



## Uso potencial de recursos zoogenéticos porcinos (*Sus scrofa domestica*) en silvopastoreo, para sistemas productivos pecuarios familiares<sup>1</sup>

### Potential use of porcine zoogenetic resources (*Sus scrofa domestica*) in silvopastoral, for family livestock production systems

Sofía Alfonso-Pardo<sup>2</sup>, Liliana Mahecha-Ledesma<sup>2</sup>, Luis Alberto Gallego-Castro<sup>2</sup>, Joaquín Angulo-Arizala<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 10 de enero, 2023. Aceptación: 22 de mayo, 2023. El trabajo derivó de la propuesta investigativa de Maestría en Ciencias Animales, del primer autor "Evaluación de un modelo de producción pecuaria familiar sostenible con cerdos san pedreño (*Sus scrofa domestica*) en sistemas silvopastoriles semi-intensivos rotacionales". Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín-Colombia.
- <sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Grupo de investigación en Ciencias Agrarias - GRICA, AA 1126, Ciudadela Robledo, Cra 75 No 65 -87. Medellín, Colombia. Teléfono+5742199147. [sofia.alfonso@udea.edu.co](mailto:sofia.alfonso@udea.edu.co) (<https://orcid.org/0000-0001-8035-1756>); [liliana.mahecha@udea.edu.co](mailto:liliana.mahecha@udea.edu.co) (autora para correspondencia; <http://orcid.org/0000-0003-3377-8399>); [luis.gallego@udea.edu.co](mailto:luis.gallego@udea.edu.co) (<https://orcid.org/0000-0001-5712-8855>); [joaquin.angulo@udea.edu.co](mailto:joaquin.angulo@udea.edu.co) (<https://orcid.org/0000-0003-3352-8795>).

## Resumen

**Introducción.** En Colombia, se ha observado un incremento por encima del 100 % en el consumo de carne de cerdo en la última década, situándola como la proteína de origen animal que ha crecido en mayor proporción en el país; lo que ha impulsado al sector porcícola a desarrollarse como una industria sostenible y competitiva nacional e internacional. Este avance productivo ha sido posible mediante procesos de alta tecnificación y mejora, que permiten cumplir con las demandas de abastecimiento actual. Sin embargo, el acceso a dichos procesos de tecnificación y prácticas de mejoramiento, por parte de los sistemas de producción pecuaria familiar, se encuentra limitado. **Objetivo.** Analizar el uso de recursos zoogenéticos porcinos bajo modelos silvopastoriles, para su potencial implementación en sistemas productivos pecuarios familiares que estén focalizados en la porcicultura de levante y ceba. **Desarrollo.** Mediante el uso de términos claves y fórmulas de búsqueda, se recopilaron y analizaron ochenta documentos que abordan temáticas centrales como características de los recursos zoogenéticos porcinos, con énfasis en la raza criolla colombiana de cerdo San Pedreño, alternativas forrajeras y arbustivas para la suplementación nutricional de cerdos en sistemas silvopastoriles, criterios de bienestar animal y oportunidades de desarrollo en la producción de cerdos criollos. **Conclusión.** Esta revisión permite considerar la importancia social de contextualizar a los sistemas pecuarios familiares, con alternativas que los direccionen a una mayor sostenibilidad productiva, ambiental y económica; al igual que a un incremento en la competitividad y reconocimiento de sus productos, por el manejo óptimo de los recursos naturales, alimentarios y zoogenéticos de cada región. Por lo cual, se generan productos con valor agregado, provenientes de sistemas sostenibles de producción y se salvaguarda la seguridad alimentaria del núcleo familiar que implementa estas alternativas. Se necesita investigación que conduzca a la evaluación de alternativas zoogenéticas y alimenticias potenciales.

**Palabras clave:** bienestar animal, cerdo criollo, producción familiar, silvopastoreo, sostenibilidad.



## Abstract

**Introduction.** In Colombia, there has been an observed increase of over 100 % in pork consumption over the last decade, positioning it as the animal-origin protein that has grown the most in the country. This surge has driven the pork industry to evolve into a sustainable and competitive sector both nationally and internationally. This productive advancement has been made possible through high-tech processes and improvements that meet the current supply demands. However, access to such technological processes and improvement practices by family livestock production systems remains limited. **Objective.** To analyze the use of porcine zoogenetic resources under silvopastoral models for potential implementation in family livestock production systems focused on piglet raising and fattening. **Development.** Through the use of key terms and search formulas, eighty documents addressing central topics such as porcine zoogenetic characteristics, with an emphasis on the Colombian creole pig breed “San Pedreño”, forage, and shrub alternatives for nutritional supplementation of pigs within silvopastoral systems, animal welfare criteria, and development opportunities in creole pigs’ production, were collected and analyzed. **Conclusion.** This review emphasizes the social importance of contextualizing family livestock systems with alternatives that lead to greater productive, environmental, and economic sustainability. It also aims for increased competitiveness and recognition of their products through optimal management of natural, food, and zoogenetic resources in each region. Consequently, value-added products are generated from sustainable production systems, ensuring food security for families implementing these alternatives. Further research is needed to evaluate potential zoogenetic and nutrition alternatives.

**Keywords:** animal welfare, creole pig, family production, silvopasture, sustainability.

## Introducción

El consumo de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) a nivel mundial, se ha incrementado sobre el 80 % en los últimos treinta años (Fajardo, 2021). En Colombia, el consumo *per cápita* nacional pasó de 4,8 kg/habitante/año en 2010 a 12,2 kg/habitante/año en el 2022 (Montoya Franco, 2022). De esta forma, la carne de cerdo se sitúa como la proteína animal con mayor crecimiento a nivel nacional (Montoya Franco, 2022). Solo entre el 2010 y 2020 su presencia en la canasta básica colombiana se incrementó, y pasó del 35 % al 70 % (Fajardo, 2020).

Uno de los factores al que se le atribuye dicha dinámica corresponde a la mejora en la percepción de calidad, lo cual incrementa el interés y la aceptación de incluir este tipo de carne en la dieta. Esta dinámica se relaciona con un trabajo público-privado, que promueve una mayor disponibilidad y acceso de este bien en los mercados locales. Lo cual permite concluir que factores como cambios en los hábitos alimenticios, mayor disponibilidad al acceso y campañas de promoción, han impulsado la innovación y desempeño productivo del gremio, el cual se enfrenta a un mercado competitivo por la presencia de productos sustitutivos nacionales (carne de pollo, res y pescado), al igual que productos importados de la misma línea (Vélez-Guzmán et al., 2018). Motivo por el cual, el sector porcícola encamina su desarrollo a la formación de sistemas sostenibles y competitivos a nivel nacional e internacional (Asociación Porkcolombia Fondo Nacional de la Porcicultura, 2017).

Los sistemas comerciales adecúan sus procesos con prácticas de tecnificación, que promueven la eficiencia en los ritmos y rendimientos productivos (Viamonte et al., 2020). Sin embargo, el acceso a estos procesos de mejora, por parte de los Sistemas de Producción Pecuaria Familiar (SPPF), se encuentra limitado. Los SPPF comprenden aquellos sistemas domésticos que emplean mano de obra familiar para la crianza de razas criollas o sus cruces, su propósito es salvaguardar la seguridad alimentaria y favorecer la economía básica del grupo familiar que lo compone (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007).

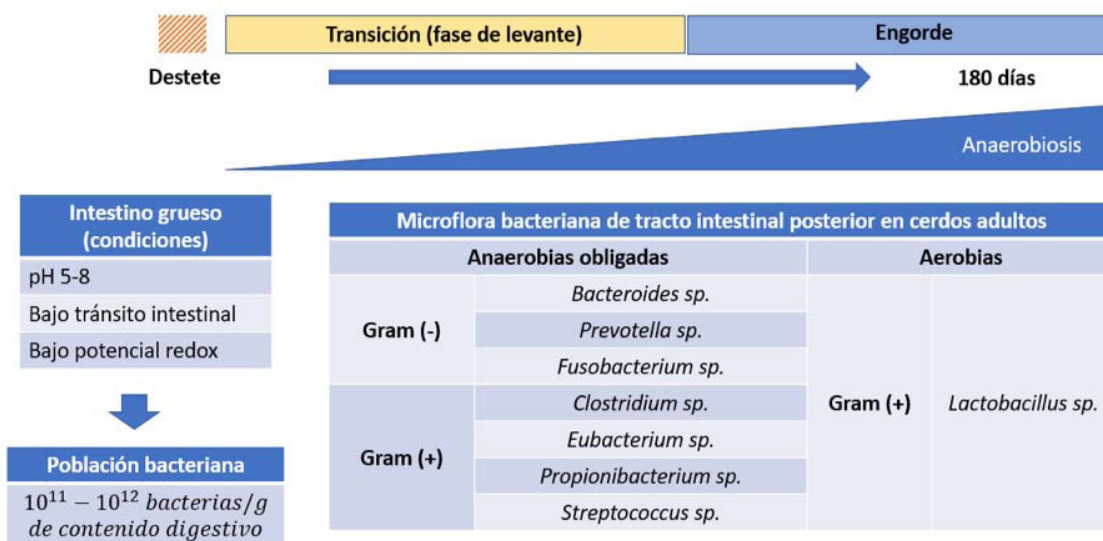
En la porcicultura colombiana, estos sistemas se conforman por “predios porcinos comerciales familiares” y “predios tipo traspatio” (Instituto Colombiano Agropecuario, 2021). La población porcina del país, según el censo realizado en el 2023 por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), está distribuida en 192 673 predios, de los cuales el 78,9 % (152 069) corresponde a productores tipo traspatio, mientras que los productores comerciales familiares (35 797), productores comerciales industriales (4025) y productores tecnificados (782), se enmarcan en el 21,07% restante. Los aspectos que diferencian el sistema productivo pecuario familiar de los sistemas comerciales tecnificados corresponden a la locación del sistema, la edad de los productores, el tipo de agricultura manejado en la zona, la participación de mujeres en calidad de propietarias, el uso de recursos naturales autóctonos para la infraestructura, la genética de los animales y las fuentes de alimentación utilizadas en la producción (Valverde Lucio et al., 2021). No obstante, los SPPF enfrentan desafíos técnicos por el uso limitado de tecnologías en su modelo, desafíos asociados al deterioro ambiental, dependencia de insumos externos, incidencia de enfermedades y plagas, por la carencia de planes sanitarios, e ineficiencia en sus sistemas organizativos, lo que afecta la comercialización de sus productos a mayor escala (Anchondo Aguilar & Piñón Miramontes, 2021; Benítez Ortiz, 2001). Estas problemáticas evidencian la necesidad de evaluar alternativas, que le brinden a los SPPF una mayor sostenibilidad productiva, económica y ambiental (Rodríguez-Estévez et al., 2009). En consecuencia, el reconocimiento y la competitividad de los productos se incrementa y en paralelo se mejoran las condiciones de bienestar animal dentro del sistema (Franci et al., 2005; Stern & Andresen, 2003).

El objetivo de esta revisión fue analizar el uso de recursos zoogenéticos porcinos bajo modelos silvopastoriles, para su potencial implementación en sistemas productivos pecuarios familiares que estén focalizados en la porcicultura de levante y ceba. Dicho análisis contempla la revisión de características fisiológicas y productivas de los recursos zoogenéticos porcinos, descripción de los recursos zoogenéticos colombianos, con énfasis en la raza criolla San Pedroño y su desempeño productivo, suplementación alimenticia en cerdos y sistemas silvopastoriles, criterios de bienestar animal en modelos productivos porcícolas y oportunidades de desarrollo en la producción de cerdos criollos.

## Características fisiológicas de los recursos zoogenéticos porcinos

En cuanto a las características fisiológicas digestivas, la especie porcina se clasifica como omnívora, debido a que su conformación gástrica le permite consumir una alta variedad de alimentos para cubrir sus requerimientos nutricionales (Espinosa & Ly, 2015). Sin embargo, en los cerdos se observa una limitación a la hora de asimilar insumos fibrosos, por la ausencia de enzimas que puedan hidrolizar los polisacáridos de las partículas fibrosas a nivel duodenal (Bich Ngoc, 2012; Naya Monteverde, 2012). Dicha situación se compensa con una vasta microbiota bacteriana distribuida en intestino posterior, que sintetiza enzimas para realizar tanto la digestión de los carbohidratos de estructura simple (almidón, pectinas o  $\beta$ -glucanos), como los de estructuras más complejas (arabinoxilanos, hemicelulosa y celulosa). Como producto de la fermentación, resultan ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), ácido láctico, alcohol y varios gases como hidrógeno, metano y dióxido de carbono (Toro González, 2008). Esta microbiota bacteriana está conformada en mayor medida por microorganismos anaerobios obligados, debido a factores propios del intestino posterior, que determinan una mayor supervivencia de este tipo de bacterias; mientras que la existencia de bacterias aeróbicas se ve disminuida (Figura 1) (Roca Canudas, 2008).

La capacidad de los cerdos para el aprovechamiento de la fibra aumenta con la edad, debido a la presencia en adultos de una mayor población de bacterias celulolíticas (6,7 veces mayor) en comparación con cerdos jóvenes, la cual mejora con la adaptación al sustrato (Bich Ngoc, 2012; Naya Monteverde, 2012; Toro González, 2008). Además, la cantidad de fibra tiene un efecto en el aprovechamiento de la misma. Se reporta que dietas con excesos de fibra (mayores al 10 %), tienden a disminuir los niveles de crecimiento en el animal, por una disminución en la digestibilidad de los nutrientes y un aumento en la tasa de pasaje (Naya Monteverde, 2012; Toro González, 2008).



**Figura 1.** Microbiota bacteriana del tracto digestivo posterior del cerdo (*Sus scrofa domestica*). Elaboración propia con base en información obtenida de Varel y Yen (1997) y Roca Canudas (2008).

**Figure 1.** Bacterial microbiota of the pig (*Sus scrofa domestica*) hindgut. Own elaboration based on Varel and Yen (1997) and Roca Canudas (2008).

En Colombia, se evaluó el efecto de tres materias primas fibrosas locales: cáscara de algodón (*Gossypium herbaceum*), torta de palmiste (*Elaeis guineensis Jacq*) y micelio seco de *Aspergillus niger*, al incluirlas en dietas con base en maíz/soya como medio alternativo de alimentación para cerdos Zungo, Casco de Mula y San Pedroño; los porcentajes de fibra en la dieta se aumentaron de manera paulatina desde 8,5 % hasta 17,5 %. Dentro de los resultados obtenidos, se demostró que la digestibilidad de ciertos nutrientes disminuyó. Sin embargo, frente a las líneas comerciales, la capacidad de digestibilidad fecal aparente de la fibra en detergente ácido (FDA) en las razas criollas, fue mayor (digestibilidad FDA: línea control 10,4 %, Zungo 33,4 %, San Pedroño 47,4 %, Casco de Mula 56,7 %) (Toro González, 2008).

Los cerdos poseen una capacidad de transformación digestiva, que les permite eliminar hasta 36 t de excremento, por cada tonelada de peso vivo al año. Sin embargo, el estimado general de peso en cerdos criollos es menor que en cerdos comerciales, por lo cual, para un cerdo criollo adulto de 45 kg, la producción de heces y orina diaria será de 3,5 kg y su excreción estimada anual, en una tonelada de peso vivo, será de 28,3 t. Por esta razón, es necesario considerar la utilidad de dicha tasa de excreción, para mantener la fertilidad de los suelos donde se integran componentes pecuarios, arbóreos y arbustivos, que promueven la transformación de productos y subproductos agrícolas (Benítez Ortiz, 2001).

## Características productivas de los recursos zoogenéticos porcinos

En cuanto a las características productivas en fase de levante y ceba, al igual que los parámetros que determinan la calidad de la canal, se destaca una tendencia en las razas criollas por acumular grasa dorsal con mayor facilidad. Dicho fenómeno se debe a que la tasa de deposición de tejido adiposo aumenta de manera continua, diferente a la tasa de síntesis de tejido muscular, la cual, a partir de cierta edad, se estabiliza y cesa (Barlocco, 2007). En consecuencia, la eficiencia de la conversión alimenticia va en detrimento, al ser el tejido adiposo más demandante

en cuanto a utilización de energía. Por esta razón, los cerdos criollos se caracterizan por presentar un crecimiento lento o ganancias de peso bajas, en comparación con genética seleccionada o comercial (Dostálová et al., 2020; Paredes Arana et al., 2017).

Los trabajos de selección encaminados a reducir el espesor de grasa dorsal y obtener animales hipermagros, han generado que la grasa intramuscular o marmoleo también disminuya. Por lo cual, las características organolépticas de la carne se ven afectadas y se promueve la aparición de carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE), u oscuras, firmes y secas (DFD). Diferente a las cualidades fisicoquímicas y organolépticas de las canales provenientes de recursos zoogenéticos porcinos (Linares et al., 2011). Un claro ejemplo de esta dinámica corresponde a los derivados cárnicos de cerdo ibérico español, en donde se trabajan características organolépticas (por el sistema de origen y alimentación tipo bellota) y de conservación en sus canales (niveles de pH adecuados y marmoleo uniforme), que permiten el reconocimiento de este modelo productivo a nivel mundial, y pueden ser guía para la transferencia de tecnologías a los SPPF que incluyan razas criollas en sus sistemas de producción (Szyndler-Nędza et al., 2019). Esta situación brinda una oportunidad a las razas criollas, para convertirse en componentes cárnicos de calidad industrial, al potencializar sus características productivas mediante su implementación en modelos sostenibles de producción animal. Por ello, se hace un compendio de las características de calidad en la canal de algunos recursos zoogenéticos porcinos, junto con sus desempeños productivos en fase de levante-ceba, bajo diferentes modelos de alojamiento y alimentación, que se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Desempeño productivo en fase de levante-ceba y características de calidad en canal, de diferentes razas criollas porcinas (*Sus scrofa domestica*) latinoamericanas, bajo diferentes modelos de alojamiento y alimentación.

**Table 1.** Productive performance in the lifting-fattening phase and carcass quality characteristics of different Latin American creole pig breeds (*Sus scrofa domestica*), under different housing and feeding models.

Descripción			Indicadores productivos						
Efecto evaluado			Días	CDA (kg/día)	GDP (kg/día)	CA	PS (kg)	GD (mm)	RC (%)
Raza	Alojamiento	Tipo de alimento							
Prestice Black-Pied	Corral con acceso al pastoreo	Ración mixta <i>ad libitum</i> <sup>1</sup>	120	2,70	0,74	3,33	109	34,23	53,83
	Confinamiento			2,68	0,70	3,45	111	32,97	53,75
Pelón mexicano	Clima cálido	Alimentación semiintensiva <sup>2</sup>	120	1,29	0,24	5,29	36,5		
		Alimentación intensiva <sup>3</sup>	120	1,61	0,21	7,42	35,5	-	-
	Clima semicálido	Alimentación intensiva	120	1,43	0,38	3,73	51,3		
Pampa Rocha	Refugios pampa rocha modificados	Pastoreo	100,3	2,44	0,63	3,83	107	-	-
		Pastoreo permanente <sup>4</sup>	121,7	1,73	0,52	3,29			
Zungo	-	-	169	1,90	0,47	4,1	92,9	-	83,1

CDA: consumo diario de alimento; GDP: ganancia diaria de peso; CA: conversión alimenticia; PS: peso al sacrificio; GD: grasa dorsal; RC: rendimiento de canal. / CDA: average daily feed intake; GDP: average daily weight gain; CA: feed conversion ratio; PS: slaughter weight; GD: backfat; RC: carcass yield.

Fuente: elaboración propia a partir de / Source: own elaboration based on Barlocco (2005)<sup>4</sup>; Dostálová et al. (2020)<sup>1</sup>; Espinosa & Ly (2015); Lemus et al. (2008)<sup>2-3</sup>.

## Recursos zoogenéticos porcinos colombianos

El recurso zoogenético porcino de Colombia deriva de las razas célticas (*Sus scrofa*), asiáticas (*Sus vittatus*) e ibéricas (*Sus mediterraneus*), traídas por Cristóbal Colón en su segundo viaje a América Latina en 1493 (Benítez Ortiz, 2001; Espinosa & Ly, 2015). Se identifican cinco razas criollas porcinas ubicadas en distintos ecosistemas, las cuales incluyen a la raza Congo santandereano, Cerdo Curí, Casco de Mula, Zungo costeño y San Pedreño (Cuadro 2) (Toro González, 2008). Sin embargo, hay indicios de una raza criolla adicional en la región costera del océano Pacífico (Arredondo Botero, 2013).

**Cuadro 2.** Características de las principales razas criollas de cerdo (*Sus scrofa domestica*) en Colombia.

**Table 2.** Characteristics of the main creole pig breeds (*Sus scrofa domestica*) in Colombia.

Raza	Ubicación	Descripción morfológica
<b>Zungo</b>	Costa Atlántica-Caribe colombiano	Tamaño mediano, posee una piel lisa de color negro y poca presencia de pelaje, presenta poco jamón y ancas caídas. Se adapta muy bien a climas húmedos tropicales.
<b>Casco de Mula</b>	Nariño-Llanos Orientales	Tamaño mediano, posee un pelaje manchado entre rojo y negro, su característica principal es la sindactilia o fusión del casco, presenta ancas caídas y reporta un escaso desarrollo del jamón
<b>San Pedreño</b>	Antioquia-Viejo Caldas y zona cafetera	Tamaño mediano, posee un pelaje liso de color negro, posee jamones bien desarrollados y se clasifican como cerdos tipo grasa.
<b>Congo santandereano</b>	Santander	Tamaño pequeño, resistente y con tendencia ganar peso con facilidad, su color es manchado. El peso de un ejemplar adulto no supera los 35-40 kg, se puede clasificar como cerdo tipo grasa.
<b>Curí</b>	Boyacá	Se caracteriza por tener una contextura fina y cilíndrica, su color se asemeja al del cerdo hampshire, no supera los 35–40 kg en estado adulto, posee una tendencia a la producción de carne.

Fuente: elaboración propia a partir de / Source: own elaboration based on Espinosa & Ly (2015); Toro González (2008).

Del recurso zoogenético porcino colombiano, se ha establecido la diversidad y las relaciones genéticas mediante la técnica molecular RAMs (Oslinger et al., 2006). El estudio evidenció una diferenciación entre los recursos zoogenéticos porcinos con los que se cuenta en el país. Por lo cual, se genera la necesidad de caracterizar dichos recursos a nivel productivo y establecer así planes de conservación y promoción de uso.

Se reporta de las razas criollas su facilidad para adaptarse y producir bajo condiciones desfavorables, en el medio donde se establezcan. En contraste con las líneas comerciales, cuya variabilidad genética y rusticidad se ve afectada por los programas de mejoramiento que promueven alta presión de selección y fijación de mutaciones genéticas indeseables. Motivo por el cual, algunas razas criollas alcanzan indicadores aceptables bajo sistemas pastoriles o a campo abierto, en comparación con líneas comerciales sometidas al mismo manejo (Toro González, 2008). La premisa anterior puede soportarse con un estudio donde se analizó la respuesta humoral (mediada por las inmunoglobulinas IgM e IgG) de las razas criollas de cerdo Pelón mexicano y Cuino, en comparación con la línea comercial Yorkshire-Landrace (Mejía-Martínez et al., 2010). Dicho estudio logró evidenciar un potencial inmunológico en las razas criollas, frente a la inoculación con bacterinas de *Salmonella* sp., *Escherichia coli* y *Pasteurella* sp. El estudio concluyó que por la rusticidad propia de las razas criollas y la constante exposición a

las patologías endémicas del entorno donde se desarrollan, se evidencia una mejor respuesta humoral contra estos patógenos en comparación con las líneas comerciales (Mejía-Martínez et al., 2010).

## Descripción de la raza criolla San Pedreño y su desempeño productivo

El cerdo San Pedreño es una raza criolla colombiana derivada de la introducción de razas españolas en el país, como la extremeña negra lampiña, en el segundo viaje de Cristóbal Colón en 1493. El San Pedreño se ubica en el municipio de San Pedro de los Milagros, departamento de Antioquia, sin embargo su distribución abarca también los departamentos del Quindío, Risaralda y en general, la zona cafetera (Toro González, 2008).

Los estudios de esta raza en la actualidad se han centrado en la caracterización del crecimiento y rendimiento de la canal, al igual que el estudio de su estructura y diversidad genética (Hernández Ortiz et al., s.f.; Ocampo-Gallego, 2019). Existe un banco de germoplasma en el Centro de Investigación “El Nus” de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (San Roque, Antioquia), cuyo propósito se enfoca en la conservación de la raza, la cual se encuentra en peligro de extinción dado el bajo volumen de animales existentes (Ocampo-Gallego, 2019).

En cuanto al estudio de la diversidad genética de la raza, Ocampo-Gallego (2019) analizaron la información del pedigrí de 1603 porcinos San Pedreño (805 machos y 798 hembras), apareados bajo un esquema circular cíclico. Los resultados recalcan la importancia de continuar con un programa de reproducción regulado, en el que se evite al máximo el uso intensivo de los mismos reproductores y se controle el apareamiento de animales emparentados. Además, se hace necesario la inclusión de nuevos animales con el fin de aumentar la diversidad genética y el tamaño efectivo de la población, lo que permite reducir la tasa de consanguinidad y sus consecuentes percances.

Del estudio sobre la caracterización del desempeño productivo y evaluación de características en canal y calidad de carne del San Pedreño, se concluyó que el valor de consumo diario de alimento (CDA) demostrado por la raza (1,92 kg), se encuentra dentro de los estándares productivos actuales (CDA: 1,81-2,32 kg/día) (Guerrero, 2020; Hernández Ortiz et al., s.f.; Pig Improvement Company, 2020). Sin embargo, los valores productivos de ganancia de peso diaria (GDP) ( $0,547 \pm 0,05$  kg/día), peso de salida (PS) ( $89,69 \pm 8,1$  kg) y conversión alimenticia (CA) (3,5:1), junto con la tendencia natural como raza criolla a la acumulación de grasa dorsal, le generan dificultad para ser eficiente a nivel productivo y comercial en su totalidad (Hernández Ortiz et al., s.f.). No obstante, los indicadores productivos y sus estándares comerciales varían según la etapa evaluada, el tipo de dieta, el modelo de alojamiento, el potencial genético del animal, entre otros.

La variabilidad fenotípica reportada en la canal del cerdo San Pedreño, al igual que sus características fisicoquímicas y organolépticas, permiten visibilizar un potencial para implementar esta raza en sistemas que mejoren sus parámetros productivos importantes a nivel comercial y le confieran un valor agregado por las propiedades del modelo donde se implementa de manera rutinaria (sistemas extensivos) (Benítez Ortiz, 2001; Hernández Ortiz et al., s.f.). Se promueve así la profundización en el estudio de la raza, al igual que la generación de planes para su conservación e implementación en los SPPF.

## Suplementación alimenticia en cerdos y sistemas silvopastoriles

Los animales de naturaleza monogástrica se han considerado como competidores del hombre en cuanto a recursos para alimentación, motivo por el cual se ha estudiado el uso de productos y subproductos no comestibles por el hombre, para mermar esta competencia por materias primas (Benítez Ortiz, 2001). Además, la alimentación incide sobre los costos totales de un sistema productivo, lo cual constituye más del 80 % de los costos de producción (Montoya Franco, 2022). Motivo por el cual, se hace necesario evaluar alternativas para suplementar el sistema de alimentación en los cerdos, que sean más económicas y de fácil acceso (Montero López et al., 2015).

Existen varias alternativas que logran cubrir los requerimientos nutricionales de los cerdos, las cuales son más accesibles a nivel económico y se convierten en recursos más estables en el tiempo (Bell & Cracco, 2011; Rivero et al., 2019). El uso de forrajes y follaje de árboles y arbustos, ha generado interés como alternativa para satisfacer las necesidades fisiológicas, nutricionales y de bienestar de los cerdos. Por lo cual, estas alternativas se convierten en fuentes de alimentación para la especie y promueven un entorno similar al ecosistema donde el cerdo evolucionó (sistemas de crianza a campo abierto, modelo manejado por los SPPF en la gran mayoría de las zonas rurales) (Pietrosemoli & Tang, 2020).

### A. Forrajes para la suplementación alimenticia de cerdos

La naturaleza omnívora de los cerdos permite contemplar como recurso óptimo, la implementación de forrajes dentro de la dieta (Rivero et al., 2019). Algunos aspectos importantes por considerar en el uso de forrajes, aparte de los fisiológicos digestivos del cerdo, comprenden tanto la calidad nutricional del recurso ofertado (el cual suele ser bajo en contenido de proteínas y alto en contenido de fibra), como el estado fisiológico del mismo (Barlocco, 2005).

Se ha reportado en sistemas de pastoreo porcino, que el implementar forrajes como parte de la dieta contribuye con los requerimientos de energía, aminoácidos, vitaminas, minerales y oligoelementos de los animales (Rivero et al., 2019). De igual forma, los forrajes poseen el potencial de mejorar la calidad nutricional de la carne, mediante el aumento en la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados (Velasco et al., 2019). Se ha reportado que el contenido de elementos antioxidantes en la carne se ve incrementado en los sistemas de crianza al aire libre, donde se implementa el uso de forrajes, en comparación con el manejo nutricional de los sistemas intensivos (Velasco et al., 2019). Sin embargo, la composición nutricional y la proporción ingerida del forraje, afectarán la composición tanto de antioxidantes como de ácidos grasos en el músculo, lo que influye en los contenidos de tocoferol, fenoles totales, perfil de ácidos grasos y actividad antioxidante hidrofílica y lipofílica (Rivero et al., 2019).

El uso de leguminosas se identifica como una de las ofertas forrajeras más indicadas para la suplementación nutricional en cerdos, mientras que la inclusión de gramíneas en la oferta se ve disminuida, por su calidad y comportamiento cuando comienza la etapa de floración (Bell & Cracco, 2011). Esta apreciación fue evidenciada en el estudio realizado en Estados Unidos por Rachuonyo et al. (2005), donde se observó en hembras gestantes la preferencia de pastar y enraizar trébol blanco (*Trofolium repens*) y alfalfa (*Medicago sativa*) (ambas leguminosas), en vez de festuca alta (*Festuca arundinacea*) y pasto búfalo (*Buchloe dactyloides*) (ambas gramíneas). Esta situación le fue atribuida a la mayor palatabilidad que demuestran al pastoreo las leguminosas (naturaleza succulenta y facilidad de pastoreo), frente a las gramíneas que poseen una tendencia a ser más fibrosas y difíciles de cosechar. Además, se reporta que el estado fisiológico para el óptimo aprovechamiento de la pastura, corresponde a la etapa vegetativa del forraje, dado al menor contenido de pared celular evidenciado en esta fase (Carballo et al., 2010).

Las etapas productivas son otro aspecto a considerar en la inclusión de esta alternativa, ya que la etapa adulta es la más apropiada. Esto a razón de que los animales jóvenes no cuentan con la eficiencia digestiva necesaria para soportar los volúmenes de forraje requeridos y ganar el aporte de nutrientes esperado. Mientras que los animales adultos (como las cerdas gestantes y los animales en fases de levante y ceba), poseen una capacidad de consumo mayor y un buen desarrollo intestinal, permitiéndoles en estas fases aprovechar de la mejor manera el contenido nutricional de las pasturas (Dostálová et al., 2020).

En cerdos de 25 a 30 kg de peso, la digestibilidad de la celulosa es de 20 a 30 % y en animales de 100 a 180 kg es de 56 % (Barlocco, 2007). Dicha eficiencia va de la mano con el aumento de la masa corporal y por ende, del tracto gastrointestinal, lo que permite ampliar el tiempo de retención del alimento y por tanto, incrementar los procesos de fermentación microbiana (Rivero et al., 2019).

Las especies forrajeras que se consideran más adecuadas son: trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), achicoria (*Cichorium intybus*), ryegrass (*Lolium perenne*), alfalfa (*Medicago sativa*) y avena (*Avena sativa*). De estas alternativas forrajeras el aporte nutritivo de interés se centra en el nivel de proteínas de valor biológico, que pueden contribuir a la disminución del complemento proteico dentro de la dieta (según la especie y estado fisiológico, puede variar entre un 15 a un 22 %, en base seca) (Barlocco, 2005). Sin embargo, el estudio del comportamiento de pastoreo en cerdos de ceba realizado por Andresen y Redbo (1999), postula que el aumento en la frecuencia de consumo de pasto, va ligado a la cantidad y la calidad de forraje ofertado.

La información sobre la capacidad de selección de los cerdos entre diferentes especies forrajeras, o diferentes partes de una planta cuando se ofertan pasturas mixtas, es muy escasa (Rivero et al., 2019). Sin embargo, la evaluación realizada por Carballo Sánchez (2009) sobre tres biotipos de cerdos en la etapa de pos destete-recría manejados en sistema pastoril, evidencia la selectividad de los cerdos sobre forrajes como la achicoria (*C. intybus*). Los animales con tendencia a ser más selectivos corresponden a los cerdos de menor peso, mientras que los cerdos más pesados ejercen un mayor aprovechamiento de las pasturas (Carballo Sánchez, 2009).

La longitud de las hojas es otro posible criterio de selección, esta premisa fue indicada por Hodgkinson et al. (2011) al evaluar el consumo de raigrás perenne (*Lolium perenne*) y llantén menor (*Plantago lanceolata*) por parte de jabalíes. En el estudio se realizó un contraste entre el consumo de las dos especies por separado y en pradera mixta, se evidenció que no se encontraron diferencias entre el aporte de MS o nutrientes por parte de las especies estudiadas, pero al ofertar la pradera mixta los jabalíes preferían consumir llantén menor, lo cual permitió concluir la existencia de una relación positiva entre longitud de las hojas y la probabilidad de pastoreo.

El consumo promedio de forraje verde en base seca, en función del peso vivo del animal, varía entre 0,350 a 0,700 kg/MS/animal/día, lo cual equivale a un 25 % de la materia seca total de la dieta (Barlocco, 2005). El consumo de forraje va ligado a la estación del año y la especie vegetal dominante, las investigaciones realizadas por Rivero et al. (2013a; 2013b) con jabalíes europeos, demuestran un promedio de consumo de 0,210 a 0,550 kg de MS/animal/día, en animales con un peso vivo medio de 18,8 kg (los coeficientes de variación oscilaron entre 108 y 137 %). En esta especie, la ingesta de pasturas representa entre el 26 al 27 % de la MS total consumida, y de esta proporción, se logran suplir los requerimientos de MS para mantenimiento entre el 52 al 53 %.

En una investigación sobre el desempeño productivo y la conversión alimenticia en cerdos de crecimiento, se informó de consumos de MS por aportes de forraje de 0,330 a 0,470 kg MS/día/animal (Jakobsen et al., 2015); mientras que en otra investigación se reportaron consumos muy similares en cerdos ibéricos alimentados con una dieta natural a base de bellotas (0,380 a 0,490 kg MS/día/animal) (Rodríguez-Estévez et al., 2009). También se observaron consumos de forraje que variaban entre los 0,97 a 0,208 kg MS/día en cerdos Pampa Rocha, lo cuales eran manejados con un 15 % de restricción en la oferta de concentrado (Carballo Sánchez, 2009). Estos resultados permiten evidenciar la alta variabilidad en los consumos de forraje expresados en los cerdos (Rivero et al., 2019).

Si se analiza el parámetro de consumo de forraje, junto con el efecto generado en la velocidad de crecimiento de los cerdos, se puede evidenciar que las pasturas, tanto en fase de levante como en fase de ceba, pueden suplir entre el 25 al 28 % de los requerimientos proteicos y entre el 16 al 20 % de los requerimientos energéticos de los cerdos (inclusiones superiores al 20 % tienden a ser directamente proporcionales con la disminución en la velocidad del crecimiento) (Barlocco, 2005).

## **B. Follaje de árboles y arbustos para la suplementación alimenticia de cerdos**

En relación con el uso del follaje de árboles y arbustos, se reporta el uso del guaje (*Leucaena leucocephala*) y el follaje de yuca (*Manihot esculenta*) como alternativas atractivas para la suplementación nutricional de cerdos (Montero López et al., 2015). Estas materias primas cuentan con un alto valor de proteína cruda y poseen una buena habilidad para reproducirse en condiciones de suelo y ambientes adversos. Sin embargo, sus elevados contenidos de

fibra pueden llegar a disminuir la digestibilidad de la fracción proteica, si se llegan a incluir en grandes volúmenes dentro de la ración. Otra alternativa que ha tenido alto impacto por su aporte proteico es la moringa (*Moringa oleifera*) (Padilla et al., 2017). Esta es un árbol originario del sur del Himalaya, se encuentra diseminado en una gran parte del planeta, incluido Colombia. Dentro de sus factores agronómicos se contempla la moringa como una arborea de rápido crecimiento, que protege al suelo de factores externos (erosión, desecación y altas temperaturas) (Pérez et al., 2010). El cultivo se desarrolla sobre los 1800 m s. n. m., y su reproducción puede ser vegetativa (mediante el corte de estacas) o mediante el uso de semillas, las cuales germinan a los diez días (tasa de poder germinativo del 90 %) (Padilla et al., 2017).

En la composición química de la moringa se destaca un importante aporte de proteína bruta (PB) (entre el 22 al 36 %), al igual que una buena fuente de minerales, aminoácidos esenciales (metionina y cistina), vitaminas A y C, betacarotenos, tiamina y riboflavina (Seminario et al., 2003). Sus frutos (silicuas) poseen entre un 30 a 42 % de aceites, lo cual promueve su uso a nivel industrial para su consecuente extracción; dicho fruto posee un sabor similar a los espárragos, lo que podría incidir en las características organolépticas de la carne proveniente de animales suplementados con esta alternativa nutricional, tal como sucede con los cerdos ibéricos alimentados con bellotas (Bustamante et al., 2015). Es un recurso que cuenta con un bajo contenido de metabolitos secundarios, sin embargo, se destaca la presencia de saponinas, taninos y compuestos polifenólicos, que le otorgan una buena capacidad amortiguadora ante los ácidos, lo cual contribuye a mantener las condiciones de pH en el tracto gastrointestinal. De igual forma, posee alta capacidad de adsorción de agua, lo cual la hace susceptible a la hidrólisis en el tracto gastrointestinal de especies monogástricas (Duarte Martino et al., 2020; Pérez et al., 2010).

Al analizar rasgos de comportamiento productivo en cerdos de levante y ceiba (40 a 85 kg de peso), suplementados con un 20 % de harina de moringa en la dieta, hubo diferencias significativas en el valor de CDA (2,23 kg/día dieta con moringa vs 2,08 kg/día dieta control), al igual que una tendencia superior en el valor de GDP ( $p=0,20/751$  g/día dieta con moringa vs 736 g/día dieta control), de los cerdos suplementados con harina de moringa respecto a los animales manejados con la dieta control (Pérez & García, 2017). En cuanto a las características de la canal y calidad de carne, se reportaron resultados inversamente proporcionales del valor espesor de grasa dorsal (GD), con respecto al incremento del componente forrajero en la dieta (GD del lomo: 12,8 mm dieta con moringa vs 14,4 mm dieta control), al igual que un buen valor de rendimiento de canal (RC) (RC: 70,9 % dieta con moringa vs 71,4 % dieta control) y área en el corte de chuleta (área ojo de chuleta: 35,4 cm<sup>2</sup> dieta con moringa vs 39,7 cm<sup>2</sup> dieta control) de los animales suplementados con la harina de moringa, sin llegar a influenciar la calidad de la carne (Pérez & García, 2017).

La implementación de moringa como materia prima en la dieta de los cerdos, merma las deposiciones grasas a nivel dorsal de la canal, sin afectar los indicadores productivos del animal, y puede convertirse en una alternativa nutricional viable ante materias primas como el maíz y la soya, que suelen incrementar los costos de manufactura en las dietas tradicionales (Pérez & García, 2017).

Otra especie que cobra un especial interés como alternativa para la suplementación energética de los cerdos, es la arbustiva yacón (*Smallanthus sonchifolius*). El yacón es un tubérculo de origen prehispánico andino, que se cultiva en las laderas de los Andes, desde el Ecuador hasta el noroeste argentino. Es una planta perenne, cuya madurez es alcanzada a los siete meses, los cultivos pueden establecerse entre los 800 a los 2500 m s. n. m. (Pinzón Rodríguez & Lemus Gámez, 2017). Soporta temperaturas entre los 18 a 25 °C y se recomienda realizar su propagación de forma vegetativa (mediante los rizomas que poseen 6 a 14 propágulos, con 3 a 4 yemas cada uno). Su cosecha debe realizarse cuando se vean floraciones en la planta (Pinzón Rodríguez & Lemus Gámez, 2017).

Dentro de las múltiples cualidades identificadas en el yacón, se encuentra la capacidad de sus hojas y tubérculos para regular los niveles de glicemia y triglicéridos en monogástricos. Esto gracias al almacenamiento en sus raíces tuberosas de azúcares complejos, en forma de fructooligosacáridos, dentro de los que se destaca la inulina (Lopera-Marín et al., 2020).

La inulina cuenta con una estructura química que no es digerible por los monogástricos, por la ausencia, a nivel de tracto gastro intestinal anterior, de enzimas que logren degradar sus enlaces beta. De esta forma, dicho fructano es fermentado a nivel cecal por bacterias sacarolíticas, como los lactobacilos, las cuales lo utilizan como fuente energética para generar ácidos grasos de cadena corta (butirato, propionato y acetato), lo que contribuye a la reducción del pH e impide la proliferación de bacterias putrefactivas. Por lo cual, se contribuye a la conservación del estado inmunitario del animal y se genera un balance saludable de la microbiota intestinal, lo que le atribuye al yacón un efecto nutracéutico y prebiótico (Duarte Martino et al., 2020). La generación de dichos ácidos grasos promueve la hipertrofia de células mucosas, el aumento de la profundidad y número de criptas intestinales, y causa la expansión de la superficie intestinal. Esto facilita la absorción de los nutrientes provenientes de materias primas fibrosas, que no lograron digerirse en el tracto anterior (Duarte Martino et al., 2020).

El yacón contiene dentro de sus metabolitos secundarios, compuestos polifenólicos que generan sustancias antioxidantes como el ácido clorogénico, ferúlico, cafeico, flavonoides y fitoalexinas, al igual que aminoácidos como el triptófano. Estos compuestos podrían contribuir en la disminución del estrés oxidativo evidenciado en la canal, gracias a la respuesta adaptativa que se desarrolla en el animal ante agentes estresores permanentes en el medio (Arnao et al., 2011; Seminario et al., 2003).

En el Cuadro 3 se hace una recopilación sobre la composición química del yacón y la moringa en varias presentaciones.

**Cuadro 3.** Composición química del yacón (*S. sonchifolius*) y la moringa (*M. oleifera*), en diferentes presentaciones.

**Table 3.** Chemical composition of yacón (*S. sonchifolius*) and moringa (*M. oleifera*), in different presentations.

	Yacón			Moringa		
	Ensilaje de yacón	Tubérculo de yacón	Mezcla <sup>1</sup>	Hojas y tallos <sup>2</sup>	Hojas y tallos jóvenes	Ensilaje
MS (%)	14,08	8,09	16,39	89,66	66,86	26,7
PB (%)	9,62	5,33	18,69	21,00	21,59	22,6
EE (%)	1,74	0,73	4,38	4,05	3,73	-
FDN (%)	28,71	8,00	34,9	-	-	43,5
CNZ (%)	5,47	-	15	10,18	9,83	11,6
EB (Mcal/kg)	4153	3609	4009	4237	4243	-
ED (Mcal/kg)	2,81	-	2,04	2,43	2,99	2,67
EM (Mcal/ kg)	2,71	-	1,96	2,34	2,89	2,58

MS: materia seca; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FDN: fibra en detergente neutro; CNZ: cenizas; EB: energía bruta; ED: energía digerible; EM: energía metabolizable. / MS: dry matter; PB: crude protein; EE: ether extract; FDN: neutral detergent fiber; CNZ: ash content; EB: gross energy; ED: digestible energy; EM: metabolizable energy.

<sup>1</sup> Hojas y tubérculos; <sup>2</sup> Edad de la moringa - 54 días. / <sup>1</sup> Leaves and tubers; <sup>2</sup> Age of Moringa - 54 days.

Fuente: elaboración propia a partir de / Source: own elaboration based on Lopera-Marín et al. (2020); Mendieta-Araica et al. (2011); Pinzón Rodríguez & Lemus Gámez (2017).

### C. Sistemas silvopastoriles

Las alternativas arbustivas y arbóreas antes mencionadas, se adaptan de una manera eficiente a diferentes condiciones edafoclimáticas, al igual que desarrollan una buena plasticidad ecológica. Por lo cual, se convierten en

alternativas nutricionales para las condiciones de países tropicales como Colombia, mediante su implementación en sistemas silvopastoriles. Estos modelos de producción, según Mahecha & Angulo (2012), son sistemas que combinan componentes herbáceos, como leguminosas y pasturas, con arbustos y árboles, tanto para la alimentación animal, como para brindar servicios complementarios dentro del sistema de manera secundaria. Estos sistemas de producción son importantes en las economías de subsistencia, ya que aportan fuentes de alimento proteico de buena calidad y promueven ingresos económicos por la venta tanto de animales, como de subproductos resultantes del componente arbóreo asociado (Zapata Cadavid & Silva Tapasco, 2020).

Las asociaciones entre una o varias especies de árboles, junto con los forrajes presentes en los sistemas de producción, mejoran la fertilidad del suelo y enriquecen su estructura. Permiten además, que parte de los nutrientes extraídos del suelo sean devueltos por medio de la defecación de los animales y los residuos de pastoreo, lo que aumenta los contenidos de materia orgánica, favorece la acción biológica de la fauna, la mineralización y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Bich Ngoc, 2012; Dostálová et al., 2020; Zapata Cadavid & Silva Tapasco, 2020).

A nivel ambiental, los sistemas silvopastoriles colaboran con la fijación biológica de nitrógeno, mediante la simbiosis de bacterias de vida libre con especies vegetales, lo cual representa una forma de fertilización nitrogenada más controlada. Ayuda a la liberación de oxígeno, mediante la fotosíntesis de las plantas, al igual que al secuestro de carbono por medio de la captación realizada por las especies arbustivas, a mediano y corto plazo (Arciniegas-Torres & Flórez-Delgado, 2018).

En sistemas ganaderos se ha reportado que la implementación de especies arbóreas como la moringa, contribuyen en un corto plazo a la recuperación de las características biológicas del suelo, cuando se establecen en condiciones de bosque húmedo tropical (Navas Panadero, 2019). La premisa anterior cobra relevancia, dado a que la sostenibilidad de los sistemas de producción bovina ha sido cuestionada por los impactos ambientales que le son atribuidos (emisiones de gases de efecto invernadero, degradación de suelos, pérdida de la biodiversidad, entre otros); esta situación no es ajena a la realidad ambiental de los sistemas de producción porcina, a los cuales se les atribuye, por la gestión inadecuada del estiércol, la generación del 2,3 % de los gases efecto invernadero emitidos en las actividades agropecuarias, al igual que el aumento desmedido de bases intercambiables en el suelo (Alvarado et al., 2017; McAuliffe et al., 2017; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2007). De esta forma, la implementación de sistemas silvopastoriles contribuye en la reducción indirecta de la emisión de gases efecto invernadero, resultantes de las actividades pecuarias.

La dinámica de absorción de carbono por parte de la vegetación asociada, se ve potencializada a través de la materia orgánica del suelo, lo que conlleva a promover un almacenamiento del carbono más eficiente en los componentes de biomasa aérea (tronco, ramas, hojas) y raíces (Blanco-Libreros et al., 2015). Un estudio con especies arbustivas, arbóreas y maderables en arreglos multiestratos, demostró un potencial de retención entre 60,6 y 65,1 t ha<sup>-1</sup> de carbono, lo cual supera entre el 58 al 69 % del carbono capturado en comparación con lo registrado en la pradera monocultivo (38,3 t ha<sup>-1</sup>) (Contreras-Santos et al., 2020). De este modo, la cantidad de carbono que se puede retener está sujeta a las especies arbustivas y forrajeras que se implementen, y a su densidad de distribución en la pradera (Arciniegas-Torres & Flórez-Delgado, 2018; Contreras-Santos et al., 2020).

Un beneficio derivado de la interacción entre las especies asociadas en los sistemas silvopastoriles, corresponde al mejoramiento en la capacidad de regulación térmica y sus consecuentes repercusiones fisiológicas relacionadas con el estrés calórico en los animales (Barragán-Hernández et al., 2015). Estudios han demostrado que la regulación en la temperatura ambiental por parte de los sistemas silvopastoriles (la cual puede oscilar entre 2 a 3 °C menos), en comparación con la temperatura de praderas sin cobertura, promueve un efecto positivo sobre la ingestión de alimentos, el confort térmico y el bienestar animal (Murgueitio et al., 2014; Parra-Herrera et al., 2017; Vieira et al., 2021). Esta premisa pudo constatarse por Améndola et al. (2019), con bovinos bajo un sistema silvopastoril compuesto por estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), mijo de guinea (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs) y arbustos de leucaena (*Leucaena leucocephala* de Wit) en alta densidad, bajo

condiciones tropicales. Dicho estudio reportó que los animales además de tener una mayor disponibilidad de forraje, mejoraron su confort térmico, al igual que se observó una prolongación en los tiempos de rumia y descanso.

### **Bienestar animal en sistemas de producción porcina**

El bienestar animal es comprendido como la ciencia que estudia de manera objetiva las necesidades de los animales. Estas necesidades pueden categorizarse según el funcionamiento del organismo, las emociones y la capacidad del animal de presentar conductas en el entorno en donde se desarrolla, similares a las conductas naturales. Por lo cual, si se realiza un análisis del bienestar en función del organismo animal, la premisa correspondería a la capacidad que posee el animal y el consecuente costo fisiológico, para adaptarse a diferentes situaciones medioambientales, lo que genera una relación directa entre el bienestar animal, la eficiencia o productividad y la rentabilidad (Morales, 2008; Rodríguez-Estévez, 2009).

En aras de ampliar las perspectivas zootécnicas de importancia en las producciones y mejorar los rendimientos dentro del sistema, se han propiciado ambientes productivos que ponen en riesgo el correcto desarrollo de patrones conductuales naturales en el animal, lo cual disminuye su capacidad de adaptación al medio donde se desenvuelven. En virtud de ello, la Organización Mundial de Sanidad Animal (2004) (actual OMSA), postula nueve principios generales de bienestar en sistemas de producción, donde se abarcan premisas desde la generación de ambientes físicos que minimicen los riesgos de lesiones y transmisión de enfermedades, hasta la promoción de manejos que fomenten una relación positiva entre la persona encargada del manejo y el mismo animal (Braun, 2016). Con este enfoque, el estrés generado por factores como la densidad poblacional, el sistema de alimentación, la ventilación, la presión de cargas infecciosas latentes, los planes sanitarios, la misma selección genética y muchos otros más, estimulan la presentación de respuestas metabólicas y de comportamiento que provocan ansiedad en el animal, lo que se conoce como estrés. Según el tipo y grado de estrés, se pueden observar cambios metabólicos, inmunológicos, reproductivos y comportamentales, como respuestas reguladas por el eje hipotalámico hipofisiario adrenal (HPA), para contrarrestar la situación adversa y restaurar el estado fisiológico del animal (Gómez Fidalgo, 2015).

Existen diferentes metodologías para evaluar de forma integral (ámbito fisiológico, comportamental y de desempeño productivo), la presencia de alteraciones o deficiencias en bienestar animal, dentro de los sistemas de producción porcina. La metodología de mayor implementación para el análisis comportamental es el etograma, dicha herramienta de seguimiento permite determinar el correcto desarrollo de patrones comportamentales relacionados con los procesos naturales del animal (alimentación, orden social, reactividad y cuidado corporal), al igual que la presencia de conductas atípicas, como respuesta al impedimento del animal para desarrollar modelos de comportamiento normal (conductas redirigidas) (Braun, 2016; Morales, 2008). En producción, la presentación de estas conductas redirigidas para animales omnívoros como el cerdo, suele asociarse con factores como la densidad animal, la excesiva competencia por el alimento, diseño incorrecto de comederos, insuficiencias en contenido de nutrientes dentro de la dieta (deficiencias salinas) y carencia en los estímulos para dirigir sus conductas exploratorias. Por lo cual, el desarrollo de estereotipias en estas especies se centra en conductas orales (caudofagia, lamer orejas/ ombligos/ pezones, morder instalaciones, aerofagia, entre otras) (Morales, 2008).

Modelos de producción como los sistemas *outdooring* o a campo abierto, donde se permite al cerdo el pastoreo semiintensivo, promueven la presentación de comportamientos explorativos en función de la búsqueda de alimento y la disminución de comportamientos agonísticos y estereotipados, como lo demostraron Parrini et al. (2019), al evaluar el comportamiento en pastoreo de cerdos cinta senese y sus cruces.

En el análisis se observó que los animales centraron su tiempo en actividades de alimentación (72 %) (de esta actividad el pastoreo representó el 62 % del tiempo), lo cual pudo relacionarse con el acceso al recurso forrajero, así como al espacio disponible para la búsqueda del mismo y la posibilidad de demarcar áreas de descanso

individual. Esto, es coherente con lo observado por Levrino & Villarroel Robinson (2003), en la evaluación de cerdas comerciales manejadas bajo tres sistemas de alojamiento en España (pastoreo, jaula individual y grupos en corrales estabulados), sobre el análisis del estatus de bienestar mediante el número medio de estereotipias como indicador de estrés crónico. Se evidenció que las cerdas alojadas en corrales grupales y pastoreo tenían una mayor capacidad para expresar comportamientos sustitutivos, en comparación con las cerdas alojadas en puestos individuales. Lo que permite inferir que el modelo de alojamiento influye en el interés del animal por desarrollar conductas exploratorias y que los sistemas que respetan las densidades reglamentarias por etapa de producción y proveen enriquecimiento ambiental para dirigir las conductas exploratorias, disminuyen las dinámicas sociales de competencia por recursos en los animales (Levrino & Villarroel Robinson, 2003).

El desarrollo de patrones conductuales centrados en la alimentación, también influye en la calidad de la carne resultante. Tal como fue establecido por Blumetto Velazco et al. (2013), en la comparación realizada sobre los sistemas de producción porcina extensivos e intensivos de Uruguay, en términos de etología, fisiología y parámetros de calidad en carne. En el estudio, el consumo promedio de alimento en los animales del modelo extensivo demostró ser superior, al encontrarse ingestas significativas de materia seca en comparación con el modelo estabulado (consumo promedio total de alimento: 286,1 kg MS modelo extensivo vs 258,12 kg MS modelo intensivo); lo que resultó en tasas de conversión significativamente más altas (CA: 4.65 kg MS/kg modelo extensivo vs 3,95 kg MS/kg modelo intensivo). Sin embargo, el valor de espesor de GD fue mayor en los cerdos manejados bajo modelos intensivos, tanto en glúteo medio como en la última costilla (DFTG (espesor de grasa dorsal en el glúteo): 26,9 mm  $\pm$ 6,0 modelo extensivo vs 30,7 mm  $\pm$ 7,6 modelo intensivo; DFTLR (espesor de grasa dorsal en la última costilla): 29,8 mm  $\pm$ 5,3 modelo extensivo vs 33,7 mm  $\pm$ 4,9 modelo intensivo) (Blumetto Velazco et al., 2013). Estos parámetros se pueden correlacionar con el aumento en las actividades dinámicas, como la búsqueda de alimento, que desarrollan los cerdos manejados en modelos extensivos, lo cual les demanda un costo extra de energía. De esta forma, se podría explicar la disminución evidenciada tanto en el valor de GDP como en el espesor de GD para los animales de modelos extensivos. El efecto del ambiente en los sistemas extensivos, también tiene una implicación sobre la utilización de la energía, por parte del animal y su consecuente ajuste en la ingesta (Edwards, 2005).

## Dificultades y oportunidades de la producción de cerdos criollos

La economía campesina se fundamenta en actividades agrícolas, establecidas en pequeñas parcelas, donde los cultivos y las especies animales explotadas se han adaptado a determinados pisos climáticos. Las tecnologías que se usan en estos modelos productivos no han sido innovadas sino en forma parcial y conservan los manejos “ancestrales” o culturales de las actividades que se lleven a cabo. La productividad suele ser baja y está enfocada en salvaguardar la seguridad alimentaria de las familias, lo que disminuye las posibilidades de que se pueda comercializar algún producto en forma sistemática. Motivo por el cual, los cerdos producidos bajo estos contextos se convierten en una posibilidad de ahorro para el productor (Benítez Ortiz, 2001).

El manejo de los cerdos bajo modelos de producción a traspatio, no suele sobrepasar un volumen de 1 a 4 madres o pequeñas piaras de 2,5 animales en promedio, los cuales son alimentados con recursos locales. Cuando el volumen de animales sobrepasa lo esperado, se destinan unos cuantos al engorde para el consumo interno, mientras que las demás crías se venden. Estos sistemas de producción forman parte de la cosmovisión y las costumbres de los distintos grupos sociales, a través de los cuales refuerzan su identidad (Benítez Ortiz, 2001; Linares et al., 2011).

Las experiencias reportadas en cuanto a la implementación de sistemas integrados de producción en países asiáticos, africanos y algunos latinoamericanos, demuestran que estos modelos son los que más se acercan a cumplir con los postulados universales de producir, bajo la premisa de asegurar un adecuado nivel nutricional

en la población, con tecnologías que no modifiquen, ni deterioren el medio ambiente (Benítez Ortiz, 2001). En Latinoamérica, se ha generado mayor conciencia de preservar los recursos zoogenéticos, tal como se hace en Europa con los cerdos ibéricos, en los que, mediante modelos de alimentación y crianza extensiva, se generan productos de alta calidad para la industria europea de cárnicos (Estévez et al., 2006; Szyndler-Nędza et al., 2019).

El modelo de producción de cerdo ibérico está ligado a sistemas extensivos, que vinculan modelos alimenticios a base de piensos (cereales y guisantes), pastoreo de praderas y el consumo de frutos de las especies arbustivas *Quercus* (robles). Su producción se potencializó en la segunda mitad de los años sesentas, confiriéndole un nuevo valor a la producción de razas criollas de cerdo, mediante los derivados cárnicos resultantes, los cuales son reconocidos a nivel mundial por su calidad organoléptica (Estévez et al., 2006; Szyndler-Nędza et al., 2019).

El modelo de producción de cerdo ibérico se compone de dos etapas, la primera finaliza a los doce meses de edad del cerdo, con un peso aproximado de 90 kg, su alimentación consiste en una ración de 2 kg diarios de una mezcla entre cereales (trigo y cebada) y guisantes. Al cumplir con este peso, los animales son liberados en las dehesas hasta alcanzar los 150 kg, en donde cambia la suplementación, para permitirles el libre pastoreo y consumo de bellotas (10 kg por día) (Szyndler-Nędza et al., 2019). El periodo productivo concluye a los seis años, con la comercialización principal de jamones y brazuelos reconocidos a nivel mundial, por su sabor característico, producto del sistema de alimentación al que se somete en la segunda etapa del periodo de engorde, lo cual le brinda una calificación organoléptica particular (Szyndler-Nędza et al., 2019).

## Conclusiones

Los recursos zoogenéticos porcinos pueden convertirse en componentes cárnicos de calidad industrial, como se ejemplifica con los derivados cárnicos de cerdo ibérico español, cuyas características en la canal, tanto organolépticas (producto del sistema de alimentación especial recibido), como de conservación, son reconocidas a nivel mundial y pueden ser guía para la transferencia de tecnologías a los SPPF. La implementación de dichos recursos demuestra ventajas en términos de rusticidad, adaptabilidad y respuesta inmunológica, en comparación con los cerdos de líneas comerciales, factores importantes para la conservación y promoción de las razas criollas en Colombia.

Colombia cuenta con varias razas criollas de cerdos que se han adaptado a distintos ecosistemas del país. Estas razas presentan características morfológicas y genéticas únicas, lo que ha demostrado una alta capacidad de adaptarse y producir en condiciones desfavorables. En cuanto a la raza criolla San Pedroño, se evidencian cualidades productivas que están dentro de los estándares comerciales, lo que promueve la adecuación de la raza a un sistema de manejo que permita mejorar sus indicadores de producción. Se sugiere profundizar en su estudio y generar productos con valor agregado, tanto por las características de la canal, como por las propiedades de los sistemas de producción donde suele ser manejado este tipo de cerdo (sistemas extensivos).

La suplementación alimenticia en cerdos mediante el uso de forrajes y follaje de árboles y arbustos, ofrece alternativas más económicas y accesibles para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales. Estos recursos naturales pueden proporcionar energía, aminoácidos, vitaminas, minerales y oligoelementos necesarios para los cerdos, así como mejorar la calidad nutricional de la carne al aumentar la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes.

La inclusión de estas alternativas puede suplir entre 25 y 28 % de los requerimientos proteicos y entre 16 y 20 % de los requerimientos energéticos de los cerdos. Se debe tener en cuenta la etapa productiva de los animales en donde es más indicado ofertar estas alternativas, ya que los estadios adultos son los que suelen beneficiarse de la inclusión de forrajes en comparación con los animales jóvenes, debido a su mayor capacidad digestiva y de consumo.

El uso de leguminosas como el trébol rojo y blanco, así como otras especies como el achicoria, ryegrass, alfalfa y avena, son recomendados para la suplementación en cerdos. Estas plantas ofrecen proteínas de valor biológico y son más palatables para los cerdos en comparación con las gramíneas.

El uso de follaje de árboles y arbustos como el guaje, la yuca, la moringa y el yacón, también pueden ser una alternativa para la suplementación nutricional de cerdos. Por su parte, la moringa es una alternativa prometedora como suplemento proteico en la alimentación de cerdos, debido a su alto contenido de proteína bruta y nutrientes esenciales. A nivel de la canal y la calidad de la carne, se han observado reducciones en el espesor de la grasa dorsal sin afectar la calidad de la misma, lo cual indica que la moringa puede ser una alternativa nutricional viable y rentable en comparación con los ingredientes convencionales de las dietas tradicionales, como el maíz y la soya, lo que la convierte en una opción interesante para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la industria porcina.

El yacón, como tubérculo arbustivo, ofrece cualidades nutricionales y beneficios para la salud de los cerdos. Su contenido de inulina, un fructooligosacárido no digerible, promueve procesos de fermentación cecal que genera ácidos grasos de cadena corta. Esto contribuye a mantener un equilibrio saludable de la microbiota intestinal y fortalece el sistema inmunológico del animal. El yacón contiene compuestos polifenólicos y aminoácidos que actúan como antioxidantes, que reducen el estrés oxidativo en los cerdos.

Se han desarrollado metodologías para evaluar el bienestar animal en sistemas de producción porcina, con base en aspectos fisiológicos, de comportamiento y de rendimiento productivo. Los sistemas de producción que promueven comportamientos exploratorios y evitan la competencia excesiva por el alimento, como los sistemas *outdooring* o a campo abierto, pueden mejorar el bienestar animal. Estos sistemas permiten que los cerdos expresen comportamientos naturales y reducen la aparición de estereotipias. Además, el desarrollo de patrones conductuales centrados en la alimentación puede influir en la calidad de la carne resultante.

Los modelos de producción de cerdo criollo en la economía campesina, utilizan tecnologías tradicionales y volúmenes de producción bajos, estos cerdos son destinados al consumo interno y representan una forma de ahorro para los productores.

La implementación de sistemas alternativos para la porcicultura tradicional, como los SSP y la suplementación alimenticia arbustiva y forrajera, puede convertirse en una opción para disminuir los impactos ambientales de la actividad pecuaria, mejorar la relación beneficio costo en la porcicultura de traspatio y ayudar a salvaguardar la seguridad alimentaria de los sistemas pecuarios familiares que los implementan.

## Referencias

- Alvarado, J., Puente, A., Rubio, M. S., & Villarreal, F. G. (2017). *La cadena de valor de embutidos y otras conservas de carne de cerdo en México*. Comisión Económica Para América Latina y El Caribe. <https://bit.ly/3IzeFzf>
- Améndola, L., Solorio, F. J., Ku-Vera, J. C., Améndola-Massioti, R. D., Zarza, H., Mancera, K. F., & Galindo, F. (2019). A pilot study on the foraging behaviour of heifers in intensive silvopastoral and monoculture systems in the tropics. *Animal*, *13*(3), 606–616. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001532>
- Anchondo Aguilar, A., & Piñón Miramontes, M. Á. (2021). Diagnóstico técnico-productivo de las Unidades de producción familiar del municipio de Urique, Chihuahua. En P. Wong González, J. E. Isaac Egurrola, E. R. Morales García de Alba, & A. Treviño Aldape (Eds.), *La dimensión global de las regiones y sus reconfiguraciones económicas y urbanas* (Vol. II, pp. 2–16). Editorial Universidad Nacional Autónoma de México. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5479>
- Andresen, N., & Redbo, I. (1999). Foraging behaviour of growing pigs on grassland in relation to stocking rate and feed crude protein level. *Applied Animal Behaviour Science*, *62*(2–3), 183–197. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(98\)00221-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00221-4)

- Arciniegas-Torres, S. P., & Flórez-Delgado, D. F. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107–116. <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Arnao, I., Seminario, J., & Cisneros, R., & Trabucco, J. (2011). Potencial antioxidante de 10 accesiones de yacón, *Smalanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, procedentes de Cajamarca – Perú. *Anales de la Facultad de Medicina*, 72(4), 239–243. <https://doi.org/10.15381/anales.v72i4.1075>
- Arredondo Botero, J. V. (2013). *Caracterización de los sistemas de producción tradicional, morfología y diversidad genética del cerdo criollo de la Región Pacífica colombiana* (Publicación No. 9309001.2013) [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. DOCPLAYER. <https://bit.ly/3it0v8a>
- Asociación Porkcolombia Fondo Nacional de la Porcicultura. (2017). *Reglamento general para la certificación y obtención de los sellos Porkcolombia Programa: Inocuidad y Bienestar Animal en Producción Primaria y Transporte Aseguramiento de la Calidad en la Cadena de Transformación*. <https://bit.ly/3CC8xT2>
- Barlocco, N. (2005). Alimentación de cerdos en crecimiento y engorde en pastoreo permanente. En Universidad de la República Oriental del Uruguay (Ed.), *Jornada-Taller: Utilización de pasturas en la alimentación de cerdos* (pp. 15–21). Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Barlocco, N. (2007, noviembre 14-16). *Recría y terminación de cerdos en condiciones pastoriles* [Presentación en conferencia]. IX° Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. <https://bit.ly/3ID8gTv>
- Barragán-Hernández, W. A., Mahecha-Ledesma, L., & Cajas-Girón, Y. S. (2015). Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 211–223. <https://doi.org/10.15517/AM.V26I2.19277>
- Bell, W., & Cracco, P. (2011). El uso de pasturas en la cría de cerdos a campo la experiencia de la UPC. En N. Barlocco, & A. Vadell (Eds.), *Producción de cerdos a campo aportes para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar* (pp. 39–43). Universidad de la República Oriental del Uruguay.
- Benítez Ortiz, W. (2001). Los cerdos criollos de América Latina. En Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Ed.), *Los cerdos locales en sistemas tradicionales de producción* (pp. 13–37). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://bit.ly/3Qw8iOQ>
- Bich Ngoc, T. T. (2012). *Utilisation of Fibre-rich Feedstuffs for Pigs in Vietnam* [Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences]. SLU publication database. <https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=79064>
- Blanco-Libreros, J. F., Ortiz-Acevedo, L. F., & Urrego, L. E. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 37(103), 131–141. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/328993>
- Blumetto Velazco, O. R., Calvet Sanz, S., Estellés Barber, F., & Villagrà García, A. (2013). Comparison of extensive and intensive pig production systems in Uruguay in terms of ethologic, physiologic and meat quality parameters. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(7), 521–529. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013000700009>
- Bustamante, D., Caro, Y., Savón, L., & Elías, A. (2015). Moringa oleífera: propiedades física y químicas y su impacto en la fisiología digestiva de especies monogástricas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 22(2), 82–85.

- Braun, R. O. (2016). *Porcinos. Etiología y comportamiento animal*. Universidad Nacional de La Pampa. <https://bit.ly/3VTxDna>
- Carballo Sánchez, C. S. (2009). *Evaluación de tres biotipos de cerdos en la etapa de posdestete-recría en un sistema pastoril* [Tesis de pregrado, Universidad de la República]. Repositorio Colibrí de la Universidad de la República. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/23853>
- Carballo, C. S., Barlocco, N., & Stela Priore, E. (2010). Recría de cerdos en condiciones pastoriles. Comportamiento de cerdos Pampa-Rocha en pureza y en cruzamientos en dos períodos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 17(2), 144–148. <https://bit.ly/3XcL2YI>
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., & Fallas-Guzmán, C. K. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe Colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29–41. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.39999>
- Dostálová, A., Svitáková, A., Bureš, D., Vališ, L., & Volek, Z. (2020). Effect of an outdoor access system on the growth performance, carcass characteristics, and longissimus lumborum muscle meat quality of the prestige black-pied pig breed. *Animals*, 10(8), Article 1244. <https://doi.org/10.3390/ani10081244>
- Duarte Martino, H. S., Kolba, N., & Tako, E. (2020). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) flour soluble extract improve intestinal bacterial populations, brush border membrane functionality and morphology *in vivo* (*Gallus gallus*). *Food Research International*, 137, Article 109705. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109705>
- Edwards, S. A. (2005). Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*, 94(1-2), 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.028>
- Espinosa, C., & Ly, J. (2015). Cerdos criollos colombianos y agricultura sostenible. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 22(1), 1–10.
- Estévez, M., Morcuende, D., & Cava, R. (2006). Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of frankfurters. *Meat Science*, 72(2), 356–364. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.08.003>
- Fajardo, J. (2020, junio 11). *Las cifras que inquietan a los porcicultores colombianos*. porciNews.com. <https://porcinews.com/cifras-inquietan-porcicultores-colombianos/>
- Fajardo, J. (2021). Economía porcícola 2020. *Revista Porkcolombia*, 257, 3–34. <https://bit.ly/3QvW48U>
- Franci, O., Bozzi, R., Pugliese, C., Pugliese, C., Acciaioli, A., Campodoni, G., & Gandini, G. (2005). Performance of Cinta Senese pigs and their crosses with Large White. I Muscle and subcutaneous fat characteristics. *Meat Science*, 69(3), 455–550. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.10.005>
- Gómez Fidalgo, E. (2015). *Valoración del bienestar animal porcino en diferentes condiciones de alojamiento, utilizando indicadores de estrés y parámetros reproductivos* (Publicación No. 38597) [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/38597/>
- Guerrero, G. (2020). *Costos de producción para pequeños productores* [Cartilla]. Asociación Porkcolombia-Fondo Nacional de la Porcicultura. <https://bit.ly/3GtKaYU>
- Hernández Ortiz, B. A., Tobón Castaño, J. A., Ocampo Gallego, R. J., & Martínez Oquend, P. Y. (s.f). *Caracterización del crecimiento y rendimiento de la canal en cerdos de la raza criolla san Pedreño en Antioquia*. Repositorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22128>

- Hodgkinson, S. M., Cárcamo, A., & López, I. (2011). Selective grazing of *Lolium perenne* and *Plantago lanceolata* by growing European wild boar (*Sus scrofa* L.) in a semi-extensive system. *Livestock Science*, 140(1-3), 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.04.003>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2021). *Censos Pecuarios Nacional. Censo porcino en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://bit.ly/3CEcVRj>
- Jakobsen, M., Kongsted, A. G., & Hermansen, J. E. (2015). Foraging behaviour, nutrient intake from pasture and performance of free-range growing pigs in relation to feed CP level in two organic cropping systems. *Animal*, 9(12), 2006–2016. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001585>
- Lemus, C., Hernández Ballesteros, J. A., Navarrete, R., Rondriquez, J. G., de la Barrera, J., & Ly, J. (2008). Algunos estudios de manejo de cerdos pelón mexicano durante el crecimiento. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 15(2), 158–162. <https://bit.ly/3GT248x>
- Levrino, G. M., & Villarroel Robinson, M. (2003). Welfare status of commercial sows in three housing systems in Spain. *Archivos de Zootecnia*, 52(200), 453–462.
- Linares, V., Linares, L., & Mendoza, G. (2011). Ethnic -Zootechnic characterization and meat potential of *Sus scrofa* “creole Pig” in Latin America. *Scientia Agropecuaria*, 2(2), 97–110. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011.02.05>
- Lopera-Marín, J. J., Angulo-Arizala, J., Murgueitio Restrepo, E., & Mahecha-Ledesma, L. (2020). Producción de tubérculos y biomasa aérea del yacón, *Smilax tuberosa* (Poepp.) H. Rob. (Asteraceae), para alimentación animal en el trópico alto colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 32(8), Article 135. <http://www.lrrd.org/lrrd32/8/jjlop32135.html>
- Mahecha, L., & Angulo, J. (2012). Nutrient management in silvopastoral systems for economically and environmentally sustainable cattle production: A case study from Colombia. In J. K. Whalen (Ed.), *Soil fertility improvement and integrated nutrient management – A global perspective* (pp. 201–2016). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/29476>
- McAuliffe, G. A., Takahashi, T., Mogensen, L., Hermansen, J. E., Sage, C. L., Chapman, D. V., & Lee, M. R. F. (2017). Environmental trade-offs of pig production systems under varied operational efficiencies. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1163–1173. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.191>
- Mejía-Martínez, K., Lemus-Flores, C., & Zambrano-Zaragoza, J. (2010). Estudio comparativo en la respuesta inmune humoral de IgM e IgG en cerdo criollo mexicano y comercial. *Archivos de Zootecnia*, 59(226), 177–184. <https://doi.org/10.21071/az.v59i226.4732>
- Mendieta-Araica, B., Spörndly, E., Reyes-Sánchez, N., & Spörndly, R. (2011). Feeding Moringa oleifera fresh or ensiled to dairy cows—effects on milk yield and milk flavor. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 1039–1047. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9803-7>
- Montero López, E. M., Martínez Gamboa, R. G., Herradora Lozano, M. A., Ramírez Hernández, G., Espinosa Hernández, S., Sánchez Hernández, M., & Martínez Rodríguez, R. (2015). *Alternativas para la producción porcina a pequeña escala*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.22201/fmvz.9786070269158e.2015>
- Montoya Franco, S. (2022). Contexto y retos de la porcicultura colombiana ante una nueva realidad socio económica. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(Suplemento 1), S39–S43. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/issue/view/5875/1897>

- Morales, A. V (2008). *Evaluación del bienestar animal en porcinos de levante y ceba en dos explotaciones en Cundinamarca* [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. Repositorio Ciencia Unisalle. <https://bit.ly/3VTJXnq>
- Murgueitio, E., Chará, J., Barahona, R., Cuartas, C., & Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 17(3), 501–507. <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v17i3.1558>
- Navas Panadero, A. (2019). Bancos forrajeros de *Moringa oleifera*, en condiciones de bosque húmedo tropical. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(2), 207–218. <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1457>
- Naya Monteverde, P. A. (2012). *Comportamiento digestivo de cerdos Pampa Rocha en la etapa de crecimiento – terminación* [Tesis de grado, Universidad de la República, Uruguay]. Repositorio Colibrí de la Universidad de la República. <https://bit.ly/3Cy2EGr>
- Ocampo-Gallego, R. J. (2019). Análisis de diversidad genética en cerdo criollo san Pedreño utilizando datos de pedigrí. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 333–341. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2049>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). *Manual buenas prácticas para la industria de la carne*. <https://www.fao.org/3/y5454s/y5454s.pdf>
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (2004). *Código Sanitario para los Animales Terrestres. Capítulo 7.1. Introducción a las recomendaciones para el bienestar de los animales*. <https://bit.ly/3VYkdq4>
- Oslinger, A., Muñoz, J. E., Álvarez, L. Á., Ariza, F., Moreno, F., & Posso, A. (2006). Caracterización de cerdos criollos colombianos mediante la técnica molecular RAMs. *Acta Agronómica*, 55(4), 45–52. [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/479](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/479)
- Padilla, C., Valenciaga, N., Crespo, G., Toral, O., González, D., Reino, J., & Santana, H. (2017). Agronomy of *Moringa oleifera* (Lam.) in agricultural systems in Latin America and the Caribbean region. In L. L. Savon Valdes, O. Gutierrez Borroto, & G. Febles Pérez (Eds.), *Mulberry, moringa and tithonia in animal feed, and other uses. Results in Latin America and the Caribbean* (Chapter VI, pp. 95-160). Food and Agriculture Organization of the United Nations, & Instituto de Ciencia Animal. <https://bit.ly/3ivQ9nZ>
- Paredes Arana, M., Vallejos Fernández, L., & Mantilla Guerra, J. (2017). Efecto del tipo de alimentación sobre el comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne del cerdo criollo negro cajamarquino. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 894–903. <https://bit.ly/3XoJIY9>
- Parra-Herrera, J. P., Estrada-Cely, G. E., & Cedeño-Torres, J. A. (2017). Estudio del comportamiento en bovinos doble propósito en producción lechera en la Amazonía Colombiana. *Revista Facultad Ciencias Agropecuarias*, 9(1), 32–36. <https://editorial.uniamazonia.edu.co/index.php/fagropec/article/view/350>
- Parrini, S., Acciaioli, A., Franci, O., Pugliese, C., & Bozzi, R. (2019). Grazing behaviour of Cinta senese and its crossbreed pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 287–291. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1508376>
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N., & Reyes, F. (2010). Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark: Una alternativa para la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 33(4), 1–16.
- Pérez, Y., & García, J. (2017). Efecto de la inclusión de 20 % de harina de Morera (*Morus alba*) o Moringa (*Moringa oleifera*) en la dieta sobre los rasgos de comportamiento, calidad de la canal y la carne de cerdos cebados de 40 a 85 kg de peso. *Livestock Research for Rural Development*, 29(3), Article 46. <https://bit.ly/3QBFGnx>

- Pietrosemoli, S., & Tang, C. (2020). Animal welfare and production challenges associated with pasture pig systems: A review. *Agriculture*, 10(6), Article 223. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060223>
- Pig Improvement Company. (2020). *Análisis de la industria porcina en Latinoamérica Trimestre 4, 2020*. PIC®. <https://bit.ly/3XidRD0>
- Pinzón Rodríguez, J. C., & Lemus Gámez, J. F. (2017). *Variación nutricional y parámetros de fermentación del ensilaje de yacón cáscara de naranja* [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. Repositorio Ciencia Unisalle. <https://bit.ly/3Qywock>
- Rachuonyo, H. A., Allen, V. G., & McGlone, J. J. (2005). Behavior, preference for, and use of alfalfa, tall fescue, white clover, and buffalograss by pregnant gilts in an outdoor production system. *Journal of Animal Science*, 83(9), 2225–2234. <https://doi.org/10.2527/2005.8392225x>
- Rivero, J., López, I., & Hodgkinson, S. (2013a). Pasture consumption and grazing behaviour of European wild boar (*Sus scrofa* L.) under continuous and rotational grazing systems. *Livestock Science*, 153(1-3), 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.03.006>
- Rivero, M. J., López, I. F., & Hodgkinson, S. M. (2013b). Pasture dry matter consumption in European wild boars (*Sus scrofa* L.) as affected by herbage allowance. *Journal of Animal Science*, 91(4), 1758–1764. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5289>
- Rivero, M. J., Rodríguez-Estévez, V., Pietrosemoli, S., Carballo, C., Cooke, A. S., & Kongsted, A. G. (2019). Forage consumption and its effects on the performance of growing swine-discussed in relation to European wild boar (*Sus scrofa* L.) in semi-extensive systems: A review. *Animals*, 9(7), Article 457. <https://doi.org/10.3390/ani9070457>
- Roca Canudas, M. (2008). *Estudio del ecosistema bacteriano del tracto digestivo del cerdo mediante técnicas moleculares* [Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona]. Tesis Doctorals en Xarxa. <http://hdl.handle.net/10803/5618>
- Rodríguez-Estévez, V. (2009). *Bienestar animal*. Universidad Córdoba.
- Rodríguez-Estévez, V., García, A., Peña, F., & Gómez, A. G. (2009). Foraging of Iberian fattening pigs grazing natural pasture in the dehesa. *Livestock Science*, 120(1-2), 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.05.006>
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, L. (2003). *El yacón. Fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio*. Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional de Cajamarca, & Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. <https://bit.ly/2MlaHt5>
- Stern, S., & Andresen, N. (2003). Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on pasture. *Livestock Production Science*, 79(2–3), 257–265. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00171-9)
- Szyndler-Nędza, M., Nowicki, J., & Małopolska, M. (2019). The production system of high-quality pork products - an example. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW*, 58(2), 181–198. <https://doi.org/10.22630/AAS.2019.58.2.19>
- Toro González, C. (2008). *Comparación del cerdo criollo vs mejorado en la capacidad de digestión y fermentación de dietas con diferentes tipos de materias primas fibrosas* (Publicación No. 7401007. 2008) [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. KIPDF. <https://bit.ly/3ZqX5mL>
- Varel, V. H., & Yen, J. T. (1997). Microbial perspective on fiber utilization by swine. *Journal of Animal Science*, 75(10), 2715–2722. <https://doi.org/10.2527/1997.75102715x>
- Valverde Lucio, A., Gonzalez-Martínez, A., Alcívar Cobeña, J. L., & Rodero Serrano, E. (2021). Characterization and typology of backyard small pig farms in Jipijapa, Ecuador. *Animals*, 11(6), Article 1728. <https://doi.org/10.3390/ani11061728>

- Velasco, V., Vera, V., Bórquez, F., Williams, P., Faúndez, M., & Alarcón-Enos, J. (2019). Composición de carne de cerdo en un sistema de producción natural. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 35(3), 261–266. <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/1655>
- Vélez-Guzmán, E. A., García-Henao, G. A., & Barrios, D. (2018). Estudio exploratorio sobre la producción y comercialización de carne de cerdo en el Valle de Aburrá, Antioquia (Colombia). *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 65(3), 220–234. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v65n3.76461>
- Viamonte, M. I., Tipanquiza, M., Tintín, C., Sánchez, J., Caicedo, W., Ramírez, A., & Vargas, J. (2020). Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de *Sacha inchi* (*Plukenetia volubilis* L) en cerdos criollos de crecimiento. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(4), Article e19245. <https://bit.ly/3IDkZFF>
- Vieira, F. M. C., Pilatti, J. A., Welfer Czekoski, Z. M., Fonsêca, V. F. C., Herbut, P., Angrecka, S., de Souza Vismara, E., de Paulo Macedo, V., Rodrigues dos Santos, M. C., & Paśmionka, I. (2021). Effect of the silvopastoral system on the thermal comfort of lambs in a subtropical climate: A preliminary study. *Agriculture*, 11(8), Article 790. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080790>
- Zapata Cadavid, A., & Silva Tapasco, B. E. (2020). *Sistemas silvopastoriles aspectos teóricos y prácticos* (2ª ed.). Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. <https://bit.ly/3QtcMG4>