

BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE
PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

LUZ MARINA ROLDÁN ARISTIZÁBAL

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
MAESTRÍA EN INNOVACIÓN EN AGRONEGOCIOS
MEDELLÍN

2018

BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE
PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

LUZ MARINA ROLDÁN ARISTIZÁBAL

Trabajo de grado para optar al título de Magister en Innovación en Agronegocios

Director:

Carlos Mario Burgos

Magister en Administración

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
MAESTRÍA EN INNOVACIÓN EN AGRONEGOCIOS
MEDELLÍN

2018

MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE
PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o cualquier otra universidad” Art 82 Régimen discente de formación avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luz Marina Roldán Aristizábal', written over a horizontal line.

Luz Marina Roldán Aristizábal

A mi familia que siempre han sido mi apoyo y ayuda en cada paso de mi vida.

Mi mamá que es mi guía en todo momento, que me ha dado las mejores enseñanzas y me ha inculcado los mejores valores.

Mi papá y mi tía que desde el cielo me cuidan y me siguen ayudando a tomar las mejores decisiones, a ti papá te debo este gran amor por los animales.

Mi esposo, mi compañero de vida, mi amor incondicional, mi apoyo y compañero de luchas y mis hijos por quienes todos los días me levanto para ser mejor persona y darles el mejor ejemplo, que cuando crezcan se sientan orgullosos de su mamá.

Mi hermana que me impulso a desarrollar esta maestría y que aún está pendiente de mí.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pagina |
|--|--------|
| Resumen Ejecutivo | 8 |
| Introducción | 9 |
| Tema central del caso | 11 |
| • Impactos ambientales producidos en granjas porcícolas | 11 |
| • Efecto sobre el agua | 11 |
| • Efecto sobre el suelo | 12 |
| • Efecto sobre el aire | 12 |
| • Efecto sobre la salud | 12 |
| • Alternativas para el manejo de los residuos producidos en las granjas porcícolas | 13 |
| • Porquinaza | 13 |
| • Compost | 14 |
| • Riego | 14 |
| • Biodigestor | 16 |
| • Mortalidad | 17 |
| • Compost | 18 |
| • Alternativas para el aprovechamiento de los recursos | 18 |
| • Energía | 18 |
| • Porquinaza | 19 |
| • Agua | 19 |
| • Costos de producción | 19 |

| | |
|---|----|
| • Clasificación de los costos | 20 |
| 1. Según su identificación o asignación | 21 |
| 1.1 Directos | 21 |
| 1.1.1 Mano de obra directa | 22 |
| 1.1.2 Materiales directos | 22 |
| 1.1.3 Servicios directos | 22 |
| 1.2 Indirectos | 23 |
| 1.2.1 Mano de obra indirecta | 23 |
| 1.2.2 Materiales y materias primas indirectas | 23 |
| 1.2.3 Otros costos indirectos | 23 |
| 2. Según el comportamiento | 24 |
| 2.1 Costo variable | 24 |
| 2.2 Costo fijo | 24 |
| 2.3 Costos semi-variables | 25 |
| • Planteamiento del problema o situación de la granja porcícola | 26 |
| • Justificación | 27 |
| • Antecedentes | 29 |
| • Costos de producción por etapa sistema actual | 30 |
| 1. Reemplazos | 30 |
| 2. Gestación | 31 |
| 3. Lactancia | 33 |
| 4. Precebo | 34 |
| 5. Ceba | 36 |
| 6. Macho | 38 |
| 7. Compost | 39 |
| • Metodología | 41 |
| • Naturaleza de la investigación | 41 |
| • Tipo y diseño de la investigación | 42 |
| • Población | 43 |

| | |
|--|----|
| • Técnicas e instrumentos de recolección de la información | 43 |
| • Confiabilidad | 44 |
| • Análisis de datos con la implementación del biodigestor | 45 |
| 1. Reemplazos | 47 |
| 2. Gestación | 47 |
| 3. Lactancia | 48 |
| 4. Macho | 49 |
| 5. Precebos 1 | 49 |
| Análisis del sitio 1 | 50 |
| 6. Precebos 2 | 51 |
| 7. Ceba | 52 |
| Análisis del sitio 2 | 52 |
| Análisis global | 53 |
| • Resultados | 54 |
| • Conclusiones | 55 |
| • Recomendaciones | 57 |
| • Agradecimientos | 58 |
| • Referencias | 59 |

RESUMEN EJECUTIVO

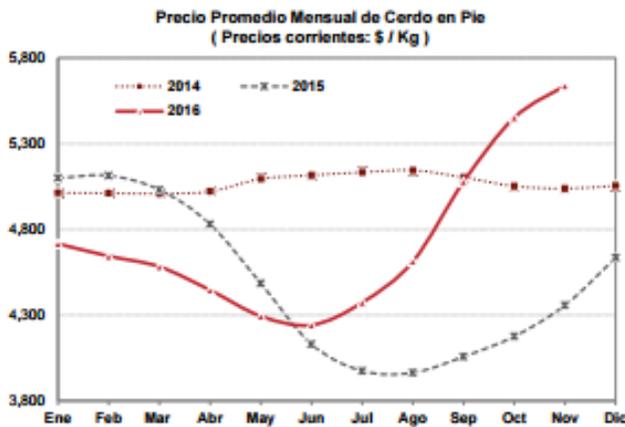
La producción de cerdos en Colombia ha presentado un incremento exponencial en los últimos años y esto se traduce en mayor competencia, mayor impacto ambiental y la necesidad de ser más eficientes desde el punto de vista productivo. En este trabajo se buscó evaluar el uso de un biodigestor en la granja porcícola Pepa de 110 hembras, con el fin de verificar si la implementación del mismo generaba la racionalización de los costos de producción por lo menos en un 5%, debido a una reducción en el uso de energía para el calentamiento de los cerdos. Al finalizar este trabajo y después de realizar el análisis de los costos de producción, se obtuvo una disminución de costos en 1,86% de la sumatoria de todas las etapas productivas (reemplazos, gestación, lactancia, macho, precebo, ceba y compostaje); y a pesar de que no logró la meta, generó una racionalización en el costo de producción, expresado en una reducción en el gasto de servicios públicos de \$830.000 mensuales aproximadamente y adicionalmente se evidenció una posible reducción en los impactos ambientales negativos en el suelo y en el aire, ya que la implementación del biodigestor, reduce la generación de gases de efecto invernadero y mejora las condiciones del suelo, sin causar daños ambientales ni al suelo mismo, ni al agua cercana al punto de fertilización.

Palabras clave: Porcícola, biodigestor, racionalización de costos, impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

Según el SIPSA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el DANE, la producción de cerdos ha incrementado con el pasar de los años en un 108%; en el año 2000, se beneficiaron alrededor de 1.200.000 porcinos; mientras que en el 2012 se beneficiaron 2.757.297 porcinos (DANE, 2012); y según la Asociación Colombiana de Porcicultores en el 2015 se beneficiaron 3.602.200 porcinos (FNP, 2016) con esto se observa que la porcicultura ha tenido un crecimiento significativo en los últimos años. Además, según la Asociación Colombiana de Porcicultores, el sector ha aumentado en la compra del producto en un 38% en comparación con el año 2015 y se posiciona como la carne que más creció en compras durante el 2016 (Porkcolombia, 2016). Por esto, es una alternativa interesante para realizar inversiones; sin embargo, el precio de la carne de cerdo muestra grandes alzas y bajas durante el año, que podrían afectar la economía del productor, evidenciado en el gráfico 1 donde se muestra el comportamiento durante el año; teniendo tendencia a una disminución del precio de venta entre los meses de febrero y junio, exceptuando el año 2014 que presentó precios uniformes durante el año.

Gráfico 1: Precio promedio mensual de cerdo en Pie



Fuente: (Porkcolombia, 2016)

A pesar de las fluctuaciones en el precio del cerdo en pie en algunos meses del año, en Colombia se observan también épocas largas de bonanza, que han logrado capitalizar a los productores existentes y el ingreso a nuevos productores; pero también épocas largas de crisis, que logran quebrar a muchos porcicultores; en el gráfico 1 se puede evidenciar esta apreciación; donde durante el 2014 todo el año, los precios no variaron significativamente (\$5.000 – 5.200), lo que representó una bonanza para los productores; seguido por el año 2015, donde hubo una gran caída en los precios de producción durante casi todo el año; llegando hasta \$3.900.

Adicional a lo anterior, muchas granjas manejan de forma errónea los residuos sólidos y líquidos que se crean en el desarrollo de la producción; por lo que se generan impactos ambientales negativos y aumento en los costos de producción y según Santiago Berrío (2012) “el consumidor actual exige 3 pilares para producir: respeto por el medio ambiente, sanidad animal y bienestar animal” (Berrío, 2012); por tanto, con el fin de lograr la racionalización de los costos de producción, reducir impactos ambientales negativos y aumentar el comercio de carne de cerdo, existen alternativas para manejar los desechos; en particular para éste trabajo la alternativa escogida fue el biodigestor, que le apunta a estos tres objetivos: disminución de los impactos ambientales, reducción de costos de producción y reducción del potencial patógeno en el pasto fertilizado.

TEMA CENTRAL DEL CASO

La producción porcícola es una actividad económica importante en la industria Colombiana y sobre todo en la industria Antioqueña, que produce alrededor del 50% de la carne de cerdo del país (Rojas T, 2015); sin embargo, es uno de los sectores pecuarios que más impacto ambiental negativo genera, debido al derroche de los recursos y a la incorrecta disposición de residuos.

Aunque en la actualidad la mayoría de las granjas cuentan con el terreno para la disposición de la porquinaza, agua de nacimientos o ríos cercanos y el acceso fácil al recurso energía, es importante pensar tanto en la reducción de costos al mejorar la eficiencia en el manejo de los recursos, como en la mitigación del impacto negativo sobre los mismos.

Impactos ambientales producidos por las granjas porcícolas.

Un impacto ambiental es la alteración del medio ambiente provocada por efectos naturales o humanos; por tanto según Jiménez “la implementación de prácticas amigables con el ambiente, contribuye no solo a mejorar la productividad y competitividad del sector, sino que además permiten disminuir los impactos

ambientales propios del proceso productivo” (Jiménez García, 2010). En el caso de las granjas porcícolas, la mayoría de los impactos ambientales son creados por una mala disposición de los residuos o por un mal manejo de los animales; dentro de estos se pueden encontrar:

1. **Los efectos sobre el agua:** Cuando una granja realiza una incorrecta disposición de la porquinaza arrojándola directamente a fuentes de agua, regándola en cercanía a nacimientos o fuentes hídricas o por un excesivo riego, genera un impacto negativo sobre el agua, generando en ella una deficiencia de oxígeno disuelto, afectando no sólo las aguas superficiales sino también las subterráneas, lo que altera la calidad, aumentando la aparición de algas con capacidad de producir toxinas que causan mortalidad a especies acuáticas (Jiménez García, 2010), transporte de enfermedades de una granja a otra (Peste Porcina Clásica, *E coli*, *Salmonella*, etc) y proliferación de plagas (moscas) que transportan patógenos a otras granjas.
2. **Efectos sobre el suelo:** Causada por la mala disposición de la porquinaza cuando se vierte sobre el suelo de forma indiscriminada. Esta mala disposición afecta la capacidad de drenaje del terreno, debido al taponamiento de los poros del suelo (Jiménez García, 2010). La acumulación de estos residuos trae como consecuencia el desarrollo de microorganismos patógenos para los animales y el hombre y en caso de que esto se repita con mucha frecuencia, se podría generar la acumulación de nitritos y nitratos, lo que podría ocasionar la intoxicación de bovinos.
3. **Efectos sobre el aire:** Causada por diversos factores: la respiración, la orina y el estiércol de los animales, calentadoras a gas en mal estado, tanques estercoleros sin mezclados y dejados durante varios días en reposo, fosas de varios días sin lavar que causan la liberación de gases que pueden ser tóxicos no solo para la salud y el bienestar de los animales de la granja, sino

para quienes trabajan con ellos y podrían ser ofensivos para las personas residentes de casas vecinas.

4. **Efectos sobre la salud:** Causada por la mala disposición de los residuos, tanto orgánicos como inorgánicos y peligrosos; generando la proliferación de plagas que llevan patógenos a otras granjas, el riesgo de contaminación por un biológico (vacunas, sangre, semen, etc) o incluso la intoxicación por un plaguicida.

Todos estos impactos pueden afectar no sólo a las granjas; sino también a las personas que trabajan con estos animales y a las personas que habitan cerca de ellas; por ello es importante conocer e implementar diferentes alternativas que reduzcan estos impactos negativos.

Alternativas para el manejo de los residuos producidos en las granjas porcícolas.

Los problemas ambientales generados por las malas prácticas en la producción de cerdos son notorios; es por ello que es necesario buscar sistemas alternativos de producción que reduzcan estos problemas ambientales y que al mismo tiempo beneficien la actividad porcina, de tal forma que esto se pueda ver reflejado en mayor rentabilidad. En la actualidad, existen innumerables alternativas para el manejo de los residuos no peligrosos en las granjas porcícolas; sin embargo, en esta elección, se debe tener en cuenta la disponibilidad de espacio y el uso que se tenga destinado para cada uno de los residuos.

1. **Porquinaza:** No es posible una producción porcícola sin excretas; la porquinaza está formada por heces fecales y orina, mezcladas con el material utilizado como cama, residuos de alimento, agua proveniente de las labores de lavado y pérdida de agua de los bebederos.

Pérez (2001) citado por (Pérez, 2015) informa que la cantidad de orina y heces dependen de la edad del animal, el sexo, la madurez fisiológica, cantidad de alimento y agua consumido por el animal, el clima, entre otros. Sin embargo, una unidad de producción animal (UPA) que equivale a 100 Kg de peso vivo, produce 6,7 Kg/día de heces y orina, por tanto, un cerdo en etapa de engorde genera 6.5 L/día de agua residual. Según la Asociación Colombianos de Porcicultores (2013), “La orina representa aproximadamente el 45% de la excreta, y las heces el 55%. El contenido de humedad de la excreta está alrededor del 88% y el contenido de materia seca es del 12%” (Porkolombia, 2013).

Para el manejo de la porquinaza en las granjas porcícolas, se encuentran diversas alternativas aprobadas por las entidades ambientales; entre ellas se encuentran:

1.1 Compost:

La corporación ambiental Corantioquia y el grupo interdisciplinario de estudios moleculares GIEM (2003) definen la compostación como:

Un proceso irreversible de degradación biooxidativo y catabólico seguido de un proceso de resíntesis de un sustrato orgánico sólido, a través de organismos descomponedores endémicos (normalmente artrópodos y microorganismos), hasta la obtención de un producto heterogéneo denominado compost, con apariencia completamente independiente del material de origen y que se caracteriza por su estabilidad química y sanitización, con respecto a parámetros de referencia establecidos por un patrón (CORANTIOQUIA & Grupo interdisciplinario de estudios moleculares (GIEM), 2003).

Por tanto, al realizar el proceso de compostación, se estaría garantizando que el producto que tiene pobres condiciones fitosanitarias y mal olor, se transforme en un producto que no genera un impacto sobre la tierra, ya que los factores contaminantes ya se encuentran estabilizados y el olor neutralizado. Como desventaja al proceso se encuentra el aumento en los costos de producción, ya que

se requiere un tiempo considerable de trabajo para realizar el proceso y la adquisición de material carbonado.

1.2 Riego:

La porquinaza aporta elementos como nitrógeno (básico en la producción agrícola), fósforo, calcio, cobre, potasio y otros elementos menores; igualmente, su pH es casi neutro (varía entre 6.0 - 8.0) mientras más fresco, más neutras son las heces (ideal para mejorar la calidad de los suelos ácidos) (Castrillón, Jiménez, & Bedoya, 2004).

Cada etapa productiva tiene variaciones en las cantidades de estos elementos, como se puede verificar en la tabla 1.

Tabla 1: Composición de las excretas de porcinos.

| ETAPA PRODUCTIVA | Humedad | Proteína Cruda | Extracto Etéreo | Cenizas | FND | FAD | CNE | Calcio | Fósforo | Cobre |
|------------------|---------|----------------|-----------------|---------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | mg/Kg. |
| Inicio | 80,51 | 26,92 | 7,1 | 14,28 | 28,42 | 7,96 | 23,26 | 2,51 | 0,19 | 1160,5 |
| Desarrollo | 78,67 | 26,27 | 9,83 | 15,97 | 30,89 | 9,81 | 17,02 | 3,36 | 0,21 | 445,04 |
| Engorde | 78,55 | 23,38 | 6,47d | 16,44 | 37,04 | 11,35 | 18,24 | 2,96 | 0,22 | 427,64 |
| Gestante | 80,73 | 16,49 | 3,85 | 20,34 | 40,2 | 15,54 | 19,11 | 3,93 | 0,29 | 725,3 |
| Lactante | 72,52 | 15,8 | 8,64 | 20,08 | 30,65 | 11,79 | 16,22 | 5,01 | 0,27 | 920,6 |

Fuente: (Castrillón et al., 2004)

En el artículo: “Fertilización con excreta porcina: Soporte técnico, bondades, riesgos, cálculo del plan de fertilización”; se informa que el valor fertilizante que contiene la porquinaza, le permite a los norteamericanos decir que el estiércol de una vaca lechera vale 100 dólares al año, mientras que el estiércol de una granja de 500 cerdos de engorde tiene un valor de 4.370 dólares al año; ya que 100 cerdos producen al año en sus excretas el equivalente a 1.200 galones de ACPM, 1.800 kilos de urea y 1.200 kilos de superfosfato (Giraldo, 2003).

En Colombia, el riego de porquinaza en fresco está permitido, desde que se realice de forma adecuada; es decir que no se realice cerca de fuentes de agua o nacimientos, que al realizar el proceso no se generen encharcamientos, que se tenga el terreno necesario para realizar el riego, que se realice la prueba de percolación, estudios de suelos y plan de fertilización pertinente para poder conocer la cantidad de porquinaza requerida.

El proceso de riego es realizado recogiendo la porquinaza de los corrales y enviándola a un tanque estercolero, donde permanece durante unos días y de allí al sistema de riego por aspersión (Machado, Robayo, Ayala, & Chávez, 2011).

Como desventaja del proceso se encuentra el mal olor, que afecta a vecinos de la granja y en caso de utilizarlo de forma indiscriminada, puede contaminar las aguas superficiales y profundas o generar intoxicación en los animales que se encuentran pastoreando; pero como ventaja, la reducción de costos por fertilización de potreros.

Durante 1995, Colombia importó más de 500.000 toneladas de urea y fertilizantes nitrogenados, con un costo superior a los 120 millones de dólares. En solo nitrógeno, la porcicultura del país vía excreta reciclaría cada año 27.000 - 30.000 toneladas; esto es, 59.000 a 65.000 toneladas de urea: US\$ 14.160.000 - 15.600.000 (Giraldo, 2003).

1.3 Biodigestor:

Lettinga y Van Haanel (1993) citado por Aguilar y Botero (2006) define la biodigestión o metanación al “Uso de procesos biológicos en un medio anaeróbico para romper cadenas de moléculas complejas en sustancias más simples (Aguilar & Botero, 2006).

La biodigestión es considerada una herramienta efectiva en el manejo de desechos y la producción de metano como fuente de energía renovable.

Corantioquia (2011) define el biogás como “una mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias”.

El proceso consiste en alimentar un biodigestor con el material orgánico producido en la granja (heces de los animales y agua de lavado de los corrales) y dejarlo durante 15 a 25 días dentro de él (En caso de que se deje menos tiempo puede verse afectado la reproducción de las bacterias) (Limbania & Orellana, 2006), descomponiendo la materia orgánica con la ayuda de procesos bioquímicos y la acción de bacterias, que producen burbujas que obligan su salida hacia la superficie, donde se acumula el gas (66% de metano)(Corantioquia, 2011) que puede ser utilizado para el calentamiento de los lechones con criadoras a gas o preparación de alimentos en las cocinas de las granjas.

Dentro del biodigestor se realiza la fermentación anaerobia de la materia orgánica y luego de realizar todo el proceso de descomposición; el efluente es un material que tiene una reducción de gases de efecto invernadero como el CH₄ y el CO₂ (ya que éstos son capturados en el proceso de digestión anaerobia); se conservan el nitrógeno y el fósforo (los cuales mejoran la infiltración); se reduce la relación carbono/nitrógeno (que según Tamayo (2014) “se reduce de 17.0 en el estiércol a 10.5 en el efluente” lo que aumenta la disponibilidad para los cultivos) y disminuye la pérdida de nitrógeno y de las emisiones de NH₃ por el aumento en la infiltración (Tamayo, 2014); todo esto, dando como resultado un material mejorado con mayor capacidad fertilizante, menor olor y menor carga bacteriana; es por esto, que el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV (1998) citado por (Limbania & Orellana, 2006) informa que el efluente del biodigestor disminuye hasta en un 80% la contaminación que poseía la porquinaza sin tratamiento.

2. Mortalidad:

MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

En el pasado, diversos métodos eran utilizados para la disposición de la mortalidad como enterramiento o fosas; en la actualidad las autoridades ambientales de la región aprueban como mejor método de eliminación de la mortalidad el compostaje y desaprueban el enterramiento y las fosas, ya que podrían contaminar las aguas superficiales y profundas.

2.1 Compost:

Es la descomposición biológica de la mortalidad (momias, placentas, animales muertos), en capas con una fuente de Carbono en un cajón. Al ser un proceso aeróbico, requiere realizar 2 volteos; uno 30 días después de haber finalizado el llenado del cajón y otros 30 días después de haber realizado el volteo (donde es empacado para su posterior utilización).

Es la mejor opción para el procesamiento de este material orgánico y biológico, debido a que no es necesario una inversión grande en infraestructura, facilidad para el manejo, aprovechamiento del material una vez finalizado el proceso y reducción de riesgos biológicos, ya que el proceso alcanza altas temperaturas que logran eliminar diversos patógenos (Porkolombia, 2013).

Alternativas para el aprovechamiento de los recursos.

Con el fin de racionalizar los costos de producción y ser amigables con el medio ambiente; existen algunas alternativas que pueden ser implementadas en las granjas porcícolas.

- 1. Energía:** La digestión anaeróbica o biodigestión es considerada una herramienta efectiva en el manejo de desechos orgánicos y en la producción de metano como fuente de energía renovable (Aguilar & Botero, 2006).

En las granjas porcícolas, el mayor gasto de energía es dado por la calefacción de los lechones, que es realizado con la ayuda de bombillo convencional, luz infrarroja o calentadoras a gas.

Con el fin de reducir este costo, el gas que genera el biodigestor puede ser usado para las cocinas de la granja o para el calentamiento de los lechones con la ayuda de criadoras.

En caso de utilizarlo como gas; este es llevado hasta las lechoneras y con la ayuda de una criadora, se proporciona calor a los lechones.

- 2. Porquinaza:** El mejor destino para este residuo con el fin de obtener un ingreso adicional, es su uso como fertilizante de cultivos agrícolas y/o en la recuperación de suelos.

No solo se aprovecha este residuo por la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, manganeso, calcio, entre otros, útiles para la fertilización; sino también porque si no se utiliza, es económicamente inviable reducir el contaminante de esta porquinaza para ser descargada directamente sobre fuentes de agua (Porkolombia, 2013).

- 3. Agua:** Para ser solidarios con el medio ambiente y a la vez racionalizar los costos de producción, se puede realizar la construcción de tanques de almacenamiento de agua lluvia, cuyo destino es la limpieza de corrales; adicional a esto, se pueden utilizar sistemas que sean más eficientes en el lavado de los corrales, como las hidrolavadoras, que buscan aumentar la presión del agua, garantizando una mejor limpieza, con una menor cantidad de agua.

Costos de producción

No sólo es importante conocer el impacto ambiental que genera el mal manejo de los recursos y los residuos; sino también, el impacto económico del mal uso de los mismos y es por esto que se requiere buscar alternativas que reduzcan los costos de producción, utilizando opciones que ayuden a la optimización de estos recursos. Muchas empresas porcícolas desconocen los costos de producción de su empresa y realizan la venta del cerdo desconociendo completamente el valor de producirlo; conocer los costos de producción, es importante porque permite obtener un valor, que al compararlo con el precio de venta del cerdo en finalización, servirá para definir si la empresa está operando o no en condiciones rentables.

Rodríguez Medina, Rodríguez Castro y Villasmil (2.012) definen los costos como “El recurso escaso sacrificado para producir o adquirir bienes tangibles o intangibles para generar beneficios presentes o futuros”. Basados en esta definición hay múltiples formas de calcularlos y todo dependerá de lo útil que sea para tomar decisiones en la granja a corto o largo plazo.

Clasificación de los costos

Los costos tienen diversas clasificaciones que pueden ser utilizadas dependiendo de lo que se requiera costear en la granja, en la tabla 2 se especifican cada una de las clasificaciones y que tipo de costos tiene.

Tabla 2: Clasificación de los costos

| Tipo de clasificación | Tipo de costos |
|--|---|
| De acuerdo con su identificación. | Costos directos/Costos indirectos. |
| De acuerdo con la fecha o método del cálculo. | Costos históricos/Costos predeterminados. |
| De acuerdo al nivel de control administrativo. | Costos controlables/Costos no controlables. |

| | |
|--|--|
| De acuerdo al comportamiento. | Costos fijos/ Costos variables/ Costos semivariables-semifijos. |
| De acuerdo al cambio de capacidad instalada. | Costos fijos comprometidos/Costos fijos discrecionales. |
| De acuerdo al tipo de sacrificio. | Costos desembolsables/Costos de oportunidad. |
| De acuerdo con el nivel de decisión. | Costos sumergidos/Costos diferenciales. |
| De acuerdo con la denominación contable. | Costo primo/ Otros costos indirectos de fabricación. Costo primo: Mano de obra directa + materia prima directa. |
| De acuerdo con la función de producción. | Costo marginal/Costo medio. |

Fuente: (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011).

Para este proyecto de grado, se seleccionaron las siguientes clasificaciones; debido a que son las que de una forma más práctica explican los costos de producción en una granja porcícola.

1. Según su identificación o asignación:

Álvarez y Sánchez (2011) sugieren esta clasificación para reconocer en dónde y cómo se origina el recurso con respecto a un producto, servicio, proceso, etapa, centro, programa, proyecto, departamento o área en particular que se desee costear (objeto del costo) (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011).

Bottaro, Rodriguez y Yardin (2004) Informan en su libro que la importancia de la distinción entre costos directos e indirectos radica en el grado de confiabilidad de la información; cuando el informe es de costos directos, la confiabilidad es absoluta;

cuando el informe es de costos indirectos, se puede ver afectada por presunciones (Bottaro, O., Rodríguez Jáuregui, H., & Yardin, 2004).

1.1 Directos: Son los recursos que se pueden identificar en el producto y se encuentran directamente involucrados en lo que se costea, se ocasiona u origina (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011) (Rodríguez Medina et al., 2012); en otras palabras, su vinculación con el objeto de costo es clara (Bottaro, O., Rodríguez Jáuregui, H., & Yardin, 2004).

Los costos directos se clasifican en: Mano de obra directa, materiales directos y servicios directos (Maquila).

1.1.1 Mano de obra directa: Son las personas que se encuentran involucradas de manera directa dentro de la creación del producto o servicio que se está costeaando; por lo tanto, en su costo se debe incluir la remuneración total de los trabajadores directos en proporción al tiempo productivo; esto implica que se debe sumar salarios y prestaciones sociales y otros costos laborales.

1.1.2 Materiales directos: Son los insumos o materiales que son necesarios para lograr finalizar la producción del producto o servicio; se incluyen materiales y materias primas. Según Álvarez y Sánchez (2011), estos materiales directos deben de cumplir unas características:

- a. Deben ser plenamente identificables en el producto terminado.
- b. Deben ser de fácil asignación al producto y fácil cuantificación.
- c. Económicamente deben ser significativos (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011).

1.1.3 Servicios directos: Son los demás recursos que intervengan directamente en la creación del producto o servicio; por ejemplo, servicios de terceros o maquila.

Los siguientes son algunos de los costos directos que se pueden identificar en la producción de porcinos:

Mano de obra directa: Salario y prestaciones sociales del personal operativo en proporción al tiempo productivo, así como otros costos laborales (bonificaciones por mejoras en la producción) (Rodríguez Medina et al., 2012).

Materiales directos: Compra de cerdos de reemplazo (machos y hembras), alimentos para los cerdos, flete de transporte del alimento y animales, medicamentos y vacunas, insumos para la aplicación de medicamentos y realización de procedimientos quirúrgicos y no quirúrgicos, materiales para inseminación; entre otros.

Servicios directos: En este caso puntual no aplica.

1.2 Indirectos: Son los recursos que no se relacionan fácilmente en cantidad y valor con un proceso o un producto que se esté costeadando y se producen para más de un producto o proceso (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011) (Rodríguez Medina et al., 2012). Es decir, son los costos que se realizan para poner en funcionamiento la actividad económica y no se relacionan directamente con el producto o el objeto de costos que se esté valorando.

Dentro de estos se encuentran: Mano de obra indirecta, materiales y materia prima indirecta y otros costos indirectos.

1.2.1 Mano de obra indirecta: Son los que se originan de salarios, bonificaciones y prestaciones sociales devengados por el personal que no realiza una tarea o función específica a un solo producto o área en especial por ejemplo asistencia técnica o supervisores de producción.

1.2.2 Materiales y materias primas indirectas: Son las que se utilizan en forma común para varios productos.

1.2.3 Otros costos indirectos: Cuando el proceso o insumo es indirecto, pero que no se clasifica en los anteriores; por ejemplo, depreciación de equipos, mantenimiento, consumo de energía, consumo de agua, consumo de gas (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011).

Los siguientes son algunos costos indirectos que se pueden identificar en la producción de porcinos:

Mano de obra indirecta: Salario del personal de porquinaza, salario del conductor, salario del asistente técnico.

Materiales y materias primas: Aserrín, guías de movilización.

Otros costos indirectos: Salario de médico veterinario, salario de administrador, depreciación de instalaciones y/o alquiler de granja, depreciación de máquina para riego de porquinaza, servicios públicos, insumos para limpieza y desinfección, dotación de uniformes, insumos para las baños y duchas de la granja, papelería para registros.

2. Según el comportamiento:

Hace referencia al comportamiento del recurso con respecto a la variación en los niveles o volúmenes de producción (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011).

Se puede clasificar en fijos, variables y semifijos o semivARIABLES.

2.1 Costo variable: Son los que varían de acuerdo al volumen de producción (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011)(Bottaro, O., Rodríguez Jáuregui, H., & Yardin, 2004). Es decir, si el nivel de actividad decrece, estos costos decrecen; si el nivel de actividad aumenta, estos aumentan.

En una granja porcícola los costos variables son: El alimento para los animales, medicamentos y vacunas, costo de transporte.

2.2 Costo fijo: Son los recursos que permanecen invariables a pesar de la cantidad que se produzca (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011)(Bottaro, O., Rodríguez Jáuregui, H., & Yardin, 2004). Es decir, a pesar de que el nivel de actividad aumenta o decrece, estos no se ven afectados.

En una granja porcícola los costos fijos son: Arrendamiento de granjas, seguros contra robo, salarios de operarios, administrador y técnico de la granja.

2.3 Costos semivariantes: Son los que contienen una parte fija y la otra variable (Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, 2011). Es decir, aquellos que no cambian totalmente con el volumen de producción

En una granja porcícola los costos semivariantes son: Servicios públicos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA O SITUACIÓN DE LA GRANJA PORCÍCOLA

La porcicultura en nuestro país hasta hace aproximadamente 50 años era una actividad netamente campesina, en donde se realizaba el aprovechamiento de unos pocos cerdos para autoconsumo, intercambio por otros víveres o para venta, la alimentación de estos animales era principalmente con excedentes de cocina y las excretas eran arrojadas directamente en el suelo, sin tener en cuenta la cercanía con fuentes de agua, generando impactos ambientales negativos; pero en los últimos 30 años, el sector ha venido creciendo en un 5% anual (Asociación Porkolombia - Fondo Nacional de Porcicultores, 2017) y esto ha hecho que aumente la cantidad de productores y estos se tecnifiquen con el fin de producir más cantidad de cerdo en menos tiempo y en menos espacio y a su vez, ha obligado a las Corporaciones Ambientales Regionales CAR, a aumentar sus esfuerzos para hacer que los productores cumplan con las normas ambientales vigentes y reduzcan los impactos ambientales negativos.

Este trabajo se realizó con el fin de buscar una racionalización en los costos de producción en una granja porcícola, implementado un biodigestor, con el fin de que se reduzca el olor producido por las excretas, que se reduzca el factor contaminante (microorganismos patógenos), que genere un producto apto para el acondicionamiento orgánico de suelos y que a su vez genere gas principalmente para el calentamiento de los lechones, pero también para su utilización en las cocinas de la granja, reduciendo el gasto por energía y por tanto el costo de producción y los impactos ambientales negativos sobre el suelo, el aire e indirectamente el agua.

JUSTIFICACIÓN

En porcicultura el alimento es el rubro más representativo para los costos de producción, ya que es de un 76.84% del costo total, quedando sólo un 23.16% que es representado por pie de cría 4.47%, comercialización 2.3%, mano de obra 6.37%, infertilidad 0.77%, instalaciones 3.54%, medicamentos y biológicos 3.27%, mortalidad 1.1% y otros (servicios públicos y otros gastos no especificados) 1.32% (Asociación Porkolombia - Fondo Nacional de Porcicultores, 2017). El alimento es un costo que no es fácil de racionalizar si se quiere tener una buena productividad; es por esto que, para generar una racionalización en los costos de producción, las empresas porcícolas buscan opciones en otros ítems del costo, como es el caso que se estudió con la granja porcícola Pepa, en donde con la utilización del biodigestor se buscó la reducción en el uso de energía.

Adicional a esto con la utilización del biodigestor se quiere probar si genera una reducción de olores y mejora la calidad de los pastos, ya que con las nuevas normativas de emanación de olores (Resolución 2087 del 16 de diciembre de 2014) (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014) y el cuidado de las fuentes hídricas, se hace necesario implementar nuevas alternativas para el manejo de las excretas porcinas (el mayor de los residuos de la granja) y generar una reducción en los impactos ambientales negativos.

En el año 2010 Colombia contribuyó menos de un 0.5% a la emisión mundial de gases de efecto invernadero; pero Porkolombia informa que las emisiones para el año 2020 podrían incrementarse en un 50% con respecto a las emisiones del 2000, debido entre otros al mal manejo de los residuos y a la deforestación. Con la firma del acuerdo de Copenhague, Colombia asumió compromisos para el año 2020, con el fin de aumentar la proporción de energías renovables y disminuir la deforestación

del Amazonas (Pérez, 2015).

En caso de que los porcicultores no se comprometan con la reducción de sus impactos ambientales negativos, podría convertirse la porcicultura Colombiana en una fuente importante de contaminación; por tanto, el reto que tienen es conocer las variables que afectan los costos de producción, conocer los residuos que generan, su impacto y el costo de ellos, formular alternativas para el manejo ambiental de las granjas y con ello reducir el impacto en el ecosistema, utilizando energías renovables y alternativas para el manejo correcto de los residuos.

ANTECEDENTES

La granja porcícola Pepa cuenta con un sistema de producción en 2 sitios; el sitio 1 o granja de cría, se encuentra ubicado en el municipio de Yolombó (Antioquia) y el sitio 2 o la granja de ceba, se encuentra ubicado en el municipio de Barbosa (Antioquia); la granja cuenta con 107 hembras de cría (lactantes, gestantes y reemplazos) y con 1 macho reproductor, 3 operarios de granja, 1 operario del compostaje y 1 técnico de granjas. Ver tabla #3.

Tabla #3: *Inventario de cerdos promedio en la granja porcícola.*

| Etapa productiva | # Animales |
|-------------------------|-------------------|
| Hembras de reemplazo | 3 |
| Hembras Gestantes | 88 |
| Hembras Lactantes | 19 |
| Macho | 1 |
| Lechones nacidos vivos | 64 |
| Lechones precebo/etapa | 495 |
| Cerdos de ceba/etapa | 789 |

Fuente: Elaboración propia

En ninguna de las 2 granjas se realizó el costeo del agua de bebida, debido a que en el momento ambas granjas cuentan con concesión de aguas vigente.

Sitio 1

La granja cuenta con 23 parideras tradicionales con lechonera frontal y calentamiento con luz infrarroja o foco amarillo (tradicional), 88 jaulas de gestación individual, 1 corral para machos, 2 corrales para hembras de reemplazo y 5 módulos para lechones de precebo; manejados por 2 operarios, quienes viven cada uno en una casa diferente dentro de la granja y cuyos servicios públicos se incluyen dentro

del pago de los servicios de la granja.

Sitio 2

La granja cuenta con 2 módulos de precebo y 32 corrales para cerdos de levante y ceba con alimentación en tolva a voluntad, manejado por 1 operario, quien vive en la granja y a quien se le pagan los servicios públicos.

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR ETAPA SISTEMA ACTUAL.

Estructura por procesos del sistema de producción actual, bajo el sistema de costo estándar se identifican los siguientes procesos:

En la tabla #4 se hace un resumen de los parámetros productivos de la granja.

Tabla #4: *Parámetros productivos de la granja porcícola.*

| Parámetro productivo | % |
|-----------------------------|----------|
| % de reposición anual | 33% |
| % paricion | 90% |
| Promedio de nacidos vivos | 12,03 |
| Mortalidad en lactancia | 4% |
| Mortalidad en precebo | 2% |
| Mortalidad en ceba | 0,90% |

1. REEMPLAZOS

Las hembras y los machos de reemplazo son adquiridos en una empresa especializada en la venta de reproductores y se cuenta con una tasa de reposición anual del 33%, que corresponde a 3 hembras de reemplazo mensuales, con un precio por hembra de \$900.000. Las hembras llegan a la granja de la empresa de genética con un peso promedio de 80 Kg, son inseminadas con un peso promedio de 140-145 Kg y su tiempo de vida en la granja son 7 partos (3 años aproximadamente).

El consumo de alimento en esta etapa es 2 Kg/animal/día y el tiempo de duración es 60 días en promedio.

El costo de esta etapa para las 3 hembras se encuentra explicado en la tabla #5 y corresponde a \$3.873.831 e individualmente cada hembra representa un costo promedio de \$1.291.277 y corresponde a materias primas, mano de obra y costos indirectos.

Es importante destacar que el consumo del agua de bebida es a voluntad y el lavado de los corrales se hace diariamente, la luz eléctrica es utilizada para la iluminación de los corrales en las horas de la mañana (cuando se requiere) y para la hidrolavadora para el lavado de los corrales.

Tabla #5 *Costos de producción de hembras de reemplazo.*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|------------------|
| Materias Primas | 887.013 |
| Mano de obra | 111.585 |
| Costos indirectos | 2.875.233 |
| TOTAL | 3.873.831 |

Fuente: Elaboración propia

2. GESTACIÓN

La gestación de una hembra porcina tiene una duración promedio de 114 días +/-2.

A esta etapa ingresan las hembras de reemplazo y las hembras destetadas, es en esta zona donde se realiza el proceso de inseminación y permanecen allí hasta 4 días antes del parto donde son trasladadas hacia la zona de parideras.

La granja porcícola cuenta con 3 líneas de jaulas para gestación individual, un promedio de 88 hembras en esta etapa y un porcentaje de parición de 90%.

El costo promedio de la etapa de gestación en la granja para el total de hembras es de \$41.007.183 y el costo de esta etapa por cada hembra es de \$465.991 (tabla #6). En este costo se encuentra incluida la mano de obra, alimentación de las hembras, en promedio de 2.5 Kg, servicios públicos (energía para la hidrolavadora para el lavado de las jaulas, para la iluminación en la mañana y en caso de que se requiera ingresar en la noche y para el proceso de preparación del semen), inseminación artificial (donde se encuentran los costos de los materiales utilizados en el proceso de preparación del semen y en el proceso de inseminación propiamente dicho), vacunas (la única vacuna que se aplica en esta etapa es *E.coli*) y medicamentos.

Tabla #6: *Costos de producción en etapa de gestación*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|-------------------|
| Materias Primas | 30.881.416 |
| Mano de obra | 2.544.133 |
| Costos indirectos | 7.581.633 |
| TOTAL | 41.007.183 |
| TOTAL/HEMBRA | 465.991 |

Fuente: Elaboración propia

3. LACTANCIA

La granja cuenta con 5.36 partos por semana; la lactancia tiene una duración promedio de 21 días y un promedio de 12.03 nacidos vivos; las hembras tienen un consumo promedio de alimento de 8 Kg/día y consumo de agua a voluntad.

La granja cuenta con 23 módulos para lactancia con lechonera frontal y calentamiento del lechón por luz infrarroja o luz amarilla (tradicional) cuando alguno de los bombillos infrarrojos se daña; la calefacción se deja hasta la segunda semana de nacido.

La granja tiene un promedio de mortalidad en etapa de lactancia del 4% y la causa más importante de mortalidad es el aplastamiento.

Este corral solo es lavado al finalizar la lactancia, donde la madre es trasladada de nuevo hacia las jaulas de gestación, para volver a iniciar el proceso y sus crías son trasladadas hacia la etapa de precebos.

El costo total de la etapa de lactancia es de \$7.509.864, y el costo total por cada hembra es de \$395.256 (Tabla #7) dentro de este costo se encuentra la mano de obra, servicios públicos (energía principalmente para el calentamiento de los lechones, iluminación de corrales para la vigilancia nocturna y alimentación temprano en la mañana de las hembras), alimentación y vacunas (a la hembra se le pone al destete la vacuna de la triple (Parvovirus, Leptospira, Erisipela)) y medicamentos.

Tabla #7: *Costos de producción en etapa de lactancia.*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|------------------|
| Materias Primas | 4.689.964 |
| Mano de obra | 1.139.783 |
| Costos indirectos | 1.680.117 |
| TOTAL | 7.509.864 |
| TOTAL POR HEMBRA | 395.256 |

Fuente: Elaboración propia

4. PRECEBO

Una vez finaliza la etapa de lactancia, los lechones son destetados y trasladados hacia los corrales de precebos, con un total aproximado de 495 cerdos, donde se les suministra alimento concentrado comercial a voluntad y en donde permanecerán 8 semanas en promedio en las 2 granjas.

La granja cuenta con 5 módulos para precebos en la granja de cría, donde permanecen hasta la cuarta semana (corresponden a precebos 1) y de ahí pasan a la granja de ceba, la cual cuenta con 2 módulos de precebos, en donde finaliza la etapa (corresponde a precebos 2) y pasan a levante-ceba.

En precebos 1, los lechones permanecen con calefacción constante durante las primeras 2 semanas de destetados y de ahí, dependiendo de la temperatura de la granja se reduce la calefacción o se retira. En precebos 2, no se realiza calentamiento del lechón.

Los corrales de precebos en ambas granjas se encuentran construidos en plaqueta

plástica levantada del piso y su limpieza durante la estadía de los lechones es diaria y solo por debajo de la plaqueta, donde caen tanto los residuos sólidos como líquidos.

El agua para consumo es por medio de chupones con consumo a voluntad y la mortalidad en esta etapa es en promedio del 2%.

El costo del total de lechones en la etapa de precebos 1 es de \$15.695.272 y el costo promedio de un lechón en esta etapa es de \$31.694 (tabla #8) representados en mano de obra, servicios públicos (sobre todo calefacción en la etapa de precebos 1 que dura en promedio 2 semanas), limpieza y desinfección, medicamentos y vacunas (2 dosis de la vacuna de circovirus y mycoplasma), chapeteado y alimentación.

Tabla #8/Costos de producción de precebos 1

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|-------------------|
| Materias Primas | 13.505.706 |
| Mano de obra | 364.510 |
| Costos indirectos | 1.825.056 |
| COSTO TOTAL | 15.695.272 |
| TOTAL/LECHON | 31.694 |

Fuente: Elaboración propia

El costo del total de lechones en la etapa de precebos 2 es de \$24.185.891 y el costo promedio de un lechón en esta etapa es de

\$48.839 (tabla #9) representados en mano de obra, servicios públicos, limpieza y desinfección, medicamentos y alimentación.

Tabla #9 *Costos de producción en etapa de precebos 2*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|-------------------|
| Materias Primas | 22.294.869 |
| Mano de obra | 173.300 |
| Costos indirectos | 1.717.722 |
| COSTO TOTAL | 24.185.891 |
| COSTO TOTAL/LECHON | 48.839 |

Fuente: Elaboración propia

Para la etapa completa, contando las 2 granjas, se tiene un costo total de \$39.881.163 y el costo total de la etapa por lechón es de \$80.533.

5. CEBA

Una vez finaliza la etapa de precebos, los animales son trasladados hacia los corrales de ceba, en donde permanecerán un promedio de 91 días, hasta alcanzar un peso de 112 Kg/cerdo.

La mortalidad promedio en esta etapa es de 0.9% y la mayor causa de mortalidad es por peleas.

La granja tiene contrato con el expendedor de carne para venderle semanalmente 50 cerdos gordos.

Cuenta con 32 corrales para ceba, con un aproximado de 789 cerdos, con cama tradicional (piso en cemento) con capacidad para 24 cerdos por corral; cada corral cuenta con tolvas para la alimentación de los animales.

Tanto la alimentación como el consumo de agua en esta etapa es a voluntad y la limpieza de cada corral es realizado diariamente con la ayuda de agua a presión por manguera y el uso de energía es para la iluminación de la granja y el bombeo de porquinaza a potreros.

El costo de producción de esta etapa de engorde es de \$162.521.428 pesos y el costo de la etapa por cada uno de los cerdos de ceba es de \$206.082 (tabla #10); en los que se encuentra incluidos los costos por alimentación, mano de obra, medicamentos y servicios públicos.

Tabla #10 *Costos de producción en etapa de ceba*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|--------------------|
| Materias Primas | 152.777.791 |
| Mano de obra | 4.787.424 |
| Costos indirectos | 4.956.214 |
| costo total | 162.521.428 |
| costo total/etapa | 206.082 |

Fuente: Elaboración propia

6. MACHO

La granja cuenta con un macho reproductor que ingresó a la granja con 5 meses de edad, proveniente de una empresa especializada en el manejo genético de cerdos; se le realizó todo el proceso de cuarentena, aclimatación y entrenamiento para el proceso de colecta de semen.

A los 7 – 7.5 meses ya debe haber culminado su entrenamiento y se le realiza la extracción del semen semanalmente, para su preparación, dilución y posterior uso en la inseminación de las hembras de la granja.

La granja no comercializa el semen del macho, por lo que la dilución del semen se realiza solo teniendo en cuenta la cantidad promedio de hembras que se inseminan en la granja, que es de 5.5 por semana.

El macho consume 2.5 Kg de alimento por día y su vida útil en la granja es de 1.000 días, en donde al finalizar su vida útil es inmunocastrado y vendido como cerdo de descarte.

El costo total del macho durante la vida en la granja es de \$1.642.919 (tabla #11); en donde se tiene en cuenta la alimentación, medicación, servicios públicos y mano de obra.

Tabla #11 *Costo de producción del macho reproductor*

| COSTOS TOTALES/etapa | |
|-----------------------------|------------------|
| Materias Primas | 140.254 |
| Mano de obra | 85.698 |
| Costos indirectos | 1.416.967 |
| TOTAL ETAPA | 1.642.919 |
| TOTAL POR MACHO | 1.642.919 |

Fuente: Elaboración propia

7. COMPOST

Con el fin de reducir olores ofensivos para los vecinos de la granja, dar respuesta a una solicitud emitida por la Umata del Municipio y extraer un material con características de acondicionador orgánico de suelos, la granja cuenta con un canal de aquietamiento de la porquinaza, en donde por medio de sedimentación se realiza la separación de la porquinaza sólida de la líquida.

La porquinaza sólida es transportada hacia unas camas de compostación, donde por medio de la adición de material carbonado y volteos, se realiza la transformación del material a un acondicionador orgánico de suelos.

La porquinaza líquida es distribuida en fincas vecinas para el riego y abono de sus potreros.

El costo del proceso de compostación por mes es de \$997.924, representado en medio día de trabajo de un operario e insumos para el proceso de compostación y empaque del material compostado como se puede observar en la tabla # 12.

MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

Tabla #12 Costos de producción del compost de porquinaza

| Mano De obra | |
|-----------------------|----------------|
| Número de operarios | 1 |
| Días | 30 |
| % de tiempo | 100% |
| Salario | 390.621 |
| Salario/día | 13.021 |
| Prestaciones sociales | 167.303 |
| Costo MO | 557.924 |

| Insumos | |
|------------------------|----------------|
| Aserrin/mes | 150.000 |
| Transporte y descargue | 250.000 |
| Costales | 40.000 |
| Costo | 440.000 |

| | |
|--------------------|----------------|
| Costo total | 997.924 |
|--------------------|----------------|

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

Este proyecto es un **estudio de caso** en la porcícola Pepa, donde se pueden distinguir claramente dos procesos que se realizan separadamente en dos fincas: la cría que se realiza en el municipio de Yolombó (Antioquia), en donde el ciclo comienza con la compra de hembras y machos de reemplazo y finaliza con el precebo de los cerdos y el otro proceso es el de la ceba que se realiza en el municipio de Barbosa (Antioquia), en donde el proceso inicia con el precebado de los cerdos y finaliza con la venta de los cerdos cebados, con destino a planta de beneficio y posterior consumo.

Naturaleza de la investigación

El presente trabajo de grado está sustentado metodológicamente en el **modelo cuantitativo**, que tiene como intención generar un conocimiento sobre el caso que es objeto de estudio, utilizando instrumentos de medición, recolectando datos importantes relacionados con los tres elementos del costo: Materia Prima Directa, Mano de Obra Directa y Costos Indirectos de Fabricación, para poder hacer la medición y análisis comparativo entre el método tradicional de producción porcícola y el basado en la utilización del biodigestor, de manera que se pueda evaluar e implementar en la granja este método como una alternativa de disminución del impacto ambiental, de mayor eficiencia y de reducción de costos.

Es un método cuantitativo porque los datos pueden ser medidos permanentemente, repetibles y sometidos a cálculos cuantitativos; además de que es un procedimiento más inductivo que deductivo y es desarrollado para confirmar una teoría (Barrantes Echavarría, 2008).

Tapia (Tapia B, 2000) expone que la investigación cuantitativa “utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación, confía en la

MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

medición numérica, el conteo y en el uso de estadísticas para establecer con exactitud, patrones de comportamiento en una población”; por esto es que el método cuantitativo busca objetividad y repetitividad, es una medición más desde afuera, con el fin de determinar las variables que pueden afectar la empresa objeto de medición.

En este trabajo se utilizaron técnicas para la recolección de los datos que se tabularon y analizaron para poder llegar a la formulación de unas conclusiones, por lo que es medible y repetible y se utilizó para confirmar la teoría de que la implementación de alternativas de manejo ambiental racionaliza los costos de producción.

Tipo y diseño de la investigación

Fidias (Fidias G. Arias, 1999) expone que la investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna”.

El diseño de la investigación realizada en el proyecto es de campo, de carácter descriptivo, ya que se realizó en el sitio donde ocurrieron los hechos, en donde se realizó entrevistas al personal administrativo y operativo de la granja y se indagó acerca de los costos de producción y residuos generados en la granja; e investigativo, ya que se realizó la revisión de fuentes bibliográficas (artículos, libros, revistas) y se utilizaron las bases de datos.

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa, la investigación descriptiva investiga temas relevantes en donde hay falencias que son importante profundizar, posee registros de los hechos y la investigación explicativa busca determinar las causas por las que ocurrieron los hechos (CR, 2011). Este trabajo de grado busca por medio de la medición y análisis de los costos, verificar si implementando el uso del biodigestor, se reduce el costo de producción, tema en el que hay muchas

hipótesis, pero no existe bibliografía que demuestre la racionalización de los costos aplicado a una granja porcícola en nuestro país y se busca conocer la posible relación entre estas variables de alternativas de producción, costos e impacto ambiental.

Población

Según la dirección General del Servicio Civil (CR, 2011) una población es “el conjunto total de elementos considerados en la realización de la investigación” en este caso la población estudiada es una granja porcícola de 2 sitios ubicada el sitio 1 (granja de cría) en el municipio de Yolombó (Antioquia) y el sitio 2 (granja de ceba) en el municipio de Barbosa (Antioquia) con una población total de 111 hembras (reemplazos, gestantes, lactantes y vacías), 1 macho, un promedio de lechones en precebo de 495 y 789 cerdos en ceba.

Técnicas e instrumentos de recolección de la información

Es utilizada para determinar la forma como se recopilará la información.

Las técnicas se utilizan para recolectar, conservar, analizar y transmitir la información de la investigación; las técnicas utilizadas son el test, el experimento, la encuesta, el grupo focal, la entrevista, el cuestionario, la hoja de cotejo y la escala (CR, 2011); en el trabajo de grado se utilizó la técnica de la entrevista en profundidad con preguntas abiertas a los operarios y al propietario de la granja, en donde se les preguntó acerca de información productiva, manejo de residuos y costos de producción de la granja, con el fin de tabular, calcular y analizar la información y simular la reducción de los costos de producción implementando un estimativo en la reducción del consumo de energía, ya que la construcción del biodigestor en el momento de la entrega de éste proyecto aún no había culminado.

Confiabilidad

Corral (2009) en su artículo “Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos”, destaca que “existen instrumentos para recabar datos que por su naturaleza no ameritan el cálculo de la confiabilidad, como son: entrevistas, escalas de estimación, listas de cotejo, guías de observación, hojas de registros, inventarios, rúbricas, otros”; es por esto que para el caso de este trabajo, en donde la técnica para la recolección de la información de campo fue la entrevista con preguntas abiertas, no se requiere realizar la prueba de confiabilidad, debido a que la medición de los datos se dificulta.

ANÁLISIS DE DATOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIODIGESTOR

Con el fin de evaluar la hipótesis inicialmente propuesta de una reducción del 5% en los costos de producción en una granja porcícola con la implementación del biodigestor y basado en la recolección de la información, se obtiene el siguiente análisis de los datos, en donde de manera individual se identifican las mejoras o desventajas en cuanto a ganancia en el sistema productivo.

Cabe anotar que en la granja de cría se consume un promedio mensual de 2.000 kw y en la granja de ceba se cuenta con un consumo mensual promedio de 667 kw, con el fin de reducir esta cantidad, la cual es una de las variables que afectan el costo de producción, se propuso la construcción de un biodigestor tipo Taiwán (cilíndrico) en cada granja, cuyo gas será utilizado en el calentamiento de los lechones en la granja de cría y cocinas de las casas de los operarios en ambas granjas. “López Pérez (2003) estima que la producción de biogás a partir del estiércol de un (1) cerdo adulto es de 0,28 a 0,34 m³ de biogás por día”; sin embargo, Martínez Lozano (2015) informa en su investigación que un lechón pequeño (Menor de 8 semanas) produce diariamente 0.07 m³ de biogás por día, un cerdo mediano (cerdo de 2-4 meses) produce diariamente 0.11 m³ de biogás por día y un cerdo adulto (mayor de 6 meses y reproductores), produce diariamente 0.14 m³ de biogás por día. La granja de cría cuenta con un promedio de 111 animales adultos (que son los que más producen biogas); con lo que se produciría 31.08 m³ de gas al día y 11.344,2 m³ al año según lo descrito por López Pérez (2003) o 15.54 m³ de gas al día y 5.672,1 m³ al año según lo descrito por Martínez Lozano (2015) y la granja de ceba cuenta con un promedio de 789 animales adultos, con lo que se produciría 220,92 m³ de gas al día y 80.635,8 m³ al año según López Pérez (2003) o 110,46 m³ de gas al día y 40.317,9 m³ al año según Martínez Lozano (2015). Adicional, si sumamos los lechones pequeños 192 animales, se produciría 13,44 m³ de gas al

día y cerdos medianos 495 animales produciendo 54,45 m³ de gas al día, con lo que, en total la granja de cría producirá según Martínez Lozano (2015) un total de 83.43 m³ de gas al día. En la Tabla #13 se resumen estos datos.

Tabla #13 *Potencial de producción de biogás en la granja porcícola*

| | Cantidad animales | López Pérez (2003) | | Martinez Lozano (2015) | |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------|------------------------|-----------|
| | | m ³ biogas | | m ³ biogas | |
| | | Día | Año | Día | Año |
| Adulto cría | 111 | 31,08 | 11.344,2 | 15,54 | 5.672,1 |
| Adulto ceba | 789 | 220,92 | 80.635,8 | 110,46 | 40.317,9 |
| Lechón pequeño | 192 | | | 13,44 | 4.905,6 |
| Cerdo mediano | 495 | | | 54,45 | 19.874,25 |
| Total | 1587 | 252 | 91.980 | 193.89 | 70.769,85 |

Fuente: Elaboración propia

Limbania (2006) en su estudio informa que una porcícola que originó 22.484,73 m³ de excretas/año, con el biodigestor, se produjeron 134.908,38 Kwh/año; por tanto solo en la granja de cría, en donde hay menos cantidad de cerdos adultos, se podría producir 6.887,55 Kwh/mes, que sería más que suficiente para el calentamiento de los lechones en etapa de lactancia y precebo y las cocinas de los operarios que habitan dentro de la granja; por tanto, se espera una reducción en un promedio del 70% del total pagado por energía en ambas granja, quedando solo un 30% que correspondería a los focos de las diferentes áreas de la granja y de las casas de habitación de los operarios, la nevera de la granja y los electrodomésticos de las casas.

Una vez se implemente el uso del biodigestor el porcentaje de utilización de energía en cada etapa será el mismo, ya que no habrá una etapa que gaste más o que gaste menos energía por el uso de focos.

SITIO 1:

Una granja tradicional, donde no se cuenta con biodigestor, tiene diferentes porcentajes de utilización de energía en cada etapa productiva, debido a que unas áreas de la granja consumen más que otras por el calentamiento de los lechones; sin embargo, con la implementación del biodigestor en este sitio, la utilización de la energía en toda la granja será la misma, ya que no se tendría que utilizar en calentamiento, solo en iluminación principalmente.

1. REEMPLAZOS

En esta etapa los costos indirectos tendrán un aumento de \$18.000, que repercute en un aumento de los costos totales de la etapa en un 0.46% pasando de un costo de \$3.873.831 a \$3.891.831 evidenciado en la tabla #14; debido a que, en esta etapa, la utilización de la energía pasa del 5% al 20%.

Tabla # 14 *Costos de producción en etapa de reemplazos utilizando biodigestor*

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|--------------------------------------|------------------|
| Materias Primas | 887.013 |
| Mano de obra | 111.585 |
| Costos indirectos | 2.893.233 |
| TOTAL | 3.891.831 |

Fuente: Elaboración propia

2. GESTACIÓN

Para esta etapa se presentaría una situación parecida a la de reemplazos, debido a que también se pasó de una utilización del 5% a una utilización del 20%, que representó un aumento de \$34.200 o del 0.45% que se puede observar en la tabla

#15; pasando de un costo de producción de \$41.007.183 a un costo de producción total de la etapa de gestación de \$41.041.383.

Tabla # 15 *Costos de producción en etapa de gestación utilizando biodigestor*

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|-------------------|
| Materias Primas | 30.881.416 |
| Mano de obra | 2.544.133 |
| Costos indirectos | 7.615.833 |
| TOTAL | 41.041.383 |

Fuente: Elaboración propia

3. LACTANCIA

En el área de lactancia, con la implementación del biodigestor, es la etapa productiva en la que se presenta la mayor de las reducciones en el costo de producción; ya que, con el biodigestor, se tendrían costos totales por etapa de \$7.232.664 y por hembra de \$380.667, que significa una reducción de \$277.200 en la etapa y \$14.589 por hembra; lo que representa una reducción del 3.69% en el costo total de la etapa de lactancia, que se puede observar en la tabla #16.

Tabla #16 Costos de producción en etapa de lactancia utilizando biodigestor

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|------------------|
| Materias Primas | 4.689.964 |
| Mano de obra | 1.139.783 |
| Costos indirectos | 1.402.917 |
| TOTAL | 7.232.664 |

Fuente: Elaboración propia

4. MACHO

Con el macho se espera un aumento de \$9.000, ya que el uso de la electricidad también aumenta de un 5% a un 20%, lo que representa un aumento del 0.54% del costo total de producción, que se puede evidenciar en la tabla # 17.

Tabla # 17 Costos de producción en machos utilizando biodigestor

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|------------------|
| Materias Primas | 140.254 |
| Mano de obra | 85.698 |
| Costos indirectos | 1.425.967 |
| TOTAL | 1.651.919 |

Fuente: Elaboración propia

5. PRECEBOS 1

En etapa de precebos 1 que es donde se logrará la otra gran reducción de energía por el calentamiento de los lechones, con el biodigestor, se obtendrán costos totales por etapa de \$15.451.672 y por lechón de \$31.202, que significa una reducción de

\$243.600 en la etapa y \$492 por cerdo; que representa una reducción del 1.55% del costo total de la etapa de precebo 1, evidenciado en la tabla #18.

Tabla #18 *Costos de producción en etapa de precebos 1 utilizando biodigestor*

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|-------------------|
| Materias Primas | 13.505.706 |
| Mano de obra | 364.510 |
| Costos indirectos | 1.581.456 |
| TOTAL | 15.451.672 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis del sitio 1: Para el sitio 1 y como puede apreciarse en la tabla #19 se espera una reducción total de \$459.600 del costo de producción.

Tabla #19 *Análisis del sitio 1*

| Etapa productiva | Reducción/aumento del costo de producción de la etapa (\$) |
|-------------------------|---|
| Reemplazos | Aumento \$18.000 |
| Gestación | Aumento \$34.200 |
| Lactancia | Reducción \$277.200 |
| Macho | Aumento \$9.000 |
| Precebos 1 | Reducción \$243.600 |
| Total | Aumento \$61.200 |
| aumento/reducción | Reducción \$520.800 |
| Reducción total | \$459.600 |

Fuente: Elaboración propia

SITIO 2:

En esta etapa se da reducción en el costo de producción; no porque se esté realizando el calentamiento de los lechones o teniendo una alta utilización en ellos, sino porque dentro del pago de los servicios públicos de la granja, se encuentra el pago de los servicios de energía de la casa de habitación del operario; por tanto con el gas producido por el biodigestor, se espera una reducción en el costo de la energía de la granja del 50% ya que la utilización de la energía para cocinar, se eliminará por completo.

Adicional a esto se espera una reducción en los costos de producción, ya que con la implementación del biodigestor se eliminaría la mano de obra del operario del compost de mortalidad, ya que con el biodigestor solo se realiza el riego del material a los potreros aledaños a la granja, trabajo que en la actualidad realiza el operario de los cerdos.

6. PRECEBOS 2

Con la implementación del biodigestor en esta etapa, se pasaría de un costo total de producción de \$24.185.891 a \$24.092.558 que representa una reducción en los costos de \$93.333 que es un 0.38% del costo de producción de la etapa, que se puede ver en la tabla #20.

Tabla # 20 *Costos de producción en etapa de precebos 2 utilizando biodigestor*

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|-------------------|
| Materias Primas | 22.294.869 |
| Mano de obra | 173.300 |
| Costos indirectos | 1.624.389 |
| TOTAL | 24.092.558 |

Fuente: Elaboración propia

7. CEBA

En esta etapa se espera una reducción de \$303.303, que representa una reducción en el costo de producción de 0.18% que se puede evidenciar en la tabla #21.

Tabla #21 *Costos de producción en etapa de ceba utilizando biodigestor*

| COSTOS TOTALES/etapa con biodigestor | |
|---|--------------------|
| Materias Primas | 152.777.791 |
| Mano de obra | 4.787.424 |
| Costos indirectos | 4.652.881 |
| TOTAL | 162.218.095 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis del sitio 2: Para el sitio 2, como se aprecia en la tabla #22, se espera una reducción del costo de producción de \$396.636 con la implementación del biodigestor

Tabla #22 *Análisis del sitio 2*

| Etapa productiva | Reducción/aumento del costo de producción de la etapa (\$) |
|-------------------------|---|
| Precebos 2 | Reducción \$93.333 |
| Ceba | Reducción \$303.303 |
| Total Reducción | \$396.636 |

Fuente: Elaboración propia

Análisis global:

Sin implementar el biodigestor la granja cuenta con un consumo mensual promedio de 2.667 Kw/mes que representa \$1.300.000 en ambas granjas; con la implementación del biodigestor se espera una reducción de \$856.236, con lo que sólo tendría que pagarse por este rubro aproximadamente 680 Kw/mes representados en \$443.764; todo esto debido al cambio de calefacción de los lechones de bombillos de luz eléctrica a calentadores de biogás y el uso del biogás en las cocinas de los operarios de la granja. No se obtendría una reducción del 100% en energía debido a que hay aparatos eléctricos que no se pueden reemplazar por biogás, como lo son las neveras (granja y casas de operarios), televisores y bombillos de iluminación.

Adicional a esto, sin la implementación del biodigestor, se requiere el pago de un operario por medio tiempo en el área de compostaje que cuesta \$557.924 y el pago de insumos en esta área (costales, aserrín y transporte) por \$440.000; con la implantación del biodigestor, no se requiere ni el operario, ni los insumos gastados en esta área, con lo que se obtendría una reducción de \$997.924.

Por lo tanto, con la implementación del biodigestor, se obtendrá una reducción en los costos de producción mensuales de \$1.854.160

RESULTADOS

Con la implementación del biodigestor se espera una reducción de los costos de producción en las etapas de lactancia (3.69%), precebos 1 (1.55%) y 2 (0.38%), ceba (0.18%) y compostaje (100%), que se traduce en un ahorro de \$ 830.000 en energía y \$997.924 por el compostaje (mano de obra e insumos); pero en las etapas de reemplazos, gestación y macho, se obtuvo un aumento en los costos de producción de 1.45%; que se debe a que inicialmente estas etapas presentaban una baja participación en el uso de la luz; por tanto, con la implementación del biodigestor, la utilización de la energía en la granja quedó de forma homogénea y cada etapa productiva presentó un gasto igual; no obstante la racionalización de los costos de producción es evidente y a pesar de que no se logró la meta de bajar costos en un 5%, se logró al menos una reducción del 1.86% en la sumatoria de todas las etapas.

En general, se espera una reducción de los costos de producción mensuales de \$1.854.160

Cabe anotar que con el compostaje hay un excedente líquido que es usado en el riego de los potreros; en la granja porcícola este excedente no es utilizado, por lo que se cuenta con un contrato con los vecinos aledaños a la explotación en donde se les regala la porquinaza; en el sitio 1 la porquinaza es regada por el propietario del predio vecino, en el sitio 2 es regado por el operario de la granja; es por esto, que con la implementación del biodigestor la mano de obra del compostaje y los insumos, se reducen a cero.

CONCLUSIONES

A pesar de que el mayor porcentaje en el costo de producción lo genera el alimento con más del 70% del costo; es difícil de reducirlo, debido a que la calidad de los alimentos representan una mejora en la conversión alimenticia y finalmente generan más peso en el animal con destino a ceba y con mejor calidad en cuanto a espesor de grasa dorsal al sacrificio; es por esto que se hace necesario buscar otras alternativas para racionalizar los costos de producción y una opción posible, es buscar alternativas en otros aspectos como los costos indirectos; que en este caso con la implementación del biodigestor, se espera represente una reducción mensual de \$ 1.827.924 en los costos de producción totales.

Con la implementación del biodigestor además de generar una racionalización de los costos de producción, también se reduce el impacto ambiental generado por la disposición de las excretas de los cerdos sin un previo tratamiento en los suelos (microorganismos patógenos que puedan ser fuente de transmisión de enfermedades o uso excesivo que genere un exceso de nutrientes en el suelo y la posible intoxicación de animales que se alimentan del pasto fertilizado) y la contaminación de fuentes de agua por la escorrentía de la porquinaza.

Además, con la utilización del biodigestor, los efluentes generados después del proceso de biodigestión, pueden ser utilizados para la fertilización de potreros e incluso ser de más ayuda para el productor, ya que al realizar la digestión anaerobia de las excretas porcinas, se conservan nutrientes que mejoran la filtración, se aumenta la disponibilidad para los cultivos y se disminuye la pérdida de nitrógeno; que se traduce en un material con mejor capacidad fertilizante, menor olor y menor carga bacteriana.

Cabe anotar que, en la etapa de ceba, la racionalización de los costos no se dio por el menor gasto de energía en la producción; debido a que, en esta etapa, el uso de este recurso es dirigido principalmente a la iluminación y la cocina de la vivienda de los operarios, sino por la reducción en el consumo de energía en la casa de habitación del operario de la granja.

RECOMENDACIONES

La implementación del biodigestor generará un ahorro en el uso de la energía y esto ayudará con la reducción de los costos de producción; aspecto importante para los productores; se recomienda a futuro evaluar otras alternativas existentes en el mercado como el uso de paneles solares, con el fin de determinar cuál generaría un mayor ahorro en el uso del recurso y que finalmente se traducirá en un menor costo de producción.

A futuro y debido a que lo producido en gas sobre todo en la granja de ceiba es mayor a lo consumido, podría pensarse en realizar la venta a casas vecinas y obtenerse a su vez un ingreso adicional, que permita obtener otros recursos para absorber los costos generados en la producción porcícola; con un precio actual (calculado por el precio promedio de 1 m³ en gas domiciliario) \$1.000/m³ y un residual de gas producido en la granja de ceiba de 6.220.55 m³, se obtendría un ingreso aproximado de \$6.220.550.

La granja cuenta con concesión de agua vigente ante la Corporación Ambiental Regional, ya que proviene de quebradas aledañas a las granjas. A pesar de que en el momento, la granja no paga dentro de los servicios públicos por éste rubro, la nueva normativa ambiental exige al productor contar con un programa de ahorro y uso eficiente del agua; que podría generar a futuro un costo para aquellos productores que utilicen más agua de la solicitada ante la CAR; es por esto que para lavado de corrales, se le recomienda a la granja la construcción de tanques para la recolección de agua lluvia; con lo que se espera una reducción promedio de 10% del agua consumida por la granja.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la granja porcícola, su propietario y empleados por toda la información suministrada para la realización de este trabajo de grado y a mi asesor del trabajo de grado por toda su paciencia y ayuda en el desarrollo de la misma.

REFERENCIAS

- Aguilar, F. X., & Botero, R. (2006). Los beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. *Tierra Tropical*, 2(1), 15–25. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Raul_Botero_Botero/publication/228431561_Los_Beneficios_Econmicos_Totales_de_la_Produccion_de_Biogs_Utilizando_un_Biodigestor_de_Polietileno_de_Bajo_Costo/links/0046352a62600be645000000.pdf
- Álvarez Cardona, Alberto; Sanchez Zapata, B. E. (2011). *Costos y métodos de costeo. Aplicación y análisis para el sector agrario*. (M. Durango López, Ed.) (Tercera). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Asociación Porkolombia - Fondo Nacional de Porcicultores. (2017). *Manual Básico de Porcicultura*. Bogota.
- Barrantes Echavarría, R. (2008). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. (EUNED, Ed.) (No. 001.4). San José, CR.
- Berrío, S. (2012, July). Porcicultura Colombiana. *Porcicultura Colombiana*, 2(161), 36. Retrieved from <https://issuu.com/porcicol/docs/178/5>
- Bottaro, O., Rodríguez Jáuregui, H., & Yardin, A. (2004). *El comportamiento de los costos y la gestión de la empresa*.
- Castrillón, Jiménez, & Bedoya. (2004). Porquinaza en la alimentación animal. *Revista Lasallista De Investigacion*, 1(1), 1–5.
- Corantioquia. (2011). Cartilla Biodigestores. Retrieved from <http://www.corantioquia.gov.co/docs/ventanilla/CARTBIODIG.pdf>
- CORANTIOQUIA, & Grupo interdisciplinario de estudios moleculares (GIEM). (2003). *Cartilla técnica: Manejo y evaluación de la porquinaza mediante procesos de compostación*.
- Corral Yadira. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de La Educación*, 19(33), 228–
- MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

247.

- CR, D. G. de S. C. (2011). Guía metodológica para el diseño y desarrollo de investigaciones, 1–32.
- DANE. (2012). La carne de cerdo en el mundo. *23 De Octubre*, 2, 84.
- Fidias G. Arias. (1999). *El Proyecto De Investigacion. Guia para su elaboracion*. (Episteme, Ed.) (3rd ed.). Caracas. Retrieved from <http://redalyc.org/resumen.oa?id=180414029001>
- FNP, A. (2016). ¿Cómo le fue a la Porcicultura Colombiana en el 2015? *Porcicultura Colombiana*.
- Jiménez García, D. M. (2010). Programa De Manejo De Impactos Ambientales De La Granja Porcicola Monterrey, 76. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Limbania, L., & Orellana, A. (2006). Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano, 64.
- López Pérez, A. (2003). Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás. *Asociación Colombiana De Porcicultores Fondo Nacional De La Porcicultura*, 37.
- Martínez Lozano, Miguel. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. *Nova scientia*, 7(15), 96-115. Recuperado en 21 de octubre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000300096&lng=es&tlng=es.
- Machado, E., Robayo, M., Ayala, H., & Chávez, A. (2011). *Plan De Manejo Ambiental Para Un Proyecto Porcícola. Estudio de caso: Proyecto la Zambra, Otanche, Boyacá*.
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. Resolución 2087 del 16/12/2014 “Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos” (2014).
- Pérez, M. X. (2015). Potencial de la generación de energía renovable a partir del proceso de biodigestión de excretas porcinas. *Porcicultura Colombiana*, (197), MIA.UPB-EPDGv2.0 BIODIGESTOR COMO ALTERNATIVA DE RACIONALIZACIÓN EN COSTOS DE PRODUCCIÓN PORCÍCOLA CASO DE ESTUDIO: LA PEPA.

25–29.

Porkcolombia. (2016, November). Económico. *Porcicultura Colombiana*, 1–9.

Porkcolombia. (2013, October). Por una industria amigable con el medio ambiente. *Porcicultura Colombiana*, 16–23.

Rodríguez Medina, G., Rodríguez Castro, B., & Villasmil, K. A. (2012). Costos de producción en explotaciones porcinas de ciclo completo en el municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. *Revista Venezolana de Gerencia*, 17(60), 709–729.

Rojas T, J. F. (2015). En Antioquia, cada persona come 25 kilos de cerdo al año. Retrieved May 1, 2017, from <http://www.elcolombiano.com/negocios/agro/cada-antioqueno-se-come-25-kilos-de-cerdo-al-ano-YI3129045>

Tamayo, A. (2014). Recuperación energética y formulación de insumos para un sistema acoplado cerdos –pastos – leche en el norte de Antioquia., 132.

Tapia B María Antonieta. (2000). Metodología de Investigación. Santiago.