UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

"REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL SISTEMA DE CAMA PROFUNDA EN LA CRIANZA DE CERDOS: UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN Y EL BIENESTAR ANIMAL"

AUTOR

Víctor Alfredo Zhunaula Gonzalez

José Diego Ramos Heredia

DIRECTOR

Dr. Willan Orlando Caicedo, PhD

PASTAZA – ECUADOR

2021

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Víctor Alfredo Zhunaula González con C.I. 1900717461 y José Diego Ramos Heredia con C.I. 1600666745, hacen constar que son autores del Trabajo de Integración Curricular titulado: Revisión bibliográfica del sistema de cama profunda en la crianza de cerdos: Una alternativa para mejorar la producción y el bienestar animal, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Willan Orlando Caicedo, PhD. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 25 días del mes de enero del 2021.

Zhunaula González Víctor Alfredo

CI: 1900717461

Ramos Heredia José Diego

CI: 1600666745

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: “Revisión bibliográfica del sistema de cama profunda en la crianza de cerdos: Una alternativa para mejorar la producción y el bienestar animal”.

Firmado electrónicamente por:
ALINA RAMIREZ

Dra. Ramírez Sanchez Alina

Presidenta del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
VERONICA ISOLINA MASSON FIALLOS

MsC. Massón Fiallos Verónica I.

Miembro del Tribunal

Firmado electrónicamente por:
JUAN CARLOS MOYANO TAPIA

MsC. MoyanoTapia Juan Carlos

Miembro del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 03-SAU-UEA-2021

Puyo, 26 de enero de 2021

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo De Integración Curricular correspondiente a los egresados: ZHUNAULA GONZÁLEZ VÍCTOR ALFREDO con C.I. 1900717461 y; RAMOS HEREDIA JOSÉ DIEGO con C.I. 1600666745, con el Tema: **"Revisión bibliográfica del sistema de cama profunda en la crianza de cerdos: Una alternativa para mejorar la producción y el bienestar animal"**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 23 de enero de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida, por ser el inspirador, darnos fuerzas para continuar y cumplir con uno de los anhelos más deseados, a mis padres Manuel Asunción Zhunaula Guaillas y María Mercedes González por todo su amor, comprensión y apoyo moral y económicamente, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas.

También hago extenso este reconocimiento a todos los maestros de mi educación superior, quienes me han dado las pautas para mi formación profesional de manera especial a nuestro tutor el Dr. Willan Caicedo por su ayuda, paciencia, dedicación y colaboración incondicional para el progreso del presente proyecto de integración curricular.

Así también es muy grato el recorrer de la vida cuando conoces a personas tan bonitas a los que llamamos la "familia que uno escoge" como son mis amigos, por estar siempre apoyándome en cada momento que me veían decaída o triste por situaciones que hoy en día me han hecho crecer, gracias por estar siempre animándome a llegar a una de las metas de la vida y recordarme historias que nos marcaron y frases de "Cada día ser mejor", porque son historias que guardan secretos de alegría, aventuras y tristeza.

Zhunaula González Víctor Alfredo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme otorgado a la mejor madre de mundo, quien ha creído en mí siempre dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo, quien ha formado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Agradezco a mi Madre por siempre estar conmigo, por ser el motor de mi existencia, por siempre estar ahí empujándome para no desmayar y no dar un paso atrás.

Mil gracias a la familia Cevallos Punguil en especial a Maria Teresa, Mayrita y Paulina por todo su apoyo en todo este largo camino, espero siempre contar con su valioso e incondicional apoyo.

Agradezco a mis compañeros Jessica, Anahí, Carolina, Alex y Alfredo y cada uno de mis compañeros que en estos 5 años que hemos compartido, siempre estaré en gratitud de haber tenido la dicha de contar con su apoyo y a ver coincidido con personas maravillosas. A Kelly por estar siempre en cada paso con todo su apoyo y su empuje mil gracias.

Gracias, de corazón a mi tutor Dr. Willan Caicedo por todo su esfuerzo, dedicatoria, paciencia y motivación para poder sacar adelante este trabajo. Ha sido un privilegio poder contar con su guía y ayuda.

A Mis docentes de estos 5 años de camino que recorrí por la gloriosa UEA, a ellos les dedo el conocimiento, gracias por la paciencia, enseñanza que nos brindaron con todo su esmero por sacar el potencial de los estudiantes y finalmente gracias a la Universidad Estatal Amazónica por abrirme las puertas y formarme para un fututo competitivo y formarme como una persona de bien.

José Diego Ramos Heredia

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Manuel Asunción Zhunaula Guaillas y María Mercedes González, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, ¡son los mejores padres!

A mis hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Zhunaula González Víctor Alfredo

Dedico este proyecto a:

Dios porque a pesar de no tener mucho, lo tengo todo.

Mi madre por mostrarme el camino hacia la superación, por darme la vida, todo su amor, dedicación y palabras de aliento para nunca desmayar y cumplir una de las tantas metas que tengo que cumplir.

José Diego Ramos Heredia

RESUMEN

El sistema de cama profunda consiste en la construcción de módulos o túneles de viento con una mezcla de varios materiales bien deshidratados tales como heno, cascarilla de arroz, café, bagazo de caña de azúcar, paja de trigo, entre otros. El objetivo de este trabajo fue describir la situación actual del sistema de manejo de cama profunda en las diferentes etapas de crianza de los cerdos a partir de la revisión de información científica. El presente estudio fue de tipo exploratorio y se fundamentó en una recopilación bibliográfica, cuenta con un diseño transversal de tipo exploratorio, la información se obtuvo en artículos, revistas, libros y tesis en los buscadores Google Académico, Scielo, Science Direct, Taylor & Francis online, Pubmed, ResearchGate, Dialnet, entre otros. Los mejores indicadores de bienestar animal (amontonamiento, mordeduras de cola y cojeras) 0%, animales jugando y hozando (70 y 80 %) se reporta para el sistema de cama profunda. En la etapa reproductiva, se evidencia un mayor índice de mortalidad en lechones mantenidos en el sistema convencional debido a los factores ambientales y al estrés que están sometidas las cerdas. Los cerdos manejados en cama profunda y piso de concreto no muestran diferencias sobre el peso final, grasa dorsal, área chuleta, carne magra y rendimiento de la canal. Con respecto a los gases de efecto invernadero, los mayores valores se reportan para el piso de concreto y rejilla (slat). El menor costo de inversión inicial se requiere para la cama profunda a base de cascarilla de arroz en comparación con el concreto y slat. Se concluye que la producción de cerdos en cama profunda garantiza el cumplimiento de las normativas de bienestar animal, mejora de indicadores productivos, reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y minimiza los costos de producción del sistema.

Palabras claves: Bienestar animal, Cama profunda, Parámetros productivos, Rentabilidad, Emisión de gases

ABSTRACT

The deep litter system consists of the construction of modules or wind tunnels with a mixture of various well dehydrated materials such as hay, rice husks, coffee, sugar cane bagasse, wheat straw, among others. The objective of this work was to describe the current situation of the deep litter management system in the different stages of pig rearing based on the review of scientific information. The present study was of an exploratory type and was based on a bibliographic compilation, with an exploratory cross-sectional design. The information was obtained from articles, journals, books and theses in the search engines Google Scholar, Scielo, Science Direct, Taylor & Francis online, Pubmed, ResearchGate, Dialnet, among others. The best animal welfare indicators (crowding, tail biting and lameness) 0%, animals playing and rooting (70 and 80%) are reported for the deep bedding system. In the reproductive stage, a higher mortality rate is evidenced in piglets kept in the conventional system due to environmental factors and stress to which the sows are subjected. Pigs managed in deep litter and concrete floor show no differences on final weight, backfat, chop area, lean meat and carcass yield. With respect to greenhouse gases, the highest values are reported for concrete floor and slat. The lowest initial investment cost is required for rice husk-based deep bedding compared to concrete and slat. It is concluded that the production of pigs in deep litter guarantees compliance with animal welfare regulations, improves production indicators, reduces greenhouse gas emissions and minimizes the production costs of the system.

Keywords: Animal welfare, Deep litter, Productive parameters, Profitability, Gas emission

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN 13

1.1. Planteamiento del problema 13

1.2. Objetivos 14

1.2.1. General 14

1.2.2. Específicos 14

1.2. Justificación 14

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA 16

2.1. Origen y domesticación del cerdo 16

2.2 Clasificación Zoológica 17

2.3 Importancia de la crianza del cerdo 18

2.4 Producción porcina en Ecuador 18

2.5 Manejo de los residuales del porcino en los sistemas de crianza extensivos, semi-intensivo e intensivo 19

2.6 Generalidades del sistema cama profunda 20

2.7 Ventajas y desventajas del sistema cama profunda 21

2.8 Impacto ambiental del sistema de cama profunda 22

2.9 Adaptaciones y estrés 23

2.10 Temperatura de la cama 23

2.11 Manejo de la cama 23

2.12 Características de los subproductos de cosecha utilizados en la cama profunda 24

2.12.1 Cascarilla de arroz 25

2.12.2. Heno de gramíneas 25
2.12.3. Bagazo de caña 26
2.12.4. Aserrín de madera 26
2.13 Bienestar animal (porcino) 26
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1. Tipo de investigación 28
3.2 Método de la investigación 28
CAPITULO 4: RESULTADOS 29
CONCLUSIONES 38
RECOMENDACIONES 39
REFERENCIAS 40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del cerdo..... 17
Tabla 2 Comparación de los indicadores de bienestar animal en cama profunda, piso de concreto y piso de rejilla..... 29
Tabla 3 Comparación de los indicadores productivos en tres sistemas de producción..... 31
Tabla 4 Comparación de la influencia del sistema en la etapa de gestación..... 32
Tabla 5 Características de la canal del cerdo en camas profunda, piso de concreto y piso slat o piso de rejilla. 34
Tabla 6 Emisiones de gases de efecto invernadero en tres sistemas de producción porcina..... 36
Tabla 7 Comparación de dos tipos de camas (cascarilla de arroz y rastrojo de maíz) con el piso de concreto y piso de slat o rejilla..... 38

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

El sector porcino en el Ecuador presenta un crecimiento dinámico, que se evidencia en el censo agropecuario 2017 que mostró un incremento de producción significativo en los últimos años, siendo el resultado de la implementación de tecnología en procesos y desmitificación de las propiedades de la carne. Así también se suma el consumo de carne cerdo que en el 2010 era de 7,3 kg/persona/año y que en el 2016 aumentó la cifra a un 10 kg/persona/año.

En el actual escenario, los técnicos y pequeños productores del país, interesados en buscar alternativas de baja inversión de cimentación de una infraestructura adecuada para el confinamiento de los cerdos, encuentran en el sistema de cama profunda una técnica viable que consiste en la construcción de módulos o túneles de viento con una mezcla de varios materiales bien deshidratados tales como heno, cascarilla de arroz, café, bagazo de caña de azúcar, paja de trigo, entre otros (Cruz, Almaguel, Mederos, González, Sáez y Breña, 2017). Lo más interesante de este sistema es que permite el incremento de producción de carne de cerdo con un mínimo impacto ambiental ya que reduce tanto la emisión de residuos que causan un mal olor, así como la presencia de moscas que son portadoras de patógenos causantes de enfermedades en estos animales.

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial existe la preocupación acerca de las consecuencias que generan los sistemas tradicionales de producción porcina sobre la contaminación ambiental, la producción y el bienestar animal, además para la implementación de estos sistemas se requiere una alta inversión inicial para las instalaciones. En los sistemas de crianza de cerdos de tipo semi-intensivos de Ecuador resulta necesario introducir prácticas de bienestar animal que permitan mejorar la producción, y utilizar de forma eficiente los residuales del porcino.

El sistema de cama profunda requiere de baja inversión económica, ofrece comodidad a los animales, y mayor rendimiento productivo, de hecho, es considerado como una producción alternativa de ingresos extras para la granja. En base a esta problemática, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad realizar una revisión bibliográfica de investigaciones en las

bases de datos, artículos científicos, libros y tesis que aborden aspectos del manejo del sistema de cama profunda en la producción porcina.

1.2. Objetivos

1.2.1. General:

- Describir la situación actual del sistema de manejo de cama profunda en las diferentes etapas de crianza de los cerdos a partir de la revisión de información científica.

1.2.2. Específicos:

- Efectuar una búsqueda metodológica de artículos científicos, revistas, libros, tesis de pregrado y postgrado relacionadas con el empleo de cama profunda en las diferentes etapas de la producción porcina.
- Describir el sistema de manejo de la cama profunda en las diferentes etapas identificando la situación actual en la crianza de cerdos.

1.2. Justificación

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016), a nivel mundial la carne roja más consumida es la de cerdo. Debido a la gran demanda de este producto se ha evidenciado un gran desarrollo, en relación con la implementación de nuevas tecnologías para el aprovechamiento del potencial productivo de los cerdos. La carne de cerdo tiene un alto valor biológico ayudando al desarrollo y crecimiento de los huesos de los niños por su alto contenido proteico, aportando así algunos minerales entre los que se destacan potasio, fósforo, zinc, hierro y las vitaminas que se encuentran en el grupo B colocándolo así en un alimento indispensable en la dieta diaria (Instituto Tomas Pascual Sanz [ITPS], 2015).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2017) la producción porcina del Ecuador fue de 1 115 473 cabezas, la mayoría de las granjas de cerdo se encuentra en la región Costa y Sierra. Referente al año 2018 esta se vio afectada con una disminución del 9,35%, ya que

algunas producciones del sector porcícola han reducido su rendimiento en un 20% y las más pequeñas, en cambio, optaron por cerrar sus operaciones.

Por otra parte, las condiciones de manejo del bienestar porcino es un tema que se viene implementando a nivel del mundo, sin embargo, en Ecuador hace falta innovar en los sistemas de manejo del porcino que permitan obtener una maximización de la producción con mínimo impacto al ambiente y garantizando el confort de los animales (Ramírez, 2017). Medranda y Zambrano (2017) afirman que en la explotación porcina se puede emplear el sistema de manejo en cama profunda, el cual presenta menor inversión, se garantiza el bienestar animal y tienen bajo impacto ambiental en comparación con los sistemas tradicionales que se realizan a nivel nacional.

El sistema de cama profunda es una opción viable para los pequeños productores porcícolas donde se cambia el piso de concreto por una cama de 50 a 60 cm que puede ser de heno, cascarilla de arroz, bagazo de caña, entre otros, para que los porcinos tenga la capacidad de crear micro ambientes a través del material utilizado como cama. El bajo consumo de agua es evidente, la baja emision de malos olores y la ausencia de moscas son los beneficios que cuenta el sistema ademas de ser amigable con el medio ambiente (Neira y Danghelo, 2018).

Considerando lo anterior, esta investigación consiste en describir la situación actual del sistema de manejo de cama profunda en las diferentes etapas de crianza de los cerdos a partir de la revisión de información científica, como una fuente de consulta sintetizada para la implementación de esta alternativa que sea de utilidad para los pequeños productores del país.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Origen y domesticación del cerdo

El cerdo es un mamífero artiodáctilo que pertenece a la familia Suidae. Es un animal doméstico de mucha importancia que forma parte de la alimentación de muchos pueblos. Hace 13 000 años aproximadamente se habla de la domesticación del cerdo de la misma manera se evidencia esta actividad en China, desde ahí se han ido expandiendo por todo el mundo (Sue, James, Keith, Katie, & Stephen, 2016). Los jabalíes son ancestros salvajes de los cerdos los cuales tienen distintas razas las cuales se han domesticado en el transcurso del tiempo, están distribuidos en Asia, Norte de África y Europa. Esto se demuestra al comparar muestras de ADN de jabalí con los perfiles de ADN de varias razas de cerdo doméstico de Europa y Asia (Monge, 2006).

La vieja teoría que en un momento dado los europeos no domesticaron al jabalí queda en desuso puesto que los perfiles de ADN de dichos cerdos domésticos europeos tienen una gran similitud con los de los jabalíes de esta localidad negando así que el proceso de domesticación sólo tuvo lugar en el Oriente Medio. Investigadores del siglo XIX observaron que los cerdos domésticos europeos y asiáticos eran de apariencia diferente por lo que los clasificaron en dos subespecies distintas lo que ha sido confirmado mediante el estudio de la secuencia del ADN mitocondrial donde se observaron diferencias claras en la secuencia del ADN en los cerdos salvajes asiáticos y en los europeos (Melletti, 2017).

En fuerte contraste, los jabalíes (*Sus scrofa*) tienen una distribución geográfica mucho más amplia que abarca Eurasia y el norte de África. Los cerdos domésticos se pueden encontrar en todo el mundo debido a su extraordinaria importancia en la producción de carne roja, manteca de cerdo y productos curados. De esta forma, los cerdos son la principal fuente de carne en el mundo (40%, 93 millones de toneladas métricas), siendo China, Unión Europea, Estados Unidos, Brasil y Canadá los principales productores (Myriam, 2019).

Según, Appendino, da Silva, Demski, & Rossini, (2012) la domesticación del ganado fue uno de los acontecimientos más decisivos de la historia de la humanidad. El establecimiento de una relación duradera y mutualista entre las poblaciones humanas y animales produjo beneficios

invaluables para ambos socios. Mientras que a los humanos se les otorgó un acceso sostenido a los suministros de alimentos para animales, las especies domésticas recibieron protección contra depredadores potenciales y aumentaron su número y distribución geográfica mucho más allá de sus ancestros salvajes. En épocas anteriores la división se efectuó en tres grupos: Cerdos Nórdicos: derivados del Sus scrofa ferrus; razas del centro y Norte de Europa. Una de las características del cerdo europeo salvaje es que tiene una alta fecundidad y rusticidad, sus extremidades son altas su dorso se puede apreciar que es arqueado teniendo un desarrollo tardío. Los derivados del sus mediterráneos o también conocidos como cerdos mediterráneos, sus características son intermedias propio de un cruce del cerdo asiático y del cerdo Mediterráneo, pero tiene su originalidad. Por otro lado, el cerdo asiático tiene el cuerpo corto y grueso, las extremidades pequeñas, es muy utilizado para la ceba por su rápido desarrollo, estos cerdos ibéricos fueron llevados por Cristóbal Colón a Cuba, en 1943, donde se expandieron hacia Colombia, Venezuela, Perú y Ecuador.

2.2 Clasificación Zoológica

Según (Monge, 2006) la clasificación zoológica del cerdo es la siguiente:

Tabla 1

Taxonomía del cerdo

Clasificación	Nombre	Notas
Reino	Animal	Organismo pluricelular que sintetiza hidratos de carbono heterotróficamente en forma de glucógeno.
Subreino	Eumetazoos	Presentan tejidos propiamente dichos, poseen órganos y tubo digestivo.
Rama	Bilateral	Cuerpo con simetría bilateral con respecto al plano sagital.
Tipo	Cordados	Presencia de una cuerda dorsal o notocondrio
Subtipo	Vertebrados	Presentan un eje central óseo o columna vertebral.
Superclase	Gnatostomados	Vertebrados con mandíbulas óseas.
Clase	Mamíferos	Poseen pelos en la piel y glándulas mamarias
Subclase	Euterios	Crías retenidas en el útero y alimentadas por una placenta.
Orden	Ungulados	Mamíferos de pezuñas pares.
Familia	Suidos	Cerdos, jabalí, etc.
Especie	*Sus Scrofa Mediterraneus*	Cerdo criollo.

2.3 Importancia de la crianza del cerdo

La población mundial según estadísticas de la ONU ha manifestado que en el 2060 superaremos la cifra de dos millones de habitantes por lo que los distintos sistemas de producción deben tener en cuenta la gran demanda que deben suplir de manera eficiente con nutrientes de alto valor proteico energético y vitamínico, uno de los más apetecibles es la carne de cerdo. Uno de los principales retos a nivel mundial va a ser el abastecimiento de alimentos procedentes de la agricultura y de la ganadería (Dias, 2011).

A nivel mundial el porcentaje total de carnes producidas en todo tipo de sistemas las explotaciones porcinas representan el 35%. China es el primer productor mundial de carne porcino, representando casi la mitad de la producción mundial con una producción de 49 500 Tm la misma que representa un 49 %. De acuerdo con estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), "la carne roja de mayor consumo mundial es la carne de cerdo, cuya demanda en las últimas décadas ha experimentado un fuerte incremento. Esto se debe al constante cambio en hábitos de consumo y en el factor de ingresos que sustentan la adquisición de carne en su dieta diaria.

2.4 Producción porcina en Ecuador

La crianza de porcinos en el Ecuador en la actualidad es una de las actividades más importantes para la generación de ingresos por los pequeños productores campesinos. La explotación de cerdos es de tipo familiar en el 85% y de tipo industrial el 15%, de los cuales 50 explotaciones tienen alta tecnología y un sistema de bioseguridad (Castro, 2019). Según el estudio de FAO (2016), actualmente se usan dos mecanismos de mejoramiento de cerdos: Uno de este método es mediante la importación de razas puras, con las que se hacen cruzamientos, el problema es que se ven la primera generación de esos cruzamientos, pero los descendientes de éstos se van mezclando con otras razas, de tal manera que no se mantiene una calidad genética en la descendencia. A partir de estas líneas puras importadas, existe descendencia dispersada que tiene regadas en casi todo el territorio nacional.

2.5 Manejo de los residuales del porcino en los sistemas de crianza extensivos, semi-intensivo e intensivo

El impacto ambiental causado por el manejo inadecuado de los desechos líquidos de los cerdos ha causado graves daños al medio ambiente, debido a que una de las actividades frecuentes es el lavado de los corrales limpiando los residuales líquidos del piso de concreto. Los mismos que tienen una composición componentes que no son asimilados por el ambiente en cantidades de demanda química de oxígeno 49 383,33 mg/L y 24 166,67 mg/L en lo que se refiere a la demanda bioquímica de oxígeno, teniendo graves efectos negativos sobre los recursos naturales como agua, suelo y aire (Zhang, Heng, Zhang, Chen, Guofeng & Jianchu ,2016). Esto ha llevado a la búsqueda de sistemas de producción alternativos que reduzcan la emisión de olores, gases nocivos y los riesgos de contaminación en aire y fuentes de agua superficial y subterránea por nitratos.

La actual expansión de la cría de cerdos tiene como principal característica la concentración de animales por zona, con el objetivo de atender el consumo interno y externo de carnes, productos y subproductos. Como consecuencia, existe una contaminación generalizada del agua (alta carga orgánica y presencia de coliformes fecales) por desechos, que, sumados a los problemas de los desechos domésticos e industriales, han provocado graves problemas ambientales, como la destrucción de recursos naturales renovables, especialmente el agua (Oliveira & Nunes, 2015).

En la actualidad el productor porcícola que depende de las necesidades y posibilidades tiene varias alternativas para el manejo de los residuales de la producción porcina (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2010). El manejo de las excretas y purines de los cerdos es de gran importancia, tomando la importancia de una conciencia de protección del ambiente y de igual forma dando cumplimiento a leyes y normas vigentes por otro lado aumentar el tamaño de criaderos de un sistema producción intensiva, porque es allí donde se genera una cantidad considerable de residuos para la cual se emplean alternativas para el aprovechamiento de dichos residuos ya mencionados para la producción de abono, fertilizante y biogás (AGROCALIDAD y ASPE, 2012).

2.6 Generalidades del sistema cama profunda

El sistema de cama profunda (lecho superpuesto) consiste en sustituir el piso de concreto por una cama de 50-60 cm de profundidad por un sustrato (virutas, paja, heno, cascarilla de arroz, bagazo de caña, hojas de maíz, o una mezcla de varios de estos materiales bien deshidratados, entre otros,) que absorbe los residuos y elimina la generación de efluentes líquidos. De esta forma, el principio de funcionamiento del sistema de lecho superpuesto se basa en la estabilización del estiércol mediante compostaje. Al final del proceso, este material se convierte en un fertilizante orgánico de fácil manejo y aplicación en huertos y huertas, que puede generar ingresos extra para los productores (Bartmer, Lopes, Correa, Costa, Santos, Fraga y Bruno, 2017).

Por otra parte, Alcivar & Marcilio (2019) mencionan que los animales alojados en este sistema muestran mayor tranquilidad y pueden practicar su hábito natural de enraizar. Lo que permite calificar el sistema como transformador del potencial contaminante del estiércol porcino en fertilizante orgánico y también para incrementar el bienestar de los cerdos. En las explotaciones a pequeña escala es necesario el aprovechamiento de todas las salidas que puede brindar el sistema por lo que la implementación de cama profunda llega a ser viable y con un menor impacto al ambiente (Cisneros, 2017). Se debe tener en cuenta que el sistema brinda que se desarrolle con amplitud la capacidad de selección y modificación de cada microambiente el mismo que tiene una inversión inicial muy baja con rendimientos aceptables, similar a otros sistemas de confinamiento, más tecnificados y que requieren mayor inversión (Cruz et. al., 2017).

Teniendo en cuenta del material de la cama, de eso se desprende el uso de estructuras de muy bajo costo, difiriendo del sistema de piso concreto el cual tiene un costo más elevado que el de cama profunda además es posible la reutilización de instalaciones abandonadas o en otros casos la construcción de las mismas con materiales accesibles de la zona (Niels & Hermansenb, 2009); uno de los recursos que se debe resguardar es el agua al implementar estos tipos de sistemas existe un ahorro del mismo en gran magnitud por lo que resulta ser una explotación amigable con el medio ambiente, la disminución de olores desagradables y por ende una menor presencia de moscas teniendo al finalizar el ciclo un fertilizante orgánico para los diferentes usos en el ámbito agrícola.

2.7 Ventajas y desventajas del sistema cama profunda

Entre las ventajas y desventajas según Rodarte (2013) se encuentran las siguientes:

Ventajas:

- Menor costo de la inversión en edificios (reducción del 20 al 40%).
- Mejorar la comodidad y el bienestar de los animales, permitiendo expresar su potencial genético.
- Utilización del lecho como fertilizante agrícola, debido a la mayor concentración de nutrientes y reducción de la cantidad total de agua que dejamos.
- El mismo comportamiento zootécnico es de dos animales, cuando se compara con un piso total o parcialmente rasgado.
- Reducción de más del 50% en la emisión de amoniaco (NH3), reducción de dos gases de efecto invernadero (CH4, CO2, N2O) y dos olores generales, en comparación con el sistema de gestión de depósitos en lagos.
- Mayor aprovechamiento de los residuos existentes en las áreas de producción.
- Menos tiempo de mano de obra empleado en la limpieza y manipulación.
- Mayor número de animales por corral, reduciendo costos con divisiones entre corrales.
- Menor almacenamiento, transporte y distribución de los residuos como fertilizante.
- Mejor confort térmico ambiental debido al calor generado por el proceso de compostaje en camas en regiones frías, permitiendo la construcción de edificios con menor aislamiento térmico.
- Menor riesgo ambiental debido al manejo de los desechos, adaptándose a la legislación ambiental vigente.
- Menor uso de agua y desinfectantes para saneamiento de las instalaciones.

Desventajas:

- Mayor consumo de agua en verano (15%).
- Mayor cuidado y necesidad de ventilación en los edificios, para eliminar el vapor de agua producido en el proceso de compostaje.
- Requiere un buen estado de salud de los animales del rebaño, con la intención de evitar problemas relacionados con el rechazo de las canales (linfadenitis).

- Necesidad de proporcionar desechos para su uso como cama, en las regiones donde se implementan los sistemas de reproducción.
- Necesidad de más espacio por animal (1,20 a 1,40 m^2 / animal) respecto al sistema convencional (0,70 a 1,00 m^2 por animal según el tipo de suelo).
- El sistema de producción porcina en cama profunda puede ser utilizado por cualquier productor de cerdos, independientemente del tamaño de la piara. Puede ser adoptado para las siguientes fases: gestación y cría, crianza y en unidades de crecimiento y terminación porcina. Sin embargo, este sistema de producción se usa más comúnmente para animales en la fase de crecimiento y terminación.

2.8 Impacto ambiental del sistema de cama profunda

Oliveira y Nunes (2015) mencionan diversos resultados de investigaciones y observaciones de campo que han demostrado que la mayoría de los sistemas de manejo y tratamiento de estiércol actualmente son usados por los porcicultores en Brasil, reduciendo el potencial contaminante, no permitiendo que los desechos finales se descarguen directamente en cursos de agua. Con el objetivo de reemplazar los sistemas convencionales existen algunas alternativas de manejo y tratamiento de estiércol que se encuentran en fase de implementación, como la cría intensiva de cerdos en camas superpuestas, también llamadas “Deep Bedding” y sistemas de compostaje de estiércol.

Pérez, Ramón, Rodríguez y Dickson (2018) afirman que uno de los factores que es capaz de influenciar de manera negativa en lo referente al comportamiento y en consecuencia al consumo de alimentos es la temperatura por lo cual en épocas definidas como el verano es un factor importante que se debe tener en cuenta por las repercusiones caloríficas que generaría el material de la cama profunda. Las enmiendas que han realizado los campesinos del sector demuestran que es una alternativa viable para las explotaciones que tienen fines de mercado a escalas pequeñas y medianas una de las ventajas es la función de calefacción que se puede tener en climas templados por el abrigo que este les brinda.

La producción tradicional ha tenido una significativa decadencia debido al incremento de producciones con uso de cama profunda evidenciando mejoras en el comportamiento productivo, poca presencia de moscas las cuales son habituales en sistemas tradicionales (Appendino, da Silva, Demski y Rossini, 2012).

2.9 Adaptaciones y estrés

Mota, Roldán, Pérez, Martínez, Hernández y Trujillo (2014) manifiestan que cuando un animal es sometido a un cambio y su sistema fisiológico y de comportamiento le permite acoplarse a la nueva condición ambiental, se dice que no ha existido una adaptación por cuanto hay producción de estrés debido a que el comportamiento es alterado. El estrés en los animales tiene bases fisiológicas y a su vez ejerce influencia sobre las tres principales áreas de acción que son:

- Síquica
- Fisiológica
- Física.

2.10 Temperatura de la cama

La temperatura de la cama profunda está relacionada con el proceso de compostaje por lo que se utiliza materiales absorbentes, que asimilan los excrementos de los cerdos y donde están aliados con diferentes tipos de microorganismos, los cuales dependen de factores ambientales para realizar la descomposición, en donde destaca la temperatura entre otros. La temperatura es un factor que controla la rapidez de la descomposición y los tipos de microorganismos presentes. Este proceso se divide en cuatro fases que son: mesófila 17-26 °C, termófila 26-45 °C, enfriamiento 20-45 °C y madurez menor 20 °C (Morés et al., 2013).

2.11 Manejo de la cama

El manejo de la cama profunda va en dependencia de la estructura y del número de animales por corral dependiendo del flujo de producción, además, se debe considerar siempre la densidad recomendada para la cría (1,2 m^2/cerdo) y deben ser operadas sobre la base de “todo adentro - todo afuera” (FAO, 2012). Para el manejo de la cama, debe tener una altura entre 25 a 30 cm, para

regiones cálidas. Para estas regiones se recomienda el uso de aspersores y ventiladores; De esta forma la temperatura del lecho se mantiene baja, favoreciendo el confort de los animales y no afectando el desempeño productivo.

Un cuidado importante que se debe tener es el uso de virutas de madera, que están libres de sustancias químicas comúnmente utilizadas en los aserraderos. Además, este sustrato - virutas de madera u otro material - debe haber sido almacenado en lugares adecuados, con la humedad adecuada y libre de contaminación (Rondón, Araque, Farfán , y Mora, 2014).

Los sistemas de cama profunda son a menudos más aceptables, en cuanto al manejo excretas en forma sólida y no líquida lo que inducen a la mínima molestia de olores y un impacto ambiental; la implementación de este sistema ayudado a reducir más del 50 % la emisión de amonio (NH3) y de olores en comparación con los sistemas de piso de concreto (Cruz y Almaguel, 2015). Por otra parte, Campiño y Ocampo (2007) aseguran que los subproductos que mejores resultados que han dado son la paja de trigo y la cáscara de arroz para el sistema de cama profunda, puesto que el aserrín el cual es un material accesible ha tenido repercusiones en la condición en la salud del animal en pulmones e intestinos siendo rechazados en los mataderos, también manifiesta que, en promedio, se necesitarán 60 kg de material seco para producir un kg de carne de cerdo.

2.12 Características de los subproductos de cosecha utilizados en la cama profunda

El material para utilizar como cama puede ser variado, obteniéndose en general buenos resultados, todo ello va a depender de la inversión, disponibilidad del material, decisión y preferencia del productor sin pasar por alto el nivel sanitario del material empleado en la cama. Las medidas recomendadas son de 50-60 cm en lo referente a la altura, se debe tener en cuenta que no se puede mojar ni tampoco puede humedecerse ya que afecta al estado de la cama produciéndose una fermentación con presencia de hongos y levaduras los cuales causan problemas sanitarios (Dias, 2011).

2.12.1 Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz tiene muy buen comportamiento siempre y cuando se arranque con la altura adecuada (50 cm), genera polvillo y además puede resultar de más alto costo. Se debe destacar características de este material el cual es el resultado del pilado de arroz, tiene baja tasa de descomposición posee un buen drenaje y un menor peso además mantiene una estructura física del abono con buena condición brindándoles a las plantas una mayor resistencia al ataque de plagas, una absorción de humedad, en la parte nutritiva el aporte de fósforo y potasio es primordial (Medranda y Zambrano, 2017). En el ambito de la industria floricola y los criaderos de animales representa el 35 % de toda la produccion, la parte faltante es destianada a rios y espuestas a filo de carreteras sin ningun control.

De estos residuos se obtiene buenos resultados en la producción porcina, para la elaboración de una cama debe mantener una cantidad inicial, no menor de 50 cm, para mantener un estado de uso óptimo debe tener el 25% de un área que sea húmeda mientras que el área blanda debe tener un 15 % o también denominada área seca debe tener un 60% (Mederos, Cruz, Almaguel y Carmenate, 2018).

Se debe considerar que el ahorro de agua es evidente, también por la parte ambiental este sistema está considerado como amigable, en el aspecto sanitario, existe un bajo índice de moscas, la higiene ambiental de las explotaciones porcinas e influye considerablemente en la bioseguridad de las granjas (Cruz, Almaguel, Mederos y González, 2019).

2.12.2. Heno de gramíneas

Es un material de fácil manejo, tiene una muy buena aereación, baja humedad, exelente materia prima en cuanto a la absorción por lo tanto cuenta con buenas caracteristicas para ser un material de cama profunda apto para lechones por su buen comportamiento y excelente estructura y textura (Pedernera, 2013).

2.12.3. Bagazo de caña

Material muy compacto que impide la correcta aireación, el material tiene un 15.4% de azúcares totales, 14,1% de sacarosa y un 50% en humedad, con todas las características manifestadas significa que es un medio propicio para el desarrollo de hongos, lo cual conspira con los requisitos que debe tener la cama (Maisonnave, 2017).

2.12.4. Aserrín de madera

Un inconveniente evidente es que la inhalación de este material es capaz de producir Pneumoconiosis, el aserrín no logra ingresar a los alveolos pulmonares, pero llegan a causar lesiones a nivel de la tráquea y de los bronquios. Por otra parte, el efecto que tiene este subproducto de la madera es ocasionar que el animal sea rechazado en el camal debido a las lesiones que presenta tanto en los pulmones como en el intestino debido al material ingerido por el animal, es por ello por lo que este tipo de material no son muy recomendables. Una de las razones por la cual no es recomendables, es que conforme transcurre el tiempo y se torna húmeda esta se compacta, seca es capaz de producir polvillo en cantidad abundante, en la viruta se puede encontrar partículas con punta, por lo que el cerdo al ingestarlo puede romperse el esófago y también producir mediastinitis cabe recalcar que es una severa lesión (Castro, 2019).

2.13 Bienestar animal (porcino)

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2019) hace referencia que en los últimos años se han desarrollado tecnologías para la producción porcina intensiva, esto con el fin de incrementar la productividad pasando por alto el respeto hacia los principios del bienestar animal, estos pasan en confinamiento extremo ocasionando alteraciones en la calidad de la carne y un excesivo uso de antibióticos que son aplicados con el fin de acelerar el proceso productivo. “En la actualidad, los consumidores demandan alta calidad nutritiva en los productos ignorando así la información sobre las condiciones éticas y ambientales en las que la materia prima alimenticia es producida” (Lourenço et al., 2013). El término bienestar animal hace referencia a la manera en que este se acopla a distintas condiciones ambientales para su desarrollo (Barbosa, Poliana, Yngrid y Zoila, 2017).

El bienestar animal contempla varios aspectos: éticos, científicos, económicos, políticos y culturales, entre las bases del bienestar animal encontramos: el adecuado manejo, alimentación y sacrificio sin sufrimiento, tratamiento y prevención de enfermedades con un apropiado manejo veterinario (Padilla et al., 2017).

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio fue de tipo exploratorio y se fundamentó en una recopilación bibliográfica, cuenta con un diseño transversal de tipo exploratorio ya que la investigación exploró y analizó un fenómeno en un tiempo determinado.

3.2 Método de la investigación

El método de investigación fue documental cualitativo ya que se realizó la búsqueda de información y recopilación con los siguientes criterios de inclusión 1) palabras claves. Se utilizaron de forma combinada: " cama profunda, parámetros reproductivos, productivos, rentabilidad, emisiones, gases, efecto invernadero, contaminación"; 2) Información obtenida de artículos, revistas, libros y tesis de los siguientes buscadores académicos científicos: Google Académico, Scielo, Science Direct, Taylor & Francis online, Pubmed, ResearchGate, Dialnet; 3) Estudios revisados: se utilizará idiomas como el español, portugués, francés e inglés; y Finalmente, los criterios de exclusión serán: 1) Información no relacionada con la revisión bibliográfica; 2) Información proveniente de una fuente no oficial o verificable.

CAPITULO 4: RESULTADOS

Indicadores productivos de cerdos mantenidos en cama profunda, piso de concreto y piso de rejilla

El sistema deep bedding es utilizado para criar cerdos con un manejo diferente, dicho sistema está constituido por materiales absorbentes, la implementación de cama profunda evita realizar limpiezas diarias en comparación con los de piso de concreto o de rejilla, además para un buen desarrollo del bienestar animal, este sistema brinda variadas alternativas pues el entorno en que se desarrollan es de mayor confort (Bautista, 2020). Los animales que son criados en cama profunda han demostrado tener un mejor comportamiento productivo con respecto a los sistemas de manejo convencionales (Alvares, 2016).

En la tabla 2 se presentan resultados de comparación entre cama profunda, piso de concreto y piso de rejilla, se puede evidenciar que los tres sistemas son eficientes en los indicadores (peso inicial, consumo diario, peso final, ganancia media diaria y conversión alimenticia), sin embargo, en la actualidad los consumidores prefieren carne que provengan de sistema de manejo donde se garantice el bienestar animal. En este sentido, el sistema de cama profunda permite garantizar el confort de los animales para que experimenten un óptimo desarrollo productivo y reproductivo.

Tabla 2.

Comparación de los indicadores productivos en tres sistemas de producción

Indicadores	Cama Profunda	Piso De Concreto	Piso De Rejilla
Peso inicial, kg	21,03[a] 21,18[b] 5,72[c]	21[a] 21,2[b] 5,4[c]	29,7[e] 15,9[d] -
Consumo diario, kg	2,42[a] 2,53[b] 2,01[c]	2,49[a] 2,74[b] 1,97[c]	2,1[e] 2,35[d] -
Peso final, kg	98,82[a] 99,51[b] 117,86[c]	99,31[a] 101,12[b] 118,18[c]	100,92[e] 116,8[d] -
Ganancia media diaria, kg	0,741[a] 0,739[b] 0,742[c]	0,746[a] 0,754[b] 0,695[c]	0,62[e] 0,802[d] -
Conversión alimentaria kg/kg	3,27[a] 3,42[b] 2,71[c]	3,34[a] 3,63[b] 2,83[c]	2,47[e] 3,42[d] -

Referencias :(Cruz y Amaguel, 2015)[a]; (Cruz, Amaguel, Mederos, y González, 2009)[b]; (Soca, 2016)[c]; (Cruz, 2014)[e] ; (Viloria, Sulbarán, González, Almonte, y González, 2008)[d]

Comparación de los indicadores de bienestar animal en cama profunda, piso de concreto y piso de rejilla

En la Tabla 3, Martínez, González, Ly (2011), Feijoó (2014) y Báez (2014) concuerdan que el bienestar animal se mide en distintos factores, entre los que destacan; el amontonamiento, mordeduras de cola y cojeras, evidenciando un 0% en cama profunda, y en el piso de concreto en los 3 aspectos reportan mayores valores 16,66, 70 y 30%, respectivamente. En la cama profunda el índice social representado con parámetros cómo animales jugando y hozando reportan un alto porcentaje (70 y 80 %), difiriendo con el piso de concreto que no sobrepasan los 30 y 20%.

En la producción porcina tradicional es frecuente el uso de instalaciones con piso de concreto y rejillas, en los cuales se presentan problemas como mordeduras de colas, amontonamiento por frío y cojeras que interrumpen el desarrollo adecuado del animal. En la Tabla 3 se evidencia el estrés al que están sometido los animales en los dos sistemas de manejo (piso de concreto y rejilla o slat) debido a que en estos sistemas no se les brinda el confort adecuado para que puedan mostrar su comportamiento natural para obtener un producto final (carne) de calidad como en los sistemas de cama profunda.

Tabla 3.

Comparación de los indicadores de bienestar animal en cama profunda, piso de concreto y piso de rejilla.

	Mordedura de colas (%)	**Amontonamiento por frío (%)**	**Animales hozando (%)**	**Animales jugando (%)**	**Cojeras (%)**
Cama profunda	0[a] -[b] 7,1[c]	0 [a] 0 [b] 6,3 [c]	63,8 [a] 70 [b] -	41,66 [a] 80 [b] -	0 [a] 0 [b] 0 [c]
Piso concreto	16,66 [a] - [b] 8,8 [c]	22,22 [a] 70 [b] 35,6 [c]	27,77 [a] 30 [b] -	19,44 [a] 20 [b] -	25 [a] 30 [b] 0,6 [c]

Referencias: (Martínez, González y Ly, 2011) [a]; (Feijoó, 2014)[b]; (Báez, 2014)[c]

En la etapa de gestación, Merlot et al. (2018), Quesnel et al. (2018), Morrison, Johnston & Hilbrands (2006) evaluaron los indicadores: nacidos totales, nacidos vivos, nacidos muertos, destetados y tasa de mortalidad en dos sistemas de crianza (convencional y cama profunda), estos datos son presentados en la Tabla 4. Se evidencia un mayor índice de mortalidad en el sistema convencional debido a los factores ambientales y al estrés que están sometidas las cerdas, por lo que se demuestra que la utilización de cama profunda en la etapa de gestación es viable.

Tabla 4.

Comparación de la influencia del sistema en la etapa de gestación.

Indicadores	Convencional	Cama profunda
Nº cerdas gestantes	49[a]	57 [a]
	18[b]	19 [b]
	35[c]	45 [c]
Nacidos (total)	15 [a]	14,6 [a]
	15,6 [b]	15,5 [b]
	14.5 [c]	14 [c]
Nacidos vivos	14,2 [a]	14 [a]
	14,9 [b]	14,4 [b]
	14 [c]	12.5 [c]
Nacidos muertos	0,7 [a]	0,6 [a]
	0,6 [b]	1,1 [b]
	0.7 [c]	1 [c]
Destetados	11,1 [a]	12,2 [a]
	12,2 [b]	12,3 [b]
	11 [c]	12 [c]
Tasa de mortalidad		
Al nacer (< 12h)	8,6 [a]	6,5 [a]
	3,9 [b]	7,1 [b]
	2.8 [c]	5.6 [c]
Temprano (12 a 72h pp)	13,6 [a]	6,3 [a]
	9,3 [b]	5,5 [b]
	8 [c]	5.6 [c]
Tardía (72h pp al destete)	4,4 [a]	4,3 [a]
	5,2 [b]	5,1 [b]
	4 [c]	5 [c]
12 h pp al destete	18 [a]	10,6 [a]
	3,7 [b]	4 [b]
	3.3 [c]	5 [c]
En general	25,8 [a]	16,2 [a]
	21,4 [b]	20,7 [b]
	-	-

Referencias: (Merlot et al., 2018) [a]; (Quesnel et al., 2018) [b]; (Morrison, Johnston & Hilbrands, 2006) [c]

En la tabla 5 se muestra diferentes parámetros que elevan el valor de la canal de los cerdos, dependiendo del sistema en el cual son criados. Entre los indicadores evaluados por diferentes estudios se reportan valores de peso final, grasa dorsal, área de chuleta, carne magra y rendimiento en canal. En un estudio desarrollado por Cruz, Almaguel, Mederos y González, (2009) demostraron que los cerdos alojados en cama profunda presentaron un mayor consumo de alimento y mejor conversión alimentaria al compararlos con los cerdos alojados en piso de concreto.

Los cerdos manejados en cama profunda y piso de concreto no muestran diferencias sobre los índices: peso final, grasa dorsal, área chuleta, carne magra y rendimiento de la canal. Sin embargo, hay que destacar que en la actualidad los consumidores son muy exigentes hacia productos donde se garantice el bienestar animal. En este sentido, el sistema de cama profunda constituye una alternativa innovadora para la producción de carne de cerdo bajo estos parámetros.

Tabla 5.

Características de la canal de cerdos mantenidos en camas profunda, piso de concreto y piso slat o piso de rejilla

Parámetros	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Grasa dorsal (mm)	Área chuleta (cm2)	Carne magra (%)	Rendimiento canal (%)
Cama profunda	15,7 [a]	118,4[a]	21,8 [a]	41,3 [a]	51,1 [a]	74,9 [a]
	21,2[b]	99,5 [b]	23,6 [b]	-	-	72,5 [b]
	6,56 [c]	90 [c]	20 [c]	-	-	69,71 [c]
Piso concreto	21, 2[a]	101,1 [a]	22,6 [a]	-	-	71,4 [a]
	15.9[b]	116,8 [b]	20,8 [b]	43,0 [b]	52,1 [b]	75,8 [b]
	5,65 [c]	90 [c]	22 [c]	-	-	72,93 [c]
Piso slat	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	23,4[d]	110,2[d]	-	-	-	59,2[d]

Referencias: (Honeyma & Harmon, 2003) [a]; (Cruz, Almaguel, Mederos y González, 2009) [b]; (Sulbaran, Araque, González y Mora, 2009)[c]; (Philippe, Laitat, Canart, Vandenheede & Nicks, 2007)[d]

Emisión de gases con el sistema de cama, piso concreto y piso de rejilla

La crianza de cerdos proporciona una fuente emisora de gases que repercuten de forma negativa en el medioambiente, aunque la emisión de estos contaminantes depende de diferentes factores asociados al diseño, mantenimiento de las instalaciones, a la dieta que se establece a los animales y al tratamiento que se le realice a los residuales generados. Los principales gases son el amoníaco NH3, responsable de la lluvia ácida; el metano CH4, y el dióxido de carbono CO_2, integran la lista de gases de efecto invernadero. Para las producciones a pequeña y mediana escala se puede aplicar esta tecnología de cama profunda generando impactos ambientales y económicos que benefician a los productores y al planeta (Cruz et al., 2009).

En la Tabla 6 se evidencian resultados sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, se puede notar que la cantidad emitida depende del sistema utilizado. En el piso de concreto y rejilla (slat) los valores son superiores al sistema de cama profunda, esto se debe a que los gases son volátiles y al contacto con el oxígeno tienden a escaparse al ambiente. Sin embargo, en el sistema de cama profunda el material absorbente empleado no permitirá que el olor y los gases se direccionen hacia el ambiente. Por otra parte, dicha cama servirá para la elaboración de abonos los cuales ayudaran a que el productor genere un ingreso extra para el sistema.

Tabla 6.

Emisiones de gases de efecto invernadero en tres sistemas de producción porcina.

	Inicial			Final		
Tipo	CO_2 (kg)	CH_4 (kg)	NH_3 (kg)	CO_2 (kg)	CH_4 (kg)	NH_3 (kg)
Nº de animales	108[a]	108[a]	108[a]	108[a]	108[a]	108[a]
	16[b]	16[b]	16[b]	16[b]	16[b]	16[b]
	16[e]	16[e]	16[e]	162,6[e]	16[e]	16[e]
	88[c]	88[c]	88[c]	88[c]	88[c]	88[c]
	48[d]	48 [d]	48 [d]	48 [d]	48 [d]	48 [d]
Cama profunda	0,0003[a]	0,0001 [a]	0,0002 [a]	0,00033 [a]	0,00008 [a]	0,0002 [a]
	- [b]	- [b]	- [b]	1,988 [b]	0,01394 [b]	0,01691[b]
	1,74[g]	0,007 [g]	0,012 [g]	- [g]	- [g]	- [g]
	-[d]	- [d]	- [d]	1,97 [d]	0,16 [d]	0,12 [d]
Piso concreto	-	-	-	2,6 [h]	0,2 [h]	0,0279 [h]
	-	-	0,0004 [i]	-	- [i]	- [i]
	-	0,0157[f]	0,007[f]	-	0,0115[f]	0,01[f]
	-	-	0,00057[k]	-	-	-
Piso rejilla	1,56[e]	0,0122 [e]	0,004 [e]	-	-	-
	-	- [b]	- [b]	0,0185 [b]	0,01818 [b]	0,00791 [b]
	-	0,00174 [c]	0,00535 [c]	-	0,00385 [c]	0,0122 [c]
		-	0,00301[k]	-	-	-

Referencias: (Cruz, Almague, Chao, Cruz, Sosa y Ly, 2013)[a]; (Nicks, Philippe, Laitat, Farnir, Canart & Vandenheede, 2005)[b]; (Lagadec, Landrain, Landrain, Robin & Hassouna, 2017)[c]; (Philippe, Laitat, Nicks & Cabaraux, 2012) [d]; (Philippe, Laitat, Canart, Vandenheede & Nicks, 2007)[e]; (Costa, 2017)[f] ; (Mao et al., 2018)[g]; (Kerr, Trabue, Andersen, Van & Pepple, 2020)[h]; (Wang, Zhang, Ma & Hou, 2020)[i]; (Morazán, 2014)[k]

Análisis de costo de producción

En la Tabla 7 se aprecian los resultados de tres sistemas de producción porcina dónde se comparan resultados que miden indicadores cómo número de animales, costo total del sistema, rentabilidad y relación beneficio/costo de diferentes tipos de camas, se refleja un bajo costo de inversión inicial para la cama profunda a base de cascarilla de arroz con un costo total de $ 1674, en comparación con el concreto y slat 2640 y 2862.5, respectivamente. Lo que indica que el sistema de cama profunda está al alcance de pequeños y medianos productores evitando la brecha que existía de que para hacer porcicultura que garantice el bienestar animal es necesario hacer grandes inversiones en infraestructura.

Tabla 7

Comparación de dos tipos de camas (cascarilla de arroz y rastrojo de maíz) con el piso de concreto y piso de slat o rejilla

Cama profunda			Piso de concreto	Piso slat
Ítems	**Cascarilla de arroz**	**Rastrojo de maíz**		
N.° animales	20[a]	20[a]	20[a]	-
	18[b]	18[b]	18[b]	-
	12[c]	12[c]	12 [c]	-
	30 894[d]	-	51 839 [d]	20 697 [d]
Costo total	1 674 [a]	1 704 [a]	2640 [a]	2.862,5 [a]
	1 510,6 [b]	1 662,93 [b]	2066,24 [b]	-
	1 004,5[c]	- [c]	2084 [c]	-
	-	87,18 [d]	75,28 [d]	91,98 [d]
Rentabilidad	50,40[a]	-	-	-
	24,95 [b]	-	6,79 [b]	-
	20,63[c]	-	46,62 [c]	-
	-	-	-	-
B/C	1,55[a]	-	0,08[a]	-
	0,25 [b]	-	0,07 [b]	-
	0,18[c]	-	0,04[c]	-
	1 [d]	1,01 [d]	-	-

Referencias: (Feijoo, 2014)[a]; (Sigcha, 2017)[b]; (Cisneros, 2017)[c]; (Viloria; Sulbaran; González; Almonte y González, 2008)[d]

CONCLUSIONES

- La búsqueda de información metodológica en artículos científicos, revistas, libros, tesis de pregrado y postgrado relacionadas con el empleo de cama profunda en las diferentes etapas de la producción porcina resulta eficiente para lograr sistematizar la información de esta técnica que puede ser aplicada por pequeños y medianos productores.
- La producción de cerdos en cama profunda garantiza el cumplimiento de las normativas de bienestar animal, mejora de indicadores productivos, reduce la emisión de gases de efecto invernadero y minimiza los costos de producción del sistema.

RECOMENDACIONES

- El uso de la cama profunda como una alternativa reproductiva y productiva permite a los productores tener que invertir menos en el sistema y obtener mejor rentabilidad del sistema.

- Realizar trabajos con cama profunda de tipo experimental que permitan determinar la humedad de la cama, tipo de cama a utilizar, área por animal y olores que emite el sistema de cama profunda.

REFERENCIAS

1. AGROCALIDAD; ASPE. (diciembre de 2012). Manual de alternativas de tratamiento de purines porcinos. Obtenido de ciap.org.ar: http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/ManualTratamientoPurines.pdf?fbclid=IwAR0Y5yEH4Eopp46mhEmbnMLfT92liW61prXAPDc2HRNlnwsVQltpHy6xZSo
2. Alcivar, C., Marcilio, L. E. (2019). Inclusión de compost de cama profunda de cerdos en la alimentación de vaconas mestizas de doble propósito. Obtenido de Repositorio digital ESPAM: http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1151/1/TTMV8.pdf
3. Alvares, L. F. (2016). Evaluación de los parámetros productivos en engorde de cerdos, utilizando el sistema de cama profunda con diferente densidad poblacional. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
4. Appendino, M., da Silva, K., Demski, J., Rossini, J. (2012). Pontos-críticos e desafíos do bem-estar de matrizes suínas em. *PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*., 2-4.
5. Báez, S. (2014). Comparación de los sistemas de alojamiento cama profunda y piso de concreto y su efecto sobre el bienestar animal y la ganancia de peso en cerdos en fase de levante y ceba en dos granjas ubicadas en los municipios de Yacuanquer y Consacá (Nariño). Informe final de Trabajo de Grado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto
6. Barbosa, I., Poliana, O., Yngrid, O., Zoila, R. (2017). "*Bem-estar em suínos: manejo no pré-abate: Revisão".* PUBVET. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319171849_Bem-estar_em_suinos_manejo_no_pre-abate_-_Revisao/fulltext/5c93dff292851cf0ae8ea001/Bem-estar-em-suinos-manejo-no-pre-abate-Revisao.pdf
7. Bartmer, L., Lopes, E., Correa, J., Costa, R., Santos, R., Fraga, B. (2017). *Criação de suinos em cama sobreposta para pequenas propriedades com mão de obra". Anais do 9º salão internacional de ensino, pesquisa e extensão - siepe,* 2. Obtenido de https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/13733/seer_13733.pdf

8. Bautista, J. L. (2020). Adaptación del sistema de cama profunda en el desempeño de cerdos de engorde: Revisión de Literatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Zamorano-Honduras
9. Campiño, G. P., Ocampo, A. (2007). Comportamiento de la temperatura de la cama profunda de cerdos de engorde utilizando racimos vacíos de palma de aceite". Elaeis guineensis jacq Orinoquia, 11(1), 65-74
10. Castro, A. (2019). Impacto económico del mercado porcino peruano sobre él mercado porcino ecuatoriano. Obtenido de Repositorio UCSG: http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12679
11. Cisneros, J. (2017). Comportamiento productivo de cerdos (sus scrofa domesticus) en la etapa de recría, bajo dos sistemas de piso, Huamanga – Ayacucho a 2750 m.s.n.m. Universidad nacional de san Cristóbal de Huamanga Ayacucho – Perú.
12. Costa, A. (2017). Ammonia concentrations and emissions from finishing pigs reared in different growing rooms. *Journal of Environmental Quality*, 46, 255-260. doi: 10.2134/jeq2016.04.0134
13. Cruz, E. (2014). Evaluación de la tecnología de cama profunda con cerdos en crecimiento-ceba para el sector campesino y cooperativo de cuba. (Tesis Doctoral). Instituto de Investigaciones Porcinos. Habana-Cuba
14. Cruz, E., Almaguel, R. E., Ly J. (2011). Evaluación del bienestar animal de cerdos en crecimiento y ceba alojados en sistema de cama profunda REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 12(7), 1-9.
15. Cruz, E., Almaguel, R. E., Mederos, C. M., y González, C. (2009). Sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala. *Revista científica (Maracaibo)*, 19(5), 495- 499
16. Cruz, E., Almaguel, R., Mederos, C. M., Gonzalez, C., Saez, Y., Breña, L. (2017). Evaluación y extensión de la tecnología de las camas profundas en los sistemas de producción porcina del sector campesino y cooperativo en Cuba. computarizada de producción porcina. *Revista científica. 19, 495-499*
17. Cruz, E., Almaguel, R., Mederos, C. M., y González, C. (2019). "Sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala. Maracaibo". *Revista Científica*, 19(5), 495-499

18. Cruz, E., Almaguel, R.E. (2015). Uso de la cama profunda en la crianza del cerdo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 22 (3), 126-140.
19. Cruz, E., Almaguel, R.E., Chao, J., Cruz, M. T., Sosa, R. y Ly, J. (2013). Evaluación de la emisión de gases con el sistema de cama profunda para cerdos en crecimiento/ceba. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 20(4), 223-227
20. Días, A. E. (2011). Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos. Obtenido de Design.com: http://www.m2design.com.br/biribas/site/wp-content/uploads/2015/03/MANUAL-SUINO-FINAL-28.pdf
21. FAO. (2012). Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. Obtenido de fao.org: http://www.fao.org/3/a-i2094s.pdf?fbclid=IwAR0ry8saz5dTXcHbFyKPC2SDSfJdUhJTKxez3kn-JIvt1j635184aHXCrOc
22. FAO (2016). Producción y sanidad animal. Recuperado el 24 de 07 de 2020, de www.fao.org: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html
23. Feijoo, J. R. (2014). Evaluación del bienestar animal de cerdos en ceba alojados en sistema de cama profunda. UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. Machala, Ecuador
24. Honeyman, M. S., & Hamon, J. D. (2003). Performance of finish pigs in hoop structures and confinement during winter and summer. American Society of Animal Sciencie All rights reserved 81, 1663-1670.
25. INEC. (2019). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Recuperado el 24 de 07 de 2020, de ecuadorencifras: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf
26. Instituto Tomas Pascual Sanz [ITPS]. (2015). Las propiedades nutricionales de la carne de cerdo. Recuperado el 24 de 07 de 2020, de Instituto Tomas Pascual Sanz: https://www.institutotomaspascualsanz.com/las-propiedades-nutricionales-de-la-carne-de-cerdo/#:~:text=La%20carne%20de%20cerdo%20es,seg%C3%BAn%20afirma%20el%20presidente%20de

27. Kerr, B. J., Trabue, S. L., Andersen, D. S., Van, M. B., & Pepple, L. M. (2020). Dietary composition and particle size effects on swine manure characteristics and gas emissions. *Journal of Environmental Quality.* 49, 1384–1395. doi: 10.1002/jeq2.20112
28. Lagadec, S., Landrain, B., Landrain, P., Robin, P., & Hassouna, M. (2017). Ammonia and greenhouse gas emissions in pig fattening on slatted floor with excrement discharge by flat scraping. *Emissions of Gas and Dust from Livestock*,58-61
29. Lourenço, M., Lisboa, P., Bruna, M., Manzolli, M. C., Gesualdo, M., Barreto, P., Guilherme, L. (2013). Em-estar animal aplicado nas criações de suínos e suas implicações na saúde dos rebanhos. *Revista Científica Electrónica de Medicina Veterinaria*, 19(21)
30. Maisonnave, R. (2017). *Buenas Prácticas de Manejo y utilizacion de efluentes porcinos.* Obtenido de Magyp.gob: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/porcinos/informacion_interes/_archivos//000000_Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Manejo%20y%20Utilizaci%C3%B3n%20de%20Efluentes%20Porcinos.pdf
31. Mao, H., Lv, Z., Sun, H., Li, R., Zhai, B., Wang, Z., Awasthi, M.K., Wang, Q., & Zhou, L. (2018). "Improvement of biochar and bacterial powder addition on gaseous emission and bacterial community in pig manure compost". *Bioresource Technology,* 1-38. doi: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.082
32. Martinez, E., González, R. E., Ly, J. (2011). Evaluación del bienestar animal de cerdos en crecimientoceba alojados en sistema de cama profunda. *Revista Electrónica de Veterinaria,* 12(7). 1-9
33. Mederos, C., Cruz, E., Almaguel, R., Carmenate, J. L. (abril de 2018). *Camas profundas en la crianza porcina a pequeña y mediana escala*. (8) Obtenido de Boletín Técnico Porcino: http://www.iip.co.cu/BTP/BTP8.pdf
34. Medranda, D., y Zambrano, D. (2017). Evaluación de cascarilla de arroz y rastrojo de maíz utilizados en el sistema de cama profunda en la crianza de cerdos. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Manabí- Ecuador
35. Melletti, M. (2017). Ecology, conservation and management of wild pigs and peccaries. *cambridge university press*, 39-41.
36. Merlot, E., Pastorelli, H., Prunier, A., Père, M.-C., Louveau, I., Lefaucheur, L., Perruchot, M.-H., Meunier, M. C., Gardan, D., Gondret, F. & Quesnel, H. (2018). Sow environment

during gestation: part I. Influence on maternal physiology and lacteal secretions in relation with neonatal survival. *Animal*, 1- 8. doi:10.1017/S1751731118002987

37. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2010). Tecnologías sostenibles para el manejo de remanentes en granjas porcinas. Obtenido de mag.go.cr: 4056.pdf?fbclid=IwAR1Mqdg4dYy2SwWeBID49wKflRy0zLQDiyRVvKCQYHLVKDWA_TDxnls
38. Monge, J. (2006). Producción porcina*"*. Universidad Estatal a distancia. San José-Costarica Obtenido de https://books.google.com.ec/booksid=QD4p7Gijrj4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
39. Morazá, H. Z. (2014). Evaluación de la emisión de gases con el sistema de camaprofunda para cerdos en crecimiento/ceba (Tesis Doctoral). Universitat de Lleida. Lleida
40. Morés, N., Lopes, A., Mello, G., Dalla, O., Coldebella, A., Miele, M., Victória, P. (2013). Produção de suínos em família, sem. *Versão Eletrônica Dezembro*. 50, 95-114. Obtenido de cnpsa.embrapa.br/: http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos5/Sistema_de_producao_familia.pdf
41. Morrison, R. S., Johnston, L. J., & Hilbrands, A. M. (2006). The behaviour, welfare, growth performance and meat quality of pigs housed in a deep-litter, large group housing system compared to a conventional confinement system. 13, 12-24. doi: 10.1016/j.applanim.2006.04.002
42. Mota, D., Roldán, P., Pérez, E., Martínez, R., Hernández, E., y Trujillo, M. (2014). Factores estresantes en lechones destetados comercialmente. *Veterinaria México*. 45, 37-41
43. Myriam, B. (2019). Estudio de prefactibilidad para la implementación de una granja porcícola semi-intensiva para la crianza de cerdos de engorde. Universidad Central del Ecuador. Quito Obtenido de Repositorio digital de la Universidad Central del Ecuador: http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/19888/1/T-UCE-0004-CAG-163.pdf
44. Neira, C., y Danghelo, J. (2018). *Camas con subproductos de algarrobo y maíz en cría porcina para la mejora de la calidad del suelo agrícola*. Universidad Cesar Vallejo. Lima-Perú. Obtenido de repositorio.ucv.edu.pe:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35593/Neira_CDJ.pdf?sequence=1

45. Nicks, B., Philippe, F.-X. Laitat, M., Farnir, F., Canart, B., & Vandenheede, M. (2005). Gaseous emissions in the raising of fattening pigs on fully slatted-floor or on straw-based deep litter. *ISAH*, 1, 373-377
46. Niels, N., & Hermansenb, J. (2009). "Comparative environmental assessment of three systems for organic pig production in Denmark". Obtenido de Orgprints.org: file:///C:/Users/DAYIS/Downloads/15585.pdf
47. Oliveira, A., Nunes, M. (2015). Sustentabilidade ambiental da suinocultura. Embrapa Suínos e Aves, 4, 1-16. Obtenido de: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0205_oliveira.pdf
48. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Producción y sanidad animal. Obtenido de Fao.org: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html
49. Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) (2019). Animal welfare and pig production systems. *Terrestrial Animal Health Code*, 7(13), 1-14
50. Padilla, J., Michelín, P., Endo, S., Einsfeld, S., Ortiz, R. E., Andrade, M., Bagatini, A., Gerhards, J. (2017). Sebastião Importância do ambiente térmico em produção de suínos na fase de creche. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(2), 1-11
51. Pedernera, M. (2013). Crianza de cerdo en túnel de viento. Sitio Argentino de Producción Animal, 8-9
52. Pérez, G., Ramon, D., Rodriguez, J., y Dickson, L. (2018). Evaluación participativa de la sustentabilidad del sistema de producción de cerdos en cama profunda en la comunidad de Peña. *Agroindustria Sociedad y Ambiente*, 2(11), 19-42
53. Philippe, F. X., Laitat, M., Nicks, B., & Cabaraux, J. F. (2012). Ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs two types ofof straw floor. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 150, 45-53
54. Philippe, F.-X., Laitat, M., Canart, B., Vandenheede, M., & Nicks, B. (2007). Gaseous emissions during the fattening of pigs kept either on fully slatted floors or on straw flow. *The Animal Consortium*, 1(10), 1515–1523. doi: 10.1017/S1751731107000845

55. Quesnel, H., Père, M. C., Louveau, I., Lefaucheur, L., Perruchot, M. H., Prunier, A., Pastorelli, H., Meunier, M. C., Gardan, D., Merlot, E. & Gondret, F. (2018). Sow environment during gestation: part II. Influence on piglet physiology and tissue maturity at birth. Animal: 1-8. doi:10.1017/S1751731118003087
56. Ramirez, S. (2017). La producción porcina del país está a la baja. Recuperado el 24 de 07 de 2020, de revistalideres.ec: https://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-porcina-pais-estadisticas-baja.html.
57. Rodarte, L. F, (2013). Producción porcina alternativa: Un enfoque conductual y de bienestar animal. Institución de Enseñanza e Investigación de Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, edo. de México
58. Rondón, Y., Araque, H., Farfán, C., Mora, C. (2014). Efecto de dos tipos de material de cama sobre la carga parasitaria de cerdos en crecimiento y engorde alojados en cama profunda. *Revista Facultad de Ciencias Veterinarias.* 55(1), 42-52
59. Sigcha, D. (2017). Cerdos mestizos Landrace x pietrain en crecimiento alojados en camas profundas de aserrín, basado en una alimentación alternativa. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.
60. Soca, J. (2016). Caracterización de parámetros productivos en crecimiento y acabado de cerdos (Sus scrofa domesticus) con el sistema de cama profunda en Ayacucho a 2750 m.s.n.m. Escuela Profesional de Medicina Veterinaria. Ayacucho- Perú
61. Sue, C., James, C., Keith, D., Katie, M., & Stephen, S. (2016). The origins and Spread of domestic animals in Southwest Asia and Europe. New York: Institute of Archaeology Publications. 59, 46-60.
62. Sulbaran, L, Araque, H, González, C, & Mora, F. (2009). Comportamiento productivo de cerdos nacidos y terminados en cuatro modalidades distintas de alojamientos. *Revista Científica*, *19*(1), 49-54.
63. Viloria, F., Sulbaran, L., González, C., Almonte, M., González, C. (2008). Comparación de tres tipos de estructura física de corral (cama profunda, piso sólido y piso con rejilla) para cerdos en fase de finalización en granjas comerciales. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.*16 (4), 216-223

64. Wang, H., Zhang, X., Ma, Y. & Hou, Y. (2020). Mitigation potential for carbon and nitrogen emissions in pig production systems: lessons from the North China Plain. *Science of the Total Environment.* 725: 2-12. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138482
65. Zhang, L., Heng, J., Zhang, Y., Chen, L., Guofeng, S., & Jianchu, Z. (2016). Ammonia and greenhouse gas emissions from different types of deep. *Livestock Science*, 167-172. doi: org/10.1016/j.livsci.2016.04.012