las relaciones en los sistemas suelo-agua-planta-animal que permitieron identificar los lineamientos y las señales de alerta temprana para la estabilidad y el desarrollo del ecosistema.

A comienzos de 1989, la estrategia de investigación en sabanas tomó una nueva dirección, cuando los Programas de Arroz y de Pasturas Tropicales comenzaron a desarrollar el

concepto de sistemas agropastoriles. Este nuevo enfoque se basó en la tecnología de pasturas mejoradas y adaptadas en estos ecosistemas y sus asociaciones con los nuevos desarrollos de líneas de arroz tolerantes a suelos ácidos. El objetivo fue intensificar y diversificar el uso del suelo mediante la generación de flujo de caja, a través de la producción del arroz necesaria para mejorar el establecimiento y/o la recuperación de pasturas. En 1989, el CIAT estableció el primer ensayo de sistemas agropastoriles en la finca Matazul, combinando variedades recientemente liberadas de arroz con especies forrajeras introducidas y adaptadas, individuales o asociadas con leguminosas forrajeras. En 1993, en ensayos colaborativos CIAT-Corpoica, la investigación se orientó hacia el establecimiento de sistemas de producción experimentales de largo plazo, que incluyeron monocultivos, rotación de cultivos y sistemas agropastoriles en el Centro Nacional de Investigaciones (CNI) en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Lo anterior dio origen al Ensayo de largo plazo denominado Culticore, que fue apoyado en forma paralela por experimentos satélites diseñados para cuantificar procesos biofísicos, particularmente las dinámicas de N y P (Friesen et al., 1999).

## **Economía regional**

La actividad agropecuaria era la base de la economía regional en la Orinoquia hasta finales de 1980, excepto para el departamento del Meta, que tenía explotaciones petroleras. A finales de la década siguiente, Casanare y Arauca incursionaron en la actividad petrolera; este último se convirtió en un departamento productor de gas, mientras que en el Meta y en Vichada el sector de servicios superó al sector agrícola (Viloria, 2009). El área cultivada de la Orinoquia pasó de 274,931 ha en 1996 a 430,205 ha en el 2007, mientras que en ese mismo período la producción creció en 51% (Viloria, 2009). El Meta y Casanare presentaban a la fecha 63 y 25%, respectivamente, del total del área cultivada en la región (Viloria, 2009).

La ganadería extensiva de carne ha sido una adaptación histórica a las condiciones de los ecosistemas regionales. En el 2008 se utilizaron 9.75 millones de hectáreas para sostener un inventario ganadero de 5,727,131 cabezas, equivalentes al 21.3% del total nacional (26,877,824 cabezas). La ganadería extensiva en la Orinoquia genera un empleo directo por cada 61 ha de pasturas (Viloria, 2009). La ganadería utiliza 87.38% del suelo disponible en el Meta (4.68 millones de hectáreas) y 88.97% del suelo disponible en Casanare (3.56 millones de hectáreas). Entre el 2001 y 2008, la capacidad de carga animal en el Meta, Casanare y Vichada fue de 1.8, 1.7 y 0.10 cabezas/ha, respectivamente. Estas diferencias se deben principalmente a razones de tipo tecnológico (Benavides, 2010).

En el 2007, el arroz ocupó la mayoría del área cultivada en la Orinoquia (136,207 ha) (Finagro, 2010a, citado por Benavides, 2010; SIID, 2011). En ese año se produjeron 751,330 t de arroz, equivalentes al 30% de la producción nacional (2,493,112 t). La mayoría del arroz producido en forma mecanizada en la Orinoquia en el 2007 fue de tipo seco, donde el Meta y Casanare conjuntamente representaron el 57.9% del total nacional (Finagro, 2010a, citado por Benavides, 2010). En ese mismo año, el rendimiento de arroz con riego en el Meta y en

Casanare fue de 5.64 y 5.79 t/ha, respectivamente, mientras que el promedio nacional fue de 6.68 t/ha; los rendimientos del arroz seco mecanizado en el Meta y Casanare fueron muy similares a los del arroz con riego (5.64 t/ha vs. 5.23 t/ha) y superiores al promedio nacional de 4.79 t/ha (Finagro 2010a, citado por Benavides, 2010; SIID, 2011). En Colombia, el arroz genera 0.14 empleos/ha (Viloria, 2009).

En el 2007, en el Meta y Casanare se sembró el 36% del área total y se produjeron 30.1% del total nacional de palma de aceite, oleaginosa de ciclo largo (Finagro, 2010b, citado por Benavides, 2010). Los rendimientos en estos departamentos fueron de 2675 kg/ha y 4492 kg/ha, respectivamente. En este caso, las diferencias de productividad se originan principalmente en las diferencias de fertilidad natural de los suelos. El promedio nacional fue de 3482 kg/ha. El Meta es el primer productor nacional de palma de aceite (Finagro, 2010b, citado por Benavides, 2010). En Colombia, la palma de aceite genera 0.16 empleos/ha (Viloria, 2009). En el 2007, la producción de soya en 23,529 ha fue de 42,725 t, de las cuales el 80% se produjo en el Meta. De acuerdo con los datos de Corpoica (2005), citado por Benavides (2010), esta leguminosa tiene un excelente potencial para dinamizar la agricultura sostenible de la Orinoquia. En esta región también se produjeron maíz (47,082 ha y 125,045 t), plátano (32,435 ha y 423,645 t) y yuca (15,275 ha y 191,028 t). Viloria (2009) estima, con base en los índices de empleo para los principales productos agrícolas comerciales, que estos productos generan alrededor de 78,500 empleos directos y 182,000 indirectos en un total de 391,000 ha. Aunque la Orinoquia tiene un área de 8.2 millones de hectáreas con aptitud forestal, en el 2007 se tenían solamente 4000 ha de reforestación comercial en el Meta y 12,500 ha en Vichada (Benavides, 2010).

## Referencias

- Amézquita E; Friesen DK; Sanz JI. 1998. Indicadores de sostenibilidad: Parámetros edafoclimáticos y diagnóstico del perfil cultural. En: Guimarães EP; Sanz JI; Rao IM; Amézquita MC; Amézquita E, eds. *Sistemas agropastoriles en sabanas tropicales de América Latina*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Brasília, DF, Brasil. p 49–64.
- Andreux F; De Berra SP. 1975. Fraccionamiento y caracterización del material húmico en algunos suelos de sabana de la Orinoquia colombiana. En *investigaciones especiales en algunos suelos del Centro de Desarrollo Integrado "Las Gaviotas"*, Comisaría de Vichada. IGAC. Vol. XI, No. 7, p 63–84.
- Benavides J. 2010. El desarrollo económico de la Orinoquia, como aprendizaje y construcción de instituciones. *Debates Presidenciales*. CAF-Fedesarrollo. 40 p.
- Borlaug NE; Dowsell CR. 1994. Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet. En: *15th World Congress of Soil Science, 1994, Acapulco, Mexico*. Keynote lecture. International Society of Soil Science y Mexican Society of Soil Science, Acapulco, México. p 1–15.

- Botero R. 1989. Manejo de explotaciones ganaderas en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia. Serie Boletines Técnicos No. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Programa de Pastos Tropicales, Cali, Colombia. 99 p.
- Cochrane TT. 1990. Diferenciación regional de los suelos en sabanas americanas. En: Sarmiento G, ed. Las sabanas americanas: Aspectos de su biogeografía, ecología y utilización. Fondo Editorial Acta Científica Venezolana, Caracas. p 99–124.
- Cochrane TT; Sánchez LG; Azevedo LG; Porras JA; Garver C. 1985. Land in tropical America. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Cali, Colombia. Vol. 1, 144 p.
- De Becerra SP. 1986. Comportamiento de la materia orgánica en suelos de la Orinoquia. Diagnóstico geográfico nororiente de Vichada. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Vol. 5.2, p 1–33.
- Decaëns T; Lavelle P; Jiménez JJ; Escobar G; Rippstein G; Schneidmadl J; Sanz J.I; Hoyos P; Thomas RJ. 2001. Impact of land management on soil macrofauna in the Eastern Plains of Colombia. En: Jiménez JJ; Thomas RJ, eds. Nature's plow: Soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 19–41.
- Friesen D; Ayarza MA; Thomas RJ; Amézquita E; Sanz JI. 1999. Strategic systems research for the Latin American savannas. En: Fujisaka S, ed. Systems and farmer participatory research: Developments in research on natural resource management. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 30–49.
- Giller KE; Beare MH; Lavelle P; Izac A-MN; Swift MJ. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6:3–16.
- Huber O. 2007. Sabanas de los llanos venezolanos. En: Stefano RD de; Aymard G; Huber O, eds. Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela. Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA); Fundación Empresas Polar; Fundación Instituto Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser" (FIBV), Caracas, Venezuela. p 73–86.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1991. Meta: Características geográficas. Bogotá, DC, Colombia. 142 p.
- Jiménez JJ; Moreno AG; Decaëns T; Lavelle P; Fisher MJ; Thomas RJ. 2001. Earthworm communities in native savannas and man-made pastures of the Eastern Plains of Colombia. En: Jiménez JJ; Thomas RJ, eds. Nature's plow: Soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 51–68.
- Lamotte M. 1987. El destino de la materia vegetal en los ecosistemas herbáceos tropicales. En: San José JJ; Montes R, eds. La capacidad bioproductiva de sabanas. Centro Internacional de Ecología Tropical (CIET), Caracas, Venezuela. p 1–77.

- Lavelle P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International* 33:3–16.
- López-Hernández D; Hernández-Hernández RM; Brossard M. 2005. Historia del uso reciente de tierras de las sabanas de América del Sur: Estudios de casos en sabanas del Orinoco. *Interciencia* 30(10):623–630.
- Malagón D. 1987. Geomorfología y suelos de sabanas: Aspectos genéticos y taxonómicos de algunos suelos de Terecay (Vichada), Colombia. En: San José JJ; Montes R, eds. *La capacidad bioproductiva de sabanas*. Centro Internacional de Ecología Tropical (CIET), Caracas, Venezuela. p 107–204.
- Malagón D. 2003. Ensayo sobre tipología de suelos colombianos – Énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 27(104):319–341.
- Rao IM; Friesen DK; Osaki M. 1999. Plant adaptation to phosphorus–limited tropical soils. En: Pessaraki M, ed. *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker, Inc., Nueva York, Estados Unidos. p 61–96.
- Rao I; Rippstein G; Escobar G; Ricaurte J. 2001. Producción de biomasa vegetal epígea e hipógea en las sabanas nativas. En: Rippstein G; Escobar G; Motta F, eds. *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 198–222.
- Rippstein G; Escobar G; Motta F, eds. 2001. *Agroecología y biodiversidad de las sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 302 p.
- SIID (Sistema Integral de Información Departamental). 2011. Análisis de cifras económicas. Departamento del Meta, primer semestre 2010 y 2011. Disponible en: [http://www.siid.gov.co/site/fileadmin/user\\_upload/SIID/productos/ANALISIS\\_DE\\_CUENTAS\\_ECONOMICAS\\_2010\\_\\_2011.pdf](http://www.siid.gov.co/site/fileadmin/user_upload/SIID/productos/ANALISIS_DE_CUENTAS_ECONOMICAS_2010__2011.pdf) (citado 2 agosto 2012).
- Silva SJM; Bates JM. 2002. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: A tropical savanna hotspot. *Bioscience* 52(3):225–234.
- Soil Survey Staff. 1994. *Keys to soil taxonomy*. Pocahontas Press, Blacksburg, VA, Estados Unidos.
- Viloria J. 2009. Geografía económica de la Orinoquia. Documentos de trabajo sobre economía regional No. 113. Banco de la República, Cartagena, Colombia. 88 p.