

## Cerdos a campo abierto, herramienta de transformación productiva para suelos de altillanura colombiana

### Outdoor pig production, a tool for the productive transformation of highland soils in Colombia

### Porcos em campo aberto, ferramenta de transformação produtiva dos solos do planalto colombiano

Recibido: 13 de marzo de 2021

Aceptado: 6 de julio de 2021

**Andrés F. Bolívar-Sierra<sup>1\*</sup>**,MVZ, (c)PhD;  <https://orcid.org/0000-0003-4761-6630>**Sandra T. Suescún-Ospina<sup>2\*</sup>**,

MVZ, Esp, MSc, PhD,

 <https://orcid.org/0000-0003-1121-6942>

<sup>1</sup> Estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad de los Llanos, Email: andres.bolivar@unillanos.edu.co

<sup>2</sup> Docente Universidad de los Llanos, Email: stsuescun@unillanos.edu.co

\* Grupo de Investigación en Producción Tropical Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.



Este artículo se encuentra bajo licencia:  
Creative Commons Atribución-  
NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Orinoquia, Julio-Diciembre 2021; 25(2): 59-70  
ISSN electrónico: 2011-2629  
ISSN impreso: 0121-3709  
<https://doi.org/10.22579/20112629.708>

### Resumen

Los suelos de la Orinoquia atraviesan fuertes procesos de transformación productiva y a la par afectaciones que no están siendo cuantificadas debidamente, y tampoco se están proyectando modelos que apunten a la prioridad de sus sistemas ecológicos y sociales entorno a su forma de producción. Su extenso terreno le confiere potencial en ganadería y agricultura, de impacto para la seguridad alimentaria del país, especialmente la Altillanura, donde se visualiza expandir la frontera agrícola. Es necesario que este desarrollo agropecuario sea adaptado a la Altillanura, y no al revés. El desarrollo debe ser sostenible, minimizando al máximo la presión sobre sus recursos. El objetivo de esta revisión es describir las limitantes del desarrollo agropecuario de la Altillanura basado en su suelo y analizar las alternativas de uso y mejoramiento del suelo, asociadas a la producción de cerdos a campo abierto, que puedan mejorar las características físicas, químicas y biológicas del mismo de manera productiva y sostenible. La Altillanura posee suelos poco fértiles, ácidos y propensos a la erosión y degradación estructural; esto ha limitado el desarrollo de su potencial productivo, económico y social. El reto es proyectar el desarrollo agropecuario de la altillanura con un enfoque que mejore la productividad del suelo a través del incremento de la materia orgánica y la biomasa mediante sistemas alternativos como cerdos a campo abierto, donde la contribución de su estiércol y etología son claves. Sin dejar de lado la agricultura familiar, que aporta al desarrollo de la economía local, conservando la cultura y el capital social rural. Es necesario desarrollar modelos donde se optimice el uso de la tierra, se aprovechen los recursos locales, se prioricen a las personas y el suelo sea transformado de manera limpia, productiva y a bajo costo.

**Palabras clave:** desarrollo sostenible, materia orgánica, porcicultura, cerdos al aire libre.

### Abstract

The soils of the Orinoquia are going through strong processes of productive transformation and at the same time affectations that are not being properly quantified, and models are not being projected that point to the priority of their ecological and social systems around their form of production. Its extensive land gives it potential in livestock and agriculture, with an impact on the food security of the country, especially the highland, where it is

#### Como Citar (Norma Vancouver):

Bolívar-Sierra AF, Suescún-Ospina ST. Cerdos a campo abierto, herramienta de transformación productiva para suelos de altillanura colombiana. Orinoquia, 2021;25(2): 59-70. <https://doi.org/10.22579/20112629.708>

envisaged to expand the agricultural frontier. It is necessary that this agricultural development be adapted to the highland, and not the other way around. Development must be sustainable, minimizing the pressure on its resources as much as possible. The objective of this review is to describe the limitations of the agricultural development of the highland based on its soil and to analyze the alternatives for the use and improvement of the soil, associated with the production of pigs in the open field, that can improve the physical, chemical and biological characteristics. of it in a productive and sustainable way. The highland has soils that are not very fertile, acidic and prone to erosion and structural degradation; This has limited the development of its productive, economic and social potential. The challenge is to project the agricultural development of the highlands with an approach that improves soil productivity through the increase of organic matter and biomass through alternative systems such as pigs in the open field, where the contribution of their manure and ethology are key. Without neglecting family farming, which contributes to the development of the local economy, preserving the culture and rural social capital. It is necessary to develop models where land use is optimized, local resources are used, people are prioritized and the soil is transformed in a clean, productive and low-cost way.

**Keywords:** sustainable development, organic matter, pig farming, outdoor pigs.

---

## Resumo

Os solos da Orinoquia estão passando por fortes processos de transformação produtiva e ao mesmo tempo afetações que não estão sendo devidamente quantificadas, e não estão sendo projetados modelos que apontem a prioridade de seus sistemas ecológicos e sociais em torno de sua forma de produção. Os seus extensos terrenos conferem-lhe potencialidades na pecuária e na agricultura, com impacto na segurança alimentar do país, em especial o planalto, onde se prevê o alargamento da fronteira agrícola. É necessário que este desenvolvimento agrícola seja adaptado ao planalto, e não o contrário. O desenvolvimento deve ser sustentável, minimizando ao máximo a pressão sobre seus recursos. O objetivo desta revisão é descrever as limitações do desenvolvimento agrícola do planalto com base em seu solo e analisar as alternativas de uso e aproveitamento do solo, associadas à produção de suínos em campo aberto, que possam melhorar o suas características físicas, químicas e biológicas de forma produtiva e sustentável. O planalto possui solos pouco férteis, ácidos e sujeitos à erosão e degradação estrutural; Isso tem limitado o desenvolvimento de seu potencial produtivo, econômico e social. O desafio é projetar o desenvolvimento agrícola do altiplano com uma abordagem que melhore a produtividade do solo por meio do aumento da matéria orgânica e da biomassa por meio de sistemas alternativos como a suinocultura em campo aberto, onde a contribuição do seu esterco e da etologia são fundamentais. Sem descuidar da agricultura familiar, que contribui para o desenvolvimento da economia local, preservando a cultura e o capital social rural. É necessário desenvolver modelos onde o uso do solo seja otimizado, os recursos locais sejam aproveitados, as pessoas sejam priorizadas e o solo seja transformado de forma limpa, produtiva e de baixo custo.

**Palavras chave:** desenvolvimento sustentável, matéria orgânica, suinocultura, porcos ao ar livre.

---

## Introducción

Se estima que alrededor del 75% del suelo del mundo presenta algún nivel de degradación, que se incrementará en la medida que aumente la presión de uso del suelo para alcanzar las demandas de alimento relacionadas con los objetivos de desarrollo sostenible (Xie *et al.*, 2020). La degradación del suelo conduce a la reducción de las funciones biofísicas, socioculturales y económicas de los ecosistemas, y aunque suceda a escala regional tiene consecuencias mundiales (Leal Pacheco *et al.*, 2018).

Pachauri *et al.* (2007) estimaron un incremento del 50% en la demanda mundial de alimentos hacia el año 2030, en la cual será determinante la creciente demanda de países en vía de desarrollo. Cubrir estas demandas requiere suelos que soporten la producción, y un incremento de la productividad de los suelos agrícolas y/o el incremento del área cultivable. En el segundo caso, se requerirá incrementar el área agrícola en un 12%, que sería sustentado por países en desarrollo (FAO, 2016). Colombia posee en la altillanura un importante territorio para expandir la frontera

agrícola, la cual ofrece alrededor de 4,6 millones de hectáreas cultivables, con potencial para la producción agropecuaria, similar al caso de los cerrados brasileros (Amézquita *et al.*, 2013). Pero la competitividad de estos suelos de Altillanura se ve afectada por la degradación de las praderas, ocasionada por manejos agrícolas inadecuados, no acordes a las condiciones edafo-climáticas de la región (Rincón *et al.*, 2012) y que afecta la disponibilidad de biomasa y cobertura vegetal. Se requieren modelos productivos sostenibles orientados y acoplados a los contextos particulares, en los cuales se optimice el uso de la tierra y se proteja el medio ambiente, se aprovechen los recursos agrícolas, se prioricen a las personas y el suelo sea trabajado y transformado de manera limpia, productiva y a bajo costo. Todas estas, alternativas de uso sostenible de los suelos de la Altillanura, privilegiando la conservación de sus características físicas, químicas y biológicas y potencializando su capacidad productiva mediante la integración y rotación de sistemas productivos.

El objetivo de esta revisión es describir las limitantes del desarrollo agropecuario de la Altillanura colombiana.

na, basado en su suelo y analizar las alternativas de uso y mejoramiento del suelo, asociadas a la producción de cerdos a campo abierto, que puedan mejorar las características físicas, químicas y biológicas del mismo de manera productiva y sostenible. Se realizó una búsqueda en la literatura para describir las propiedades del suelo, las características de los suelos de la altillanura colombiana y los gases de efecto invernadero ligados a la agricultura y manejo del suelo. Con el fin de identificar y relacionar las limitantes del desarrollo agropecuario en el mundo y la Altillanura. También, literatura relacionada con producción y consumo de cerdo, su comportamiento, sistemas de cerdos al aire libre y agroforestería que enmarquen una ruta alternativa de porcicultura ligada al suelo. Se utilizó la base de datos Science Direct, explorando las palabras clave: propiedades del suelo, erosión del suelo, uso del suelo, producción sostenible, agroforestería, materia orgánica, producción de cerdos, consumo de carne, cambio climático, gases de agricultura, emisiones antropogénicas, cerdos al aire libre y cerdos a pastoreo. Información escasa relacionada con cerdos a campo abierto y suelos de altillanura fue consultada en Google y Google Scholar.

## Suelo

El suelo es el medio natural y dinámico donde crecen las plantas, allí ocurren una serie de procesos ecosistémicos que permiten el adecuado desarrollo de los cultivos (Brunel y Seguel, 2011). Es un cuerpo natural formado por capas de minerales meteorizados, materia orgánica, organismos vegetales y animales, aire y agua (FAO, 2013). La evolución de este en el tiempo hace que difiera física, química y biológicamente de su material parental (FAO, 2020a).

Las propiedades físicas del suelo hacen referencia a su estructura, textura, consistencia, profundidad, color, porosidad y densidad. La estructura influye directamente en la aireación, el movimiento, retención y drenaje del agua, la conducción térmica, el crecimiento y penetración radicular, ciclo de nutrientes y la resistencia a la erosión, y en consecuencia sobre el rendimiento de los cultivos (FAO, 2020b; Hernández et al., 2010). Un suelo bien estructurado evita la pérdida de carbono, dada su capacidad de capturar este y mantenerlo en el suelo (Hernández et al., 2010). La cobertura vegetal incide directamente sobre las propiedades hidrofísicas del suelo, siendo muy superior la pérdida en el suelo desnudo que, en el protegido, por acción de la lluvia y la erosión eólica (Hudson, 2006).

Las propiedades químicas del suelo pueden ser limitantes o indispensables para el crecimiento de las plantas (Baca et al., 2000), se requiere el balance adecuado entre características como la capacidad de intercambio catiónico, pH, porcentaje de saturación de bases, y los contenidos de carbono orgánico y otros nutrientes como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno (FAO, 2020c). La materia orgánica (MO) del suelo es un elemento clave para mantener la productividad de los agro sistemas. La MO contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Graetz, 1997). La materia orgánica tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Además, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, el crecimiento de la planta sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula en un sistema ecológico equilibrado (Graetz, 1997; Julca et al., 2006).

El aluminio soluble es el factor más limitante para el crecimiento y la producción de los cultivos en suelos ácidos (Cristancho et al., 2011). El 81 % de los suelos tropicales de América son ácidos y con alta concentración de aluminio soluble. En Colombia la superficie del suelo afectado por acidez con un pH inferior a 5,5, alcanza el 85 % del territorio nacional (Casierra y Aguilar, 2007). Sin embargo, son en estos suelos donde se adelantan las actividades agropecuarias y forestales principalmente (Rivera et al., 2016). Las altas concentraciones de aluminio conllevan a la disminución de la solubilidad del fósforo y del molibdeno, y al descenso de la concentración de macronutrientes en la solución del suelo (Rout et al., 2001). En las plantas, inhibe el crecimiento radicular, reduciendo el acceso a agua y nutrientes (Barcelo y Poschenrieder, 2002).

Las propiedades biológicas del suelo son resultado de la actividad de microorganismos (macrofauna, mesofauna y microfauna) y bacterias que modifican su composición, estructura y funcionamiento (Carvajal, 1997). La rizosfera se compone del suelo cercano a las raíces de las plantas, en ella crece una comunidad microbiana diversa y dinámica, incluyendo hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales son parte integral de este sistema. Las interacciones de microorganismos

y microfauna en la micorrizosfera, facilitan la solubilización de minerales, la producción de hormonas de crecimiento y quitinasa, el control de patógenos de plantas, depredadores y parásitos.

Más allá de las funciones del suelo como sustrato de los cultivos agrícolas y forestales, es importante abordar el suelo como ente vivo; que nace, crece, muere; cuya existencia y funcionamiento depende de la vida que alberga y de las funciones físicas, químicas y biológicas que cumple para la sostenibilidad de los ecosistemas, si es manejado con un enfoque no meramente físico y químico, sino entendiendo su biología y la importancia de las múltiples relaciones dinámicas que se establecen entre los organismos de arriba y debajo del suelo (Nicholls y Altieri, 2008). El enfoque agroecológico comienza restaurando la vida del suelo con el fin de restablecer y/o mejorar los múltiples procesos biológicos basados en él. Para ello es necesario aumentar y vigilar la materia orgánica del suelo; facilitar y supervisar su biodiversidad; y aprovechar el conocimiento de los campesinos locales y procesos científicos participativos (FAO, 2008).

El suelo se dimensiona como base de la vida, brinda múltiples servicios ecosistémicos, como servicios de aprovisionamiento (alimentos y agua potable principalmente), sostenimiento, regulación y culturales (WWF, 2018) y desempeña un papel clave en el abastecimiento de agua limpia y en la resiliencia ante las inundaciones y sequías. La infiltración de agua a través del suelo atrapa los contaminantes e impide que estos se filtren en el agua freática. Además, el suelo captura y almacena agua, poniéndola a disposición de los cultivos para su absorción; de este modo, reduce al mínimo la superficie de evaporación y maximiza la eficacia y productividad en el uso del agua (FAO, 2015a). Asimismo, se estima que el 95% de los alimentos se producen directa o indirectamente en el suelo. Los suelos son la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas destinadas a la producción de alimentos, no obstante, son el fundamento del sistema alimentario. Por consiguiente, la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y la cantidad de alimentos (FAO, 2015b).

### Suelos de altillanura

La Orinoquia colombiana es una vasta reserva de recursos agrícolas, pecuarios y de biodiversidad, de importancia estratégica para el desarrollo del país en las próximas décadas. Este enorme territorio cuenta

con aproximadamente 26 millones de hectáreas, de las cuales más de la mitad (53%) corresponden a Altillanura (Gutiérrez, 1998). Los suelos de la Altillanura poseen una baja fertilidad, son naturalmente ácidos y propensos a la erosión y degradación estructural (Amézquita, 1998; Amézquita *et al.*, 2000; Amézquita *et al.*, 2003; Aristizabal y Baquero, 1999). Tienen un alto grado de meteorización, lo que conlleva a un bajo contenido de bases intercambiables, fósforo y materia orgánica. Las concentraciones de aluminio intercambiable (superior al 70%) de estos suelos son tóxicas para la mayoría de los cultivos (Rincón *et al.*, 2012). En general, los suelos de la Altillanura son frágiles, moderadamente profundos, con texturas medias a gruesas y limitados en algunos sectores por pedregosidad. Son susceptibles a la compactación, erosión y sellamiento superficial, y presentan baja infiltración y capacidad de almacenamiento de agua (Amézquita *et al.*, 2013; Correa *et al.*, 2006).

La transformación productiva de la Altillanura está sucediendo de manera rápida, cambiando paisajes naturales y dinámicas productivas tradicionales por grandes extensiones de sistemas agroindustriales (caña, caucho, palma, maíz, soya, entre otros), en los cuales el uso del suelo se orienta a sistemas productivos eficientes económicamente, monocultivos que demandan alta inversión monetaria y tecnologías avanzadas (Vargas, 2014). Además, La viabilidad económica del suelo de estos sistemas depende de sus costos, de los niveles de productividad y la rentabilidad que se alcance (Rivas *et al.*, 2004).

Estos sistemas agrícolas intensivos afectan las funciones de los ecosistemas, lo cual se manifiesta de manera significativa a través de la pérdida de su diversidad biológica, bajo aporte anual de carbono y disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo (Daval *et al.*, 2015), estos efectos generan una progresiva disminución de su fertilidad, cambios en las comunidades microbianas y un aumento de la susceptibilidad a la erosión hídrica (Vázquez *et al.*, 2020), con el consecuente empobrecimiento del suelo y reducción de los rendimientos de cultivos (Ca y Zuaznábar, 2010).

La visión industrial de la altillanura presta poca atención al delicado equilibrio ecológico de este ecosistema. De hecho, la reciente ocupación agroindustrial de la altillanura: ganadería intensiva, cultivos agroforestales e industriales ha incrementado la presión sobre los recursos naturales (Etter *et al.*, 2006). Se desconoce el impacto ambiental que genera el uso de la Altillanura



en actividades productivas; sin embargo, esta región es determinante en la regulación del pulso hídrico de la cuenca del Orinoco debido a la alta presencia de bosques de galería, esteros y morichales, fundamentales en la preservación del recurso hídrico superficial y profundo y la estabilización de cauces. Además, se constituyen en corredores de dispersión de la biota y albergues de fauna.

### Riesgo ambiental ligado a la agricultura

El cambio climático y el calentamiento global continúan siendo temas de considerable debate a nivel científico y de interés público. Los procesos agrícolas son una de las principales fuentes de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), representando aproximadamente una quinta parte de las emisiones mundiales y el aumento anual del forzamiento radiativo (Zhang y Niu, 2020). La conversión de tierras para agricultura tiene un impacto en la composición de la atmósfera y el clima. Las emisiones directas de gas carbónico (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera por deforestación, los procesos de preparación de tierras agrícolas mecanización y la fertilización química son responsables de cerca del 50% de las emisiones antropogénicas de metano (CH<sub>4</sub>) y 84% de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Clarke *et al.*, 2007). Las nuevas estimaciones de la (FAO, 2020d) sobre los gases de efecto invernadero muestran que las emisiones procedentes de la agricultura, la silvicultura y la pesca se han casi duplicado en los últimos cincuenta años, y podrían aumentar en un 30 por ciento adicional para 2050 si no se lleva a cabo un esfuerzo mayor para reducirlos. En el caso de la Altillanura, la compañía Bioenergy incrementó en 225% el área destinada al cultivo de caña para la producción de biocombustibles en el periodo 2014-2015 (Bioenergy, 2016). Además; ganadería, producción de soya, maíz, caña, palma de aceite, arroz, caucho, maderables y quemadas de sabanas son actividades desarrolladas en la Orinoquia colombiana, las cuales incrementarían las emisiones de GEI en la región, dado su proceso de expansión y “modernización”.

Las actividades antrópicas han incrementado el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero hasta su punto máximo en la historia, el mundo no solo está observando aumentos en la temperatura superficial y el nivel del mar, sino que también experimenta con frecuencia una distribución sin precedentes de las lluvias y eventos climáticos peligrosos y erráticos (Rahman y Reza, 2020). Asimismo, el calentamiento global tiene efectos en los ecosistemas y sistemas socioeconómicos

(Guo *et al.*, 2020), en las actividades agrícolas el aumento de las temperaturas y de precipitaciones en periodos cortos de tiempo reducen la temporada de cultivos y comprometen su productividad y la calidad de vida de los agricultores (Assan *et al.*, 2020). El impacto del cambio climático antropogénico es un desafío cada vez más urgente que enfrenta la comunidad mundial y es fundamental realizar cambios para minimizar los efectos negativos del cambio climático (Carlson *et al.*, 2020), los ecosistemas estratégicos y los servicios ambientales.

### Producción porcina en Colombia

La carne de cerdo ha formado parte importante en la dieta de las personas, siendo la segunda carne más producida en el mundo para periodo 2018/2019 (120.6 mt), solo por debajo del pollo (124.8 mt) que ocupa el primer lugar (FAO, 2019). De igual forma, el crecimiento de la producción anual de carne obedece al mismo comportamiento, donde la carne de cerdo y el pollo se reparten el 80% del aumento de la producción y la carne bovina y ovina alrededor del 20%. Si bien hay fluctuaciones en algunos años por acontecimientos específicos, el comportamiento a lo largo de los años es el mismo y la tendencia igual. Asimismo, es la carne que mayor consumo tiene en el mundo, a excepción de la región América en general, donde prevalece el consumo de pollo y carne bovina (FAO, 2017). En Colombia, para el año 2019 la carne de cerdo fue la tercera carne más consumida (11,1 kg/persona/año), por debajo de la carne de res (18.6 kg/persona/año) y el pollo (35.6 kg/persona/año), no obstante, el consumo de cerdo viene creciendo de manera progresiva, presentando un aumento de más del 50% en la última década (FEDEGAN, 2020). Esto constituye una oportunidad y también un desafío de producir más carne de cerdo, pero preferiblemente que esta producción sea sostenible e impacte de manera interdisciplinaria otros sectores, por ejemplo, la producción de cerdos de engorde a campo abierto.

### Sistema de cerdos al aire libre

La cría de cerdos al aire libre inicia desde su domesticación, aunque su consolidación como sistema productivo a gran escala se dio en 1950 con el modelo “Roadnigh” del Reino Unido, como una variante moderna de los sistemas extensivos tradicionales, que permitía mediante un sistema de bajos costos, generar ingresos adicionales a los productores, y mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas (McCulloch, 1997).

Su expansión en los años 80 alcanzó varios países europeos y Norteamérica, manteniendo el enfoque integrador de la producción animal para el mejoramiento de la productividad del suelo y la disminución de costos de infraestructura (Berger *et al.*, 1997). La continua adaptación del sistema a contextos particulares lo ha llevado a la intensificación, siendo actualmente en muchos países una estrategia de producción de cerdos manejados al aire libre, sin integración con cultivos agrícolas (Thornton, 1990). Enmarcados en el uso de buenas prácticas agrícolas y de bienestar animal, para el abastecimiento del mercado de cerdo orgánico y/o natural, Gran Bretaña maneja el 42% de su pie de cría en campo, Francia el 10%; Estados Unidos el 19%; y en Dinamarca el 8% es manejado a campo con certificación de producción orgánica, de la misma manera Alemania, Hungría, Suecia, Portugal y Australia (Suescún y Ocampo, 2015). En España el sistema tradicional de producción de cerdo ibérico, dio origen a una variante denominada “camping”, que incluye razas mejoradas y sistemas de alimentación de tipo industrial, orientado a cubrir mercados diferenciados (Lagrecá, 2009). En Suramérica, el sistema ha sido adaptado a las condiciones locales en diferentes países y sobre todo enfocado a disminuir costos. EMBRAPA en Brasil desarrolló un sistema de cría al aire libre denominado SISCAL, que hace uso estratégico de las potencialidades locales, la rusticidad y el aprovechamiento de recursos alimenticios locales, basados en la genética criolla. Este genera carne con mayor índice de marmoleo y mejor cubierta de grasa en el pernil, para obtener productos curados con alto valor agregado, semejando al sistema español, con excelentes resultados económicos (Filha, 2010). En Cuba, el sistema de cría intensiva al aire libre (CIAL), tiene un fuerte componente forrajero para el aprovechamiento de los recursos de alta disponibilidad local, orientado al abastecimiento del mercado interno y la seguridad alimentaria (Ly y Rico, 2006); en Argentina, INTA y GIDESPORC han desarrollado un sistema a campo ajustado a las condiciones locales que ha alcanzado el 22% de las granjas porcícolas del país (Campagna y Somenzini, 2005). En Uruguay, la Universidad de la República ha desarrollado desde finales de la década de los ochenta un sistema para pequeños y medianos productores orientado a la cría intensiva, obteniendo parámetros productivos similares a los obtenidos en sistemas de confinamiento (Petrocelli y Burgueño, 1997). En México el sistema se ha evaluado con especial énfasis en el uso de razas criollas (Ricalde y Lean, 2002).

En países desarrollados se establece como una estrategia productiva con énfasis a la disminución de los

impactos ambientales y el acceso a mercados diferenciados a través de la aplicación de los principios de bienestar animal y la producción orgánica (Edwards, 2003a). En Latinoamérica, el sistema está orientado a la búsqueda de alternativas que disminuyan los altos costos de infraestructura y mantenimiento y la dependencia externa, principalmente de la producción intensiva de granos (Mora *et al.*, 2000), pues el sistema ofrece una disminución significativa de la demanda de capital en relación con los sistemas en confinamiento, variando entre 40 y 70% (Carvalho y Viana, 2011; Ricalde y Lean, 2002). Estos modelos se constituyen en una alternativa por su flexibilidad económica y productiva (Campagna y Somenzini, 2005; Costa *et al.*, 1995).

En Colombia la cría de cerdos al aire libre ha sido asociada tradicionalmente a esquemas de manejo seminatural en áreas de bosque y de traspatio en zonas periurbanas, principalmente en las regiones del Pacífico y de los Llanos Orientales (Sarria *et al.*, 2001). Este sistema se originó con la llegada de los primeros animales de origen ibérico traídos por los colonizadores para la producción de carne y grasa; generando las razas criollas actuales por cruzamiento y selección, las cuales se han adaptado exitosamente a las condiciones ambientales y de oferta alimenticia imperantes en el país (Cardozo y Rodríguez, 2010). Aunque la información sobre el comportamiento de este sistema en Colombia es escasa, existen algunos reportes sobre el manejo de cerdos a campo abierto; Suescún y Ocampo (2015) estudiaron un sistema de cría de cerdos a campo abierto en suelos de piedemonte llanero, hallando cambios en las características físicas, químicas y biológicas del suelo por causa de este. En este estudio hubo incremento en los contenidos de nitrógeno, fósforo, materia orgánica y carbono, y del ciclaje de nutrientes proveniente del aumento de biomasa vegetal (entre el 100 y 200%). Estos cambios dinamizaron el crecimiento de las poblaciones de actinomicetos y hongos y consecuentemente la tasa de descomposición de materia orgánica. Por otra parte, el uso de cerdas a campo abierto no incrementó los niveles de compactación del suelo. Además, Los parámetros productivos obtenidos fueron similares a los valores de referencia para el sistema de cría a campo en Suramérica. También, Díaz *et al.* (2008) reportaron en Antioquia un sistema denominado “cerdos-pastos-leche”, en el cual el principal objetivo fue el mejoramiento de las condiciones del suelo con el aporte de materia orgánica proveniente de cerdos en pastoreo para una producción intensiva de pastos y su posterior aprovechamiento con vacas de alta capacidad

genética para la producción de leche, con buenos resultados productivos y económicos. A su vez, Mejía (1998) propuso un sistema de cría de cerdos a la intemperie orientada a la disminución de costos de infraestructura, el establecimiento de praderas y alternativas nutricionales, y obtuvo una reducción del 250% en los costos de establecimiento de pasto estrella en la estación experimental del NUS de Agrosavia, en suelos manejados con cerdos a campo y abono con porquinaza. Finalmente, Fajardo (2009) en un estudio comparativo realizado en el departamento del Tolima, entre los sistemas a campo y en confinamiento reportó parámetros productivos del sistema de cría a campo, similares a los estándares nacionales y costos de producción inferiores, relacionados con menores costos en la infraestructura productiva.

Los sistemas de cerdos a campo abierto en su mayoría han sido guiados a la cría, con resultados productivos positivos, por el contrario, se ha indicado resultados escasamente competitivos en los sistemas de engorde, la ración consumida por cerdos a campo es 9% mayor a la ración de animales confinados; de igual forma, la ganancia de peso es inferior en 2% y la conversión superior en 3% (Demori *et al.*, 2012; Stern y Andresen, 2003). Estos resultados han sido atribuidos al incremento en la demanda de energía por un mayor comportamiento exploratorio de los animales en los sistemas al aire libre (Strudsholm y Hermansen, 2005); la búsqueda de alimento y las variaciones del clima (Berger *et al.*, 1997). Sin embargo, (Demori *et al.*, 2012) concluyeron que las características de las canales y de cortes importantes como el lomo no difieren entre animales criados al aire libre y confinamiento. Estos resultados podrían indicar que los cereales que comúnmente se utilizan en las dietas de los cerdos a campo abierto no suplen energéticamente a los animales. Esta brecha nutricional y económica podría suplirse con dietas ricas en ácidos grasos, las cuales serían una estrategia y alternativa alimenticia que podría dar solución a este problema y hacer de los cerdos de engorde a campo abierto un sistema productivo viable.

### Cerdos a campo abierto, otro enfoque

La agroecología es un enfoque de producción menos agresivo con la naturaleza, que no depende o disminuye al máximo el uso de insumos químicos, obtiene producciones sanas y favorece la conservación del medio ambiente (Pérez y Ocampo, 2011). El reto es mejorar el suelo, mantener la productividad mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el

ambiente (Shibu, 2009). Por consiguiente, la agroecología, que restaura el funcionamiento del ecosistema manteniendo la salud del suelo, es una estrategia efectiva para alcanzar la seguridad alimentaria en las zonas del mundo donde más se necesita. La implementación de sistemas agroecológicos variados, fundamentados en el conocimiento ecológico local, en la diversidad de los sistemas y las sinergias ecológicas puede mejorar notablemente la calidad del suelo y revertir su degradación, aumentando a la vez la producción de alimentos nutritivos. (FAO, 2015c).

El interés de los consumidores en productos orgánicos y amigables con el ambiente constituye una oportunidad. Los sistemas de producción porcina al aire libre, pueden ser construidos y manejados de tal manera que ejerzan una influencia positiva en otras partes del sistema agrícola (Hermansen *et al.*, 2004).

En los últimos años se ha dinamizado la cría de cerdos al aire libre o a campo, que ofrece ventajas como menores costos de inversión en construcciones, reducción de los riesgos de contaminación ambiental, y mejoría neta en el bienestar animal (González y Hurtado, 2000). Los sistemas de producción de cerdos a campo abierto, gracias al estiércol, permiten el enriquecimiento del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; incrementando el contenido de materia orgánica, mejoramiento en la estructura y el ciclaje y eficiencia de nitrógeno y fósforo, capacidad de retención de humedad, aporte de nitrógeno e incremento en la población microbiana del suelo (Cadavid, 1983). Situación que permite la lenta liberación de minerales en el mediano plazo, con beneficios productivos residuales en el largo plazo (Graves *et al.*, 2004), evitando además efectos negativos como lixiviación y volatilización de minerales (Hountin *et al.*, 1997). Este sistema hace parte de las opciones para mejorar la eco-eficiencia, ya que involucra componentes tales como el desarrollo de sistemas de manejo de suelo, que integra ganadería con cultivos para maximizar el reciclaje de nutrientes y minimizar sus pérdidas; la adopción de sistemas de labranza de conservación, que reducen considerablemente la dependencia de los recursos no renovables y, por último, el uso de insumos biológicos (Amézquita *et al.*, 2013).

Algunos estudios (Gegner, 2004; Hermansen *et al.*, 2004; Sarria *et al.*, 2001) señalan los beneficios de este sistema sobre la productividad de suelos agrícolas degradados. Eriksen *et al.* (2002) y Honeyman (2005) demostraron que, en un esquema rotacional adecuado este modelo productivo se constituye en una alternati-

va de mejoramiento de suelos. En los sistemas a campo las cerdas preñadas pueden satisfacer sus necesidades nutricionales en gran medida por el pastoreo, también, que el pastoreo compartido de cerdas con vacas puede disminuir la carga parasitaria de las mismas y que la inclinación del cerdo por el hozamiento se puede manejar de manera estratégica, haciendo un arado a la tierra para posterior uso agrícola (Hermansen *et al.*, 2004). Sharifi *et al.* (2020) evaluaron el efecto de un sistema de cría de cerdos al aire libre sobre el suelo, donde la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico aumentaron en un 75% y 22,5%, respectivamente, a una profundidad de 0 a 15 cm, luego de 1 año de ocupación. Además, las concentraciones de nitrato aumentaron 7 veces y potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y zinc (Zn) el doble. Pietrosevoli *et al.* (2020) compararon los efectos de cuatro densidades de cerdos (37, 74, 111 o 148 cerdos/ha) durante dos períodos de pastoreo de 14 semanas, sobre la cobertura vegetal y las propiedades del suelo. Encontrando que este sistema mejora características físicas del suelo como la densidad y genera aportes significativos de nitrógeno y fósforo, siendo mayores con mayor carga animal y en el segundo ciclo de engorde. Además, con incrementos de 288% total-N y 177% total-P en la capa superior del suelo (0 a 30 cm). También, aunque el número de animales aumentó la cantidad de nutrientes depositados en el suelo, agravó el daño a la cubierta vegetal. Andresen *et al.* (2001) compararon 2 niveles de carga animal, de 10 y 20 metros cuadrados por cerdo durante 8 semanas en un sistema a campo abierto, donde al salir los animales sembraron trigo. La densidad de 10 metros cuadrados por cerdo tuvo mejores resultados de labranza que el grupo de menor densidad y también tuvo el mayor rendimiento de grano de trigo. La labranza fue más efectiva en temporadas de lluvias que en las secas; el trabajo de labranza porcina más profundo se logró con altos contenidos de humedad del suelo, independientemente del tratamiento. Monteverde y Del Pino (2014) evaluaron el efecto de un sistema de cerdos de cría y levante a campo abierto sobre las características químicas de la capa superficial del suelo (0-15 cm), encontrando aumentos en las concentraciones de fósforo disponible del 500%, nitratos del 133% y conductividad eléctrica del 77%, respecto al suelo control que no tenía cerdos. Por el contrario, hubo disminución en la concentración de carbono orgánico del 18%, lo cual sugiere que estos sistemas deben ser muy prudentes con el medio ambiente desde la planificación de la ubicación de las instalaciones. Por su parte, Bordeaux *et al.* (2014) estudiaron la rotación de estructuras de sombra, agua

y alimento en un sistema de cerdos a campo abierto durante dos ocupaciones de 12 semanas. Encontrando que la compactación del suelo resultó ser mayor en ubicaciones de estructuras de sombra permanentes en comparación con tratamientos móviles. De igual manera, Blumetto *et al.* (2012) analizaron la dinámica de los nutrientes y su posible efecto ambiental en dos ciclos de ceba de cerdos alojados en un sistema al aire libre, encontrando que la mayor concentración de nutrientes se acumula en el área circundante al refugio. También, que si bien, no existen riesgos ambientales de gran magnitud, si podrían haber riesgos asociados a una parcela de encierro o refugio permanente. Este riesgo ambiental disminuye a medida que los nutrientes se distribuyan por toda el área de trabajo mediante el diseño estratégico del refugio. Compararon la ceba de cerdos a campo abierto con un grupo control de cerdos confinados, encontrando que los cerdos a campo tuvieron menor ganancia de peso (61,5 - 67,8 kg) y mayor conversión (4,30 - 3,95) que el grupo control. Finalmente, hallaron que nutrientes como nitrógeno, fósforo y nitratos presentaron una tendencia creciente a lo largo del tiempo, y se mantuvieron luego de 60 días de retirados los cerdos.

### Comportamiento de cerdos a campo abierto

El comportamiento animal es determinante para el enfoque de transformación productiva de los suelos. El comportamiento de los cerdos domésticos es muy similar al de cerdos silvestres, gracias a su capacidad de adaptación, aprendizaje y memoria, lo cual les permite adaptarse satisfactoriamente a los sistemas a campo. Sin embargo, es necesario considerar que en los cerdos las condiciones medioambientales tienen gran influencia sobre el bienestar y comportamiento. Las condiciones climáticas, especialmente la temperatura, son factores fundamentales sobre el comportamiento de los animales mantenidos en sistemas a campo abierto. Por lo cual es fundamental ofrecer estrategias de termorregulación a los animales, los cuales modifican su comportamiento en función de las temperaturas (Schneider y Walter, 1996). Las actividades de hozado y forrajeo en los cerdos están orientados a la búsqueda de alimento y permiten a los animales evaluar el potencial de uso de las diferentes áreas en los potreros. Un incremento en alguna de estas actividades puede estar motivado por la necesidad de cubrir las demandas nutricionales de los animales (Stolba y Wood-Gush, 1984). La intensidad del hozado está directamente relacionada con la necesidad de alimento de los animales, así que esto permite establecer que



un adecuado manejo nutricional en el sistema permita disminuir los daños generados por esta actividad (Quintern y Sundrum, 2006) y tornarlos benéficos para las características del suelo, pues un manejo adecuado del sistema permite hacer uso estratégico del hozado, el cual favorece la descompactación y el mejoramiento de la porosidad del suelo, semejando un proceso de labranza (Suescún y Ocampo, 2015). En cerdos en crecimiento, el comportamiento se asocia con la zona destinada al pastoreo, la disponibilidad de forraje y la carga animal utilizada. La frecuencia de alimentación es 18% más alta en una carga animal baja (5 cerdos en 100 m<sup>2</sup>) en comparación con una carga alta (5 cerdos en 50 m<sup>2</sup>), mientras que el hozado y el comportamiento agresivo tienden a ser mayores en la carga más alta. Los cerdos prefieren pastorear a hozar cuando hay plantas disponibles, mostrando una mayor incidencia de hozado en las parcelas más pequeñas; concluyendo así que el hozado corresponde a la búsqueda de nutrientes en el suelo, así como comportamiento exploratorio (Otero, 2013).

## Conclusiones

En general, el uso del sistema de cerdos a campo abierto está enfocado a la cría, su uso suele ser común en granjas con producciones intensivas, obteniendo óptimos resultados en cuanto al número de lechones vivos y pesos al destete. Por otra parte, los cerdos de engorde en el sistema de campo abierto han sido utilizados en menor medida, y enfocados a la generación de carne como producto de valor diferenciado, como en el caso del cerdo Ibérico en Europa y criollo en Brasil. También, como alternativas que disminuyan costos de infraestructura y alimentación, pero son escasos los ensayos que enfoquen los cerdos de engorde a campo abierto como generador de proteína de origen animal, de importancia en la seguridad alimentaria y economía local, y que además sea una herramienta de transformación productiva de los suelos, mejorando la calidad en sus características físicas, químicas y biológicas mediante el uso estratégico del comportamiento del cerdo, la calidad de su estiércol y dietas alternativas eficientes energéticamente como las dietas ricas en ácidos grasos que optimicen el metabolismo y rendimiento productivo de estos cerdos. Este modelo sería de gran impacto en la Altillanura colombiana, mejorando significativamente la calidad de las propiedades de su suelo y demostrando una alternativa para su uso sostenible que aumente la productividad por unidad de área y retrase la expansión de la frontera agrícola, que pueda comprometer ecosistemas estra-

tégicos, además de aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero que sumen a la problemática del calentamiento global. También, se dinamizaría la economía y cultura local, dando valor y protagonismo a los pequeños productores, con miras a disminuir las brechas; aportando a las políticas y objetivos de desarrollo sostenible de la Orinoquía y del Meta, enfocadas a fortalecer la ruralidad como base de la economía de la región. El sistema de cerdos de engorde a campo abierto como herramienta de transformación productiva para suelos de la altillanura daría el enfoque de sostenibilidad que requiere la región, donde se integren los recursos naturales, el desarrollo social y el crecimiento económico para todos sin dañar el medio ambiente.

## Referencias

- Amézquita E. 1998. Hacia la sostenibilidad de los suelos en los Llanos Orientales de Colombia, in: Noveno Congreso Colombiano de La Ciencia Del Suelo. Sociedad Colombiana de La Ciencia Del Suelo, Paipa, Boyacá (Colombia), Octubre.
- Amézquita E, Hoyos P, Molina D, Rao, I., Sanz J, Vera, R. 2003. Construcción de capas arables productivas en suelos de la altillanura. [Fecha de acceso: 24-07-2020]. URL: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/arroz/d\\_molina.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/arroz/d_molina.pdf)
- Amézquita E, Molina D, Chávez L, Ricaurte J. 2000. La construcción de una capa arable: Práctica clave para la agricultura sostenible en suelos de la altillanura colombiana. Trabajo presentado en el II Seminario de Agrotecnia y Tecnología Siglo XXI-Orinoquia colombiana.
- Amézquita E, Rao I, Rivera M, Corrales I, Bernal J. 2013. Sistemas Agropastoriles: Un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. [Fecha de acceso: 22-07-2020]. URL: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/biblioteca/sistemas\\_agropastoriles.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/biblioteca/sistemas_agropastoriles.pdf)
- Andresen N, Cizuk P, Ohlander L. Pigs on grassland - animal growth rate, tillage work and effects in the following winter wheat crop. *Biol. Agric. Hortic*, 2001;18(4):327-343.
- Aristizabal D, Baquero J, 1999. Tecnologías conservacionistas para el manejo de suelos arroceros en la orinoquia colombiana. [Fecha de acceso: 24-07-2020]. URL: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4178/1/122.pdf>
- Assan E, Suvedi M, Schmitt O, Bansah K. Climate change perceptions and challenges to adaptation among smallholder farmers in semi-arid Ghana: A gender analysis. *Journal of Arid Environments*, 2020;182:104247. [Fecha de acceso: 30-07-2020]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196318303203>
- Baca B, Soto L, Pardo R. Fijación biológica de nitrógeno. *Elementos* (México), 2000;7(38):43. [Fecha de acceso: 30-07-2020]. URL:

- [http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=bac\\_xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=060301](http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=bac_xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=060301)
- Barcelo J, Poschenrieder C. Fast root growth responses, root exudates, and internal detoxification as clues to the mechanisms of aluminium toxicity and resistance: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 2002,48:75-92. [Fecha de acceso: 10-08-2020]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847202000138>
- Berger F, Dagom J, le Denmat M, Quillien J, Vaudelet J, Signoret J. 1997. Perinatal losses in outdoor pig breeding. A survey of factors influencing piglet mortality. [Fecha de acceso: 10-08-2020]. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00889698/document>
- Bioenergy. 2016. Bioenergy expande la frontera agrícola en Colombia. [Fecha de acceso: 11-02-2021]. URL: <http://www.bioenergy.com.co/SitePages/Noticia.aspx?IdElemento=5>
- Blumetto O, Calvet S, Estellés F, Villagrà A, Torres A. Caracterización productiva y ambiental de un Sistema semi-extensivo de engorde de cerdos en condiciones de sequía en Uruguay. *Información Técnica Económica Agraria*, 2012;108(3):256-274.
- Bordeaux C, Grossman J, White J, Osmond D, Poore M, Pietrosemoli S. Effects of rotational infrastructure within pasture-raised pig operations on ground cover, soil nutrient distribution, and bulk density. *Journal of soil and water conservation* 2014;69:120-130.
- Brunel N, Seguel O. EFECTOS DE LA EROSIÓN EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO. *Agro Sur*, 2011;39:1-12. [Fecha de acceso: 12-09-2020]. URL: <https://doi.org/10.4206/agrosur.2011.v39n1-01>
- Cabrera J, Zuaznábar R. 2010. Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar con el uso de la quema para la cosecha y la fertilización nitrogenada. I. Balance del carbono. *Cultivos tropicales* 31, 0. [Fecha de acceso: 20-09-2020]. URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100001)
- Cadavid M. Mejoramiento de la fertilidad del suelo en base a residuos de porquerizas. *Revista de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 1983;13:82-93.
- Campagna D, Somenzini D. 2005. Elementos a tener en cuenta para decidir que categorías confinar en los sistemas de producción porcina a campo para mejorar su eficiencia. *FERICERDO*. Marcos Juárez 19. [Fecha de acceso: 02-09-2020]. URL: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=inta2.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=036405>
- Cardozo A, Rodríguez L. 2010. Potencial y necesidades de investigación sobre el cerdo criollo en los llanos de Colombia y Venezuela. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* 17.
- Carlson J, Kaull H, Steinhauer M, Zigarac A, Cammarata J. Paying attention to climate change: Positive images of climate change solutions capture attention. *Journal of Environmental Psychology*, 2020;71:101477. [Fecha de acceso: 28-09-2020]. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494420301742>
- Carvajal R. 1997. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Pp. 5-23.
- Carvalho P, Viana E. 2011. Suinocultura SISCAL e SISCO: análise e comparação dos custos de produção. *Custos e Agronegócio*. [Fecha de acceso: 30-09-2020]. URL: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/4753/material/SISCAL%20x%20SISCO.pdf>
- Casierra F, Aguilar O. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2007;1:246-257.
- Clarke L, Edmonds J, Jacoby H, Pitcher H, Reilly J, Richels R. 2007. Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations. [Fecha de acceso: 03-08-2020]. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/usdoepub/6/>
- Correa H, Ruíz S, Arevalo L. 2006. Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del orinoco 2005-2015: propuesta técnica. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Costa O, Giroto A, Giroto A. Análise econômica dos sistemas intensivos de suínos criados ao ar livre (SISCAL) e confinados (SISCO), nas fases de gestação e lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec*, 1995;24:615-622.
- Cristancho R, Hanafi M, Syed O, Rafii M. Variations in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) progeny response to high aluminium concentrations in solution culture. *Plant Biology*, 2011;13:333-342.
- Demori, A, Lovatto P, Andretta I, Kipper M, Lehnen C, Remus A. Criação intensiva de suínos em confinamento ou ao ar livre: estudo meta-analítico do desempenho zootécnico nas fases de crescimento e terminação e avaliação de carcaça e carne no *Longissimus dorsi*. *Ciência Rural*, 2012;42: 1294-1299.
- Díaz R, Suárez L, Rivera B, Estrada R. 2008. Sistema cerdos-pastos-leche: Modelo de análisis económico y ambiental.
- Duval M, Capurro J, Galantini J, Andriani J. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. [Fecha de acceso: 11-09-2020]. URL: <https://repositorio.inta.gov.ar/handle/20.500.12123/2642>
- Edwards S. Intake of nutrients from pasture by pigs. *Proceedings of the Nutrition Society*, 2003;62: 257-265.
- Eriksen J, Petersen S, Sommer S. 2002. The fate of nitrogen in outdoor pig production. [Fecha de acceso: 02-10-2020]. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-008>
- Etter A, McAlpine C, Wilson K, Phinn S, Possingham H. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2006;114:369-386.
- Fajardo D, 2009. Evaluación de dos sistemas de instalaciones y manejo para la etapa de lactancia comparando la producción porcina tradicional vs. La producción al aire libre. [Fecha de acceso: 02-10-2020]. URL: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1063&context=zootecnia>
- FAO. 2020a. Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

- tura. [Fecha de acceso: 19-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- FAO. 2020b. Propiedades Físicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Fecha de acceso: 19-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. 2020c. Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [Fecha de acceso: 9-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. 2020d. FAO - Noticias: Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura. [Fecha de acceso: 28-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/news/story/es/item/218907/icode/>
- FAO. 2019. Perspectivas alimentarias - Resúmenes de mercado - Mayo de 2019
- FAO. 2017. Carne, Situación del mercado. OCDE-FAO PERSPECTIVAS AGRÍCOLAS 2017-2026. [Fecha de acceso: 28-09-2020]. URL: <https://doi.org/10.1787/agr-data-en>
- FAO. 2015a. Los suelos en el ciclo del agua | FAO. [Fecha de acceso: 19-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/326296/>
- FAO. 2015b. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables | FAO. [Fecha de acceso: 20-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>
- FAO. 2015c. Agroecología para revertir la degradación del suelo y alcanzar la seguridad alimentaria | FAO. [Fecha de acceso: 03-10-2020]. URL: <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/318104/>
- FAO. 2013. Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. [Fecha de acceso: 19-09-2020]. URL: <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- FAO. 2008. LEISA Revista de Agroecología: Suelos vivos | FAO. [Fecha de acceso: 03-10-2020]. URL: <http://www.fao.org/agroecology/database/detail/es/c/470963>
- FAO. 2016. Agriculture Organization, 2014. Livestock Primary. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FEDEGAN, 2020. Consumo | Fedegan. [Fecha de acceso: 28-09-2020]. URL: <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/consumo-0>
- Filha O. Sustainable local pig production in Brazil. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 2010;17:103-106.
- Gegner L. 2004. Pork: Marketing Alternatives. National Center for Appropriate Technology: Butte, MT, USA.
- González C, Hurtado E. Aspectos generales de la producción de cerdos a campo: Una reseña corta. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 2000;7:5-14.
- Graetz H. 1997. Suelos y fertilización. 80 p. FL Orozco, Trad.) Trillas, México.
- Graves A, Matthews R, Waldie K. Low external input technologies for livelihood improvement in subsistence agriculture. Advances in Agronomy, 2004;82:473-557.
- Guo C, Dai H, Xiaorui, W, Liu X, Liu Y. 2020. ARTICLE IN PRESS Geography and Sustainability xxx (xxxx) xxx Impacts of climate change mitigation on agriculture water use: A provincial analysis in China. [Fecha de acceso: 03-10-2020]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.07.001>
- Hermansen J, Strudsholm K, Horsted K. Integration of organic animal production into land use with special reference to swine and poultry. Livestock Production Science, 2004;90:11-26.
- Hernández A, Bohoquez J, Morell F, Cabrera A, Ascanio M, García J, Madueño A, Nájera O. (2010). Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. [Fecha de acceso: 29-09-2020]. URL: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UZE6\\_MK79eoC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Hern%C3%A1ndez+A,+Bohoquez+J,+Morell+F,+Cabrera+A,+Ascanio+M,+Garc%C3%ADa+J,+Madue%C3%B1o+A,+N%C3%A1jera+O,+2010.+Fundamentos+de+la+estructura+de+suelos+tropicales+&ots=ir3OtG99hY&sig=s2Oke9J\\_bmq95BzdIDqd2jadrCU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=UZE6_MK79eoC&oi=fnd&pg=PA7&dq=Hern%C3%A1ndez+A,+Bohoquez+J,+Morell+F,+Cabrera+A,+Ascanio+M,+Garc%C3%ADa+J,+Madue%C3%B1o+A,+N%C3%A1jera+O,+2010.+Fundamentos+de+la+estructura+de+suelos+tropicales+&ots=ir3OtG99hY&sig=s2Oke9J_bmq95BzdIDqd2jadrCU#v=onepage&q&f=false)
- Honeyman M. Extensive bedded indoor and outdoor pig production systems in USA: current trends and effects on animal care and product quality. Livestock Production Science, 2005;94:15-24.
- Hountin J, Couillard D, Karam A. Soil carbon, nitrogen and phosphorus contents in maize plots after 14 years of pig slurry applications. The Journal of Agricultural Science, 1997;129:187-191.
- Hudson N. (2006). Conservación del suelo - Norman Hudson. [Fecha de acceso: 30-09-2020]. URL: [https://books.google.com.co/books?id=u137pQPXYGAC&pg=PA213&dq=cobertura+vegetal+en+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiW447O\\_pTs-AhUipFkKHT2VAesQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=cobertura%20vegetal%20en%20el%20suelo&f=false](https://books.google.com.co/books?id=u137pQPXYGAC&pg=PA213&dq=cobertura+vegetal+en+el+suelo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiW447O_pTs-AhUipFkKHT2VAesQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=cobertura%20vegetal%20en%20el%20suelo&f=false)
- Julca A, Meneses L, Blas R, Bello S. LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. Idesia (Arica), 2006;24:49-61.
- Lagrega L. 2009. Como realizar la etapa reproductiva del cerdo a campo. Veterinaria Cuyana 25.
- Leal-Pacheco FA, Sanches-Fernandes LF, Valle-Junior RF, Valera CA, Tarlé- Pissarra TC. Land degradation: Multiple environmental consequences and routes to neutrality. Current Opinion in Environmental Science & Health, 2018;5:79-86.
- Ly J, Rico C. (2006). Cría de cerdos al aire libre. El caso cubano. INDICE/TABLE OF CONTENTS 13, 11.
- McCulloch R. (1997). History of Outdoor Pig Production. Department of Animal Science & Food Technology. Texas Tech University.
- Mejía J. (1998). Establecimiento de pasto estrella en un suelo preparado con cerdas y abonado con porquinaza en el nordeste antioqueño.

- Monteverde S, Del Pino A. Variabilidad espacial en las propiedades químicas del suelo en un sistema de producción con cerdos en pastoreo. *Ciencias Agronómicas. Revista* 2014;XXIII(14):37-45
- Mora A, Armendáriz I, Belmar R, Ly J. Algunos aspectos de la producción y manejo de cerdos en exterior. *Revista computarizada de producción porcina*, 2000;7:5-22.
- Nicholls C, Altieri M. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. *LEISA*, 2008;24:6-8.
- Otero H. (2013). Perfil Productivo del Municipio Puerto López by PNUD Colombia [Fecha de acceso: 24-08-2020]. URL: [https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil\\_productivo\\_municipio\\_puerto](https://issuu.com/pnudcol/docs/perfil_productivo_municipio_puerto)
- Pachauri R, Reisinger A, Bernstein L, Bosch P. (2007). Cambio climático 2007 Equipo de redacción principal Equipo de redacción principal OMM PNUMA.
- .Pérez L, Ocampo M. (2011). Estudio de indicadores de diversidad y productividad en un proceso de conversión agroecológica. Tesis de Maestría en Pastos y Forrajes. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba.
- Petrocelli H, Burgueño J. (1997). FR 07. Reproductive performance of three swine breeding systems in Uruguay. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5.
- Pietrosemoli S, Raczkowski C, Green J, Villamide M. (2020). Effects of Growing-Finishing Pig Stocking Rates on Bermudagrass Ground Cover and Soil Properties. *Animals* 10.
- Quintern M, Sundrum A. Ecological risks of outdoor pig fattening in organic farming and strategies for their reduction—Results of a field experiment in the centre of Germany. *Agriculture, ecosystems & environment*, 2006;117:238-250.
- Rahman S, Reza-Anik A. (2020). Productivity and efficiency impact of climate change and agroecology on Bangladesh agriculture. [Fecha de acceso: 01-10-2020]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104507>
- Ricalde R, Lean I. Effect of feed intake during pregnancy on productive performance and grazing behaviour of primiparous sows kept in an outdoor system under tropical conditions. *Livestock Production Science*, 2002a;77:13-21.
- Rincón A, Baquero J, Flórez H. (2012). Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia.
- Rivas L, Hoyos P, Amézquita E, Molina L. (2004). Manejo y uso de los suelos de la altillanura colombiana: Análisis económico de una estrategia para su conservación y mejoramiento: Construcción de la capa arable.
- Rivera Y, Moreno Y, Herrera L, Romero H. (2016). La toxicidad por aluminio (Al 3+) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite\* Aluminum (Al 3+) Toxicity as a Limiting Factor for Growth and Agricultural Productivity: The Case of Oil Palm.
- Rout G, Samantaray S, Das P. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review.
- Sarria P, Pérez H, Silva J. Caracterización de las actividades de comportamiento de cerdos al aire libre. *Livestock Research for Rural Development* 2001;13.
- Schneider P, Walter J. (1996). An ethological study of fattening pigs on pasture. *Archiv Für Tierzucht*.
- Sharifi M, Messiga A, Vakilian K, Stopford E, Hutchinson T. Spatial distribution of soil phosphorous fractions following 1-year farrowing sows in an outdoor hog-rearing farm in Eastern Canada. *Environmental monitoring and assessment*, 2020;192:1-15.
- Stern S, Andresen N. Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on pasture. *Livestock Production Science*, 2003;79:257-265.
- Stolba A, Wood-Gush D. (1984). The identification of behavioural key features and their incorporation into a housing design for pigs.
- Strudsholm K, Hermansen J. Performance and carcass quality of fully or partly outdoor reared pigs in organic production. *Livestock Production Science*, 2005;96: 261-268.
- Suescún T, Ocampo A. Comportamiento y desempeño productivo de cerdas de cría a campo abierto en condiciones de piedemonte, Orinoquia colombiana. *Orinoquia*, 2015;19:35-43.
- Thornton K. (1990). Producción a la intemperie: retorno al futuro. *Industria porcina* 10.
- Vargas F. (2014). Política para el desarrollo integral de la Orinoquia-Altillanura. *Boletín El Palmicultor* 14.
- Vázquez J, Alvarez M, Iglesias S, Castillo J. La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 2020;11:105-112.
- Warriss P, Kestin S, Robinson J. A note on the influence of rearing environment on meat quality in pigs. *Meat Science*, 1983;9:271-279.
- WWF. (2018). Glosario ambiental: Servicios ecosistémicos. | WWF. [Fecha de acceso: 01-10-2020]. URL: <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=324210>
- Xie H, Zhang Y, Wu Z, Lv TA. Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions. *Land*, 2020;9:28. <https://doi.org/10.3390/land9010028>
- Zhang Y, Niu H. 2020. Projected background nitrous oxide emissions from cultivable maize and rice farmland in China. [Fecha de acceso: 19-09-2020]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.08.018>