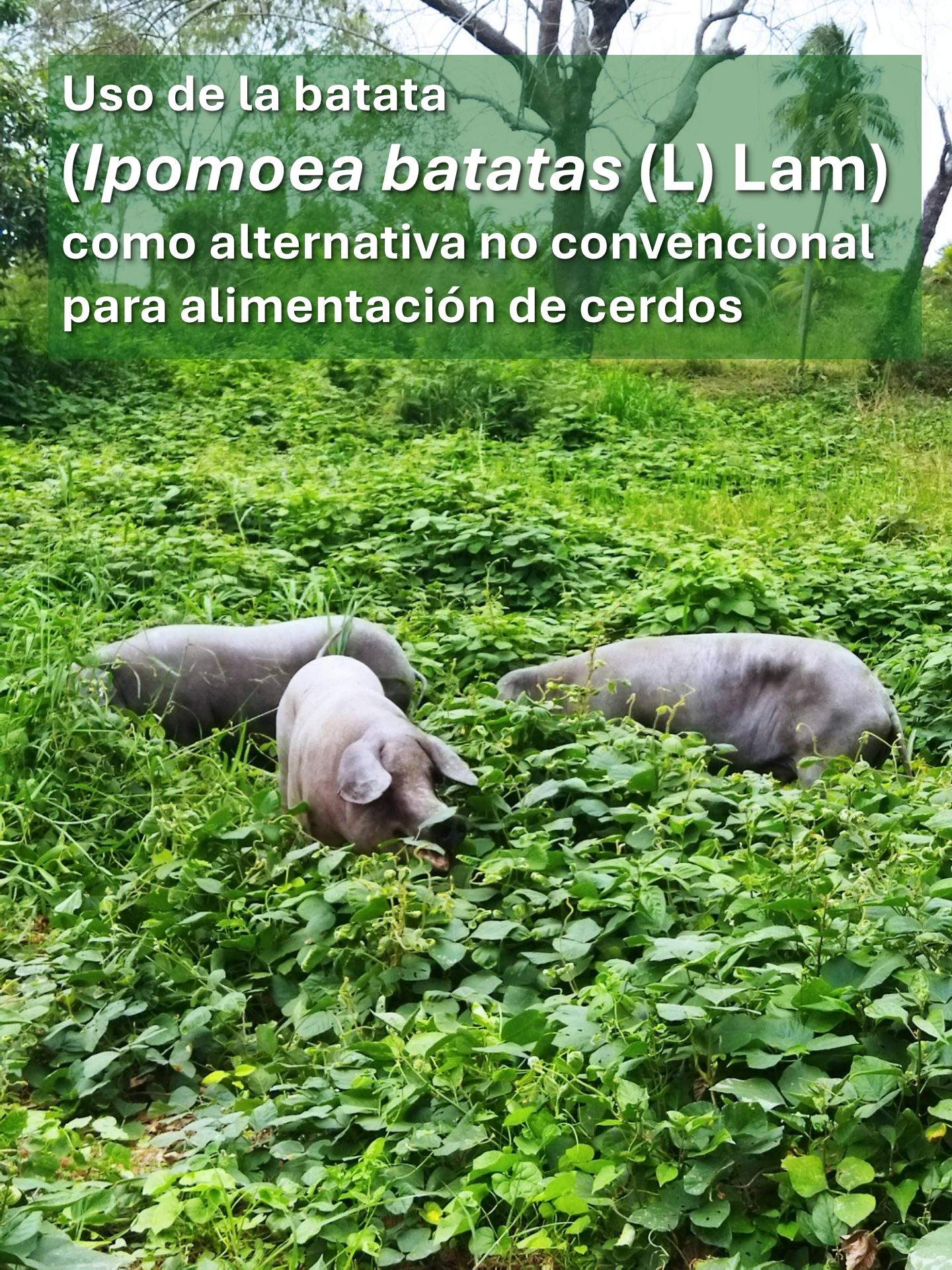
Uso de la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) como alternativa no convencional para alimentación de cerdos



PREPRINT

Este PDF es una versión preliminar. La obra definitiva se encuentra actualmente en proceso de edición

Uso de la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) como alternativa no convencional para alimentación de cerdos

Lorena Inés Mestra-Vargas

Martha Oliva Santana Rodríguez

Hernando Flórez Díaz

Colección Prácticas Agropecuarias

Contenido

Agradecimientos

Presentación

Introducción

Capítulo I

Análisis del sector Porcino en Colombia

El sector porcino en el Caribe colombiano

Razas de cerdos utilizadas en Colombia

Razas de cerdos criollos bajo custodia de AGROSAVIA

Capítulo II

Generalidades del manejo de la alimentación en cerdos

Costos de la alimentación en porcinos y necesidades de uso de fuentes alternativas de alimentos

Oportunidades y retos del Sector porcino en Colombia

Capítulo III

Generalidades del cultivo de la Batata (*Ipomoea batatas* Lam)

Origen y distribución

Descripción de la planta de batata

Clasificación taxonómica

Variedades de batata en Colombia

Recomendaciones y protocolos de siembra y manejo de cultivo de batata variedad Agrosavia-Aurora

Usos y procesamientos industriales de la batata (*Ipomoea* batatas Lam)

Capítulo IV. Escenario actual de uso y producción de batata (*Ipomoea* batatas Lam) para la alimentación animal

Perfil nutricional de la batata: raíces y forraje aéreo

Coloración de la pulpa de raíces de batata, composición proximal y usos principales

Antecedentes de uso de batata en la alimentación de cerdos

Recomendaciones para el suministro de raíces y forraje frescos de batata en la alimentación de cerdos

Rendimientos de forraje y raíces de batata de las variedades desarrolladas por AGROSAVIA

Producción de forraje y raíces de batata Agrosavia-Ambarina

Producción de forraje y raíces de batata Agrosavia-Aurora

Capítulo V

Procesos y métodos de conservación de raíces y forraje de batata (*Ipomoea batatas* (L) lambs) para alimentación animal

Ensilaje

Elaboración de ensilaje de forraje de batata

Recomendaciones suministro de ensilaje de forraje de batata en cerdos

Elaboración de ensilaje de raíces de batata

Ensilaje líquido de raíces de batata

Elaboración de ensilaje integral: raíces y forraje de batata

Ensilaje integral de batata con aditivos

Ensilaje de forraje de batata, pasto bermuda y matarratón

Determinación de calidad pH de ensilaje de raíces y/o forraje de batata en diferentes proporciones en el C. I. Turipaná

Hojuelas o chips de batata (batata troceada y deshidratada) para la alimentación de cerdos

Harina de batata cruda para la alimentación de cerdos

Capítulo VI

Uso de batata como remplazo de concentrado comercial para alimentación de cerdos en Colombia

Experiencias en el manejo de la alimentación cerdos de raza Zungo y comerciales alimentados con subproductos de raíces y forraje de batata procesados en AGROSAVIA C. I. Turipaná - Unidad de Banco de Germoplasma porcino

Caso 1: Reemplazo de concentrado comercial por forraje y harina de raíz de batata en diferentes proporciones para cerdos criollos Zungo

Caso 2: Reemplazo de concentrado comercial por harina de raíz de batata en diferentes proporciones (0 %, y 40 %) para cerdos comerciales

Capítulo VII

Reemplazo de maíz amarillo por harina de raíces de batata de variedades AGROSAVIA para alimentación de cerdos comerciales

Composición de la carne

Caso 1. Remplazo de maíz amarillo por harina de tres variedades de batata en la formulación de la dieta para cerdos comerciales: large white x landrace x pietran

Caso 2. Remplazo de 40% de harina de batata Aurora, Ambarina y T440045 en dietas de cerdos Large White x Landrace x Pietran

Conclusiones

Referencias

Autoría

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación y a todos los integrantes del macroproyecto: Desarrollo y vinculación de tecnologías para sistemas de producción de ñame y batata para consumo fresco, transformación y exportación en el Caribe Colombiano. Proyectos: Variedades de batata seleccionadas para el consumo humano, la transformación industrial y/o alimentación animal; Variedades de batata seleccionadas para el consumo humano, la transformación industrial y/o alimentación animal, ejecutados por Agrosavia y que sirvieron de base para la elaboración del manual: "**Uso de la batata (*Ipomoea* batatas (L) Lam) como alternativa no convencional para alimentación de cerdos"** De manera especial a Lorena Aguayo, Jorge Mejía, Diego Medina, y Mauricio León por el aporte al capítulo de evaluación de calidad de la canal y la carne.

Presentación

El presente manual de "**Uso de la batata (*Ipomoea batatas* Lam) como alternativa no convencional para alimentación de cerdos"** es un documento originado del Macroproyecto **Desarrollo y vinculación de tecnologías para sistemas de producción de ñame y batata para consumo fresco, transformación y exportación en el Caribe Colombiano,** el cual fue formulado y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) con apoyo financiero del por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y tiene como propósito definir conceptos y recomendaciones metodológicas para el uso de remanentes de la poscosecha del cultivo de batata, dándoles de esta manera valor agregado para la cadena productiva porcina, y a su vez permita ser una guía que suministre información relevante para la toma de decisiones en los sistemas de alimentación, bajo la premisa del uso de batata como alimento alternativo no convencional en sustitución de fuentes de cereales para transformar la alimentación de cerdos criollos y cruzados debido a que las hojas (forraje) de batata aporta altas concentraciones proteína, vitaminas, minerales, pigmentos y polifenoles, mientras la raíz constituye la fuente de energía., así como la seguridad alimentaria, no solo por la cantidad de nutrientes y energía que aporta sino también por la cantidad y concentración de compuestos funcionales y antioxidantes como ácidos fenólicos, antocianinas, tocoferoles y B-carotenos., todas estas características le otorgan una importancia relevante en la industria de nutracéuticos y biofortificados, así como los ingresos económicos de las familias de pequeños productores y la calidad de su alimentación en razón a que la carne de cerdo se caracteriza por altos contenidos de proteína y minerales de importancia para la salud humana.

En lo relacionado con el uso de subproductos para uso en la alimentación de cerdos, se requiere la validación y ajuste con los productores de estos resultados obtenidos con el fin de vincular tecnologías que permitan optimizar la alimentación de animales e ingresos económicos de las familias de pequeños productores. Finalmente, este manual puede servir de guía para otras regiones de Colombia, donde el lector aprenderá a evaluar y aprovechar mejor los remanentes de postcosecha del cultivo y el follaje de batata, para hacer una suplementación estratégica en el sistema de producción.

Introducción

Entre los cultivos de alimentación del mundo, la raíz de batata (*Ipomoea batatas* Lam), es un alimento que hace parte del grupo de raíces y tubérculos con importante calidad nutricional, principalmente por sus concentraciones de carbohidratos, de almidón, fibra dietética, minerales, y antioxidantes como compuestos fenólicos bioactivos, provitamina A (β-carotenos) y vitaminas B1, B3, C, y E en variedades de pulpa anaranjada y pulpa morada (Sun,2014; Alan, 2016; Neela, 2019) convirtiéndose en un alimento funcional y potencialmente beneficioso para la salud humana y animal, lo que hace de este cultivo un sistema productivo clave para la seguridad alimentaria con demanda creciente en los actuales mercados de alimentos funcionales.

Esta raíz tuberosa también es conocida como camote, boniato o papa dulce que se destaca por sus cualidades como un alimento funcional debido a su alto contenido de nutrientes. Es originaria de la zona tropical (México y América Central) y actualmente se cultiva en alrededor de 111 países que producen anualmente un total de 92 millones de toneladas, la mayor parte en Asia (66%) y África (28%), (FAO. 2020), siendo China el mayor productor en el continente asiático con 71%. El cultivo de batata ocupa el tercer lugar a nivel mundial después de la papa y la yuca en la producción de raíces y tubérculos, y el séptimo lugar entre los cultivos alimenticios, siendo superada apenas por el trigo, arroz, maíz, papa, cebada y mandioca (FAOSTAT, 2018; Kays, 2005). La cantidad mundial de residuos de batata en 2011 representó alrededor del 7% de toda la cosecha (FAO. 2016).

En Colombia se registró en 2018 una producción de batata de 1.652.320 toneladas, proveniente de una superficie plantada de alrededor de 164.3 hectáreas (AGRONET, 2018). La región Caribe, es el principal epicentro productor de batata en Colombia, principalmente en los departamentos de Sucre, seguido por Córdoba y Magdalena, donde la producción es de tipo tradicional o artesanal, considerándose un cultivo para consumo en fresco que en su mayoría está vinculado al autoconsumo para seguridad alimentaria; además, se trata de un cultivo adaptable a suelos con bajos niveles de nutrientes, y a la comercialización local a mínima escala. Sin embargo, en los últimos años se han establecido acuerdos de exportación desde Colombia hacia mercados internacionales de Estados unidos y Europa (https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/517560/).

Hoy en día los sistemas sostenibles de producción animal se orientan al uso eficiente de los recursos alimenticios disponibles; además, de la reducción del desperdicio, el uso de los residuos de cosecha, la ampliación de la base de recursos y la producción de alimentos alternativos en particular aquellos que no compitan con la alimentación humana (Wadhwa. 2013). En este sentido los remanentes de batata (tubérculos o raíces tuberosas, que no cumplen con los requisitos de clasificación por tamaño o están dañados debido a las técnicas de recolección de la batata cultivada para uso industrial o consumo fresco). se convierten en un alimento no convencional y una alternativa viable económicamente y funcional para la alimentación animal que permitan la elaboración de dietas con bajo uso de concentrados y de bajo costo, lo que contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de producción porcina de la región.

El presente manual está dirigido a pequeños y medianos productores (porcicultores) y asistentes técnicos de la región Caribe de Colombia que utilizan el cultivo de la batata para autoconsumo, y entrega los conocimientos técnicos y científicos necesarios para el procesamiento y uso eficiente del forraje y remanentes de raíces de batata (*Ipomoea batatas* Lam) para su inclusión en sistemas de alimentación de porcinos.

Capítulo I

Análisis del sector porcino en Colombia

El cerdo doméstico (*Sus scrofa spp.*) es explotado en todo el mundo, en América Latina y el caribe la producción de carne porcina es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, y una fuente de ingresos muy importante en sistemas de agricultura familiar. Los cerdos han sido criados por el hombre tanto para producir su propio alimento como para disponer de medios de comercialización o intercambio. Estos animales se caracterizan por su alta capacidad productiva y adaptabilidad, por ello muchas personas los consideran como una especie de interés para convertir productos considerados de desecho (por ejemplo: residuos de cocina, de cosecha, de restaurante, de agroindustria) en proteína de origen animal de alta calidad y una fuente importante de ingresos monetarios.

En Colombia la carne de cerdo ocupa el tercer lugar en la producción nacional después de la carne de pollo y bovina; actualmente la población porcina en Colombia es de 9.658.204 animales distribuidos en 192.828 predios de los cuales 152.069 (78,9%) son predios a pequeña escala, también denominados familiares o de traspatio, y los restantes 40.604 (21,1%) corresponden a predios de producción comercial y tecnificada. El 64,3% del total de la población porcina del país se concentra principalmente los departamentos de, Antioquia (26,6%), Valle del Cauca (14,7%), Meta (8,7%), Cundinamarca (7,3%) y Córdoba (7,0%) (ICA, 2022).

Respecto a las cifras sectoriales, durante el periodo de 2010-2020 el sector porcícola colombiano exhibió un importante dinamismo, doblando su producción al mantener un crecimiento anual promedio superior al 7,2%. El sector también es importante como generador de empleo que en promedio son 150 mil por año con una participación en el producto interno bruto-PIB, que.según el DANE, alcanzó en el 2021 el 17% del PIB pecuario y un 4,0% del PIB Agropecuario con un valor anual de la agroindustria de $9,9 billones (Porkcolombia, 2020; SIOC- MADR, 2020). A pesar de las consecuencias de la pandemia (COVID-19) en el país, la producción de carne de cerdo en el 2020 obtuvo un crecimiento del 5% respecto al 2019, pasando a una producción de 446.602 a 468.429 toneladas de carne y un crecimiento en el beneficio de porcinos de 3,7%, representado en 5.002,665 cabezas. Este comportamiento positivo es el resultado del trabajo articulado, y avances en la tecnificación de las explotaciones porcícolas y del mejoramiento de los parámetros productivos, debido a que antes del 2020, los porcicultores habían atravesado varias crisis de comercialización por efecto de mayor oferta de origen nacional o importado, mayor competencia con producto importado y de otras carnes; aspectos que conllevaron a que el gremio mediante la planeación estratégica 2020-2024 priorizara las estrategias de mejoramiento de la productividad, la administración de costos de producción y la generación de valor agregado, entre otros (Porkcolombia, 2020).

El consumo nacional per cápita de carne de cerdo se estima en promedio en 10,8 kg. con disminución del 3,6% respecto al año 2019, como consecuencia de la fuerte demanda comercial de la carne de cerdo en el segundo semestre del 2020. (SIOC,2021; FNP). La carne de cerdo tiene una elevada

densidad nutricional ya que provee de modo abundante más de cuatro nutrientes esenciales de la dieta, Desde el punto de vista de los rendimientos físicos e intelectuales el consumo de carne de cerdo puede contribuir a mejorar la calidad de vida humana (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2009) ya que aporta elevados contenidos de proteína (20-25%), potasio, hierro, fósforo, zinc, tiamina, niacina, riboflavina y vitamina B12, además contiene grasa (3-5%). Las proteínas de la carne de cerdo son de alto valor biológico, ya que poseen los 20 aminoácidos que deben tener para que el cuerpo pueda utilizarlas en la formación de músculos, huesos, dientes y cabello; el potasio ayuda a que los músculos, como el corazón realicen su funcionamiento de forma adecuada; el hierro contribuye al desarrollo cognitivo niños; el fósforo ayuda en el crecimiento de los huesos; el zinc es necesario para el mantenimiento del sistema inmunológico y los dientes; la tiamina (B1), niacina (B3) y Vitamina B12, son vitaminas importantes para que el cuerpo extraiga energía de los alimentos y ayudan al aparato digestivo, la piel y los nervios. La cantidad de grasa en la carne magra varía en función del tipo de corte, y se sitúa entre el 3 % y el 5% es un alimento especialmente rico en proteínas y, dependiendo de la pieza, en grasa. La proporción de proteína suele ser relativamente constante, mientras que la de grasa es más variable (ICBF, 2015).

Con relación al consumo per cápita y producción de carne de cerdo en el periodo 2011 a 2021 en Colombia (figura 1) se encontró un incremento del 99,6%.

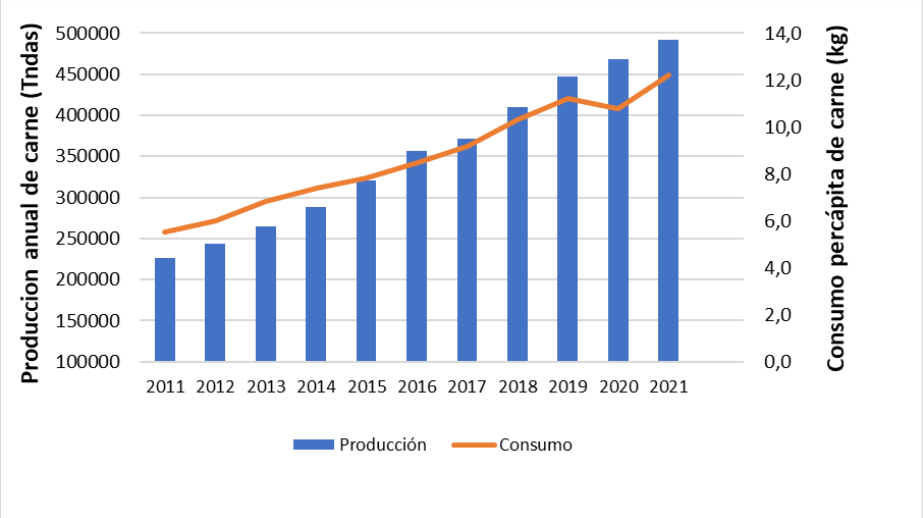


Figura 1. Consumo per cápita y producción de carne de cerdo en Colombia durante el periodo de 2010 a 2021.

Fuente: elaboración propia con base en datos de https://porkcolombia.co/estadisticas-sectoriales/

En 2022 en el periodo enero a septiembre ha producido el 79% del total producido el año anterior, con un incremento del 6,6% hasta el mes de septiembre y con incrementos del consumo per cápita a 13 kg con respecto al mismo periodo del año anterior.

El sector porcino en el Caribe colombiano

En la región Caribe colombiana la población porcina corresponde a 2.025.730 animales de las categorías productivas: cerdas de cría, cerdas de reemplazo, reproductores, y cerdos de levante (crecimiento) a ceba (ICA, 2022). En los departamentos de la región caribe la actividad porcícola es manejada principalmente en explotaciones de tipo: traspatio, comercial familiar, comercial industrial y producción tecnificada, siendo el departamento de Córdoba donde se registra la mayor población de la región caribe con 673,960 animales en 47,139 predios, manejados a pequeña escala o traspatio (Tabla 1) representando el 33,3% de la población principalmente con animales de categorías de levante y ceba (90,2%; Tabla 2).

La crianza de cerdos a traspatio o producción a pequeña escala consiste en el manejo animal con escasos recursos y la poca utilización de mano de obra calificada, resultando más económico. Los animales pastorean y deambulan libremente en espacios conocidos como solares o huertos familiares, con acceso a la sombra y agua, con mínimo control sanitario, alimentación con subproductos agrícolas y restos de la alimentación humana, sin mejoramiento genético, utilizando escasa infraestructura y producción en pequeña escala lo que genera baja productividad (INATEC 2010). La crianza en traspatio (producción porcina familiar) generalmente es de autoconsumo, pero también algunos de estos animales son vendidos a intermediarios los cuales abastecen mercados locales; además. existe un porcentaje que es sacrificado y vendido informalmente.

Tabla 1. Población de cerdos y tipos de producción en los departamentos de la región Caribe

		Tipo de Producción (número de predios)				
Departamento	**[1]Población total**	**Traspatio**	**Comercial Familiar**	**Comercial Industrial**	**Producción Tecnificada**	**Total predios/ Dpto.**
Atlántico	268.539	4.816	1.038	144	22	6.020
Bolívar	260.527	16.253	3.074	140	2	19.469
Cesar	167.957	4.347	1.727	146	3	6.223
Córdoba	673.960	47.139	6.935	260	11	54.345
La Guajira	77.906	1.469	945	65	0	2.479
Magdalena	199.285	6.546	2.485	130	6	9.167
Sucre	377.556	27.176	4.062	164	0	31.402
Total	2.025.730	107.746	20.266	1.049	44	129.105

[1]Cifras población censada (ICA.2022) Fuente. Elaborada a partir de información en https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018/mapa-no-porcinos-2022.aspx.

Fecha de consulta. octubre de 2022

Tabla 2. Inventario de la categoría de cerdos por departamento de la región Caribe

	[1] Categorías				
Departamento	**Cerdas Cría**	**Cerdas de reemplazo**	**Levante y ceba**	**Total cerdos**	**Total %**
Atlántico	13.789	3.630	249.540	268.539	13.26
Bolívar	18.717	7.468	230.351	260.527	12.86
Cesar	11.248	4.292	149.989	167.957	8.29
Córdoba	49.513	10.082	607.808	673.960	33.27
La Guajira	5.843	2.809	67.561	77.906	3.85
Magdalena	14.657	4.428	177.486	199.285	9.84
Sucre	29.418	8.699	335.442	377.556	18.64
Total	143.185	41.408	1.818.177	2.025.730	100

Fuente: Elaborada a partir de información en https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018/mapa-no-porcinos-2022.aspx. Fecha de consulta. octubre de 2022. [1]Categoria cerdos censados en la Región Caribe (ICA,2022).

Razas de cerdos utilizadas en Colombia

En el país se cuenta con cerdos de razas criollas que descienden directamente de los cerdos ibéricos traídos al continente americano por los españoles que se encuentran adaptadas a diferentes regiones, como el Casco de mula, el Zungo pelado y el San Pedreño, los cuales son usados principalmente en la producción tradicional o extensiva. Las razas mejoradas de líneas comerciales, que más se usan son la hampshire, duroc, pietrain, landrace, yorkshire (large white) y berkshire, utilizadas en la producción intensiva (Corpoica-Pronatta, 2003). Cabe resaltar que en los sistemas de producción comerciales generalmente no se emplean animales de razas puras, sino utilizan cerdos híbridos debido a su mayor productividad.

Según Martínez-Gamba (2002) la importancia del material genético en las granjas porcinas radica principalmente en el impacto que este provoca en las variables de producción de animales y, por lo tanto, en la rentabilidad del sistema. Uno de los problemas asociados a las granjas a pequeña escala

cuando se comparan con granjas de tipo industrial bien tecnificadas, son los bajos rendimientos productivos y reproductivos de los animales, lo que deja en desventaja aspectos como la prolificidad, la velocidad de crecimiento y la calidad de la canal representada principalmente por el espesor de grasa dorsal. Por otra parte, el uso de cerdos criollos y sus cruces con cerdos mejorados se propone como alternativa de producción en sistemas tecnificados debido a su eficiencia alimentaria, la mayor calidad de la carne y de mejores parámetros productivos en fase de ceba (Linares et al., 2011; Bolívar, 2014).

Razas de cerdos criollos bajo custodia de AGROSAVIA

Las razas de cerdos criollos se mantienen en núcleos de conservación de los Bancos de germoplasma *in situ* de la nación colombiana, en los Centros de Investigación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, estas razas corresponden a: el Zungo (figura 2), la raza de la Costa Atlántica, en el Centro de Investigación Turipaná conformado por siete familias y un inventario promedio de 120 animales.



Figura 2. Cerdos criollos Zungo de levante, C.I. Turipaná.

Foto: Mario Canabal Vidal

La raza casco de mula (figura 3), en los Llanos Orientales, en el Centro de Investigación La Libertad con cinco familias y un inventario promedio de 110 animales.



Figura 3. Cerdos criollos Casco de Mula de levante en pastoreo, C.I. La Libertad.

Foto: Martha Yanet Gutiérrez

El San Pedreño (figura 4), raza originaria de las zonas de Antioquia y el Viejo Caldas, se conserva en San José del Nus, en el Centro de Investigación el NUS con seis familias y un inventario promedio de 100 animales (González et al., 2020).



Figura 4. Cerdos criollo San Pedreño de levante, C.I. El NUS.

Foto: Ricardo Ocampo Gallego

El desempeño productivo de las razas criollas porcinas evaluadas en los Bancos de Germoplasma de AGROSAVIA se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros productivos en cerdos criollos

Raza	Peso al nacimiento (kg)	Edad al destete (días)	Peso al destete (kg)	Ganancia pre-destete (kg/d)	Peso al Beneficio (kg)	Fuente
Zungo	0,82 ± 0,09	52 ± 4,5	8,7 ± 1,54	0,155 ± 0,03	79,0	Owen y Sabogal (1984)
San Pedreño	1,22 ± 0,25	42 ± 4,0	10,44±1,5	0,221 ± 0,03	89,69 ± 8,1	Hernández et al., (2018)
Casco de Mula	1,06 ±0,97	34 ± 9,0	4,7 ± 1,4	0,13 ± 0,019	ND	Hurtado y Gutiérrez (2015)

Fuente: Elaboración propia

ND: no disponible

Capítulo II

Generalidades del manejo de la alimentación en cerdos

La alimentación de los cerdos es una de las prácticas más importantes del manejo animal, de esta dependen los rendimientos productivos y la rentabilidad de la producción. El manejo de la alimentación y el suministro de nutrientes en la especie porcina debe darse de manera eficiente, de forma que se logren formular y ofrecer dietas balanceadas que contengan los nutrientes necesarios y las cantidades correctas, considerando cada etapa fisiológica del ciclo de vida: ***-Lechones, -Cerdos en crecimiento, -Cerdos de ceba o terminación- Reproductoras y Reproductores*** (Tabla 4.)***,*** así como el peso, potencial genético, y estado de salud, para atender las necesidades de: mantenimiento, producción, crecimiento, gestación, engorde, y producción de leche***.***

En la especie porcina, la eficiencia alimenticia está directamente relacionada con la ingesta de energía diaria, y la eficiencia de deposición proteica es dependiente de la energía. Lo anterior determina la necesidad del suministro constante de alimentos más ricos en energía y aminoácidos esenciales de manera balanceada para mantener una relación energía/proteína optima en la ración alimenticia, así como el suministro de vitaminas (A, B1, B2, B3, B6, B9, C, D, E y K), minerales y de agua en cantidad y calidad para mejorar la conversión alimenticia y producción de los animales (Church et al., 2002; Carrero, 2005).

De manera independiente al tipo de explotación porcina, la dieta se debe formular a partir de alimentos o concentrados comerciales, compuestos por ***Macrocomponentes*** y ***Microcomponentes***, los cuales deben atender los requerimientos nutricionales de los animales (Tabla 5). Los Macrocomponentes representan el 95% de la ración e Incluyen: los concentrados energéticos, proteicos y voluminosos, elaborados con ingredientes con base en: Granos de cereales, Subproductos de molinería, Fibras dietéticas, Grasas, Tortas, Harinas, Forrajes secos, suplementos vitamínicos y de minerales, y aditivos alimentarios. Los Microcomponentes representan entre el 2 al 5% del total de la ración e Incluyen el núcleo vitamínico mineral, los aminoácidos sintéticos y los aditivos alimentarios (promotores y antioxidantes).

En sistemas en los cuales se implementan las Buenas Prácticas de Alimentación (BPA) los requerimientos nutricionales en cerdos para alcanzar los objetivos zootécnicos por fase productiva se presentan en la Tabla 5 que indica los datos promedio de referencia para las fases productivas en la especie.

Tabla 4.. Requerimientos nutricionales de cerdos según fase productiva

Fases:	***Inicio***	***Levante-Crecimiento***	***Engorde-Finalización***
Intervalo de peso (kg)	11 - 30	30 - 75	75 - 100
Edad (días)	49 - 70	98 - 112	119 - 140
Ganancia diaria de peso (gramos)	0,618	0,954	0,99

Consumo de alimento (g)MS	1,036	2,37	2,97
Requerimiento de Nutrientes			
EM (Kcal//kg)	3.250	3.250	3.250
PC Total (%)	18,06	13,29	11,48
PC Digestible (%)	16,53	11,83	10,20
Calcio (%)	0,794	0,524	0,45
Fósforo Digestible (%)	0,380	0,254	0,220
Sodio (%)	0,199	0,171	0,160
Requerimiento de Aminoácidos			
Lisina (%)	1,27	0,949	0,825
Metionina + Cisteína (%)	0,713	0,550	0,487
Triptófano (%)	0,242	0,190	0,143
Valina (%)	0,891	0,664	0,578
Leucina (%)	1,235	0,920	0,800
Fenilalanina (%)	0,624	0,465	0,404

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Rostagno et al., (2017)
MS: materia seca
EM: energía metabolizable
PC: proteína cruda

Los avances en el manejo de la nutrición porcina se han centrado en cuatro factores fundamentales que todo productor debe conocer y adoptar para su sistema, a fin de reducir los costos de producción y aumentar la rentabilidad, estos factores están relacionados con:

1. Mayor comprensión del metabolismo de los nutrientes y de las necesidades de nutrientes por etapa fisiológica de los animales
2. Valorar la disponibilidad regional de alimento y su composición
3. Formular dietas de bajo costo que conjuguen necesidades y suministro de nutrientes.
4. Apropiar el concepto de nutrición de precisión, fraccionando los requerimientos nutricionales por etapa fisiológica.

Costos de la alimentación en porcinos y necesidades de uso de fuentes alternativas de alimentos

En términos de costos en la alimentación porcina, estos representan el 70% de los costos totales de producción durante el ciclo de vida animal, siendo la etapa de levante-ceba la que representa un mayor porcentaje (80-85%); por esta razón, es importante que los productores apliquen estrategias de alimentación más eficientes que conlleven a reducir estos costos. Las principales materias primas que frecuentemente se demandan en la alimentación de porcinos en Colombia, corresponden principalmente al concentrado comercial (55%) seguido del maíz (28,5%) y de la soya (16,2%) que en su mayoría son importadas (MADR, 2020).

Con relación a los precios departamentales de alimentos en el sector porcícola en pesos (enero 2020 – abril 2021) se presentaron variaciones anuales, con mayores incrementos en precios de alimentos

para cerdos en las fases de iniciación del 20,4%, en cerdas en gestación con un 3,0% y la más baja en cerdas de lactancia con un 15,8% (MADR- SIRIAGRO 2021).

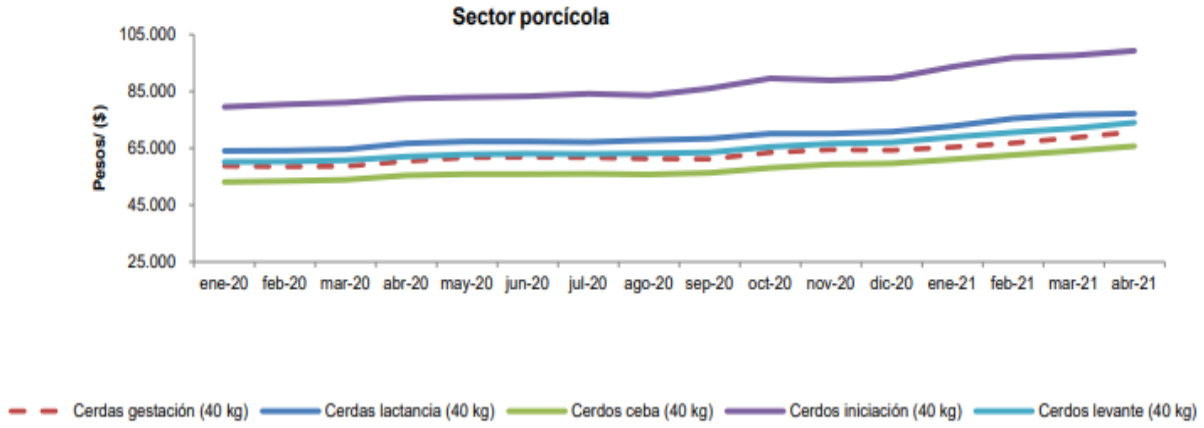


Figura 5. Precios de alimentos en el sector porcícola en pesos durante el periodo enero 2020 - abril 2021.

Fuente: MADR- SIRIAGRO

La productividad de la cadena porcina esta influenciada de manera estructural por el precio de los alimentos, que a su vez dependen de la disponibilidad de recursos energéticos, razón por la que se buscan utilizar recursos alimenticios energéticos alternativos, de disponibilidad regional y mayormente asequibles, como los subproductos de la agroindustria y los subproductos del cultivo de raíces y tubérculos, esto para liberar una mayor cantidad de granos y otros productos que son consumidos por el hombre, que permitan disminuir los costos de producción de la carne, sin alterar el desempeño productivo de los animales.

Oportunidades y retos del sector porcino en Colombia

La tendencia al incremento demográfico para el año 2050, indica qué el mundo necesitará alimentar aproximadamente 2.000 millones de personas adicionales, y requerirá un 70% más de carne y leche. La creciente demanda futura de productos pecuarios, impulsada por el aumento de los ingresos, la población y la urbanización, impondrá una enorme demanda de recursos forrajeros. La sostenibilidad de los sistemas de producción de piensos está siendo cuestionada debido a factores biofísicos como la escasez de tierra, suelo y agua, la competencia alimento-combustible-pienso, el calentamiento global continuo y los frecuentes y drásticos cambios climáticos, junto con una mayor competencia por la tierra cultivable y los recursos no renovables. Una clave para el desarrollo sostenible de la ganadería es el uso eficiente de los recursos alimenticios disponibles, incluida la reducción del desperdicio, mediante la ampliación de la base con nuevos recursos alimentos en particular aquellos que no compitan con la alimentación humana (Wadhwa, 2013).

Este escenario ha llevado a revalorizar la importancia de la Agricultura Familiar (AF), la cual incluye en forma genérica a la producción vegetal y animal como un sector fundamental en el abastecimiento

de alimentos para la sociedad, y más aún, como actor protagónico en la lucha contra la inseguridad alimentaria. En la actualidad, los modelos de producción porcina persiguen una mayor sostenibilidad optimizando el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. Con relación a esto, las razas criollas colombianas, perfectamente adaptadas a las variadas condiciones agroecológicas del país constituyen un valioso reservorio genético al que podemos recurrir para desarrollar nuevas estrategias productivas que mejoren la eficiencia alimenticia, aumenten la resiliencia animal y potencien la rentabilidad de las explotaciones.



Foto: Lorena Mestra Vargas

Capítulo III

Generalidades del cultivo de la Batata (*Ipomoea batatas* Lam)

La batata es conocida como camote y boniato, en los países de habla hispana, yeti en Paraguay, kumara en Perú, Cara o jética en Brasil. La designación en otros idiomas es; "Batata doce" en portugués, "Batata" en italiano, "Patate Douce" en francés y "Sweet potato" en inglés (Cusumano y Samudio, 2013).

Origen y distribución

La batata se encuentra dentro de las especies originarias del X genocentro de las plantas cultivadas conformado por: México, América Central y las Antillas. Algunos investigadores la consideran una especie originaria también de América del Sur por el hallazgo de batatas fósiles en las tumbas de la Puna de Chilca (Perú), con una antigüedad de más de 10.000 años (Cusumano y Samudio, 2013).

Descripción de la planta de batata

La batata es un cultivo que se adapta bien a los suelos sueltos, porosos y con buen drenaje (García-Méndez et al., 2016), se propaga de modo vegetativo, no obstante, se cultiva como planta anual. La planta es por lo general de hábito rastrero con tallos que se extienden horizontalmente sobre el suelo desarrollando un follaje relativamente bajo. Las raíces tuberosas o batatas, que constituyen el objeto del cultivo comercial, se originan normalmente en los nudos del tallo que se encuentra bajo tierra. Las hojas se distribuyen en espiral en los tallos y el tamaño varía ampliamente según la especie. La lámina puede variar de profundamente dentada o lobulada a ancha y entera; la forma, el tamaño, largo del pecíolo y forma de las hojas pueden también ser diferentes en una misma planta; su color es por lo común verde, pero a veces se presenta una pigmentación púrpura, especialmente a lo largo de las venas y pueden tener diversos grados de pubescencia. Se pueden diferenciar cuatro tipos generales de plantas: erecta, semierecta, extendida y muy extendida. La batata se destaca por sus cualidades como un alimento funcional por su alto contenido de fibra dietética, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes.



Figura 6. Hábito de crecimiento de la Batata. a. Muy extendida; b. Semierecta.

Foto: Martha Santana

Las flores se encuentran agrupadas en inflorescencias del tipo de cima bípara, con raquis de hasta 20 centímetros de longitud, de forma acampanulada (figura 7) y presentan colores que varían de un verde pálido hasta un púrpura oscuro.



Figura 7. Flor acampanulada de la batata.

Foto: Abelardo Díaz Cabadíaz

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Convolvulaceae

Tribu: Ipomoeae

Género: Ipomoea

Especie: Ipomoea batatas L (Lam) (Huamán, 1992)

En Colombia el cultivo de la batata se produce en pequeñas explotaciones agrícolas, especialmente en la zona Caribe, donde predomina el bajo uso de tecnologías, presentándose rendimientos de tan solo 6.3 t ha-1; sin embargo, el potencial del cultivo debido a las condiciones climáticas ha permitido el desarrollo de nuevas variedades que han exhibido un rendimiento alrededor de 20 t ha-1,

evidenciando la riqueza varietal que se encuentra en Colombia, gracias a la alta diversidad genética de batata (Rosero-Alpala et al., 2019).

Variedades de batata en Colombia

En el centro de investigación Turipaná de AGROSAVIA (Colombia) en el año 2012 se contaba con un banco de germoplasma de batata compuesto por materiales procedentes del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), y el CIP (Centro Internacional de la papa) y otros lugares (figura 8); con estos un equipo de investigación inició la evaluación que permitió el registro de dos variedades de batata de color naranja para exportación, la batata Agrosavia Aurora y Agrosavia Ambarina.

Además, se hizo la colecta de materiales en la región Caribe y Andina. Con la información obtenida de las entrevistas y aplicación del cuestionario diseñado por el CIP en 1991, que contempló sitios de recolección, germoplasma, hábitats y caracterización de agroecosistemas, se evaluó el estado de conservación de la batata *in situ* en Colombia, considerando su condición de especie nativa y posible centro primario de diversidad;Los resultados evidenciaron una amplia distribución espacial y altitudinal en ambas regiones y su presencia en diversas condiciones topográficas y edáficas, donde fue identificada tanto en hábitats silvestres como cultivados, ya fuera como germoplasma silvestre o como variedades locales, asociada a cultivos convencionales en cada región y reconocida indistintamente como alimento o maleza.

Agrosavia reconoce la invaluable contribución de los agricultores y las comunidades en la preservación *in situ* del germoplasma y su conocimiento asociado. Las dos regiones exploradas muestran una amplia presencia de accesiones de batata, lo que demuestra el reservorio del acervo genético de este cultivo y la necesidad de protegerlo en los esfuerzos nacionales de conservación. La información del estudio se puede obtener en la publicación “Assessment of the Current State of *In Situ* Conservation and Use of Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) in Colombia”, disponible en: https://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cuag.12293

Actualmente Agrosavia con los productores y aliados continúa realizando las investigaciones que permiten el desarrollo de este cultivo en Colombia con el fin de contribuir al mejoramiento de la nutrición humana y animal y también como cultivo de exportación.



Figura 8. Accesiones del banco de germoplasma de Batata en el C.I. Turipaná.

Foto: Martha Santana

Recomendaciones y protocolos de siembra y manejo de cultivo de batata variedad Agrosavia-Aurora

Las recomendaciones de manejo del cultivo pueden consultarse en la página web de agrosavia, ingresando por el link hhtps:// www.agrosavia.co, en el menú de productos y servicios, ofertas tecnológicas, línea agrícola, raíces y tubérculos, recomendaciones protocolos y metodologías desde los siguientes enlaces para **Recomendaciones de épocas de siembra:** https://goo.su/UpZq9. **Recomendaciones de densidad de siembra:** https://goo.su/Gf7BPK. **Recomendaciones para el Control de malezas:** https://goo.su/zKUzRc

Usos y procesamientos industriales de la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam)

La batata es una importante fuente de nutrientes además contiene compuestos bioactivos potencialmente beneficiosos para la salud con especial interés para el mercado de alimentos funcionales (Grace eta l., 2015; Cui et al., 2020) en la industria textil, de papel y en la de polímeros. Los tubérculos de raíces de batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) son en muchos países; un alimento básico, un alimento alternativo o un ingrediente de alimentos para animales. Respecto a los principales usos y subproductos derivados, a nivel industrial, la batata es ampliamente procesada para la extracción de almidón, la obtención de subproductos de destilería, la elaboración de bebidas (alcohólicas o no), de biocombustibles, bioplásticos, y otros subproductos alimenticios como productos de panificación, harinas y preparados en polvo, como complemento en algunas harinas de cereales, purés, salsas y condimentos que a menudo implican un proceso de calentamiento (cocción, escaldado o fritura). Los principales usos y tecnologías de procesamiento para convertir las batatas en ingredientes funcionales y en alimentos y productos industriales se resumen, en la figura 9.

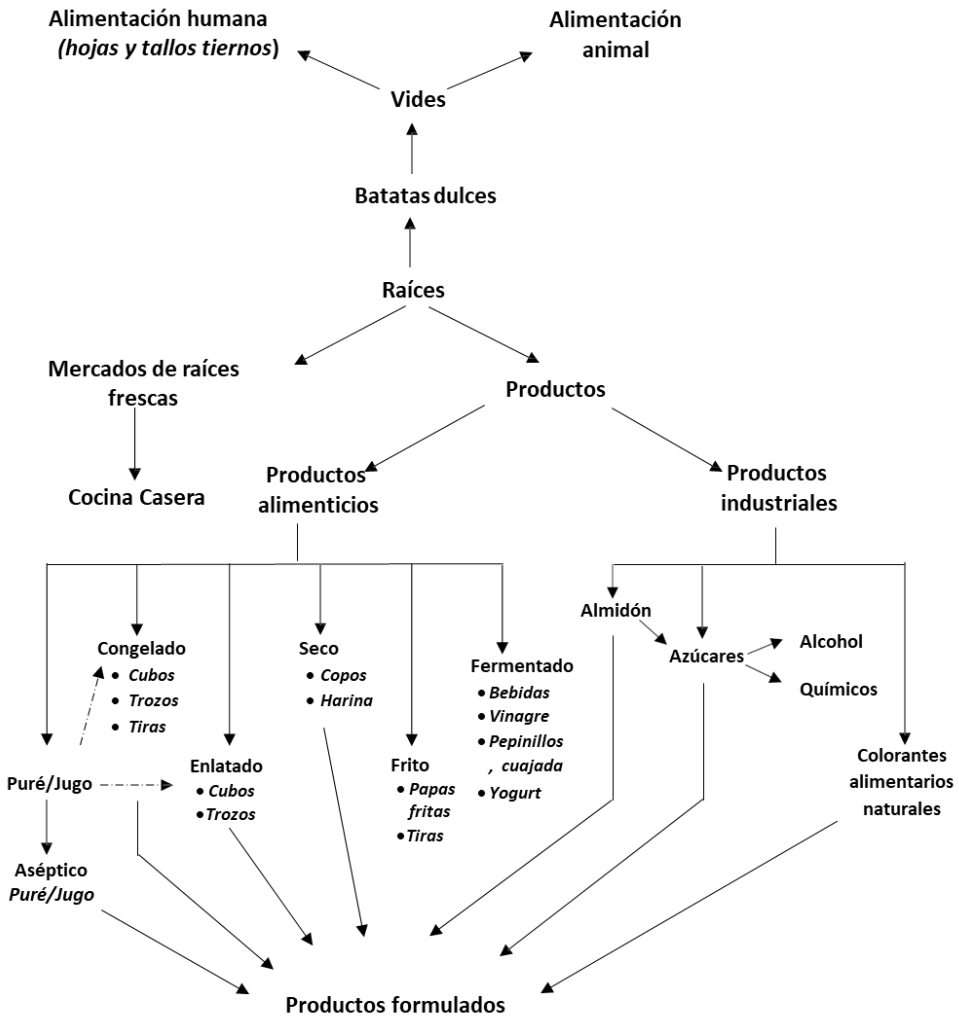


Figura 9. Diferentes usos y tecnologías industriales de la batata.

Fuente: Elaboración propia con base en Truong et al., (2018).

Capítulo IV

Escenario actual de uso y producción de batata (*Ipomoea batatas* Lam) para la alimentación animal

La versatilidad de la batata permite que todo lo que produce de biomasa sea aprovechable, como los tubérculos remanentes o excedentes de la cosecha de raíces no comerciales o que no cumplen con los estándares requeridos para el mercado, así como las hojas (follaje) que provienen de la fase agrícola se destinan a la alimentación animal, en forma fresca o ensilada o se desecan al sol. El principal problema con los subproductos de la batata es su alto contenido de humedad, lo que limita su vida útil, ya que el moho y las bacterias se desarrollan fácilmente, limitando su seguridad como ingrediente de alimentos (Salazar et al., 2010). Estas raíces de origen tropical no se pueden almacenar a bajas temperaturas (4 - 10 °C) porque son susceptibles al daño por frío. El almacenamiento debe hacerse a temperaturas entre 12- 14 °C y 85- 90 % HR; el enfriamiento después del curado debe ser rápido y uniforme porque a temperaturas superiores el contenido de humedad puede disminuir y los niveles de azúcar podrían aumentar por efecto de la transformación del almidón en azúcares en algunas variedades como las de color anaranjado (Bach et al., 2021). Los cambios anteriores causan ablandamiento y pérdidas de peso de la raíz tasadas en 5 a 10%, comparada con las raíces frescas (Cobeña et al., 2017).

Desde décadas anteriores los subproductos, remanentes y forraje de la batata han sido destinados para la alimentación de animales, y en monogástricos principalmente como sustituto de los granos (maíz) o ingredientes de compuestos comerciales. El valor económico de la batata como alimento animal solía ser discutible porque producirlos al 30% de MS era tan costoso como importar el grano al 89% de MS (Woolfe, 1992), sin embargo, las nuevas variedades ahora producen más energía comestible por hectárea por día que cualquier otro cultivo alimentario importante y un 30 % más de almidón por unidad de área que el maíz (Chittaranjan, 2007).

Perfil nutricional de la batata: Raíces y Forraje aéreo

Las principales partes de la planta de batata corresponden a forraje aéreo y raíces de diferentes variedades, coloración y rendimiento, existiendo algunos materiales con mayor aptitud forrajera que otros. Tanto las raíces como el forraje aéreo de la batata (*Ipomoea Batatas* (L) Lam) son nutricionalmente valiosas como fuente de alimentación humana y animal. Según la variedad, la edad de la planta, el clima, y la tecnología de procesamiento, existe una variación considerable en la composición química de la raíz y las hojas de batata.

Raíces: La batata es un tubérculo de alta humedad, que en base seca contiene entre 80-90% de carbohidratos, de los cuales entre un 60 y 70% es almidón y la concentración de sus carbohidratos varía con el cultivar, la madurez y el tiempo de almacenamiento (Akoetey et al., 2017). El valor energético está entre 3.160 y 4.500 Kcal/kg de MS. Contiene aminoácidos como lisina, vitaminas, carotenoides, polifenoles y minerales, principalmente potasio, magnesio, hierro, cobre y zinc. En valor vitamínico, se destaca su alta composición en la provitamina A (betacaroteno), C (ácido ascórbico) y E (tocoferol). Cuanto más amarillenta o anaranjada sea su raíz, mayor es el contenido

de betacaroteno. Su sabor dulce se atribuye a sus concentraciones de sacarosa, glucosa y fructuosa. Sus ácidos grasos principales son el linoleico, esteárico, y palmitoleico. Además, posee gran cantidad de fibra digerible (Martí *et al*.,2014).



Figura10. Raíces de batata.

Foto: Lorena Mestra Vargas

Forraje aéreo (follaje) de batata: El follaje es muy valorado para la alimentación animal debido a su bajo costo; además, posee importantes niveles de proteína, fibra dietaría de buena calidad, vitaminas, minerales, pigmentos, y cantidades considerables de compuestos fenólicos bioactivos (polifenoles) con propiedades antioxidantes. En estudios realizados por Sun et al., (2014) se caracterizaron los principales compuestos fenólicos de las hojas de batatas: ácido 5-O-cafeoilquínico, ácido 3-O-cafeoilquínico, ácido 4-O-cafeoilquínico, ácido cafeico, ácido 3-O-cafeoilquínico, ácido 4-O-cafeoilquínico, ácido cafeico, ácido 4,5-di-O-cafeoilquínico, ácido 3,5-diO-cafeoilquínico, ácido 3,4-di-O-cafeoilquínico y ácido 3,4,5-tri-O-cafeoilquínico. Los mismos autores también informaron un nivel total de polifenol de 12.46g $100g^{-1}$. La composición químico-nutricional, de minerales y vitaminas disponibles en raíces y follaje frescos de batata se presentan en Tablas 5, 6, 7 y 8.



Figura 11. Forraje de batata.

Foto: Lorena Mestra Vargas

Tabla 5. Composición química y valor energético de raíces tuberosas y forraje de batata

Nutriente (%)	**[1]Raíces**		**[2]Forraje**	
	Rango	**Media**	**Rango**	**Media**
Materia seca	86,1 - 93,2	88,0	84,0 - 92,6	88,5
Proteína cruda	3,0 - 6,0	4,6	7,6 - 21,7	13,2
Fibra cruda	2,0 - 3,7	2,8	12,2 - 23,7	18,0
FDN	5,2 - 15,7	10,4	28,4 - 50,2	40,1
FDA	3,4 - 5,7	5,8	25,6 - 40,1	32,2
Lignina	0,1 - 1,8	0,7	6,8 - 29,4	11,3
Extracto etéreo	0,5 - 2,1	1,3	1,0 - 5,4	2,8
Cenizas	2,4 - 7,1	3,1	5,6 - 16,6	11,8
Energía (Kcal/kg/MS)	3,9 - 4,5	4,15	-	-
Almidones	-	69,3	-	-

Fuentes: [1]Heuzé et al., 2020. [2]Heuzé et al., 2017

Tabla 6. Contenido de macrominerales (g/kg/ms) y microminerales (mg/kg/ms) de raíces tuberosas y forraje de batata

Constituyente	**[1]Raíces**	**[2]Forraje**

Macrominerales (g/kg/MS)	Rango	Media	Rango	Media
Calcio	1,0 - 4,0	1,7	8,0 - 13,9	12,4
Fósforo	0,9 - 2,2	1,6	2,7 - 4,6	3,1
Potasio	4,1 - 12,8	9,8	8,2 - 35,6	14,2
Sodio	1,5 - 2,6	1,9	3,6 - 3,7	3,7
Magnesio	0,6 - 1,2	0,9	4,5 - 8,3	7,0
Microminerales *(mg/Kg/MS)*				
Manganeso	3,0 - 5,4	4,0	107 - 164	131
Zinc	16 - 54	43	21 - 91	45
Cobre	5,0 - 9,0	7,0	5,0 - 22,0	11,0
Hierro	13 - 62	36	-	1960

Fuentes: [1]Heuzé et al., 2020. [2]Heuzé et al., 2017

Tabla 7. Contenido de aminoácidos (%proteína) de raíces tuberosas y forraje de batata

Constituyente	[1]Raíces		[2]Forraje	
Aminoácidos (% proteína)	**Rango**	**Media**	**Rango**	**Media**
Arginina	3,3 - 4,0	3,6	5,2 - 6,8	6,0
Acido glutámico	10,9 - 13,4	12,2	6,4 - 9,6	7,9
Glicina	4,4 - 5,2	4,7	4,9 - 7,3	5,5
Histidina	3,0 - 3,8	3,4	1,1 - 2,0	1,4
Isoleucina	3,8 - 4,6	4,1	4,4 - 5,6	5,1
Leucina	4,9 - 5,8	5,4	7,5 - 9,6	8,6
Lisina	2,6 - 5,5	3,6	2,3 - 4,0	3,6
Metionina	0,9 - 1,5	1,2	0,5 - 2,0	1,1
Fenilalanina	5,3 - 6,8	5,9	4,5 - 5,6	5,1
Treonina	4,7 - 5,9	5,8	4,4 - 5,4	5,0
Valina	4,9 - 6,0	5,3	5,2 - 6,3	5,7

Fuentes: Elaboración propia a partir de [1]Heuzé et al., 2020. [2]Heuzé et al., 2017

Tabla 8. Contenido de vitaminas (mg/kg/ms) de raíces tuberosas y forraje de batata

Constituyente	[1]Raíces	[2]Forraje
Vitaminas (mg)	2,4	11,0
Tiamina	0,078	0,156
Riboflavina	0,061	0,345
Niacina	0,057	0,345
Vit B6	0,209	1,0
Vit A (UI)	14.187	3.378
Vit E (α - Tocoferol)	0,26	-

Vit K (µg)	1,8	302
Folato (µg)	11,0	1,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Truong et al.,2018

Coloración de la pulpa de raíces de batata, composición proximal y usos principales

El propósito de uso de los cultivares de raíces de batata (Industrial, tradicional para consumo humano o animal) varía en función de la concentración de la materia seca (CMS) y de los nutrientes.

La pulpa de las raíces de batata puede ser de color blanco, crema, amarillo, naranja o morado y dependiendo del tipo de compuestos presentes tales como antocianinas y carotenos o de su ausencia en el caso de las variedades blancas (Cuzumano y Zamudio, 2013). De acuerdo con las características de CMS en la pulpa, existen tres principales grupos de cultivares: (i) cultivares con muy alta CMS y almidón (≈25 – 35%) generalmente son de color blanco o crema en su pulpa, y utilizados para la elaboración (tradicional o industrial); (ii) cultivares con alto CMS (≈20 - 30%), bajo contenido de azúcar y alto contenido de provitamina A carotenoides, utilizados para el consumo de raíces frescas (Lebot, 2010; Tumwegamire., 2011), y (iii) cultivares con bajo CMS y alto contenido de azúcar y caroteno que corresponden a las raíces de color naranja intenso para los mercados de exportación, principalmente a los EE. UU. Asimismo, la CMS en la batata puede verse afectada por diferentes factores, como el cultivar (genotipo), área geográfica, cantidad de luz, clima, prácticas culturales y tipos de suelos.

Antecedentes del uso de batata en la alimentación de cerdos

Los residuos de batata (cáscaras, tallos y raíces no comerciales) son un importante recurso de alimentación para cerdos y son una fuente barata de energía (raíces) y proteínas (hojas y tallos). En países como Cuba, Venezuela, Ecuador, Perú y Brasil se han desarrollado estudios tendientes a hacer un aprovechamiento integral del cultivo de batata. En la Tabla 9, se presenta un resumen de las investigaciones realizadas para hacer uso de este cultivo en la alimentación de cerdos, aunque también se puede utilizar en alimentación de aves, ovinos, perros, gatos, bovinos, cuyes.

Tabla 9. Resultados de investigaciones relacionadas con el uso de subproductos de batata en la alimentación de porcinos en diferentes fases productivas

Objetivo de uso y nivel (%) dieta	Respuesta	Referencia
81,6% raíces de batata como principal fuente energética en reemplazo de harina. de maíz en la ración de dietas de cerdos de ceba	Peso final, la ganancia media diaria satisfactoria	Domínguez et al., (2011)
50% de harina de batata como recurso energético en dietas para cerdos, durante las fases de crecimiento y engorde	Eficiencia en la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso final	Tepper et al., (2012).

48% de harina de batata en sustitución de maíz dietas de cerdos en crecimiento y terminación	Aumento significativo en el consumo diario de la ración, ganancia de peso y conversión alimenticia de animales	Rodrigues et al., 2018
25 y 50 % de reemplazo en concentrado de fermento de batata dulce como aditivo nutricional en lechones destetos	Resultados de desempeño satisfactorio en ganancia de peso, conversión alimentar, consumo de ración y score fecal	Guimarães Cunha et al., (2021)
Dietas a base de raíz de batata + follaje de batata deshidratado, en niveles de 20, 40 y 60% en raciones de cerdas en gestación y lactancia	Dietas con inclusión de follaje deshidratado de batata, hasta 40 %, durante las etapas de gestación y lactancia, generan variables de comportamiento productivo, aceptables.	García et al., (1997)

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones para el suministro de raíces y forraje frescos de batata en la alimentación de cerdos

En las investigaciones realizadas por Gonzales et al., (1999) recomiendan suministrar las raíces y forrajes frescos de batata para la alimentación de cerdos de acuerdo con las siguientes indicaciones:

El forraje de batata fresco se puede suministrar en forma *ad libitum* y complementado con un suplemento con 15 % de proteína, a razón de 1.600 g/día sin afectar el comportamiento productivo

En arreglos alimenticios el forraje y raíces de batata se pueden utilizar en forma integral permitiendo incorporar la batata en la etapa de crecimiento, en rangos de 65% (15 % follaje –50 % raíz) a 81% (15 % follaje y 66 % raíz)

La batata fresca se puede suministrar en raciones para el engorde de cerdos en reemplazo del 30 - 75% del maíz y las raíces deshidratadas tienen aproximadamente el 90% del valor alimenticio del maíz cuando constituyen hasta el 60% de la ración

Así mismo estos autores enfatizan en que las dietas basadas en raíz y forraje exclusivamente no son adecuadas para la alimentación de cerdos en fase de engorde.

Rendimientos de forraje y raíces de batata de las variedades desarrolladas por AGROSAVIA

Las variedades de batata Agrosavia-Ambarina y Agrosavia Aurora, son variedades de pulpa anaranjada, provenientes de la colección de batata custodiada por AGROSAVIA en su Centro de

Investigación Turipaná. Su germoplasma fue obtenido tanto a través colectas nacionales como de intercambio de germoplasma con institutos internacionales, los cuales se han basado en el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRF), y el Acuerdo Normalizado para Transferencia de Material. Los dos genotipos registrados por Agrosavia son el resultado de colectas en fincas de agricultores que, tras evaluaciones en campo entre los años 2010 a 2013, demostraron su adaptación a las condiciones del trópico subhúmedo. Luego de superar las pruebas preliminares entre 2013 y 2014, se les aplicaron ensayos avanzados de rendimiento en 2014; las pruebas regionales (ciclos I y II) se realizaron en 2015 (https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35642); y la evaluación agronómica se completó durante 2016. Paralelamente, entre 2013 y 2019 se analizaron sus aplicaciones en dietas para cerdos.

A continuación, se indican los resultados de evaluaciones agronómicas para la producción y rendimiento de raíces y forraje de ambas variedades de batata AGROSAVIA Ambarina y Aurora.

Producción de forraje y raíces de batata AGROSAVIA-AMBARINA

La producción de raíces de este material es de 11 t/ha, siendo clasificadas como raíces de primera (de exportación) el 45%. La cosecha puede ser manual o mecánica, previamente se deben cortar los tallos, y demás partes aéreas del cultivo, a una altura máxima de 20 cm del suelo. Posteriormente, se procede a la remoción extracción de las raíces con cosechadora mecánica o de forma manual https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/l%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/ra%C3%ADces-y-tub%C3%A9rculos/material-reproductivo/363-variedad-de-batata-agrosavia-ambarina El contenido promedio de materia seca es de 32 %, de cenizas superior al 4 %, un 8 % en proteína cruda, un nivel adecuado de fibra 4,5% y un excelente contenido de carotenos totales y betacarotenos (220 y 204 ug/g, respectivamente). El material forrajero está constituido por las raíces que presentan daños mecánicos durante la cosecha, las raíces muy pequeñas que no son comercializables o los excedentes se pueden utilizar en la unidad productiva (UP) de manera fresca o conservada en la alimentación de distintas especies y al igual que con Ambarina, Agrosavia cuenta con estudios que soportan su uso en etapas de crecimiento, levante-ceba en cerdos criollos y comerciales de los cuales han hecho estudios de reemplazo de proporciones de concentrado y de proporciones del maíz constituyente de la dieta formulada, evaluando variables zootécnicas, de la canal y de la carne (Agrosavia, 2017).

Los rendimientos de forraje 19,86 + 2,15 t de MS/ha/corte (ICA, resolución 00019138 del 15 de enero de 2018). La proporción de forraje respecto a la producción total de materia seca de la planta corresponde al 64,36%.



Figuras 12. Producción de bata en AGROSAVIA. a. Forraje de batata Agrosavia-Ambarina; b. Raíces de batata Agrosavia-Ambarina.

Foto: Archivo AGROSAVIA

Producción de forraje y raíces de batata Agrosavia-Aurora

La producción de raíces es superior a 20 toneladas (t), siendo clasificadas como raíces de primera (de exportación) 45%. La cosecha se puede hacer de modo manual o mecánico; previamente se deben cortar los tallos, y demás partes aéreas del cultivo, a máximo 20 cm del suelo. Posteriormente, se procede a la remoción y extracción de las raíces con cosechadora mecánica o de forma manual (figuras 13 y 14) (https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35642). El material forrajero, las raíces que presentan daños mecánicos por la cosecha, las raíces muy pequeñas que no son comercializables o los excedentes (figura 15) se pueden utilizar en la unidad productiva (UP) de manera fresca o conservada en la alimentación de distintas especies, por ejemplo, los cerdos para los cuales Agrosavia ya cuenta con estudios que lo soportan su uso en etapas de crecimiento, levante-ceba (Agrosavia, 2017).

Los rendimientos de forraje son de 15,11+0,8 t de MS/ha/corte (ICA, resolución 00019139 del 15 de enero de 2018). La proporción de forraje respecto a la producción total de materia seca de la planta corresponde al 42,86%.



Figura 13. Cosecha manual de batata Aurora.

Foto: Remberto Martínez Figueroa



Figura 14. Cosecha manual de raíces de batata Aurora.

Foto: Remberto Martínez Figueroa.



Figura 15. Remanentes de la cosecha de batata.

Foto: Remberto Martínez Figueroa

A continuación, se describe la composición nutricional de forraje y raíces de batata de variedades Aurora y Ambarina

Tabla 10. Composición química promedio (%) de forraje de batata Agrosavia Aurora y Agrosavia Ambarina en varias localidades del Caribe colombiano, 2015

Material	Variable	MS	Cenizas	PC	FDN	FDA	EE
Aurora	Promedio	27,29	10,08	16,75	42,10	31,14	2,64
	Desv	24,88	2,40	5,73	6,72	3,71	0,69
Ambarina	Promedio	25,97	11,13	19,0	42,69	31,14	2,44
	Desv	24,83	2,21	6,19	7,64	5,35	0,78

Fuente: Elaboración propia con base en datos de campo

Capítulo V.

Procesos y métodos de conservación de raíces y forraje de batata (*Ipomoea batatas* (L) lambs) para alimentación animal

En la búsqueda de alternativas energéticas que no compitan con la alimentación humana y que contribuyan a reducir los costos de la alimentación animal, la batata tiene grandes posibilidades de uso estando llamada a reemplazar los cereales en la industria de alimentos para animales gracias a su adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, su alta producción de biomasa, y características nutricionales para la alimentación animal. Un uso masivo de batata puede reducir la demanda de cereales y contribuir a regular el precio internacional. Córdoba es el tercer productor de cerdos del país con una población importante de los cerdos, producidos bajo sistemas de traspatio y comercial familiar (ICA, 2022 [Tabla 1]) y en algunas granjas tecnificadas; tanto el follaje como la raíz de batata pueden aprovecharse en la alimentación humana y animal (cerdos).

La raíz de batata contiene un alto valor energético en la dieta de animales, además de energía provee ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina, además de vitamina B5, B6, ácido fólico y fibra. Sin embargo, es un alimento restringido en ciertos nutrientes esenciales, su aporte en grasa es muy bajo (< 1%), de modo que dietas ricas en estos alimentos pueden presentar deficiencias en ácido linoleico, bajo contenido de proteína (Tabla 5) y en minerales esenciales, excepto potasio y hierro (Tabla 6) por lo que su eficacia energética va a depender en gran medida de una adecuada complementación con otras fuentes de nutrientes. El follaje y remanentes de raíces de batata se pueden utilizar como forraje para la producción de ganado vacuno, ovino, caprino, porcino, avícola y cunícola, sin ningún efecto adverso sobre el crecimiento, y la producción de leche y carne. En el período de escasez, la raíz de batata procesada y el ensilaje se pueden utilizar como alimento adecuado para animales, asimismo, ayuda a ahorrar costos de producción para los pequeños productores y mantiene de manera eficiente la baja producción de animales.

En países de Asia, África y América Latina la batata se ha utilizado para la alimentación de cerdos desde hace muchas décadas, en forma seca, ensilada, en forma de harina, peletizada, cocida; no obstante, los reportes son más referidos al comportamiento animal al recibir las dietas que lo contienen lo que hace necesario hacer las pruebas con cada material ya que el valor nutricional es variable entre clones. En general, la composición de la raíz en términos de contenido de almidón y proteína se asemeja al de otras raíces y tubérculos.

Los residuos de batata son alimentos de alta calidad nutricional; sin embargo, son altamente perecederos., están compuestos por raíces no comerciales, hojas y tallos. Para hacer un buen uso de los residuos de batata, estos pueden suministrarse a los animales como alimento de modo fresco, o conservado mediante deshidratación o ensilado. La conservación adecuada de estos residuos puede ayudar a abordar la escasez de alimentos nutritivos durante los períodos críticos y ayudar a hacer frente a las fluctuaciones estacionales de los precios de los alimentos de muchos pequeños agricultores.

A continuación, se describen las técnicas para el procesamiento y conservación de raíces y forraje de Batata.

Ensilaje

El ensilaje es una técnica de preservación de las características nutricionales de un substrato orgánico o forraje cosechado mediante la fermentación en condiciones anaeróbicas en un recipiente hermético sellado («silo») donde las bacterias epifitas ácido-lácticas (BAL) fermentan los carbohidratos solubles, en ácidos orgánicos (láctico y acético) y agua; disminuyendo el potencial de hidrogeno (pH) para de esta manera conservar el forraje ensilado. La compactación del ensilaje es un proceso importante para mejorar su calidad y tiempo de almacenamiento. Mediante la compactación se reducen espacios vacíos en la masa de ensilado, minimizando el deterioro y maximizando la conservación de nutrientes, sin embargo, las enredaderas y hojas de batata son ricas en proteínas, pero bajas en contenidos de carbohidratos fermentables, lo que puede limitar la efectividad de la fermentación si la compactación no se realiza adecuadamente (Hadgu et al., 2015). A continuación, se describen los procesos fermentativos representados en cuatro fases principales (Driehuis et al., 2000) que consisten en varias fases.

1. Fase aeróbica. por lo general ocurre a unas pocas horas posterior al sellado del ensilaje, en que el oxígeno atmosférico atrapado en la masa ensilada se reduce rápidamente debido a la actividad respiratoria de la planta y microorganismos aeróbicos.

2. Fase de fermentación o acidificación. se inicia cuando la masa ensilada se encuentra en un medio anaeróbico, y continúa durante varios días o meses, dependiendo de las condiciones de ensilado. Durante esta fase, diferentes grupos de microorganismos crecen en el medio anaeróbico (BAL, enterobacterias, clostridios y levaduras) y compite por los nutrientes disponibles. En el ensilaje bien conservado, las BAL dominan rápidamente en la fermentación, lo que resulta en una disminución del pH debido a la acumulación de ácido láctico y, en menor medida, de ácido acético formado a partir de azúcares (principalmente glucosa, fructosa y sacarosa).

3. Fase de almacenamiento. Dura de varias semanas a un año o más, siempre que el pH sea lo suficientemente bajo y sin entradas de aire en el ensilaje. El número de microorganismos viables disminuye durante esta fase, los microorganismos tolerantes a los ácidos, como especies de levadura sobreviven este período en un estado casi inactivo, otros, como los clostridios y los bacilos, sobreviven como esporas. Algunos microorganismos especializados, como *Lactobacillus buchneri,* continua activo a un nivel bajo (Driheuis et al., 1999). Durante la segunda y terceras fases, una parte sustancial de la fracción proteica del forraje se degrada a péptidos, aminoácidos, aminas y amoníaco por enzimas de origen vegetal y microbiano reduciendo el valor nutricional del alimento.

4. Fase de deterioro aeróbico. comienza cuando el ensilaje se expone a aire después de abrir el silo. Sin embargo, generalmente comienza antes de este momento, debido al daño del revestimiento que sufren los materiales de plástico que a menudo son utilizados, y no son completamente herméticos. El grado de penetración de aire en la masa de ensilado depende principalmente de la porosidad y densidad del material, gradientes de presión en el silo, y la tasa de remoción de ensilaje (Honig et

al., 2000). El proceso de deterioro aeróbico lo inician las levaduras tolerantes a los ácidos y ocasionalmente por bacterias del ácido acético, estos microorganismos oxidan los ácidos conservantes presentes en el ensilado, aumentando el pH y la proliferación de otros microorganismos aeróbicos.

El ensilaje de batata representa una tecnología conveniente y económica para mitigar la escasez estacional de alimentos, así mismo el desperdicio de recursos alimenticios para proporcionar a los animales una variedad de nutrientes requeridos, especialmente cuando hay déficit en la dieta, ayuda en las fluctuaciones de los precios del producto y a reducir los costos de la alimentación que experimentan muchos de los pequeños productores agropecuarios. También brinda la oportunidad de reducir el desperdicio en los mercados urbanos y a nivel doméstico, así como permite la apertura de oportunidades comerciales y empleo directo para jóvenes y mujeres rurales.

Elaboración de ensilaje de forraje de batata

Cuando se establece un cultivo de batata para la elaboración de ensilaje y para aprovechamiento de raíces, previamente se deben cortar los tallos y demás partes aéreas del cultivo a máximo 20 cm del suelo; posteriormente, se procede a la remoción y extracción de las raíces con cosechadora mecánica o de forma manual. Si la finalidad del cultivo es la producción de follaje, se pueden realizar aproximadamente cuatro cortes por año.

Cuando el cultivo tiene como objetivo la comercialización de raíces, previo a la cosecha de raíces, se realiza la poda de los tallos con el follaje y se dispone en un sitio para su procesamiento. También después de 75 días de plantación del cultivo se puede realizar una poda de los tallos de 15 cm y procesarlos. Esta poda previene el crecimiento excesivo de los tallos y endurece el tubérculo.

Pasos para la elaboración de ensilaje de forraje de batata

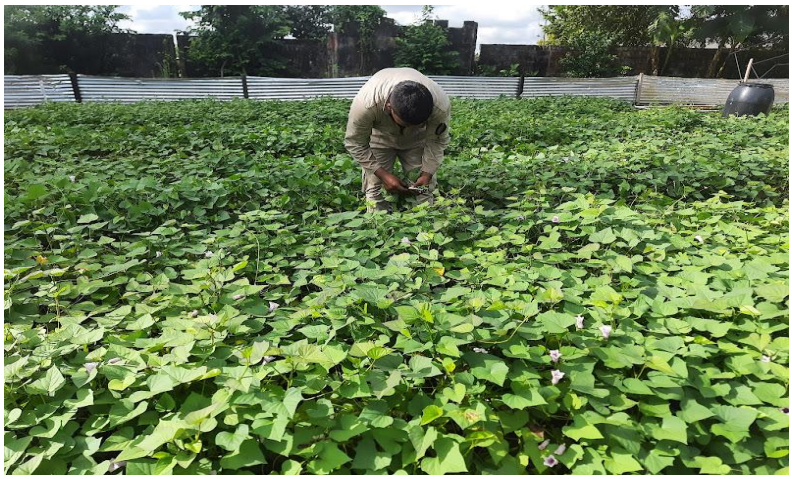


Figura 16. Cultivo de batata para ensilar.

Foto: Lorena Mestra Vargas

1. corte de 100 kg de forraje posterior a 75 días de la siembra



Figura 17. Corte del forraje de batata del área seleccionada.

Foto: Lorena Mestra Vargas

2. Transporte del forraje cosechado para el pesaje



Figura 18. Acarreo del forraje cosechado para pesaje con báscula de gancho.

Foto: Lorena Mestra Vargas

4. Extienda el forraje pesado en polisombra de 4x4mts para un ligero pre-secado solar del forraje antes de ensilar teniendo la precaución de que las capas no queden gruesas.



Figura 19. Forraje de batata extendido en polisombra.

Foto: Lorena Mestra Vargas

3. Pique el forraje (hojas y tallos) en tamaño no mayor de 2.5 cm de partícula para facilitar la compactación y reducir la cantidad de aire retenido en el forraje. Utilice picadora de forraje o machete. posteriormente se debe pesar el forraje picado.



Figura 20. Picado del forraje de batata. a. Picado con máquina; b. Picado manual.

Fotos: Lorena Mestra Vargas

4. Sobre el forraje picado si así lo prefiere agregue aditivos, alimentos energéticos o fuentes ricas en carbohidratos que contribuirán al desarrollo de microorganismos anaeróbicos y bacterias ácido lácticas para el proceso fermentativo del forraje y mejorar el valor nutricional del ensilaje. Estos aditivos pueden ser melaza de caña y harinas o salvado de cereales (maíz. sorgo. avena. trigo. entre otros). Estos últimos, además de proveer un buen aporte de carbohidratos, reducen las pérdidas por efluentes líquidos al aumentar el contenido de materia seca del forraje ensilado. Para la adición de melaza al ensilaje esta deberá mezclarse con agua en la proporción de 1: 2 para que sea más fácil de distribuir. Prepare la mezcla de melaza y agua como enriquecedor energético. mezclando 10 kg de melaza con 2 a 3 veces más de agua hasta que la mezcla pueda fluir fácilmente.



Figura 21. Preparación de melaza, adición y homogeneizado al forraje de batata.

Foto: Lorena Mestra Vargas

5. Empaque a presión (ausencia de aire) y conserve el material picado y mezclado en bolsas limpias de polietileno de calibre 4 y capacidad de 50 kg o con tanques con tapa hermética. Agregue cantidades pequeñas del material a la bolsa y comprima firmemente para expulsar todo el aire. Puede pararse dentro de la bolsa o tanque y comprimir la mezcla hacia abajo a fondo con los pies. Repita los pasos hasta llenar la bolsa o el tanque.



Figura 22. Empaque del forraje en bolsas plásticas.

Foto: Lorena Mestra Vargas

6. Sostenga firmemente la parte superior de la bolsa de polietileno con capacidad de 50 kg y compacte de forma manual o mediante pisoteo el forraje firmemente para eliminar cualquier espacio de aire.



Figura 23. Compactación del forraje ensilado por presión.

Foto: Lorena Mestra Vargas

7. Amarre la bolsa firmemente con un hilo de sisal o polipropileno (200g) y almacene el ensilaje en un lugar con cobertizos para protegerlo.



Figura 24. Cierre de ensilaje y almacenado.

Foto: Lorena Mestra Vargas

Deje el material en reposo durante mínimo 21 días en los recipientes. en un lugar seguro. Generalmente el proceso de fermentación se ha completado a partir de los 30 días. Posterior a este tiempo puede abrir las bolsas para verificar si el ensilaje está listo; si el ensilaje tiene un olor dulce y se ha vuelto de color amarillo o marrón. con olor agradable y un pH de 4 entonces está listo para su utilización.

Suministro a los animales. Al utilizar el ensilaje para la alimentación de los animales planifique la cantidad diaria a retirar del tanque o la bolsa de tal forma que al abrir retire la cantidad suficiente y tape rápidamente el tanque o vuelva a atar la bolsa para asegurarse de que no entre aire ni agua. En ausencia de aire el ensilaje puede conservarse hasta por un año.

Recomendaciones suministro de ensilaje de forraje de batata en cerdos

El ensilaje de batata se puede ofrecer a cerdos a partir de los cuatro meses de edad con peso mayor a 25 kg, a cerdas que no han tenido su primer parto (nulíparas) y verracos en cualquier momento antes o después de alimentar con sus raciones diarias habituales e inclusive para el mantenimiento de los animales, principalmente en la época seca del año. El ensilaje de batata (alimento principal) debe ser el 60 - 70 % del alimento total, siendo el resto suplemento proteico y núcleo de vitaminas y aminoácidos. Asimismo, se recomienda proporcionar agua limpia y cantidad suficiente para el consumo de los animales.

El consumo de alimento de un cerdo varía del 3 al 6 % de su peso corporal por día. Bajo esta condición se puede planificar el consumo de ensilaje de batata en el sistema, basándonos en el dato del peso corporal de animales según categoría productiva. Así mismo, se recomienda pesar a los animales semanalmente para una mayor seguridad de la cantidad de alimento a suministrar.

Tabla 11. Ración de ensilaje (kg/animal/día) según su fase productiva

Fase productiva	**Intervalo de peso (kg)**	**Ración (kg/día)**
Inicio	15 - 30	0.45 - 0.9
Levante -Crecimiento	50 - 70	1.5 - 2.1
Engorde	70 - 100	2.1 - 3.0
Reproductores	>100	3.0 - 4.0

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de ensilaje de raíces de batata

Las raíces de los materiales Aurora y Ambarina se pueden cosechar de forma manual o mecanizada en cultivos a partir de los 90 a 120 días de siembra (Rosero. et al., 2019). Las raíces para alimentación

animal se seleccionan de acuerdo con su tamaño (longitud. 5 - 7.5 cm) y forma. Generalmente se utilizan raíces con cáscara más gruesas o deformes. El lavado se hace a mano con agua a presión o con el uso de lavadoras mecánicas, se les eliminan las partes podridas o dañadas, se pican o trocean en pequeñas porciones (3 a 5 cm). Posteriormente se agregan aditivos con alto contenido de materia seca, ya que las raíces no se pueden procesar tan fácil como el forraje y con el uso de aditivos se evita la fermentación del almidón y azúcares. Posteriormente se procede al empaque del material picado y mezclado con el aditivo en bolsas limpias de polietileno de calibre 6 y capacidad de 50 kg. El ensilaje de raíz presenta buenas características fermentativas y nutricionales y por ello algunos autores indican que también puede prepararse sin aditivos empacándolo en tanques. El ensilaje de raíces de batata se puede conservar hasta 30 días en un área protegida del agua y ataque de roedores a temperatura de 25 - 30º C.

1. Coseche las raíces de batata a los 100 días de establecido el cultivo.



Figura 25. Cosecha de raíces de batata.

Foto: Lorena Mestra Vargas

2. Lave las raíces con agua limpia el tiempo que sea necesario hasta retirarles la tierra y demás partículas de suciedad.



Figura 26. Lavado de raíces de batata

3. Seleccione y clasifique las raíces.



Figura 27. Clasificación de raíces de batata. a. Para consumo humano; b. Para consumo animal.

Fotos: Lorena Mestra Vargas



Figura 28. Picado manual de raíces de batata seleccionadas para ensilaje.

4. Pese las raíces picadas y exponga el material al sol para reducir la humedad por un periodo de 6 horas.



Figura 29. Pesaje de raíces picadas y aplicación de aditivo (salvado de maíz).
Fotos: Lorena Mestra Vargas



Figura 30. Empaque de raíces preparadas con aditivo en bolsas de polietileno (calibre 4).

Foto: Lorena Mestra Vargas

Ensilaje líquido de raíces de batata

Para este tipo de conservación de la raíz de batata se siguen los procedimientos de selección, lavado y picado de las raíces, se depositan en un tanque unos 40 kg de raíces de batata picada en fresco, se agregan 5 litros de melaza, se agrega agua hasta 5 cm por encima del nivel de las raíces, y después

agrega aceite vegetal el cual sella la preparación. Finalmente, se cubre el tanque con una bolsa de plástico para aislarlo de insectos y basura.

Elaboración de ensilaje integral: raíces y forraje de batata

En base seca, el tubérculo de la batata presenta un alto contenido de carbohidratos (80-90%) en forma de almidón (60-70% %) azúcares reductores (5,1 - 14,0 %) y un bajo contenido de fibra cruda (– 4,52 - 6,65%) lo que lo hace un recurso alimenticio energético, con un bajo nivel proteína cruda (PC) (5-10%) (Rodrigues et al., 2016; Endrias et al.,2016). En cambio, el follaje de batata es alto en PC (7,6 - 21,7%), fibra cruda (12,2-23,7%) y cenizas (5,6-16,6 %) (Heuzé et al., 2020; Heuzé et al., 2017) con una digestibilidad in vitro de la MS en general para las especies de 92 y 62 %, para el tubérculo y follaje, respectivamente. La digestibilidad in vitro del forraje varía entre 75 y 82,9% según la variedad de batata evaluada (Ojeda y Cardozo, 2010). En el balance de raciones para cerdos se puede utilizar 3.200 kcal de energía digestible ileal aparente para la raíz (González et al., 1997), mientras que el follaje tiene un nivel aceptable de digestibilidad (Diaz et al., 2013).

El ensilaje es un producto con olor agradable (avinagrado), color amarillo verdoso y/o marrón verdoso, y textura firme, aspectos que revelan que el proceso de fermentación y almacenamiento ha sido adecuado. Para elaborar ensilajes integrales de raíces de batata (RB) y de follaje de batata (FB) para alimentar cerdos se sugieren las siguientes combinaciones: 70, 60, 50, 40 y 30 % de RB con 30, 40, 50, 60 and 70% de FB, respectivamente, sobre la base de materia seca (Hoang et al., 2004). Los ensilajes integrales de raíces y follaje de batata se pueden ensilar eficazmente sin necesidad de aditivos y preservarse hasta 84 días de almacenamiento sin diferencias en la composición de nutrientes, como se evidencia en la Tabla 12.

Tabla 12. Composición nutrientes y minerales en ensilajes integrales de raíces y follaje de batata en diferentes proporciones (%)

Proporciones RB: FB					
Composición (%)	70:30	60:40	50:50	40:60	30:70
Materia seca	19,0	17,9	17,6	16,3	15,2
Proteína	7,9	9,0	10,1	11,2	12,5
NH3-N	2,56	2,58	2,64	2,37	3,09
Fibra en detergente neutro	18,5	21,6	22,1	25,1	27,6
Calcio	0,59	0,66	0,81	0,83	0,93
Fósforo	0,016	0,014	0,022	0,011	0,017

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Hoang et al. (2004)

Ensilaje integral de batata con aditivos. Cuando se dispone de raíces de batata o remanentes no comercializables es posible mezclar una proporción de 75% de forraje, 20% de raíces de batata y 5% de salvado de maíz para preparar el ensilaje, o mezclar distintas proporciones de forraje y raíces y

seguir los pasos del proceso de ensilaje. Se obtiene un producto con buenas características organolépticas y fermentativas (Solís y Ruiloba, 2017).

También se pueden presecar al sol los tallos con hojas molidos, dejar que se enfríen, y luego mezclar con otros ingredientes, en las siguientes cantidades: 93.5 kg del material molido (tallos y follaje), 0,5 kg de sal y 6 kg de harina de yuca, harina de maíz o salvado de arroz y seguir los pasos del proceso de ensilaje. Los aditivos se usan para mejorar las características fermentativas del producto. Es importante que al día siguiente o a los dos días de ensilado se revisen las bolsas y si estas presentan aire, se destapan y se sacae este, volviendo a sellar bien.

Ensilaje de forraje de batata, pasto bermuda y matarratón.

Este ensilaje para cerdos con batata, pasto bermuda y matarratón se prepara utilizando forraje de batata fresco triturado, partes tiernas del matarratón picada, pasto Bermuda tierno y adicionando melaza, como fuente de energía, llenando un tanque con una capa de cada material vegetal y melaza de manera sucesiva. Se extrae el aire para mejorar el proceso fermentativo y evitar putrefacción, se tapa el tambor para evitar entrada del aire (https://www.youtube.com/watch?v=6b7Pwr7RESc) y se deja en reposo tres semanas, obteniéndose un ensilaje de color marrón, olor agradable y un pH de 4, de buena aceptación por los cerdos. Se utiliza para suministro a cerdos de ceba y hembras reproductoras como complemento a la alimentación (Solís y Ruiloba, 2017).

Determinación de calidad pH del ensilaje de raíces y/o forraje de batata en diferentes proporciones en el C.I. Turipaná.

Se evaluó el pH como indicador de calidad de los ensilajes preparados con raíces y/o forrajes de variedades de batata AGROSAVIA Aurora Y Ambarina mediante la técnica de micro silos conservados durante 7, 14 y 21 días obteniendo los resultados que se presentan en Tabla 13.

Tabla 13. Valor promedio de pH obtenidos en ensilajes de variedades de batata en diferentes proporciones de raíces y follaje a los 7, 14 y 21 días

Variedad de batata	**Composición**	**pH evaluado en días**		
		7	14	21
Aurora	Raíz (100%)	3,54	3,39	3,39
	Follaje (100%)	4,12	3,76	3,72
	50%R+50%F	3,54	3,51	3,61
	30%R+70%F	3,94	3,92	3,81
	Raíz (100%)	3,56	3,46	3,83

Ambarina	Follaje (100%)	4,28	4,48	4,52
	50%R+50%F	3,66	3,57	3,73
	30%R+70%F	3,76	3,81	3,41

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que los valores promedios de pH obtenidos en todos los ensilajes fueron inferiores a 5 desde el día 7 después de preparados. **La medición de pH es importante ya que se ha definido que cuando este se encuentra con valor por debajo de 5, el medio no es favorable para el crecimiento y multiplicación de microorganismos como** clostridios, coliformes o bacterias ácidas responsables de causar putrefacción y disminuir la calidad del ensilaje. Los ensilajes con menores valores de pH correspondieron a los tratamientos cuya composición fue 100% raíz y 50% raíz - 50% follaje, ya que estos tienen mayor disponibilidad de carbohidratos que son la principal fuente para el crecimiento de las bacterias ácido-lácticas responsables de la fermentación y olor agradable del ensilaje. Estos resultados coinciden con los reportados por Huong et al (2004), quienes también observaron que al aumentar la proporción de raíces y disminuir la proporción de hojas: tallo, disminuyen los valores de pH del ensilado.

Hojuelas o chips de batata (batata troceada y deshidratada) para la alimentación de cerdos

Las hojuelas o chips de batata son uno de los principales subproductos de este cultivo con amplia aceptación. Para la elaboración de hojuelas a partir de raíces frescas de batata, una vez cosechadas las raíces deben lavarse y dejarse al aire o al sol con el fin de eliminar el agua externa. Como contienen alta humedad (aproximadamente 80% ya que depende de la edad de cosecha y la variedad) deben cortarse en rodajas delgadas de 3 a 5 mm de espesor, depositando aproximadamente 10 kg por metro cuadrado de piso de concreto liso para que las capas queden delgadas, se voltea al material una vez por hora con palas o ganchos. El tiempo de secado dependerá de la frecuencia de volteo y la intensidad del sol, siendo en la zona del Caribe húmedo de 2 o 3 días. El productor puede determinar el punto final cuando al doblar las hojuelas el material se rompe y emite un sonido crocante que coincide con 14 a 16% de humedad. Algunos recomiendan que en el sitio de secado se deje un espacio entre la capa de raíces y el piso para favorecer la circulación del aire y acelerar el secado, evitando la descomposición.

La raíz deshidratada puede sustituir hasta 50 % de la fuente energética tradicional con una reducción de los costos totales de producción de 11.5 %, sin efecto significativo sobre la ganancia diaria de peso y el rendimiento en canal, y sin afectar las características de la canal de los animales (González et al., 1999).

Harina de batata cruda para la alimentación de cerdos

La cosecha, lavado, picado y secado del material es igual al de la elaboración de las hojuelas o chips, una vez se obtienen los chips secos se procede a la molienda en un molino de martillo convencional

para pulverizar el material, hasta obtener una textura harinosa o la harina de batata, presentación que facilita la mezcla más homogénea con las otras materias primas constituyentes de la dieta para los animales.



Figura 31. Molienda de chips secos para la producción de harina de batata.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Capítulo VI

Uso de batata como remplazo de concentrado comercial para alimentación de cerdos en Colombia

En la producción porcícola al igual que en otras especies, es importante tener presente que la alimentación debe cubrir los requerimientos nutricionales del animal en cada fase productiva para alcanzar los indicadores establecidos. Los cerdos criollos tienen un potencial genético para su desarrollo que amerita la evaluación de la alimentación de modo diferente al cerdo comercial. En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el Centro de Investigación Turipaná reemplazando proporciones de concentrado comercial por forraje de batata y harina de raíz batata.

A nivel nacional en la región Caribe colombiana el departamento de Córdoba es el tercer productor de cerdos del país con una población importante producida en traspatio y comercial familiar y algunas granjas tecnificadas (ICA, 2022); tanto el follaje como la raíz de batata pueden aprovecharse en la alimentación humana y animal (cerdos). En Colombia existen grandes perspectivas de exportación de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) de pulpa color naranja a Europa. En el país el consumo es bajo y los consumidores prefieren batata de pulpa blanca, no obstante, el consumo va en aumento. Se prevé que el subproducto de la producción estará en un nivel alto, ocasionado por daños mecánicos, tamaño y otras características, por lo tanto, debe dársele un manejo adecuado para de esta manera prevenir problemas de plagas que disminuyen los rendimientos del cultivo (Cisneros y Alcázar, 2001). Este excedente generado, no tiene un mercado de consumo nacional definido; por lo tanto, su utilización como fuente alternativa en la alimentación animal es una opción interesante ya que es un recurso alimenticio rico en energía, vitamina A, ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina y además, puede adicionarse el follaje que es rico en proteína.

Estudios realizados incluyendo la raíz de la batata en la alimentación animal principalmente en cerdos (Domínguez, 1992; Dom y Ayalew, 2009; Dom et al., 2017), consideran que el nivel de reemplazo en la dieta, así como algunos factores inhibidores de tripsina que posee la raíz de algunas variedades, pueden afectar la eficiencia productiva de los animales. Un elevado nivel de reemplazo puede ocasionar problemas de bajo consumo voluntario y menor ganancia de peso diaria, lo cual se tornaría en una desventaja, tanto para los animales en crecimiento como los destinados a sacrificio (Maphosa et al., 2003; Dom y Ayalew, 2009). No obstante, en cerdos la forma de presentación y la mezcla con otros ingredientes proteicos altamente digestibles, pueden mejorar la utilización de los nutrientes, lo cual puede convertirse en una ventaja (Dom et al., 2017). También la hoja de batata (ensilaje) puede ser incluida en su alimentación sin afectar negativamente las características de la canal ni del magro de la carne (Van An et al., 2004; Van An et al., 2005).

En Colombia el uso de batata en la alimentación de cerdos es prometedor debido a que la porcicultura representa el 17% de la producción pecuaria colombiana (Pork Colombia, 2020), ha tenido una buena dinámica de negocio, con un crecimiento sostenido de la oferta y la demanda, la producción paso de 194.000 a 492.000 t y se ha duplicado el consumo en los últimos años, el consumo per cápita pasó de 4,2 en 2009 a 10,8 kg/habitante en 2020 (SIOC, 2021; Pork Colombia, 2022). La alimentación es

un factor importante en la producción porcícola y en la postpandemia los costos de los concentrados han aumentado considerablemente. La dieta se basa en concentrados con alta participación de maíz importado para la formulación lo que crea una dependencia y volatilidad en el precio. De esta forma, tanto el sector porcícola, como la batata tienen el reto de aumentar la demanda interna y conquistar mercados externos. Una alternativa para la reducir los costos de alimentación del cerdo lo constituye la batata ya que en Colombia está en aumento el cultivo de batata para consumo fresco y exportación, por lo tanto, pueden generarse subproductos o excedentes aprovechables para la alimentación de estos.

En la producción de cerdos es importante medir la conversión alimenticia (CA) y la calidad de la canal (CC) y de la carne. La CA es un indicador de eficiencia productiva ya que del 70-80% de los costos de producción del cerdo están representados por la alimentación (Gabosi, H., 2012), y sobre esta influye directamente el tipo de material utilizado en la alimentación de los animales (Van, 2005), el ambiente, la genética, entre otros. La conversión alimenticia ha ido mejorando con trascurrir del tiempo; en Colombia la CA ha variado de 3,8 en el año 1990 a 2,36 en el 2010 (Hurtado & Nobre, 2011), debido a que pasó de alimentación fibrosa a concentrado, se ha hecho mejoramiento genético y el manejo se ha especializado. La canal es el componente más importante que se obtiene del beneficio de los animales destinados para carne.

La calidad de la canal depende de factores intrínsecos y extrínsecos del animal. Dentro de los factores intrínsecos la especie, la raza, la edad y el sexo de los animales son algunos de los más importantes (Youssao et al., 2002). En tanto, los factores extrínsecos están dados principalmente por el manejo que se le dé a los animales y a su alimentación. Por otro lado, la calidad de la carne, en mayor o menor medida se va a ver afectada por algunos de estos factores y por la calidad de la canal en sí.

En Colombia, información respecto al uso de la batata en la alimentación de cerdos es muy escasa. La utilización de subproductos o excedentes de cultivos es una práctica que se ha venido utilizando en países en vías de desarrollo, para la cría y ceba de porcinos con el fin de contribuir a aumentar la eficiencia en la producción. Esto se debe, generalmente, a que estos países no poseen las condiciones climáticas, ni el desarrollo tecnológico para brindar una base alimenticia adecuada en sistemas productivos intensivos (Domínguez, 1992). En la búsqueda de alternativas, la batata, que ha sido cultivado tradicionalmente en Latinoamérica para el consumo humano, puede jugar un importante rol como sustituto de alimentos más costosos e importados, como los cereales, por esta razón AGROSAVIA ha desarrollado investigaciones que permiten su uso.

Experiencias en el manejo de la alimentación cerdos de razas Zungo y comerciales alimentados con subproductos de raíces y forraje de batata procesados en AGROSAVIA C.I. Turipaná - Unidad de Banco de Germoplasma porcino

Caso 1: Reemplazo de concentrado comercial por forraje y harina de raíz de batata en diferentes proporciones para cerdos criollos Zungo

Objetivo: el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del reemplazo de concentrado comercial por forraje y harina de batata en la dieta de cerdos criollos “Zungos” sobre la ganancia diaria de peso.

Animales y alimentación*:* Doce (12) cerdos destetos de raza Zungo con peso inicial 11 ± 0,5 kg fueron usados en este estudio. **Dietas*:*** Consistieron en cuatro tratamientos con las siguientes tasas de reemplazo: 100% concentrado (T1), 40% batata y 60% concentrado (T2), 60% concentrado y 40% (T3), 70% forraje de batata y 30% raíz de batata seca picada (T4) (Tabla 15). Los 12 cerdos destetados se asignaron aleatoriamente en los cuatro grupos de tratamiento con tres animales por tratamiento. Los animales fueron alimentados con las dietas experimentales durante un periodo de 12 semanas y se suministró agua *ad libitum*. Durante el periodo de estudio se mantuvo el buen estado sanitario de los animales y en los corrales los cuales fueron lavados y desinfectados antes de la llegada de los animales. Diariamente las instalaciones eran barridas y lavadas. Cada animal experimental se pesó semanalmente y se calcularon las ganancias de peso entre tratamientos.



Figura 32. Batata Aurora. a. Cultivo de batata Aurora al momento de cosecha del forraje para suministro a los cerdos; b. Cerdos zungo consumiendo forraje de batata fresco como complemento de la dieta.

Fotos: Martha Santana Rodríguez

Tabla 14. Dietas experimentales con cuatro niveles de remplazo del concentrado comercial por harina de forraje y harina de raíces de batata en cerdos criollos Zungos

Tratamiento	Concentrado (%)	Harina de forraje de batata (%)	Harina de raíces de batata (%)
T1	100	0	0
T2	70	0	30
T3	50	0	50
T4	30	70	0

Fuente: Elaboración propia

Respuesta animal: La ganancia de peso de los cerdos de la raza zungo se presenta en la Tabla 15. No se encontraron diferencias ($p<0,05$) entre las ganancias diarias de los cerdos que consumieron harina de raíces de batata, harina de follaje o la combinación de raíces y follaje entre ellos o con respecto al tratamiento de solo concentrado. Estos resultados corroboran los obtenidos por González

et al, (1999) reemplazando hasta 50% del concentrado por raíces de batata deshidratadas donde no se encontró diferencia en la ganancia de peso de los cerdos evaluados. Además, por ser cerdos criollos tampoco hubo diferencia con el tratamiento de batata al 100% comparado con concentrado al 100%, lo que podría indicar que los nutrientes de la batata son suficientes para cubrir los requerimientos de los cerdos evaluados debido a su lento crecimiento.

Tabla 15. Ganancia diaria de peso y conversión alimenticia en cerdos de raza zungo con cuatro niveles de remplazo de concentrado por harina de forraje y harina de raíces de batata

Tratamiento	Concentrado en la dieta (%)	Harina de forraje de batata en la dieta (%)	Harina de raíces de batata en la dieta (%)	GDP (g/a/d)	Conversión alimenticia (kg MS/ kg de ganancia)
T1	100	0	0	307 a	1,62a
T2	70	0	30	292 a	1,71a
T3	50	0	50	263 a	1,90b
T4	30	70	0	249 a	2,0b

Datos seguidos por letra diferente difieren estadísticamente (p>0,05)

Fuente: Elaboración propia

Caso 2: Reemplazo de concentrado comercial por harina de raíz de batata en diferentes proporciones (0%, y 40%) para cerdos comerciales

Objetivo: Evaluar el efecto de la suplementación con harina de raíz de batata (HB) como reemplazo de concentrado en cerdos mestizos, sobre las variables productivas y calidad de la canal al sacrificio.

Animales y alimentación: Doce (12) cerdos comerciales de patio con peso inicial 16 ± 2,0 kg, fueron usados en este estudio. **Dietas*:*** consistieron en dos tratamientos con las siguientes tasas de reemplazo: 100% concentrado dieta control (T1) y 40% harina de raíz de batata y 60% concentrado (T2). Se utilizó un diseño completamente al azar, se asignaron aleatoriamente seis (6) seis animales por tratamiento. Cada tratamiento dietético se suministró a los grupos de experimentales durante 20 semanas, con el consumo de agua *ad libitum*. Durante el periodo de estudio se mantuvo el buen estado sanitario de los animales y en los corrales los cuales fueron lavados y desinfectados antes de la llegada de los animales. Diariamente las instalaciones eran barridas y lavadas. Cada animal experimental se pesó semanalmente y se calcularon las ganancias de peso (GDP) individuales por diferencia entre los pesajes dividido por el número de días.

Mediciones en la canal: Adicionalmente se midieron indicadores de la canal, entendida esta como el cuerpo sacrificado, desangrado, depilado y eviscerado, tales como: rendimiento en canal caliente (RCC) determinado mediante división del peso de la canal caliente entre peso vivo y multiplicando por 100 (Salazar, 2009), el área del ojo del lomo y espesor de grasa dorsal por ultrasonografía (Youssao et al., 2002). El AOL es un indicador que por sí solo o en combinación con otras mediciones se utiliza para estimar el rendimiento en carnes magras en las canales de cerdo (National

Pork Producers Council (NPPC), 1991). La grasa dorsal es la grasa que se ubica entre la piel y el músculo de un animal, también llamada grasa de cobertura.



Figura 33. Cerdo consumiendo harina de raíz de batata.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Respuesta animal: Las GDP obtenidas en grupos de animales del T1 y T2 fueron 591 y 455 g/a/d, respectivamente ($p<0,001$); el RCC fue de 82,1% y 79,8% ($p<0,05$) para T1 y T2 respectivamente y los valores promedio de AOL (área del ojo del lomo) (área del ojo del lomo) (área del ojo del lomo) fueron de 55,75 y 38,79 cm2 ($p<0,05$) para T1 y T2, respectivamente. El rendimiento en canal, RCC (relación entre el peso de la canal y el peso vivo expresado en porcentaje) aunque está afectado por la duración del ayuno, la alimentación (composición y nivel), la duración del transporte, tipo genético, sexo y peso, se suele tomar como rendimiento medio un 80% (Urkijo et al., 2009; Segarra y Salinas, 2016) valor similar al previamente reportado en este estudio., Biológicamente la dieta con 100% concentrado es más eficiente, no obstante, desde el punto de vista económico, podría ser más benéfico sustituir el 40% del concentrado comercial por harina de batata preparada en el predio con los residuos de raíz o rechazo de batata y de esta manera se lograrían reducir los costos de alimentación individual por cerdo hasta el beneficio. En Tabla 16 se presentan los resultados de rendimiento en canal e indicadores de calidad de canal de cerdos. Rendimiento y calidad de la canal en cerdos alimentados con dietas conteniendo 0% y 40% de harina de raíces de batata.

Tabla 16. Ganancia diaria de peso, rendimiento e indicadores de la canal de cerdos comerciales alimentados con dietas en reemplazo del concentrado comercial por harina de raíz de batata en diferentes proporciones (0 %, y 40 %)

Variables en la canal							
Tratamiento	Medida	GDP (kg/d)	Rendimiento de canal (%)	Longitud de la canal (cm)	EGA (cm)	EGM (cm)	AOL (cm)

100% Concentrado	Promedio	0,591	82,1	86,40	1,90	1,76	55,75
	Desv.	0,111	2,84	8,51	0,66	0,74	12,68
	Varianza	3,04	8,06	72,42	0,44	0,55	160,73
60% Concentrado 40% H. raíz de batata	Promedio	0,455	79,8	84,30	2,08	1,20	38,59
	Desv.	0,153	3,31	8,47	0,08	0,22	13,40
	Varianza	2,73	10,98	71,83	0,01	0,05	179,48

1 EGA: espesor graso del anca, EGM: espesor glúteo medio y AOL: área del ojo del lomo

Fuente: Elaboración propia

Capítulo VII

Reemplazo de la fuente de energía (maíz amarillo) por harina de raíces de batata de variedades AGROSAVIA para alimentación de cerdos comerciales

La alimentación es uno de los factores que puede incidir en la expresión del potencial genético de producción de los cerdos y en la calidad de la canal y de la carne. En Agrosavia se realizaron cebas de cerdos procedentes de distintas piaras cercanas al C.I. Turipaná alimentados con diversas dietas con el fin de tener resultados aplicables en los sistemas de producción porcina de la región. En las características zootécnicas se evaluó la ganancia diaria de peso individual de los cerdos y la conversión alimenticia; con respecto a las características de la canal se evaluaron longitud de la canal, el espesor de grasa dorsal y de anca, y para evaluar la calidad de la carne se evaluaron indicadores de calidad sensorial (color) y la composición química de la carne y el perfil de ácidos grasos.

El color de la carne de cerdo es muy importante debido a que es casi el único parámetro que el consumidor puede utilizar para juzgar su calidad, el color de la carne o producto cárnico están influidos por el pH y las características de la superficie del músculo; los sistemas de alimentación, las condiciones y el período de almacenamiento del producto. El sistema más empleado en la actualidad para la descripción del color ha sido definido por la Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International du l´Eclairage – CIE,1978), quienes definieron un método estándar que, mediante espectrofotómetro bajo iluminación controlada de la muestra, permite obtener valores para tres colores primarios y calculando, a partir de ellos, mide las coordenadas *L** (luminosidad), *a** (verde-rojo) y *b** (azul-amarillo).

Con estos valores se determina también la diferencia de color (ΔE*) y se relaciona con el nivel de percepción de dicha diferencia por parte de las personas., que el ojo humano percibe como “pequeña” si ΔE* < 1,5, “evidente” si los valores son superiores a 1,5 y para valores mayores a 3,0 es "muy evidente". Por lo tanto, los rasgos de color más importantes de la carne fresca en el momento de la venta son la luminosidad (palidez) medida por CIE- *L**; el enrojecimiento medido por CIE- *a** y el amarilleamiento medido por CIE- *b** (Gagaoua et al., 2023; King et al., 2023).

Composición de la carne

Caso 1. Remplazo de maíz amarillo por harina de tres variedades de batata (HB) en la formulación de la dieta para cerdos comerciales: large white x landrace x pietran.

Objetivo. Evaluar el efecto del remplazo de 40% del maíz por harina de batata de variedades Aurora, Ambarina y T_{440045} en dietas de cerdos sobre la producción y calidad de la canal y de la carne.

Animales y alimentación: 15 cerdos comerciales producto de los cruzamientos de razas large white x landrace x pietran, con peso inicial 45,13 ± 10,6 kg, fueron usados en este estudio.



Figura 34. Cerdos comerciales consumiendo las dietas elaboradas.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Dietas*:* Las dietas experimentales consistieron en cuatro tratamientos: T1: dieta convencional (DC) con 0% de harina de batata, T2: 40% harina de raíz de batata Aurora (HBAu), T3: 40 % harina de batata Ambarina (HBAm) y T4: 40% harina de batata T440045 (HBT440045). Se utilizó un diseño CA, se asignaron tres (3) cerdos a cada tratamiento T1 y a los tratamientos T2, T3 y T4 se asignaron cuatro cerdos, debido a limitantes en consecución de cerdos con las características requeridas para el inicio del experimento. Los 15 cerdos destetados se asignaron aleatoriamente en los cuatro grupos de tratamiento alimenticio. Por cada tratamiento se prepararon dos dietas (levante y finalización), la composición de dietas se observa en la Tabla 17. El contenido de nutrientes de alimentos y de las dietas se determinó mediante análisis bromatológicos realizados en el laboratorio de química analítica del Centro de Investigación Turipaná. La cantidad por suministrar se ajustaba de acuerdo con el peso promedio; la dieta de crecimiento o levante se ofreció desde la entrada de los lechones al C.I. Turipaná hasta que alcanzaron un peso promedio de 55 kg y la dieta Finalización o engorde desde este peso hasta el sacrificio.

Los animales fueron alimentados con las dietas experimentales durante un periodo de 16 semanas. Se ofreció igual cantidad de alimentos en comederos lineales en piso, fraccionada dos veces al día y se registró diariamente la cantidad suministrada y consumida. Se valoró la ganancia de peso vivo Kg/día (GDP) mediante pesajes individuales cada 14 días, rendimiento en canal caliente (RCC) mediante pesaje y como componentes de rendimiento en canal y en calidad de la canal, se realizaron mediciones de pH en la pierna y el lomo a los 45 minutos y 24h, el AOL (área del ojo del lomo), EGD (Espesor de grasa dorsal) y EGA (Espesor de Grasa del Anca) (Espesor de grasa del anca) en los 15 cerdos, por ultrasonografía (Youssao et al., 2002), utilizando un equipo de ultrasonido My lab Esaote con transductor para carne.

Tabla 17. Composición de dietas experimentales con niveles de 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045 en reemplazo del maíz amarillo de cerdos comerciales

Tipo de dieta								
[1]Composición (%)	Crecimiento				Engorde-Finalización			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	DC	HBAu	HBAm	HB T440045	DC	HBAu	HBAm	HB T440045
Maíz	60,0	26,6	26,6	26,6	60,0	28,0	28,0	28,0
Batata	0,0	40,0	40,0	40,0	0,0	40,0	40,0	40,0
Salvado de trigo	10,0	8,4	8,4	8,4	19,7	13,9	13,9	13,9
Salvado de Arroz	6,68	0,0	0,0	0,0	2,14	0,0	0,0	0,0
Torta de soya	20,14	22	22,0	22	15,3	15,3	15,3	15,3
Sal	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Carbonato de Ca	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
DL-Metionina	0,55	0,55	0,55	0,55	0,48	0,48	0,48	0,48
L-Lisina HCl	0,24	0,24	0,24	0,24	0,18	0,18	0,18	0,18
Fosfato monodicálcico	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
[2]Vit/Min.Premezcla	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Total	100	100	100	100	100	100	100	100
Composición calculada								
Proteína cruda (%)	17,5	16,9	17,2	16,5	15,8	14,6	14,9	14,2
[3]EM (Kcal/kg/MS)	3374	3370	3367	3369	3470	3390	3640	3382
Fibra cruda (%)	4,61	4,9	4,6	4,3	5,1	5,3	5,0	4,6

[1]Composicion en porcentaje de materia seca de dietas experimentales: T1:dieta control 0% de harina de batata; T2 HBAu: dieta con harina de batata aurora; T3 HBAm: dieta con harina de batata ambarina; T4 HBT440045: dieta con harina de batata T440045; suministradas en fases de levante y de engorde a finalización de cerdos. [2]Vit/min. premezcla: vitamina A-10,000000 UI, vitamina D3-1,500000 UI, Vitamina E- 60000UI, vitamina K-2,000mg, vitamina B2-4,000 mg, vitamina B3-2,000mg vitamina B6-3,000mg vitamina B12-2000mg, ácido folico-1,00mg, biotina-100mg, antioxidantes-25,000 mg, cobalto-150 mg, hierro- 70000mg, manganeso- 62,000 mg, yodo- 210 mg, selenio-200mg, zinc- 10,000 mg. [3] energía metabolizable, calculada a partir de ecuaciones de NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL) (1998).

Funete: Elaboración propia

Respuesta animal: Ganancias de peso: al suministrar 40% de harina de batata de las variedades Aurora, Ambarina o control, según el tratamiento, para la variable ganancia de peso no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($p>0,05$) con harina de batata y tampoco con el control el cual tenía 100% maíz amarillo molido (0% harina de batata). En el control (T1) y la dieta con 40%

de HBAm (T3) las ganancias de peso fueron muy similares y sin diferencias con la dieta que contenía 40% de HBAu (T2) o HBT440045 el cual mostró menor valor (Tabla 18). Las ganancias de peso obtenidas en los tratamientos T1, T2 y T3 se clasificarían en el rango "Bueno" que comprende ganancias entre 0,600 kg y 0,650 kg^{-1} a^{-1} d en tanto que el T4 quedaría clasificado como Regular ya que es menor de 0,6 kg^{-1} aunque la diferencia es mínima (9 gramos) (Carrero, 2005).



Figura 35. Pesaje de cerdos experimentales en instalaciones.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Tabla 18. Ganancia de peso de cerdos comerciales alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

[1]**Tratamiento**	**Parámetro**	**Peso Inicial (kg)**	**Peso final (kg)**	**GDP (kg/a/d)**
T1 Control	Promedio	45,67±15,95	98±17,35	0,634 a
	CV (%)			0,002
T2 HBAu	Promedio	44,5±9,85	93±13,21	0,612,95 a
	CV (%)			0,007

T3 HBAm	Promedio	45,25±11,35	101,12±9,11	0,658 a
	CV (%)			0,006
T4 HBT440045	Promedio	45,25	96,8±7,6	0,591 a
	CV (%)	11,32		0,003

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045. Letras iguales en columna indican que no hubo diferencia estadística ($p>0,05$) entre los promedios

Fuente: Elaboración propia

Las ganancias de peso obtenidas con la inclusión de batata Aurora, Ambarina y T_{440045} superaron las obtenidas cuando se suministró harina proveniente de distintos clones de batata en la misma proporción (40%), lo que muestra una tendencia favorable para el uso de batata Aurora, Ambarina o T440045 en alimentación de cerdos, tendencia que puede estar asociada a mejores valores nutricionales de estos materiales de batata, respecto a los mezclados en el experimento uno o mejor calidad de los cerdos ya que la genética es un factor que influye bastante en la producción animal y estos fueron adquiridos en una granja de alta genética de Cereté.

Conversión alimenticia (CA): en el primer experimento para la conversión alimenticia no se detectaron diferencias entre los tratamientos ($p<0,05$), los promedios variaron entre 3,6 y 4,0 (Tabla 19) en cerdos que recibieron dieta con maíz y harina de batata T440045, respectivamente. Posiblemente esto sea debido a que no existen diferencias importantes entre las dietas y a que la eficiencia depende de factores como el tipo de alimento utilizado (Van, 2005), tipo de comedero utilizado que en este caso fue el mismo y el material genético que es de la misma granja. Los valores de CA obtenidos en T1 y T3 son menores a 3,8 reportado en cerdos de levante con dietas incluyendo batata, y más altos que 2,61 obtenido por Bartoli y Goñi (2011) en granjas comerciales de Argentina; y 2,36 (GP de 0,781 kg a^{-1} d^{-1}) en cerdos de levante con dietas incluyendo harina de coco (Van, 2005) que es una oleaginosa y estas materias primas aunque no son muy utilizadas, dan mejor conversión alimenticia (Agudelo, J, 2014), pero los valores de T2 y T4 son más altos que estos referentes.

Tabla 19. Conversión alimenticia de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

[1]Tratamiento	[1]T1 Control	T2 HBAu	T3 HBAm	T4 HBT440045

Promedio	3,71 a	3,92 a	3,64 a	4,0 a
CV (%)	6,94	13,27	12,54	9,26

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045

Letras iguales en la misma fila indican que no hubo diferencia estadística (p>0,05) entre los promedios

Fuente: Elaboración propia



Figura 36. Canales de cerdos sacrificados en frigorífico conservadas en cuarto frío.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Calidad de la canal en planta de sacrificio. Se determinaron El pH y el brillo de la carne en el lomo (músculo *Longissimus dorsi)* y pierna (músculo *semitendinoso*), así como variables de peso, longitud de canal, peso y merma. El pH es un factor determinante de calidad de la carne en porcinos, ya que su valor y la evolución de este durante el periodo post mórtem puede influir en la estructura proteica y la humedad superficial del músculo y, como consecuencia, afectar al color posrigor de la

carne. El color de la carne es un aspecto importante de la calidad de la carne en porcinos y se considera relativamente desarrollado a las 24 horas post mortem, existiendo alta correlación entre estas dos características (Duan et al., 2013); sin embargo, no existe evidencia que una relación entre el color de la carne en las etapas iniciales se asocie con el pH final de la carne. La correlación del pH con los índices de color (*a** y *b**) es negativa, Doknamovic et al. (2015), observaron una correlación negativa entre el pH a los 60 min y los valores de *a**(índice rojo) y *b** (índice amarillo) a las 24 horas. Los resultados obtenidos en la ceba realizada en Agrosavia se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Características de la canal y de la carne de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

Variables	[1]Control (n=3)	HBAu (n=4)	HBAm (n=4)	HB T440045 (n=4)
Peso final (kg)	104,33	99,0	101,1	97,8
Peso final ajustado (kg)	102,4	96,7	98,4	95,5
Peso canal caliente (kg)	86,7	79,09	82,25	77,6
Peso canal fría (kg)	85,5	78,1	80,9	76,3
pH 45 Pierna	5,86	5,7	5,96	5,88
pH 45 Lomo	6,4	5,8	5,7	5,8
pH 24h Pierna	5,6	5,7	5,9	5,8
pH 24h Lomo	5,69	5,66	5,6	5,65
Long. Canal (cm)	78,6	80,0	79,5	74,2
Largo pierna (cm)	44,1	41,77	40,3	41,2
Perímetro pierna (cm)	73,4	70,9	72,5	71,7
G1, mm	11,1	12,1	11,1	9,7
G2, mm	17,6	18,0	15,7	15,12
Temperatura a 24h °C	10,6 a	8,9 b	8,7 b	9,3 b
Peso pernil (kg)	12,3	11,2	11,5	10,9
Peso paleto (kg)	7,2	6,7	6,7	6,5
Peso lomo (kg)	3,08	2,7	2,9	2,7
Peso solomillo (kg)	0,6	0,5	0,6	0,4
Merma por frío (kg)	1,24 a	0,94 b	1,31 a	1,25 a
Rendimiento en canal (%)	82,09	78,99	80,15	78,18
Rendimiento en canal ajust. (%)	83,5	80,85	82,4	80,03

Índice compacidad	1,08	0,9	1,01	1,02
L	55,92	51,5	54,8	57,01
a *	5,9	5,2	6,4	6,8
b *	2,98	2,27	4,91	4,11

L: luminosidad *a**: índice de rojo *b**: índice de amarillo

[1] tratamientos con, HA: harina de batata, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045, pH45: pH medido a los 45 minutos post mortem.

Fuente: Elaboración propia

En general, no se encontraron diferencias entre tratamientos, con excepción de la temperatura de las canales a las 24h y su merma en cámara (pérdidas de peso por evaporación en cámaras de frío). El grupo control, registró la mayor temperatura a las 24h (10,6 ºC), en tanto, el grupo que registró menores mermas por frío fue el grupo alimentado con batata de exportación (menos de 1 kg). Como no se encontraron más diferencias en otras variables resulta complejo poder inferir las causas de estas diferencias. Sin embargo, el mayor contenido de grasa en la carne del tratamiento 1 puede explicar parcialmente esta respuesta (Tabla 21)

Toma de muestras para análisis de calidad de la carne: con el propósito de evaluar la calidad de la carne, se obtuvieron al momento del desposte muestras de lomo (*Longissimus dorsi*) de los cerdos experimentales; las muestras fueron empacadas y enviadas manteniendo la cadena de frio (-4 °C) hasta su recepción en el laboratorio de Nutrición Animal, del C.I. Tibaitatá para el procesamiento y análisis perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases, utilizando un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2014 de serie C11484709024 con autoinyector AOC-20i y automuestreador AOC-20S9.

Ácidos grasos: No se detectaron diferencias estadísticas entre los ácidos grasos que se presentan en la Tabla 21. En todos los tratamientos predominaron el palmítico, esteárico, palmitoleico y mirístico. Se detectó una tendencia ($p<0.09$) a mayor valor en acido esteárico en T3. Para los ácidos linoleico y linolénico los valores más altos se obtuvieron en T1 que fue el tratamiento con mayor contenido de grasa y T4 pero sin diferencia con T2 y T3.

El índice de calidad de grasa C18/C18:2 varió entre 3,04 y 6,25, superando ampliamente el valor crítico de 1,5 que según Wood et al, (1989) citado por Bañón et al (2000); si el valor encontrado está por debajo de 1,5 las grasas se consideran blandas y se pueden oxidar fácilmente y si es mayor se considera de buena calidad; lo que indica que la grasa obtenida en las muestras de lomo de los cerdos que recibieron las cuatro dietas es de buena calidad.

Tabla 21. Contenido de ácidos grasos del *Longisimus dorsi* en cerdos comerciales alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

Variable	[1] T1 Control	T2	T3	T4 HBT440045	Probabilidad

			HBAu	HBAm		
Humedad	Promedio	73,46	72,63	73,47	73,47	NS
	Varianza	0,3574	0,16	0,05	0,05	NS
EE	Promedio	6,37	4,73	5,9	4,56	NS
	Varianza	24,12	2,28	20,9	4,8	NS
C14:00	Promedio	3,30	2,69	2,32	3,04	NS
	Varianza	8,72	4,64	0,91	0,64	NS
C16:00	Promedio	24,88	23,12	24,43	22,68	NS
	Varianza	20,50	1,78	1,46	0,06	NS
C16:1	Promedio	2,82	2,59	2,45	3,30	NS
	Varianza	0,38	0,28	0,14	0,31	NS
C18:00	Promedio	10,03	12,75	14,51	11,21	0,09
	Varianza	20,68	2,06	0,77	1,36	NS
C18:1n9c	Promedio	0,31	0,24	0,36	0,22	NS
	Varianza	0,02	0,00	0,04	0,00	NS
C18:2n6c	Promedio	3,30	2,69	2,32	3,04	NS
	Varianza	8,72	4,64	0,91	0,64	NS
C18:3n3	Promedio	0,20	0,16	0,14	0,19	NS
	Varianza	0,02	0,01	0,00	0,00	NS

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045.

C:14 mirístico; C: 16:00 palmítico; C18:00 esteárico; C18:1n9c oleico; C18:2n6c linoleico; C18:3n3 linolénico

Fuente: Elaboración propia.

Caso 2. **Reemplazo de 40% de harina de batata Aurora, Ambarina y T440045 en dietas de cerdos large white x landrace x pietran**

Objetivo. Validar el efecto del reemplazo de 40% del maíz por harina de batata de variedades Aurora, Ambarina y T_{440045} en dietas de cerdos sobre la producción y calidad de la canal y de la carne.

Animales y alimentación: 32 cerdos comerciales procedentes de piaras del municipio de Buenavista (Bolívar), producto de los cruzamientos de razas large white x landrace x pietran y otras, con un peso inicial de 39,09±4,55 kg, fueron alimentados con las dietas experimentales durante un periodo de 16 semanas y se suministró agua *ad-libitum*. Durante el periodo de estudio se mantuvo el buen estado sanitario de los animales y en los corrales los cuales fueron lavados y desinfectados antes de la llegada de los animales. Diariamente las instalaciones eran barridas y lavadas. Cada animal experimental se pesó semanalmente y se calcularon las ganancias de peso entre los tratamientos.

Dietas*:* Las dietas utilizadas consistieron en los cuatro tratamientos: T1: dieta convencional con 0% de HB (DC), T2: 40% HBAu, T3: 40% HBAm y T4: 40% HBT440045. Se utilizó un diseño completamente al azar, se asignaron ocho (8) cerdos a cada tratamiento. La distribución de los cerdos en la piara se observa en la figura 36. Los 32 cerdos se asignaron aleatoriamente en los cuatro grupos de tratamiento con ocho animales por tratamiento. Cada tratamiento dietético suministrado a los grupos de tratamiento se hizo durante 16 semanas. Las dietas se prepararon en el C.I. Turipaná, la composición de la dieta fue igual a la del caso 3 (ver Tabla 17). La cantidad a suministrar se ajustaba de acuerdo con el peso promedio; la dieta de levante se ofreció desde la entrada de los animales al C.I. Turipaná hasta que alcanzaron un peso promedio de 55 kg, cambiando a Finalización hasta el sacrificio (peso promedio 94,1 ±10 kg). Se ofreció igual cantidad por animal, en comederos lineales en piso, fraccionada dos veces al día y se registró diariamente la cantidad suministrada y consumida.

Se evaluó la ganancia de peso vivo Kg/día (GP) mediante pesajes individuales cada 14 días, rendimiento en canal caliente (RCC) mediante pesaje y como componentes de calidad rendimiento en canal, el área del ojo del lomo y el espesor de grasa dorsal por ultrasonografía.

HBAm	**HBAu**	**T44004 5**	**Contro l**	**HBAm**	**HBAu**	**T44004 5**	**Control**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
7333-8180	7341-7349-	7339-8185	8179 8188	3697 7343-	7336-7340	7335-7331-	8181 7328
CORREDOR							
9	10	11	12	13	14	15	16
7324	2609	7322	0015-	4080	7316-	4271	4289

3692	8182	7321	8169	4272	4267	7311	7323-
HBAm	**HBAu**	**T440045**	**Control**	**HBAm**	**HBAu**	**T440045**	**Control**

Figura 37. Distribución de cerdos en la piara en el C. I. Turipaná.

Fuente: Elaboración propia



Figura 38. Cerdos experimentales.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Respuesta animal: Ganancias de peso: al suministrar 40% de HBAu, HBAm o T440045, según el tratamiento, el ANOVA para la variable GDP no mostró diferencias entre los tratamientos ($p>0,05$) con harina de batata y tampoco con el control, el cual tenía 100% maíz amarillo molido y 0% harina de batata. En el control (T1) y las dietas con 40% de HBAu (T2) y T_{440045} (T4) las GP fueron muy similares y sin diferencia estadística con T3, que mostró menor valor (Tabla 22). Las ganancias de peso obtenidas en los tratamientos se clasificaron en el rango "Regular" ya que son menores que 0,6 kg/a/d (Carrero, 2005).

Tabla 22. Ganancia de peso de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

[1]Tratamiento	Parámetro	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Gan. Acum. (kg)	GDP (kg/a/d

T1 Control	Promedio	39,0	97,1	57,57	0,543 ± 0,07 a
	CV (%)	15	0,1	13,8	
T2 HBAu	Promedio	38,94	93,5	56,38	0,532 ± 0,06 a
	CV (%)	15	10	10,8	
T3 HBAm	Promedio	39,0	91,9	52,36	0,494 ± 0,08 a
	CV (%)	8	10	16	
T4 HBT440045	Promedio	39	92,1	55,5	0,524 ± 0,01 a
	CV (%)	11	10	19,9	

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045. Letras iguales en columna indican que no hubo diferencia estadística ($p>0,05$) entre los promedios Prueba Tukey

Fuente: Elaboración propia

Aunque no se buscaba comparar los resultados obtenidos en los casos 3 y 4, ya que son complementarios; en el cuarto caso en general las ganancias de peso obtenidas con la inclusión de batata de los clones Aurora, Ambarina o T_{440045} tuvieron menor valor que las obtenidas en el caso 3, situación atribuible a la genética de los semovientes porcinos, los cerdos del segundo experimento tenían menor talla que los cerdos del experimento anterior y cruce con criollo. De igual manera en el caso evaluado por AGROSAVIA, con cerdos criollos zungo, las ganancias de peso fueron muy inferiores a las obtenidas con cerdos cruzados.

Conversión alimenticia (CA): en el cuarto caso el ANOVA para la conversión alimenticia no detectó diferencias entre los tratamientos ($p<0,05$), los promedios variaron entre 3,7 y 4,0 (Tabla 23) en cerdos que recibieron dieta con harina de maíz y batata Ambarina, respectivamente. En términos generales los resultados productivos están acorde con Balza et al, (2011) quienes informan que se puede incluir hasta 50% de raíz de batata en las dietas para cerdos sin afectar su crecimiento y desarrollo.

Los valores de conversión alimenticia obtenidos están dentro de los rangos reportados para granjas comerciales en Latinoamérica que ceban cerdos cruzados, y utilizan diferentes materias primas para sustituir parcialmente el maíz con diferentes programas de alimentación; en Argentina, Brasil y Cuba se reportan conversiones de 3,8 y 2,36 (Van, 2005); 2,87 (Hurtado et al 2011) y 3,74 - 4,11 con sustituciones de 10% a 40% de maíz por harina de árbol del pan; y 2,61 al sustituir maíz por harina de arroz integral (Bartoli y Goñi, 2011) (Ortiz et al 2011), y por encima de 3,8 y 2,36 reportados por (Hurtado & Nobre, 2011) en Colombia para granjas con diferente nivel de tecnificación.

Tabla 23. Conversión alimenticia de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harinas de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

[1]Tratamiento	T1 Control	T2 HBAu	T3 HBAm	T4 HBT440045
Promedio	3,70 ±0,5 a	3,76±0,4 a	4,01±0,66 a	3,9 ±0,73 a
CV (%)	13,5	10,6	16,5	18,7

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045

Letras iguales en fila indican que no hubo diferencia estadística (p>0,05) entre los promedios

Fuente: Elaboración propia

Calidad de la canal en evaluación *in vivo*: en los resultados de la evaluación de calidad de la canal mediante ultrasonografía no se encontró diferencia (p≥0,05) en el corte de mayor importancia que es el lomo (AOL) y tampoco en la acumulación de grasa subcutánea o de cobertura (EGD) que es el corte de menor valor, por efecto de la sustitución del 40% de la fuente energética por harina de batata (Tabla 24). El espesor de grasa dorsal promedio en los tratamientos T1, T2 y T3, fue inferior al valor obtenido (1,67 cm) por Amador y Otálora, (2000) en cerdos macho de las principales plantas de sacrificio del país, donde se comercializan los cerdos de las granjas tecnificadas lo que indica que estas dietas en general beneficiarían al comerciante, ya que el cerdo tendría menor proporción de corte graso que es el de menor precio. El EGD en el T4 estuvo 0,09 cm por encima de este valor. No se encontraron datos regionales para establecer alguna comparación posiblemente por la informalidad en la producción ya que predomina la producción bovina.

Tabla 24. Calidad de canal evaluada *in vivo* por ultrasonografía en cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

[1]Tratamiento	AOL (cm^2)	GL (cm)	EGD (cm)	Magro transversal (%)	Magro lateral %
Control	16,19 ± 6,8 a	3,82 ± 0,5	1,62 ± 0,7 a	3,82 ± 0,02	0,38 ± 0,02
HBAu	15,19 ± 4,1 a	3,71 ± 0,5	1,52 ± 0,3 a	3,71 ± 0,01	0,37 ± 0,01
HBAm	13,9 ± 5,1 a	3,67 ± 0,4	1,39± 0,5 a	3,67 ± 0,03	0,38 ± 0,01
HB T440045	17,59 ± 6,1 a	3,73 ± 0,5	1,76 ± 0,8 a	3,73 ± 0,03	0,37 ± 0,02

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045

GL: Grosor del lomo

EGD: Espesor de grasa dorsal

Fuente: Elaboración propia

En este caso fue observado un desempeño similar de los cerdos alimentados con las raciones conteniendo harina de batata y maíz. La sustitución del 40% del maíz por harina de batata en mezcla de varios clones, o específica de Aurora o Ambarina no afectó la eficiencia productiva de los cerdos, la GP o GL, AOL, EGD, EGA ($p<0,05$) en los tratamientos, indicando que podría ser una opción para manejo de excedentes del cultivo de batata de los clones Aurora y Ambarina (pulpa anaranjada) producida para exportación, ya que el consumo nacional es bajo y el consumidor colombiano tiene preferencia por la batata de pulpa color blanco. Además, los resultados están mostrando que el EGD de los cerdos es bajo comparado con el reportado por Amador y Otálora (2002) para cerdos de las principales plantas de sacrificio del país y de 2,58 cm (Agudelo, 2007) utilizando dietas con maíz molido. Esto es importante considerarlo ya que el magro es un corte de mayor valor que el graso.

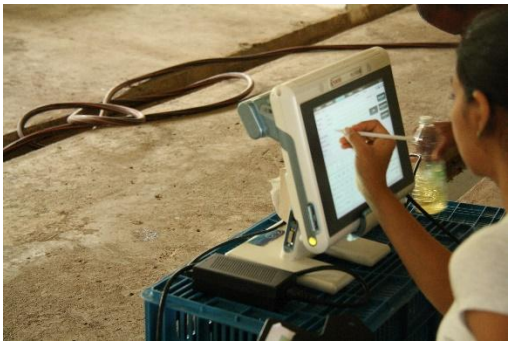


Figura 39. Evaluaciones por ultrasonografía en ecógrafo.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Calidad de la canal en planta de sacrificio: Los resultados de las variables de calidad de la canal y de la carne son presentados en la Tabla 25. En términos generales, los parámetros evaluados no se vieron afectados con la inclusión de las distintas variedades de batata. Similares resultados fueron encontrados recientemente por Pietrozemoli et al (2016), quienes alimentaron cerdos comerciales con una mezcla de alimento en base a batata (tubérculo y hojas) en rangos de 10-20% y 15-30% de la ración total; sin embargo, en comparación con este estudio, los animales de nuestro trabajo, registraron un rendimiento centesimal de la canal casi cuatro puntos porcentuales (pp) mayor, lo que probablemente esté asociado al fenotipo de cerdo utilizado (cruces comerciales: Large White/Landrance/Pietran), ya que las canales de nuestros cerdos fueron más largas y de mayor perímetro de pierna. Se registraron pesos finales *in vivo*, pesos de canales y rendimientos centesimales, similares en los 4 tratamientos (C, HBAu, HBAm, HBT, T440045); siendo el peso promedio final in vivo de 93,1 Kg, con un peso promedio de canal caliente de 69.70 kg (7.2% CV) y un rendimiento de 74%.

Tabla 25. Calidad de la canal y de la carne de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

Variable Calidad Canal	Control	HBAu	HBAm	HBT440045	C.V	Valor P
Peso final en pie (kg)	96,1	93,5	89,1	93,7	7,5	n.s
Peso canal caliente(kg)	72,3	69,8	66,3	70,3	10,5	n.s
Peso canal fría (kg)	71,2	68,8	65,3	69,3	10,4	n.s
Rendimiento (caliente) %	75,2	74,6	74,2	74,9	3,23	n.s
Rendimiento (frío) %	74,1	73,4	73,1	73,8	3,07	
Merma (caliente)%	1,08	1,08	1,04	1,0	25,6	n.s
Merma (frío) %	1,5	1,6	1,5	1,4	20,0	
Longitud de canal (cm)	81,9	85,2	83,5	83,8	5,6	n.s
Perímetro de pierna (cm)	72,4	69,0	68,1	69,8	5,2	n.s
Longitud de pierna (cm)	41,6	41,1	41,1	40,5	3,4	n.s
Índice de compacidad de la canal	0,87	0,81	0,78	0,82	8,7	n.s
G 1	19,1	19,4	19	22,7	26,9	n.s
*L**	52,8	51,9	53,9	53,9	9,4	n.s
*a**	7,8	7,1	8,5	7,9	24,5	n.s
*b**	0,88	0,37	1,3	1,0	118	n.s
pH 45min (lomo)	5,96	6,21	6,04	5,93	3,9	n.s
pH 24h (lomo)	5,72	5,66	5,64	5,76	2,6	n.s

L: luminosidad *a**: índice de rojo *b**: índice de amarillo

[1] tratamientos con, HBA: harina de batata aurora HBAm: harina de batata ambarina; HBT440045: harina de batata T440045, pH45: pH medido a los 45 minutos post mortem

Fuente: Elaboración propia

Las variables de calidad de la carne, en el presente estudio, no presentaron diferencias (P>0.05) en ninguno de los parámetros evaluados. Esto nos indica que, no hubo diferencias positivas, tampoco hubo un compromiso de la calidad de la canal o de la carne al utilizar las diferentes variedades de batatas para la alimentación de los cerdos. Es deseable realizar más estudios relacionados con las causas de que se presente el pH 45 min anormales, ya que factores como el clima de la región (calor y humedad), el tipo de animal utilizado (cruces raciales utilizados), y el manejo animal poco adecuado en plantas de sacrificio, pueden ser en forma sinérgica o independiente, factores que pueden incidir en diferente grado para que se presenten.



Figura 40. Medición de EGA por ultrasonografía en cerdos.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Análisis de calidad de la carne: Para evaluar la calidad de la carne, se obtuvieron al momento del desposte muestras de lomo (*Longissimus dorsi*) de los cerdos experimentales; las muestras fueron empacadas y enviadas manteniendo la cadena de frio (-4 °C) hasta su recepción en el laboratorio de Nutrición Animal, del C.I. Tibaitatá para el procesamiento y análisis perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases, utilizando un cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2014 de serie C11484709024 con autoinyector AOC-20i y automuestreador AOC-20S9. Adicionalmente, se enviaron muestras a laboratorio para análisis de extracto etéreo, materia seca, proteína y cenizas (Mg y K) como indicadores de calidad composicional, las cuales fueron analizadas siguiendo los protocolos aprobados por la ONAC, entidad certificadora.

La obtención y el manejo de muestras estuvieron sujetas a la normativa de la Corporación para la venta y sacrificio de animales, en la planta de sacrificio de Camaguey (autorizada por ley 1500) por personal altamente capacitado en el tema, de Corpoica Turipaná. Los resultados de análisis de laboratorio de la carne se presentan en las tablas 26 y 27.

Tabla 26. Calidad bioquímica de la carne (Lomo de cerdo) en cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

Bioquímica	Control	HBAu	HBAm	HBT440045	C.V	Valor P
pH 48hs	5,53	5,52	5,56	5,56	2,5	n.s
Materia seca %	33,7	32,2	33,8	34,7	6,5	n.s
Humedad %	66,2	67,8	66,2	65,3	3,3	n.s
Proteína cruda %	22,43	23,27	23,41	22,67	0,06	ns
Cenizas %	4,59	4,71	4,57	4,61	0,9	ns
Potasio %	1868,43	1684,9	2888,43	2499,141	0,39	0,02
Magnesio %	179,57	166,38	221,43	202,14	0,21	0,03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Evaluación del color de la carne a las 48 horas en cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

Color (48hrs)	Control	HBAu	HBAm	HBT440045	C.V	Valor P
L	57,8	57,3	55,9	56,8	6,8	n.s
*a**	24,5	24,8	24,8	25,0	8,4	n.s
*b**	22,8	23,2	22,7	23,1	7,6	n.s

C=control; E=variedad exportación (naranja); T=variedad Tainun; T44=variedad

Fuente: Elaboración propia

Ácidos grasos: En la Tabla28 se presentan los promedios de las distintas categorías de ácidos grasos identificados y cuantificados en *Longisimus dorsi* de cerdos y en general no se observa diferencia (p>005) entre tratamientos. El índice C18/C18:2 es mayor que 1,5 lo que garantiza que se puede incluir un 40% de harina de batata de los clones exportación, tainung y T440045 en la dieta para cerdos en etapa de ceba sin detrimento de la calidad.

Tabla 28. Promedios para las categorías de ácidos grasos de la carne de cerdos alimentados con dietas que contenían 0% y 40% de harina de batata Aurora, batata Ambarina y batata T440045

AG		Control	HBAu	HBAm	HBT440045	Prob
Total saturados %	Promedio	35,5	37,0	35,3	35,9	NS
	Varianza	3,7	8,1	8,6	4,3	NS
Total monoinsaturados %	Promedio	55,3	55,4	55,4	55,1	NS
	Varianza	4,7	6,1	7,5	6,0	NS
Total diinsaturados %	Promedio	4,92	3,54	5,04	4,75	NS
	Varianza	1,27	1,14	1,64	3,04	NS
Total polinsaturados	Promedio	1,40	1,31	1,38	1,26	NS
	Varianza	0,06	0,04	0,07	0,05	NS
Total insaturados %	Promedio	61,83	60,46	62,02	61,36	NS
	Varianza	4,48	7,75	7,65	2,80	NS
CLA %	Promedio	0,16	0,15	0,16	0,15	NS
	Varianza	0,00	0,00	0,00	0,00	NS
C18/C18:2	Promedio	2,33	3,79	2,26	2,53	NS
	Varianza	0,48	2,43	0,74	0,92	NS

Fuente: Elaboración propia

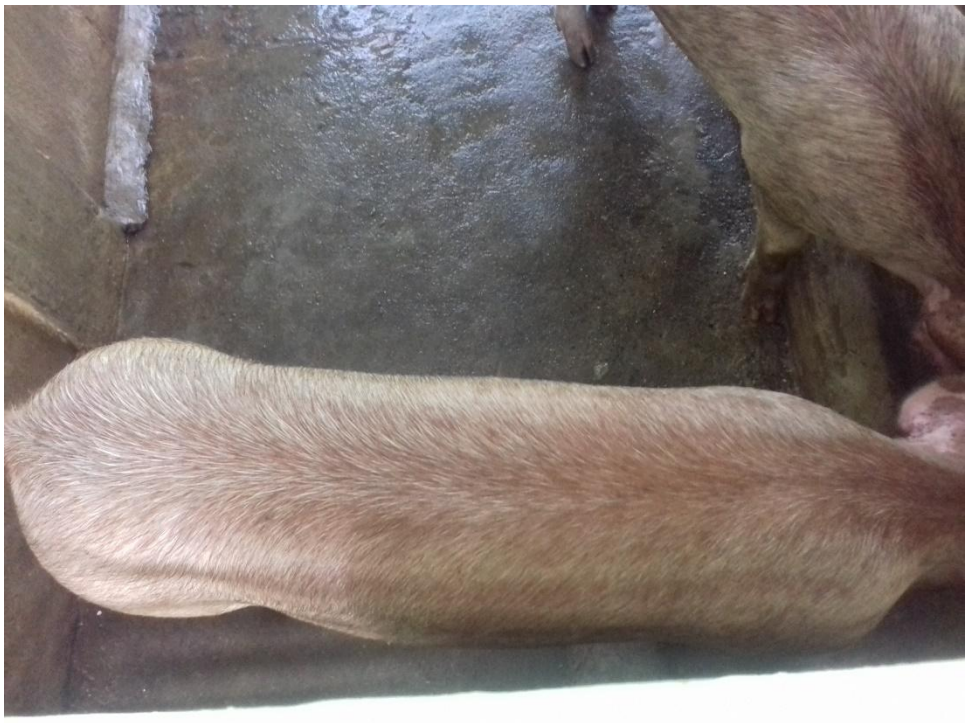


Figura 41. Cerdos comerciales utilizados en los estudios.

Foto: Martha Santana Rodríguez

Conclusiones

La porcicultura en Colombia es una de las actividades agropecuarias de mayor crecimiento en la última década con un incremento del 60,4 % de la producción nacional lo que ha generado un mayor dinamismo socioeconómico entre los actores de la cadena productiva. La carne es el producto principal que de esta actividad y actualmente en el país se generan más de 491,000 toneladas de carne de cerdo haciendo una contribución importante al objetivo de combatir la desnutrición proteica y la inseguridad alimentaria al ofertar un mayor volumen cada año de proteína animal para la población colombiana por esta razón es importante buscar alternativas de integración de la agricultura y la producción de cerdos para reducir los costos de alimentación que se han tasado hasta en 70% de total y de esta manera hacer más productivo el sistema agropecuario y mantener el precio asequible al consumidor y consolidar la seguridad alimentaria.

El uso de fuentes alternativas de alimentación como la batata para cerdos en Colombia es importante debido a que una proporción alta del cereal (maíz) y oleaginosas (soya) que son necesarios para la elaboración de concentrados se importa y el costo del dólar y la inflación van en aumento, de otra parte, el cultivo de batata se adapta muy bien a las condiciones del caribe colombiano y principalmente la batata de pulpa anaranjada tiene mercado para la exportación lo que genera más excedentes ya que se deben cumplir requisitos de forma, tamaño y peso.

Para los pequeños productores nacionales la integración del cultivo de batata con la explotación de cerdos, ambos producidos comúnmente en patio en el departamento de Córdoba puede ofrecer grandes ventajas al productor al reducir los costos de alimentación del cerdo que es una de las principales fuentes de proteína animal en alimentación humana, a la vez que transforma residuos, excedentes o subproductos de batata en carne para mejorar la nutrición humana. Este manejo de residuos también evita la proliferación de plagas que puedan afectar al cultivo si no se hace una adecuada disposición de los residuos en campo. Es conveniente adelantar otros estudios para obtener una mayor información relacionada con la calidad de la canal y de la carne de cerdos alimentados con dietas que incluyen raíz y forraje de batata. Lo anterior permitirá dar valor agregado a la producción de batata y reducir los costos de producción animal e importación de materias primas para dietas en cerdos al encontrar que en determinadas proporciones de hojas y tallos no afecta negativamente los parámetros de producción animal y calidad de la carne, y por el contrario, podría tener efectos positivos en la calidad de la carne al ser rica en carotenos y ácidos grasos insaturados.

La información presentada en este manual promueve la implementación de sistemas de sostenibles de alimentación con el uso de productos locales y alternativos que garanticen la seguridad alimentaria de los pequeños productores. Además, el aprovechamiento de los coproductos de especies como la batata se pueden utilizar en la alimentación animal lo que apoya la reducción de costos de producción y se fomenta el reciclaje de nutrientes a nivel de la finca y las estrategias de manejo que aumenten la resiliencia de los sistemas de producción de cerdos en fincas de pequeños productores de la región Caribe colombiana.

Referencias

Agudelo J. 2014. Meta-análisis de la eficiencia alimenticia en cerdos de levante alimentados con materia primas de países tropicales. Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Nutrición sostenible. UNAD. Escuela de Ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. Medellín

Agudelo J. (2007). Requerimientos nutricionales de los cerdos. Ed. Porrua, Madrid España.

Akoetey, W., Britain, M. M., & Morawicki, R. O. (2017). Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. *Ciência Rural*, *47*

Alam, M. K., Rana, Z. H., & Islam, S. N. (2016). Comparison of the Proximate Composition, Total Carotenoids and Total Polyphenol Content of Nine Orange-Fleshed Sweet Potato Varieties Grown in Bangladesh. Foods (Basel, Switzerland), 5(3), 64. https://doi.org/10.3390/foods5030064

Amador I y Otálora J. Tipificación de la calidad de la canal porcina en Colombia. En: Porcicultura Colombia. No.65, enero-febrero 2000, p.9-13

Bach, D., Bedin, A. C., Lacerda, L. G., Nogueira, A., Demiate, I. M. (2021). Sweet potato (Ipomoea batatas L.): a versatile raw material for the food industry. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *64*

Bañón S, Granados m, Cayuela JM, Gil MD, Costa L, Garrido MD. (2000). Calidad de la grasa obtenida a partir de cerdos magros. AN. VET. (MURCIA) 16: 77-88

Bartoli, J. F. y Goñi, M.D. (2011) Factores que afectan la conversión alimenticia. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). *Obtenido de: http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/factores%20que%20afectan%20la%20conversion%20alimentaria.pdf*

Carduza, F., Grigioni, G., Irurueta,M. Evaluación organoléptica de calidad en carne a pedido del consumidor. Instituto tecnología de alimentos INTA Castelar. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/65-evaluacion_organoleptica.pdf

Chittaranjan, K. (2007). Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants (Vol 3) *Pulses,* Sugar and Tuber Crops, Springer-Verlag, Berlin, 306p

Church, D., Pond, W., Y Pond, K. (2010). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2 da Edición. Editorial. Limusa. México. 481-513 pág

Cisneros F; Alcazar J. 2002. Manejo Integrado del Gorgojo del Camote o Tetuán del boniato, Cylas formicarius (Fab.), en Cuba. eds. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 138 p.

Cobeña, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas, FM., Guzmán, AM. (2017). Manual técnico del cultivo de camote. Manual No. 106. INIAP Estación Experimental Portoviejo. Manabí-Ecuador

CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, y Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Pronatta. (2003). Manual de porcicultura. Bogotá, D. C.:Produmedios

Cui, R., & Zhu, F. (2020). Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours. *Ultrasonics sonochemistry*, *66*, 105118. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105118

Cusumano, C., Zamudio, N. (2013). Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán, Argentina. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Ediciones, 48 p

Cusumano C., Zamudio N. Technical Manual for the Cultivation of Sweet Potato in the Province of Tucumán (Argentina). Argentina. 2013

Díaz, I., C. González, J. Reyes, M. Carón, E. Delgado, y J. Ly. 2013. Digestión de follaje de batatas (Ipomoea batatas (L.) Lam) en cerdos. Cub. Cienc. Agr. 47:289-294

Dom, M., Ayalew, W. 2009. Adaptation and testing of ensiling sweet potato tuber and vine for feeding pigs: Digestibility and nitrogen retention of mixed silage diets. Journal of the Institute of Chemists Papua New Guinea, 2: 77–88

Dom, MT., Ayalew, W. K., Glatz, PC., Kirkwood, RN., Hughes, PE. (2017). Nutrient utilization in grower pigs fed boiled, ensiled, or milled sweet potato roots blended with a wheat-based protein concentrate. Animal Feed Science and Technology, 223: 82-89. doi:http://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.11.014

Domínguez, P., 1992. Alimentación de boniato a monogástricos. En: Raíces, tubérculos, plátanos y guineos en la alimentación animal. Máquina, D.; Nyvold, S. eds. FAO Animal production and health paper 95, FAO, Roma. http://www.fao.org/docrep/003/t0554e/T0554E15.htm

Driehuis, F., Elferink, SO., Spoelstra, SF (Sphericity Factor). (1999). Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with Lactobacillus buchneri inhibits yeast growth and improves aerobic stability. Journal of applied Microbiology, 87(4): 583-594

Driehuis, F., & Elferink, SO. (2000). The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. *Veterinary Quarterly*, *22*(4):212-216

Duan, Y., Huang, L., Xie, J., Yang, K., Yuan, F., Bruce, HL., Plastow, GS., Ma, J., Huang, L. (2013). Effect of temperature and pH on postmortem color development of porcine M. longissimus dorsi and M. semimembranosus. Journal of the Science and Food Agriculture 93: 1206–1210

Economía porcícola. https://www.porkcolombia.co/wp-content/uploads/2021/03/ED-257-PORKCOLOMBIA-DIGITAL-1.pdf

Endrias, D., Negussie, R., & Gulelat, D. (2016). Comparison of three sweet potato (Ipomoea Batatas (L.) Lam) varieties on nutritional and anti-nutritional factors. Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary, 16(4), 1–11 https ://doi.org/10.1016/j.trstmh.2006.05.010

FAO, 2020. FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia http://www.fao.org/faostat/en/#home

Gabosi, H. CIAP. 2012, Alimentación porcina y los costos., http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Materiales/Gestiondeempresaporcina/Alimentacionporcinayloscostos.pdf

Gagaoua, M., Suman, S. P., Purslow, P. P., & Lebret, B. (2023). The color of fresh pork: Consumers expectations, underlying farm-to-fork factors, myoglobin chemistry and contribution of proteomics to decipher the biochemical mechanisms. *Meat science*, *206*, 109340.

García, J., González, C., Escobar, A. (1997). Efectos del nivel de incorporación del follaje deshidratado de batata (Ipomoea batatas L.) en raciones para cerdas gestantes y lactantes sobre el comportamiento productivo y reproductivo. Archiv. Latinoam. Prod. Anim, 5(Suppl 1): 285-287

Giang, H. H., Ly, L. V., Ogle, B. (2004). Evaluation of ensiling methods to preserve sweet potato roots and vines as pig feed. *Livestock Research for Rural Development*, *16*(7), http://www.lrrd.org/lrrd16/7/gian16045.htm

González, C., Díaz, I., León, M., Ly, J., Vecchionacce, H., Bianco, A. (2003). Rasgos de comportamiento canal en cerdos alimentados a voluntad con follaje fresco de batata (*Ipomoea batatas* L.) y diferentes niveles de proteína. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 37(4):421-425. https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=193018056012

era de 1999 González, C., Jimenez, H., Rúgeles, L., Bejarano, D. (2020). Banco de germoplasma animal para la alimentación y la agricultura. Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12324/36664

Guimarães, CL., Silva, SL., Da silva, P.H., Dos Santos, M.L. (2021). Utilização do fermentado de batata-doce e vinhaça na alimentação de suínos na fase de creche. En: Anais do Seminário de Iniciação Científica IFMG. Anais...Belo Horizonte (MG) IFMG, Disponível em: <https//www.even3.com.br/anais/planetaifmg/375421-UTILIZACAO-DO-FERMENTADO-DE-BATATA-DOCE-E-VINHACA-NA-ALIMENTACAO-DE-SUINOS-NA-FASE-DE-CRECHE>. Acesso em: 21/11/2022 09:36

Grace, M H., Truong, A N., Truong, V D., Raskin, I., Lila, MA. (2015). Novel value-added uses for sweet potato juice and flour in polyphenol- and protein-enriched functional food ingredients. Food science & nutrition, 3(5), 415–424. https://doi.org/10.1002/fsn3.234

Hadgu, G. Z., Negesse, T., & Nurfeta, A. (2015). Nutritive value of fresh, dried (hay) and ensiled vines of four sweet potato (ipomoea batatas) varieties grown in southern ethiopia. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 18(2). https://doi.org/10.56369/tsaes.2120

Hernández Ortiz, B A., Tobón, Castaño, J A., Ocampo Gallego, R J., Martínez Oquendo, P Y. (2018). Caracterización del crecimiento y rendimiento de la canal en cerdos de la raza criolla San pedreño en Antioquia. Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12324/22128

Heuzé, V., Tran, G., Hassoun, P., Lebas, F. (2020). Sweet potato (Ipomoea batatas) by-products. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. https://www.feedipedia.org/node/5325

Honig H. (2000). Reducing losses during storage and unloading of silage In: Pahlow G, Honig H, eds. Forage Conservation towazds, Proceedings European Grassland Federation, Landbauforschung Vblkenrode Sonderheft 123. Braunschweig: Bundesfotschungsanstalt fiir Landwirtschaft Braunschweig-Vólkenrode, 1991: 116-28

Hurtado, V., Nobre, R., Chiquieri, J., (2011). Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba* 16(1):2372-2380

ICA Instituto colombiano Agropecuario. Censo porcino en Colombia https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

ICBF. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015). Tabla de composición de alimentos colombianos. Versión 2015 edición. Bogotá

INATEC. (2010). Manejo sanitario eficiente de los cerdos. Recuperado el 11 de marzo de 2017, de https://goo.gl/u2I1dz

Kays, S.J. (2005), "Sweet Potato Production Worldwide: Assessment, Trends and the Future", Acta Horticulturae Vol. 670, pp. 19-25

King, N. J., & Whyte, R. (2006). Does it look cooked? A review of factors that influence cooked meat color. Journal of Food Science, 71(4), R31–R40. https://doi.org/ 10.1111/j.1750-3841.2006.00029.x

Lebot, V. (2010). Sweet potato. In *Root and tuber crops* (pp. 97-125). Springer, New York, NY

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

Maphosa, T., Gunduza, KT, Kusina, J. Mutungamiri, A. 2003: Evaluation of sweet potato tuber (Ipomea batatas l.) as a feed ingredient in broiler chicken diets. Livestock Research for Rural Development, 15, Article #3. Retrieved April 22, 2017, from http://www.lrrd.org/lrrd15/1/maph151.htm

Martínez, GR. (2002). Razas de cerdos. En: Alternativas para la producción porcina a pequeña escala. Herradora LMA (editores)., México: Mundi Prensa, págs. 25-44

MADR, Ministerio de agricultura y desarrollo rural- Cifras sectoriales. Cadena cárnica porcina. 2021. https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/2021-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- SIOC. (2020). Cifras sectoriales de la cadena cárnica porcina. https://sioc.minagricultura.gov.co/Porcina/Documentos/2021-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

MADR- SIRIAGRO. Boletín de precios de alimentos balanceados para animales (no1 2021) https://sioc.minagricultura.gov.co/Boletines/BOLET%C3%8DN%20DE%20PRECIOS%20DE%20ALIMENTO%20BALANCEADO%20PARA%20ANIMALES%20No.1%20de%202021.pdf

Martí, H, Chiandussi,C., Filippi, M. (2014). Producción agroecológica de batata el gran cultivo y la huerta familiar. Ediciones INTA. 76 p. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp-marti-et-al-manual-cultivo-de-batata-2014.pdf

National Pork Producers CouncilL (NPPC). Procedures to evaluate market hogs, 3rd Ed., Iowa 50306, USA. 1-16 pp. 1991

National Research Council. (1998). Nutrient Requirement of Swine Tenth Revised Edition. Washington DC: National Academie of Sciences

Ojeda, Á., Matos, A. A., Cardozo, A.R. (2010). Composición química, degradabilidad y producción de gas in vitro del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* Lam) Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 44 (3): 261-266 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba. https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015664008.pdf

Owen, A. y Sabogal, R. (1984). *Aspectos zootécnicos del cerdo zungo.* Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12324/22440

Pietrosemoli, S., Moron-Fuenmayor, O. E., Paez, A., & Villamide, M. J. (2016). Effect of including sweet potato (Ipomoea batatas Lam) meal in finishing pig diets on growth performance, carcass traits and pork quality. Animal Science Journal, 87(10),:1281-1290. doi: 10.1111/asj.12546

Porkcolombia (enero - febrero 2021). Economía Porcícola 2020. Revista Porkcolombia Edición 257. ISSN 0122-4220. https://www.porkcolombia.co/wp-content/uploads/2021/03/ED-257-PORKCOLOMBIA-DIGITAL-1.pdf

Rodrigues, N. D. R., Barbosa Junior, J. L., & Barbosa, M. I. M. J. (2016). Determination of physico-chemical composition, nutritional facts and technological quality of organic orange and purple-fleshed sweet potatoes and its flours. *International Food Research Journal*, *23*(5).

Rosero-Alpala, E.A., Pastrana-Vargas, I., García-Peña, J.A., Espitia-Montes, A.A., Sierra-Naranjo, C.M., Sierra-Monroy, J.A. y García-Herazo, J.L. (2019). Agrosavia Aurora: Variedad de batata de pulpa anaranjada para el Caribe colombiano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Mosquera, Colombia

Rostagno, H., Teixeira, L., Lopes, J., Kazue, N., Guiherme, F., Saraiva, A., ... & De Oliveira, C. (2017). Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de Alimentos y Requerimientos nutricionales. Brasil: Departamento de Zootecnia, Universidad Federal de Viçosa, 488 p., ISBN: 978-85-8179-122-7

Santana R, MO., Mestra L., David, H., Benavides J., Aguayo, L. 2016. Utilización de remanentes de batata de color naranja en la alimentación de cerdos mestizos en el Centro de Investigación Turipaná, Córdoba, Colombia. https://hdl.handle.net/20.500.12324/22133

Salazar, E., Méndez, O., González, J., Moreno, M., García, D., Belén, D., Medina, C., Ojeda, C., Griman, N. 2010. Efecto del secado y tratamiento con ácido cítrico sobre la degradación de carotenoides en harinas de batata (Ipomoea batatas L.). Rev. Fac. Agron. (LUZ) 27:112-124

Salazar, L. (2009). Evaluación y rendimiento en canal de res y de cerdo e impacto económico en la industria cárnica. Corporación Universitaria Lasallista, 18-48

Segarra, EB., Salinas, LR. 2016. Influencia de la edad, fenotipo, sexo y peso al sacrificio sobre los indicadores de calidad de los porcinos faenados en el Camal de Azogues. Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Ecuador, p. 98

Solís, C., Ruiloba, MH. 2017. Evaluación de diferentes niveles de ensilaje integral de camote (Ipomoea batatas) como fuente energética para bovinos en crecimiento. Cuban Journal of Agricultural Science, 51(1)

Sun, H., Mu, T., Xi, L., Zhang, M., Chen, J. (2014). Sweet potato (Ipomoea batatas L.) leaves as nutritional and functional foods. Food chemistry, 156:380-389. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.01.079

Tepper, R., González, C., Figueroa, R., Araque, H., & Sulbarán, L. (2012). Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda. Avances en Investigación Agropecuaria, 16(2): 23-34

https://periodicos.ifrr.edu.br/index.php/anais_forint/article/view/1032/823

Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K. V., Yencho, G. C. (2018). Swee tpotato production, processing, and nutritional quality. *Handbook of vegetables and vegetable processing*, *2nd Edition*

Tumwegamire, S., Kapinga, R., Rubaihayo, P R., LaBonte, D R., Grüneberg, W J., Burgos, G., ... & Mwanga, R O. (2011). Evaluation of dry matter, protein, starch, sucrose, β-carotene, iron, zinc, calcium, and magnesium in East African sweetpotato [Ipomoea batatas (L.) Lam] germplasm. HortScience, 46(3): 348-357

Urkijo, E., Eguinoa P, Labairu J. (2009). Cómo se valora la calidad de la canal y la calidad de la carne. http://www.aacporcinos.com.ar/

Van, A H. (2005). Utilization of ensiled sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) leaves as a protein supplement in diets for growing pigs. Revista Tropical animal health and production.37(1) 77-88. doi: 10.1023/b:trop.0000047937.41355.4d

Wadhwa, M., & Bakshi, M P S. (2013). Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. *Rap Publication*, *4*(2013): 67

Woolfe, J A. (1992). *Sweet potato: an untapped food resource*. Cambridge University Press

Youssao, I., Verleyen, V., Michaux, C., Leroy, P L. (2002). Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pitrain pig using the real-time ultrasound. Biotechnologie, agronomie, société et environnement, 6(4), 195-200