

***Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez***

***Facultad de Ingeniería***

***Departamento de Ingeniería Química***



***Título: Análisis de las alternativas de reuso para el efluente porcino del “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos”***

***Autor: Alexis Reyes Pérez***

***Tutor: M.Sc Nelson A. Castro Perdomo***

***Curso: 2014 – 2015***

## *Pensamiento.*

*“Utilícese toda la ciencia necesaria para un desarrollo sostenido sin contaminación. Páguese la deuda ecológica y no la deuda externa. Desaparezca el hambre y no el hombre”.*

*Fidel Castro Ruz, 12 de junio 1992*

## ***Dedicatoria:***

*A mis padres por darme la oportunidad de vivir y mostrarme  
el camino correcto.*

*A mis hermanas por sus consejos y apoyo en  
esta difícil tarea que es la vida.*

*A mis sobrinos Antoni y Gaby por brindarme esos momentos  
de felicidad.*

*A mi familia por ser tan unida y divertida.*

## *Agradecimientos:*

*A mi tutor, por sus ideas, su apoyo y sobre todo por su confianza en que este trabajo llegara a feliz término.*

*A mis compañeros de estudio, gracias por estos años de sacrificio y felicidad, y sobre todo por su ayuda incondicional.*

*A todas aquellas personas que con su modesto esfuerzo contribuyen de una forma u otra a hacer posible nuestro empeño, mi más sincero agradecimiento.*

## Resumen

El trabajo de tesis titulado “Análisis de las alternativas de reuso para el efluente porcino del “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos” tiene como objetivo “proponer diferentes alternativas para el reuso de sus efluente productivos, desde la perspectiva de la Producción más Limpia (P+L)”. Para el cumplimiento de los objetivos trazados se emplearon tanto métodos del orden teórico como empírico y dentro de ellos, se aplicó una metodología para la evaluación económica de las propuestas formuladas. El empleo de dicho métodos facilitó el análisis para apreciar el conocimiento que obreros y directivos de la entidad, tienen sobre los niveles de residuales que generan y sus posibles reusos, con la intención de disminuir su carga contaminante y lograr además, ingresos económicos, acompañado de las valoraciones técnico-económicas de cada propuestas concreta requiere, lográndose como principal resultado una propuesta para la producción de biogás, compost y humo de lombriz, estratificadas en el tiempo, las que le aportan a la entidad una disminución de su carga orgánica a disponer al medio de 303,23 tonelada / año y que, a la vez, le generan ingresos neto de 87 542,46 pesos anuales, así como, el ahorro de portadores energéticos por la disminución del consumo de energía eléctrica, cuyo efecto económico es del orden de a \$ 0,298/Kw consumido, Para los valores económicos se tomaron en cuenta los precios establecidos para cada caso.

# *Índice*

Resumen

Introducción .....	1
Capítulo 1. “Marco Conceptual” .....	4
1.1 La producción de alimentos en la actualidad .....	5
La producción de carne porcina como una tecnología alternativa alimentaria .....	9
1.2 Los residuales porcinos y la contaminación ambiental .....	11
La contaminación del suelo y la producción porcina .....	12
La contaminación del agua y la producción porcina .....	14
La contaminación del aire y la producción porcina.....	15
1.3 La Producción más Limpia como una alternativa para reducir la contaminación ambiental ..	16
1.4 Los usos alternativos de los residuales porcinos .....	18
1.5 El estado de la práctica en Cuba para el uso de los residuales porcinos .....	31
Capítulo 2. “Fundamentación metodológica de la investigación” .....	32
2.1 Diagnóstico integral del sistema productivo del “Centro Multiplicador Porcino” de Palmira. .....	34
2.2 Análisis de las posibles alternativas de reuso del residual porcino para distintos fines .....	34
2.2.1 Uso de los biodigestores:.....	34
2.2.2 Uso de Compost: .....	39
2.2.3 Uso de humus de lombriz.....	42
2.2.4 Análisis de la factibilidad económica de la inversión, metodología Mata (2008).....	44
Capítulo 3. “Análisis y discusión de los resultados” .....	45
3.1 Resultado del diagnóstico integral del sistema productivo del “Centro Multiplicador Porcino” de Palmira.....	45

3.2 Resultado del análisis de las posibles alternativas de reuso del residual porcino para distintos fines.....	47
3.2.1 Cálculo de la biomasa generada por el “Centro Multiplicador Porcino” .....	51
3.2.2 Cálculo para conocer la demanda de materia orgánica (estiércol porcino) y la capacidad del biodigestor según el diseño: .....	52
3.2.3 Cálculo para conocer la demanda de material orgánica (estiércol porcino) y el área para la elaboración de compost según el diseño. ....	53
3.2.4 Cálculo para conocer la demanda de materia orgánica (estiércol porcino) y el área para la elaboración de humus de lombriz según el diseño. ....	56
3.2.5 Evaluación de las Alternativas .....	57
Conclusiones generales .....	66
Recomendaciones.....	67
Anexo	

## Introducción

La seguridad alimentaria ha sido a lo largo de la historia una preocupación primaria del ser humano. Ante la crisis alimentaria, el análisis y las medidas que surgen desde las organizaciones internacionales y los países más enriquecidos se encuentran muy lejos de ser lo adecuado. Se ve una incoherencia real entre la intención de resolver esta crisis y la no identificación de los responsables; esta crisis se irá empeorando si no hay una ayuda alimentaria masiva e inmediata, donde unas 100 millones de personas en el sur se añadirían al número de hambrientos. (Holt-Giménez y Peabody, 2008).

Según reporte de la (FAO, 2010) la mayor posibilidad de incorporar nuevas tierras de cultivo para suprimir esta crisis alimentaria que afecta a la población mundial radica en los países en vía de desarrollo, pero la principal restricción para aumentar la producción de los alimentos reside en las limitantes económicas y sociales, agravadas por la inestabilidad política que golpea a estos países.

Hay que tener en cuenta que el hombre en la búsqueda de desarrollo y la soberanía alimentaria desarrolla procesos agrícola que trae consigo la emisión de gases de efecto invernadero perjudiciales para el desarrollo de esta producción agrícola y de su propia vida. Donde estas emisiones según reportes de la (FAO, 2014) se han duplicado en los últimos cincuenta años.

El hombre en el afán de buscar la soberanía alimentaria ha aumentado el consumo de carne principalmente (porcina, aviar y bovina), donde la carne de cerdo es la más consumida (Roppa, 2006). Este aumento de consumo lleva una gran producción lo que trae a su vez la generación de grandes cantidades de desechos que mal utilizado proporciona impactos negativos al medio ambiente.

La agricultura y sobre todo la ganadería entre ella la porcina, son los principales causantes de la destrucción de ecosistemas valiosos, los residuos de estas actividades provoca emisiones gigantescas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) principal gas de efecto invernadero. El metano es el segundo gas más importante de efecto invernadero, representando más del 14% del total de estos gases. (FAO, 2014)

Como ya se ha planteado la actividad agrícola está considerada, como una actividad de las más contaminadoras del medio ambiente y dentro de esta, la producción porcina ocupa uno de los primeros lugares, por los niveles de efluentes que genera y la agresividad de los mismos, lo que puede ser revertido en cierta medida.

Uno de los residuos más importante en el mundo por su producción, distribución geográfica y potencial contaminante son los procedentes del ganado porcino, agravado en algunos lugares por la concentración de animales en explotaciones industriales con gran número de cabezas con la consecuente acumulación de residuos. Ello introduce una nueva dificultad al problema de la contaminación, pero sin embargo concentra una fuente de materia orgánica con alto valor energético, haciendo posible su aprovechamiento.

El residuo de esta producción porcina genera por descomposición una cantidad de metano ( $\text{CH}_4$ ) que como efecto negativo a la capa de ozono representa por cada tonelada un equivalente a 23 toneladas de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Estos efluentes generan una contaminación en los suelos y cuerpos receptores de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). De no buscar alternativas de tratamientos de estos residuales o su reuso como vía económica productivas estaríamos condenando la existencia del hombre. Estas razones justifican la presente investigación cuyo problema científico se plantea como:

- No se dispone de una propuesta de alternativas para el reuso de los efluentes porcino del “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos.

La hipótesis asumida fue:

- La aplicación de diferentes alternativas de reuso para los residuales porcinos, le permitirá al “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos, reducir sus niveles de carga generada a introducir al sistema de tratamiento de sus residuales, a la vez que lograr ingresos a partir de las producciones derivadas de ello.

### **Objetivo general.**

1. Proponer diferentes alternativas para el reuso del efluente porcino del “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos.

### **Objetivos específicos.**

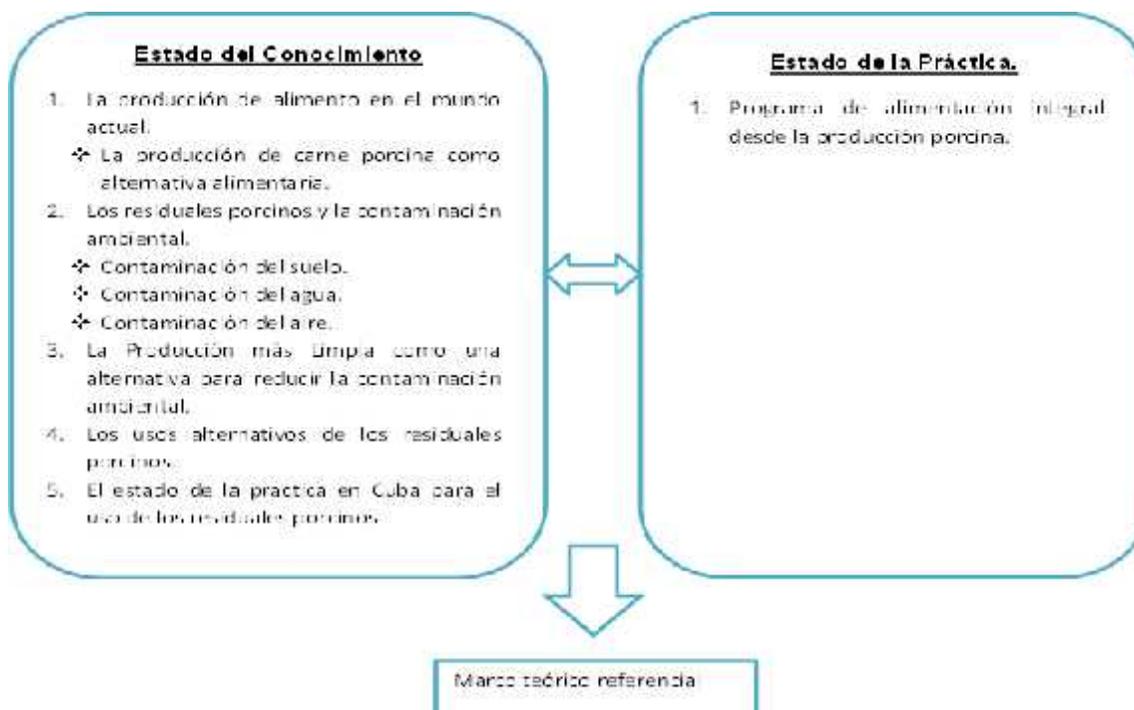
1. Diagnosticar integralmente el sistema productivo del “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos.
2. Analizar las posibles alternativas de reuso del residual porcino para distintos fines.
3. Fundamentar desde las perspectivas económica, ambiental y social, las propuestas de las mejores alternativas de solución del reuso de los residuales porcino en el “Centro Multiplicador Porcino” de la Empresa Porcina de Cienfuegos.

## Capítulo 1. “Marco Conceptual”

Uno de los problemas actuales de la humanidad es el aseguramiento de su alimentación, circunscripto en un escenario cada vez más complejo, contaminado y amenazado climatológicamente, donde adicionalmente se produce progresivamente un detrimento de los espacios físicos productivos por el propio crecimiento de la población. A esta reflexión se une, un envejecimiento poblacional, que ocasiona la necesidad de un mayor período de dependencia social, por lo que las generaciones activas tendrán que buscar formulas que aseguren mayor eficacia y eficiencia en los procesos de producción.

Una alternativa alimentaria lo es sin duda, las fuentes de proteína y dentro de ellas, la animal juega un importante papel, correspondiéndole a la producción porcina, un lugar relevante ante el cumplimiento de este propósito. Una paradoja de esta alternativa alimentaria es los niveles de contaminación que genera, lo que hoy en día motiva el desarrollo de diferentes investigaciones, intencionadas hacia tales fines, como es el caso del presente trabajo de Tesis.

**Tabla 1. Marco teórico referencial**



## **1.1 La producción de alimentos en la actualidad**

La situación actual del mundo es cada vez más crítica y alarmante, respecto a la probabilidad de su alimentación, asunto este que debe ser resuelto para asegurar la perpetuidad de la especie humana. Según reporte de Conferencias de la Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2012), la población mundial es de 7 000 millones de personas, haciéndose necesario replantear a fondo el sistema de producción de alimentos y agricultura a este nivel, a fin de garantizar la seguridad alimentaria de casi 1 000 millones de personas que actualmente están hambrientas y de los 2 000 millones de personas que, según se prevé, se han de agregar para 2050. Es sabido, que el manejo de esta problemática necesita de recursos y políticas que se encaminen a tales direcciones, sobre todo, dirigidas a enfoques de sostenibilidad desde todas las perspectivas, o sea, económicas, sociales y ambientales, como corresponde al propio término.

Según el informe antes citado, la asignación de recursos a las actividades agrícolas, por ser el mayor empleador del mundo y proporcionar medios de vida al 40% de la actual población mundial, es algo necesario, a lo que el autor de este trabajo de Tesis añadiría, que además, este asunto resulta vital e imprescindible, si se quiere lograr equidad y estabilidad poblacional, en las regiones donde también se asegura la producción de alimentos de toda la humanidad, de modo más general, máxime si se toma en cuenta que es en las regiones donde se concentra la producción agropecuaria, las más desfavorecidas socialmente.

Resulta necesario considerar lo planteado por Welsh (2003) referente a la transformación de ecosistemas naturales en sistemas productivos agrarios, como una necesaria alternativa para asegurar la alimentación, lo que ha alcanzado magnitudes significativas, a partir de la expansión de la frontera agrícola que se realizó desde siglos anteriores a expensas de los bosques tropicales, cuya fragilidad ecológica es bien conocida, lo que ha conducido a pérdidas cuantiosas de hectáreas de la superficie boscosa del planeta, derivado de los procesos de urbanización y del desarrollo industrial asociados al propio desarrollo, asunto que si bien ha estado implícito a los procesos del desarrollo social, como una obligación necesaria, también es verdad que ha estado condicionando un agravamiento en la sostenibilidad de los ecosistemas.

Dicho proceso además, ha condicionado la emigración de la población desde las zonas rurales (espacios menos urbanizados) hacia los centros urbanos, generando en ellas un crecimiento ascendente, lo que repercute significativamente en importantes cifras en la demanda alimentaria y en los efectos antrópicos globales, incrementándose aceleradamente el deterioro ambiental; a consecuencia de esto se acuñan términos como el de exclusión ambiental para no pocos de los espacios menos urbanizados Castro y Rajadel (2012).

A ello se suma que la sexta parte de población mundial radica sobre todo en los países en desarrollo y el desenfrenado aumento del precio de los alimentos ha resucitado el fantasma de los “motines por comida”. (Holt-Giménez y Peabody, 2008). Los efectos de la prolongada insuficiencia de las inversiones en la seguridad alimentaria, la agricultura y el desarrollo rural ha llevado a que millones de personas vivan en la pobreza y padezcan de hambre afectado la calidad de vida y la subsistencia de esta, esto es debido, entre otros factores, a la crisis alimentaria, económica y financiera. (FAO, 2003)

Para disminuir y erradicar esta hambruna que afecta a la humanidad, sería necesario que toda las partes involucradas tuvieran en cuenta que la soberanía alimentaria, según se expresó en el Fórum Mundial sobre Soberanía Alimentaria de La Habana (2001), *“Es el derecho de cada pueblo a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos que garanticen el derecho a la alimentación de toda la población, con base en la pequeña y mediana producción, respetando sus propias culturas y la diversidad de los modos campesinos, pesqueros e indígenas de producción agropecuaria, de comercialización y de gestión de los espacios rurales”*.

En este propio fórum donde se plasmó este concepto, también quedo figurado que para suprimir esta crisis a nivel mundial, sería necesario el respeto mutuo entre los pueblos y el derecho de cada cual a forjar su independencia alimentaria teniendo en cuenta su cultura y la biodiversidad de producción agrícola.

Para garantizar esta soberanía se debe dedicar especial atención al modelo de producción de nuestros alimentos por la importancia económica y ecológica que impone donde la agricultura juega un papel especial en el entorno. Según lo planteamiento por Duch (2008)

el modelo alimentario actual está basado precisamente en un uso irracional de los recursos materiales y energéticos que ofrece la naturaleza, con una dependencia total del petróleo, donde, en una producción intensiva se necesita de maquinaria, de fertilizantes y de agro tóxico, asunto que induce a pensar en la búsqueda de alternativas para revertir esta penosa pero cierta realidad; entre ellas, el ahorro y el aprovechamiento de los recursos mal dispuestos (residuales), más que una alternativa representa una necesidad de primer orden, ambiental y por ende social.

Según este propio autor, toda esta dependencia es posible eliminarla y para ello es necesario emprender un camino nuevo que conlleve a revitalizar el planeta, recuperando el medio rural y relocalizando la agricultura, para esto sería necesario modificar los patrones agroindustriales para crear y fortalecer la producción, siguiendo los caminos ecológicos, fundamentada en la producción artesanal, venerando lo que brinda la naturaleza.

En los momentos donde la contaminación ambiental afecta la calidad de vida y hasta la propia existencia de la humanidad, la producción agricultura y las actividades relacionadas con otros usos del suelo producen 10 000 millones de toneladas de emisiones de efecto invernadero, sin tomar en cuenta las alarmantes cifras estimadas, dada por la FAO (2014), asumir posiciones de avanzada, buscando alternativas de mitigación y de manejo a los agro-recursos que brindan la alimentación indispensable, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero procedente de la propia actividad agricultura, la silvicultura y la pesca, permitiría asumir las demandas de una población que podría aumentar en un 30 por ciento adicional para 2050 según esta propia fuente, sin que necesariamente aumente el número de personas que pasarían hambre. La producción agricultura emite gran cantidad de gases de efecto invernadero, a esta se le asigna un 14% de las emisiones totales a nivel mundial

En estos momentos la producción agrícola está cada vez más industrializada y se generan cambios de uso de suelo para aumentar la superficie agro-productiva, por lo que estas emisiones se incrementan considerablemente, por propio empleo de la maquinaria agrícola (Bermejo, 2010), pero a consideración de el autor de este trabajo de Tesis, sobre todo, por la adopción de malas prácticas agro-productivas, donde el manejo sea una condición obligada que tome en cuenta el reuso de los residuales de los procesos primarios y colaterales. Para garantizar este propósito, sería necesaria la implementación de la

producción agroecológica como modelo productivo, en la que no sólo se emiten muchos menos gases de efecto invernadero, sino, en la que se aumenta también mucho más la capacidad de absorción de carbono, todo lo cual redonda en un beneficio neto al planeta.

El hombre en su afán de desarrollo y en la búsqueda de la ya citada soberanía alimentaria, asume procesos productivos que siguen provocando cambios en el medio ambiente, a partir de lo anteriormente expuesto, uno de estos procesos es el desarrollo de la ganadería porcina “una de las más contaminantes”. Estas actividades generan CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, principales gases del efecto invernadero donde el metano (CH<sub>4</sub>) es el segundo gas en proporción más importante de este efecto después del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero con una representatividad de aproximadamente 23 toneladas de CO<sub>2</sub> / tonelada de metano. Plantea (Bermejo, 2010) que este gas representa el 14% del total de las emisiones proveniente del proceso de digestión de los rumiantes y en la descomposición del estiércol y purines en las granjas industriales, lo que evidencia la necesidad de su control y uso con fines energéticos fundamentalmente.

En Cuba, a pesar de ser un país netamente agrícola, esta actividad ha sufrido un deterioro desde el punto de vista de su reconocimiento social y su estimulación salarial, no haciéndose competitiva respecto a otras fuentes de empleo y de generación de ingresos al país. Esto conlleva a que personas capaces de trabajar en el sector agropecuario busquen otras alternativas y que lejos de ser eminentemente exportadores de alimentos, se tenga una elevada dependencia alimentaria de las importaciones, generándose en tal dirección gastos millonarios, con la intención de asegurar la alimentación básica a los diferentes grupos etarios en que se estructura el país.

Esta realidad, sumada a otros problemas de diferentes orígenes, se evidencia a partir de los estudio realizado por Rodríguez Castellón (2010) en los que se refleja que sólo el 59% del fondo agrícola cubano está cultivado, asunto este que como efecto recurrente a la disponibilidad de alimentos para la población, se suman, los generados por el bloqueo económico y financiero que le imponen al país, los Estados Unidos, en un contexto en el que la población cubana se envejece y crece, como sucede en muchas partes del mundo.

Según este propio autor, un asunto que gravita en la elevada cifra de suelos vacíos es el mal manejo de los suelos, la degradación de esto y la no rotación de cultivos y puntualiza que para el desarrollo agrícola, el sector se encuentra asimismo enfrascado en la implementación de un conjunto de transformaciones, cuya base es la entrega de la tierra en usufructo gratuito e indefinido, lo que conlleva a un lento y complejo proceso de ajuste y adecuación y destaca a la vez, que este proceso se desarrolla enmarcado en restricciones económicas y financieras que limitan la capacidad de compra en el exterior, tanto de alimentos como de insumos para su producción. El autor de este trabajo de Tesis considera que es un momento propicio para la adopción de tecnologías complementarias que permitan un mejor uso y reuso de los recursos, sea cual sea la fuente proveedora, sobre todo, de aquellas que estén dirigidas a mejorar los agro-ecosistemas y en consecuencia, mayores impactos positivos en lo económico y social.

#### ❖ **La producción de carne porcina como una tecnología alternativa alimentaria**

En este contorno según informes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2011), el mercado de carnes a nivel mundial ha presenciado importantes cambios en las últimas décadas, fundamentalmente en la última de ellas, donde el consumo de las principales (porcina, aviar y bovina) se encuentra en el orden de los 238 millones de toneladas anuales, pero a pesar de esta cifra, la producción no satisface las necesidades debido a las restricciones económicas y financieras que sufren los países más afectados.

Con el aumento del consumo de carne como vía de alimentación, la carne porcina es la de mayor consumo. (Puricelli, 2011), siendo los de mayor impulso a su consumo los países en desarrollo, los que resultan altamente poblados, con aumentos en el nivel de ingreso, con consecuentes cambios en las dietas, pasando de consumir alimentos básicos a base de cereales, a consumir proteínas animales, sea cual sea la revertida realidad de la salud, como otro de los componentes que debía formar parte de obligados análisis en esta perspectiva de debate.

Según informe de la FAO en el 2004 la carne de cerdo está ocupando un lugar relevante en la alimentación humana ya que aporta más del 39% de la producción mundial de carne para consumo humano, lo que a su vez conduce a que sea el sector con mayor

presencia dentro de la actividad agropecuaria, arrastrado además por la condicionante de que el cerdo se encuentra hoy entre los animales más eficientemente productores de carne, debido a sus características particulares, tales como: el corto ciclo de reproductividad, la precocidad y la prolificidad entre otros, haciendo esta producción una fuente de alimentación muy atractiva para el consumo humano (Benítez, 2000).

Es necesario tener en cuenta que la porcicultura es una actividad de crianza que tiene diferentes niveles de tecnificación, de acuerdo al tipo de explotación agropecuaria de que se trate, la que va desde una crianza artesanal que por lo general es poco tecnificada y empírica, hasta una crianza industrial que se basa en todos los adelantos científicos y tecnológicos disponibles. (Urbina Bravo, 2010). Esto último no siempre es asimilado como un paquete tecnológico en su conjunto, sino que de modo particular se asimilan determinados componentes de la tecnología, quedando relegados a un último plano los aspectos concernientes al tratamiento de los residuales, generándose así impactos negativos no deseados, pero no por ello ausentes.

El problema más relevante de este aumento de la producción porcina es el impacto ambiental que ocasiona la gran cantidad de desechos que se generan, los que pueden ocasionar impactos negativos en el agua, el suelo y el aire, haciéndose más evidentes por generar olores indeseables y la propagación de plagas, independientemente del positivo impacto que genera desde lo económico y en lo social, esta última desde la perspectiva alimentaria que representa, todo lo cual necesita de un verdadero análisis costo beneficio desde la totalidad, asumiendo la integración de procesos y principios tecnológicos complementarios que busquen una mitigación y/o reducción de los citados impactos negativos.

La producción pecuaria crea grandes problemas ambientales, pero a ello se suma que las grandes unidades industriales de esta producción, son a la vez, consumidora de enormes cantidades de nutrientes, produciendo mucho más desechos de lo que pueden reciclar como fertilizante o absorberse por los suelos, lo que la hace un peligro de contaminación para la calidad del suelo, el agua, la atmósfera, la biodiversidad y, en fin, para la salud pública. (Gerber, 2004)

## **1.2 Los residuales porcinos y la contaminación ambiental**

Desde el siglo XX, ha crecido la sensibilidad respecto al impacto ambiental derivado de actividades humanas, denominado esto como efecto antrópico ocasionando la utilización y desarrollo de diferentes métodos y tecnologías para reducir los efectos de esta contaminación. En este sentido se han adaptado medidas de carácter normativo y político para garantizar que los efectos indeseables de esta contaminación sean los mínimos posibles, para mantener y mejorar la calidad ambiental. (Spiegel, 2000)

Desde los primeros pasos en la industrialización han existido numerosos accidentes contaminado con materiales tóxicos y otros contaminantes, recursos terrestres, atmosféricos y acuáticos, amenazando a la biodiversidad en general, adolecente por demás de un control ambiental, por lo que el tratamiento era orientado a los residuos para evitar daños locales, desde una perspectiva a corto plazo. (Maystre, 2000). Estas medidas tenían cierto beneficio, pero el propio auge de la industrialización y la acumulación de estos negativos impactos exigieron un crecimiento del control ambiental, colocándolo como la principal estrategia para la protección del medio ambiente. (Maystre, 2000)

Según Rodríguez (2005) es necesario que cada persona y cada institución comprenda que el control ambiental es el conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente y que sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad a la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. Por lo que no solamente está referida al gobierno, sino que crecientemente depende de fuerzas sociales de muy diversa naturaleza.

Todo el cuidado de la naturaleza será poco si no se entiende que esta es la que protege a la humanidad y la que le brinda alojamiento y comida para la subsistencia, por lo que si la propia sociedad no es capaz de buscar alternativas y tener un control eficaz sobre el medio en explotación y no entiende que todo cambio en el ecosistema debe ser con el fin de un beneficio mutuo, entonces estaría condicionando su propia extinción.

Los problemas de la contaminación generados por el ya referido aumento de la producción porcina estimulado por las alzas en su consumo, ha de movilizar la conciencia a la posibilidad entender que el nivel de residuales creciente y los impactos negativos que trae

consigo, más relacionados con la producción de estiércoles y purines, a pesar de inicialmente no contienen productos de alto riesgo, la acumulación de los mismos podría llevar a un problema medioambiental de gran medida (Sainz, 2010). Esta producción está ligada de modo muy directo a la naturaleza y precisamente en una relación simbiótica expresada en las externalidades tanto positivas como negativas que ella genera. (Reyes Gil, 2008).

La producción intensiva lleva una gran aglomeración de residuales y se debe buscar un adecuado reciclaje de nutrientes no retenidos, para poder reducir las pérdidas por volatilización y lixiviación, estas últimas responsables de la contaminación de las fuentes de agua, de forma más general, de las subterráneas. Un buen control ambiental conduciría a prevenir impactos negativos, tales como: la eutrofización de aguas y la pérdida de fertilidad de los suelos, por citar alguno de ellos.

En Cuba se ha hecho un gran esfuerzo por la conservación y cuidado ambiental, a pesar de las enormes limitaciones económicas del país, acentuado dicho esfuerzo mediante el propio desarrollo de la revolución, asignándole al medio ambiente una prioridad refrendada en la Ley 81 cubana de Medio Ambiente. La falta de conciencia en el proceder de las entidades del sector de producción de bienes y servicios y de la sociedad civil en general, sumado a una escasa educación ambiental, conllevaron a heredar deficiencias que deben ser resueltas (Reyes, 2010). En los momentos actuales el desarrollo alternativo de la producción de biogás asociado a esta producción a diferentes escalas está representando, además de una mediada de saneamiento ambiental, una alternativa energética y económica no despreciable para un análisis de escala.

#### ❖ **La contaminación del suelo y la producción porcina**

Es el suelo unos de los recursos naturales considerados como de mayor importancia, por lo que resulta para el soporte de la biodiversidad en general, por lo que resulta de vital importancia cuidarlo para mantener su agro-productividad y a través de él establecer un equilibrio entre la producción de alimento y el acelerado incremento del índice demográfico. (Fuente Silva, 2005)

Uno de los elementos que desde una perspectiva positiva une al suelo como recurso, con la producción porcina, está relacionado con el uso tradicional de la aplicación de estiércoles y purines como abono orgánico, lo que puede llegar a tener algún efecto beneficioso sobre la estructura y fertilidad de los suelos si es manejado adecuadamente, pero el efecto puede llegar a ser perjudicial si su empleo se hace de forma deliberada. Este vertimiento excesivo puede ocasionar la acumulación de nutrientes en el suelo y producir alteraciones en el pH, acumular metales pesados en la capa superficial del suelo, perjudicando así la fertilidad del mismo. Sztern (2010) señala que cuando se incorporan residuos orgánicos en general y de modo particular las excretas y purines, esto conlleva a que se cumplan los procesos de mineralización, ocasionando un alto consumo de oxígeno e inclusive, si los materiales aportados no tienen una buena relación carbono/nitrógeno hacen que se agoten inicialmente las reservas de nitrógeno del suelo. Este particular debe llamar la atención en el manejo de los residuales porcinos.

Cuando el vertido de estos residuos se realiza en forma indiscriminada y continuada, la fracción sólida del estiércol ocasiona en primera instancia una acción mecánica, la cual consiste en una colmatación por taponamiento de los poros del suelo, disminuyendo así la capacidad de drenaje del terreno, dando paso posteriormente a una acción química, en la que se genera una degradación estructural del suelo por la acción del sodio (Na) y finalmente por la acumulación progresiva de los residuos se produce una acción biológica que consiste en el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos para los animales y el hombre; la fracción líquida se considera de un efecto no tan severo siempre y cuando se mantengan las condiciones de aerobiosis del terreno (Duque, 2000).

En el análisis de la acción microbiológica antes expuesto, el autor del presente trabajo de Tesis considera que no se ha tomado en cuenta la propia competencia que se establece en la zooglea natural del suelo, lo que evidentemente debe producirse y con ello, la alteración de propiedades del suelo en cuestión, que se expresan en la relación que se establece entre este y un cultivo en específico, modificando dicha relación el comportamiento agroproductivo del sitio de que se trate. Otro elemento no abundantemente tratado en la consideración anterior está relacionado con el efecto que se genera en el perfil del suelo, donde las condiciones de drenaje presentes dan lugar a que se produzcan procesos secundarios tales

como la gleización y la salinización, esta última dada por las elevadas concentraciones de sodio (Na) que se generan con el vertimiento del residual.

El daño que se causa a los suelos es ambientalmente de similar magnitud que el que se causa al agua y al aire, aunque en realidad algunas veces sea menos evidente y tal vez menos vinculante a la actividad productiva cotidiana, pero no por ello menos importante y significativa; sin embargo, es importante conocer los lugares donde es más probable que se contamine el suelo, por la directa repercusión de este recurso en el sostén de la biodiversidad como ya se ha expresado.

#### ❖ **La contaminación del agua y la producción porcina**

El tema del agua cobra cada vez mayor importancia debido al incremento en su demanda, lo cual conduce a la necesidad de utilizarla eficientemente. En el manejo y gestión del agua, se presenta mayor competencia por su aprovechamiento entre diversos sectores de la sociedad (agropecuario, industrial, servicios públicos urbanos). (Cárdenas, 2009)

A medida que el calentamiento global se hace más evidente cambiará los patrones de precipitaciones, por lo que se extenderían los desiertos subtropicales. Aumentará la frecuencia e intensidad de climas extremos donde los hábitos en la agricultura tendrán que modificarse y el derretimiento de los polos se hará cada vez mayor ocasionando inundaciones costeras.

Por tanto, el autor de esta Tesis considera que es necesario emprender acciones, y adoptar nuevos enfoques que permitan establecer prioridades urgentes a largo plazo en el suministro de servicios relacionados con el agua. Debido al despilfarro y a la contaminación que estamos ocasionando a un producto de vital importancia.

La contaminación del agua superficial por el vertimiento al medio de las excretas, se manifiesta por la presencia de amonio y sulfatos, entre otros. El exceso de nutrientes favorece el crecimiento de las algas desencadenando con ello el agotamiento del oxígeno (O<sub>2</sub>) disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas de insectos nocivos, y en casos

severos se provoca la eutrofización de los cuerpos de agua. Por su parte el amonio es tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos. (Lorente Redondo, 2011).

La disposición incorrecta de las excretas propicia también el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos también para los animales, quienes a su vez pueden transmitir enfermedades a los seres humanos, tales como la peste porcina clásica, rotavirus, colibacilosis, parásitos gastrointestinales, salmonella y la proliferación de moscas que pueden actuar como vectores mecánicos y/o biológicos. (Duque, 2000)

#### ❖ **La contaminación del aire y la producción porcina**

La gestión de la contaminación atmosférica pretende la eliminación, o la reducción hasta niveles aceptables, de aquellos agentes (gases, partículas en suspensión, elementos físicos y hasta cierto punto agentes biológicos) cuya presencia en la atmósfera puede ocasionar efectos adversos en la salud de las personas o en su bienestar, efectos perjudiciales sobre la vida de las plantas y de los animales, daños a materiales de valor económico para la sociedad y daños al medio ambiente. (Schwela y Goelzer, 2000). De modo particular, esta problemática se expresa en la producción porcina, mediante la emisión de compuestos volátiles, originados por la descomposición de los residuales que general, proceso este de relevancia medio ambiental, susceptibles de alterar las características de la atmosfera, centrado principalmente en las emisiones de: amoníaco y metano (Duque, 2000).

En general, las emisiones de amoníaco, sulfuros de hidrógeno, metano y dióxido de carbono procedentes de la producción porcina, crean molestias por sus olores desagradables, siendo además precursores de trastornos respiratorios en el hombre y animales. Otro de los problemas que generan es la contribución a la destrucción de la capa de ozono por la producción de óxido nitroso  $N_2O$ , como parte de los gases emitidos durante la degradación microbiana (Lorente Redondo, 2011).

Estos elementos antes referidos hacen necesario poner la atención en desarrollar investigaciones encaminadas a reducir los impactos negativos de esta actividad agrícola, necesaria como se ha dicho, para lograr el balance requerido en materia de alimentación, unido a la búsqueda de alternativas de integración de procesos, conducentes al aprovechamiento de los residuales como una fuente alternativa de materia prima, tal es el

caso de la generación de energía o de la producción de biofertilizantes, por citar alguno de ellos, lo que como principio encuentra respaldo en las llamadas producciones más limpias..

### **1.3 La Producción más Limpia como una alternativa para reducir la contaminación ambiental**

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2000) considera la Producción Más Limpia como estrategia ambiental, integra a los procesos, productos y servicios, con el único fin de mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para los humanos y el medio ambiente, de aquí su posible empleo para la mejora y la disminución de los impactos medioambientales en los proceso de producción porcina.

En consideración a esto la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (2000) generó una metodología de (P+L) basada en la evaluación de los procesos e identificación de las oportunidades para usar mejor los materiales, minimizar la generación de los residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía y el agua, disminuir los costos de operación de las plantas industriales, y mejorar el control de procesos incrementando la rentabilidad de las empresas, aplicando el concepto de las 3 R's (Reducción, Reutilización y Reciclaje).

Con la aplicación de esta metodología cada proceso productivo y en especial la producción porcina, garantizarían un mejoramiento en cuanto a los impactos negativos asociados a esta actividad productiva. Aplicando este concepto se pudiera tener un mayor beneficio y control ambiental sobre los medios de explotación mejorando la calidad de vida y la propia vida útil de los mismos.

Según el Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia (2007) con la ejecución de este programa se logrará pasar de un proceso ineficiente a un proceso netamente eficiente, previniendo la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación de producto a lo largo de todo el proceso; esto también es un escenario adecuado para la implementación de le Ecología Industrial como principio, dentro de la propia Producción Más Limpia como estrategia de trabajo, un referente en tal dirección, para la provincia de Cienfuegos, puede ser, el trabajo desarrollado por García Martínez Yolanda y Castro Perdomo, N (2014).

Es necesario tomar en consideración que el proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción, donde en los dos primeros de ellos se busca la prevención, aplicando el concepto de las 3R's y en su etapa final el control es fundamental para mantener un nivel bajo de la contaminación que pudiera existir, todo lo cual se aprecia en la figura 1.



**Figura 1. Esquema de los niveles de reducción de contaminación (ONUDI, 2000)**

En la tabla 2 se muestran los fundamentos que propician con la ejecución de esta estrategia, las ganancias que se producen en el orden económico, ambientales y tecnológico, a lo que el autor de este trabajo de Tesis añadiría lo relativo a la componente social, no declarada dentro de estos beneficios y que tanto desde una u otra perspectiva también está presente, los fundamentos se basan en:

AL REDUCIR	SE INCREMENTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de la energía en la producción.</li> <li>• La utilización de materias primas.</li> <li>• La cantidad de residuos y la contaminación</li> <li>• Los riesgos de accidentes laborales, lo que a su vez implica reducción de costos (ejemplo: primas de seguros más bajas).</li> <li>• La posibilidad de incumplimiento de normas ambientales y sus correspondientes sanciones.</li> <li>• Costos en la producción</li> <li>• La tasa de uso de recursos naturales y la tasa de generación de residuos contaminantes.</li> <li>• Los riesgos medio ambientales en caso de accidentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La calidad del producto.</li> <li>• La eficiencia, a través de una mejor comprensión de los procesos y actividades de la empresa.</li> <li>• La motivación del personal.</li> <li>• El prestigio, al mejorar la imagen de la empresa al socializar los resultados del proceso.</li> <li>• La competitividad en nuevos mercados nacionales e internacionales.</li> <li>• Ingresos y ahorros de la empresa.</li> <li>• La protección del medio ambiente.</li> <li>• La mejora continua de la eficiencia medioambiental en las instalaciones de la empresa y de los productos.</li> </ul>

**Tabla 2. Beneficios esperados de la aplicación de una estrategia de P+L (PNUMA, 2003)**

No solo con la ejecución de la (P+L) se obtienen beneficios, sería objetivo pensar que dentro de esta estrategia las *buenas prácticas* juegan un papel fundamental en esta ganancia. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2003) asegura que son de fácil aplicación y señala que comprenden una serie de medidas que permiten aumentar la productividad, bajar los costos y reducir considerablemente el impacto medioambiental que ocasiona la producción, una de ellas es sin duda la porcina.

Estas “buenas prácticas” tienen como objetivo principal:

- ❖ Optimizar el consumo de materia prima, agua y energía; evitar el desperdicio de costosas materias primas y por lo tanto, reducir los costos de operación.
- ❖ Reducir la cantidad y el grado de contaminación de los residuos sólidos, aguas residuales y emisiones atmosféricas.
- ❖ Optimizar la reutilización y el reciclaje de materias primas y material de embalaje.
- ❖ Mejorar las condiciones de trabajo y de la seguridad en el trabajo.
- ❖ Mejorar la organización del proceso productivo.

#### **1.4 Los usos alternativos de los residuales porcinos**

La explotación porcina intensiva trae como consecuencia la acumulación de grandes cantidades de materia orgánica, la que a su vez genera una importante carga contaminante,

la que contribuye al progresivo deterioro medioambiental de las zonas de producción. (Martínez, 2009), sin embargo, dicha carga podría constituir un elemento que como materia prima facilitara la obtención de otras producciones, como es el caso de la energía, las biotierras, o fertilizantes orgánicos, por citar tan solo un ejemplo.

Para la disminución de este impacto sería de vital importancia entonces ordenar procesos de utilización de los residuales generados, ya que esta materia orgánica tiene la capacidad de que bien utilizada presenta un alto beneficio desde el punto de vista económico, social y medio ambiental como ya se ha dicho, por permitir desde su descomposición, la acumulación de nutrientes asimilables por las plantas en la agricultura, o también por generar en dicha descomposición gases combustibles que como tal pueden ser empleados, como es el caso de la producción de biogás.

De modo particular esta producción (biogás), requiere de la observancia de determinados aspectos técnico organizativos, pues se trata de un proceso químico donde confluyen los principios de una fermentación anaeróbica. Según Guardado Chacón (2007) entre estas observaciones está el cuidado en todo el proceso de su concepción y construcción, sobre todo, cuando no se dispone de los materiales idóneos y se emplea recortaría o materiales en desuso, necesitándose criterios y conocimientos técnicos que permitan valorar su factibilidad y determinar los requisitos mínimos para prolongar la vida útil de la instalación, como también sucede en todo proceso constructivo, donde el análisis costo beneficio es una condicionante obligada.

Según Sánchez Rodríguez (2009) la producción de biogás ocurre en tres etapas, resultando dos de ella fundamentales “la ácida y la metanogénica”. La primera etapa es la encargada de eliminar un número importante de microorganismos patógenos, y la segunda (última del proceso), responsable directa de la producción de biogás (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) según Guardado Chacón (2013), quien además considera que el efecto de estos gases trae como consecuencia atender contra la vida humana, por influir directamente en los problemas del cambio climático.

Como ya se ha expresado, para producir biogás es de vital importancia tener en cuenta determinados requisitos; determinados autores, entre ellos Sánchez Rodríguez (2009)

estiman que en la digestión anaerobia es posible obtener metano entre 5 y 65 °C de temperatura y señalan que es necesario tener presente que los rectores donde se producen estas reacciones operan en dos rangos óptimos de temperatura; (I) rango mesófilo (rango medio de temperatura) entre 35 y 40 °C y (II) termófilo (rango alto de temperatura) entre 55 y 65 °C y apuntan que este factor tiene un efecto significativo en la cinética del proceso. También se reconoce un rango de temperaturas bajo, denominado rango criófilo o frío, entre 5 y 35 °C); esta gama de comportamientos explica entre otras cosas, la mezcla gaseosa que se genera y fundamenta la gama de microorganismos que acompañan el proceso de fermentación que se produce.

Un ejemplo de ello se constata en el informe de investigación presentado por Hilbert (2011) se plantea que las bacterias termófilas en el proceso de metanogénesis tienen una velocidad de producción de metano entre 25 a 50 % mayores que el proceso mesófilo, pero asegura que como principal problema en este rango de temperatura existen muy pocas bacterias capaces de crecer, dificultando así la fermentación predicha.

Otras de las alternativas a utilizar es la producción de biofertilizante, alternativa esta que para su valoración costo beneficio debe tomar en cuenta el incremento de los costos de los fertilizantes químicos y la contaminación que pueden ocasionar al medio ambiente cuando se utilizan irracionalmente, razones que obligan entre otras, a disminuir la producción de estos fertilizantes químicos y acrecentar esta nueva alternativa de fertilización, que a su vez es más económicas y eficientes, (Fregoso, 2001). Para la producción del biofertilizante se pudiera considerar como alternativa viable la utilización de las fuentes orgánicas locales y regionales que tradicionalmente se han subutilizado, entre las que destacan las excretas del porcino. Una base conceptual adecuada para entender esta necesidad está en los propios fundamentos del nuevo modelo alternativo para el ordenamiento agroecológico de los procesos agroproductivos “ el Manejo Sostenible de Tierras”, conducido bajo el Programa 15 de WWF de 2010, introducido en Cuba mediante el CIGEA a través del Manual para el MST, versión actualizada del 2011.

La utilización de las excretas es un modo muy particular en la producción de fertilizantes, porque contienen nutrientes utilizados por los cultivos pero a su vez poseen altas concentraciones de microorganismos patógenos que pueden generar enfermedades

infecciosas. (Cerrato, 2001). Para utilizar las excretas porcinas en este caso como fertilizantes, es necesario darles un tratamiento que elimine los agentes infecciosos, una forma de hacerlo es mediante la biodigestión. Al utilizar un biodigestor se utilizan los nutrientes contenidos en la excreta, reduciendo la contaminación ambiental, convirtiendo la carga orgánica original en residuales útiles y ocasionando una regulación del número de los microorganismos patógenos que contiene, permitiendo desde un adecuado manejo minimizar los riesgos de contaminación y transmisión de enfermedades.

Otro método para descomponer las excretas porcinas es por el método de compostaje, mediante el cual el producto final logrado es un abono agrícola. Este proceso se define como una rápida pero parcial descomposición de la materia orgánica sólida, bajo el uso de microorganismos aeróbicos. (Sztern, 2010). La característica fundamental y determinante en la calidad de compost es el de garantizar durante todo el proceso un flujo suficiente de oxígeno.

El compostaje es un proceso en el que intervienen microorganismos que en presencia de oxígeno aprovechan el nitrógeno y el carbono para producir a su vez, su propia biomasa, en él, estos microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos carbono y nitrógeno pero más estable que la materia antes de degradarla. (Román, 2013)

Como ya se ha planteado, el proceso de compostaje es generado por microorganismos, haciéndose necesario tener en cuenta el control de ciertos parámetros, tales como la temperatura, el pH, la oxigenación o aireación y la relación carbono-nitrógeno, lo que de no ser controlados pueden llegar a afectar el crecimiento y hasta la propia reproducción de los microorganismos, dificultando la calidad del compost. Los parámetros y sus rangos óptimos según Román (2013) se manifiestan del modo siguiente:

**La oxigenación:** es un proceso aerobio en el que los microorganismos deben tener una adecuada respiración; el suministro de oxígeno evita que el material se compacte. Esta necesidad de oxigenación puede variar durante el proceso alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termófila.

Este autor señala que la saturación del oxígeno en el centro de la mezcla no debe bajar del 5 % y que un aumento de aireación tendría como consecuencia el descenso de la temperatura,

generando así una mayor pérdida de humedad y haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. En sentido contrario, con un bajo nivel de aireación impide que exista una suficiente evaporación de agua, generando un aumento de la humedad existiendo un ambiente de anaerobiosis, produciendo malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) o metano (CH<sub>4</sub>) en exceso (tabla 3).

**Tabla 3. Parámetro y rango óptimo de la oxigenación**

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
Menor 5%	Baja aireación	Insuficiencia evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación.
<b>5 -15 % Rango ideal</b>			
Mayor 15%	Exceso de aireación	Descenso de la temperatura del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco.

**Humedad:** la humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes. Para el compost la humedad óptima se sitúa alrededor de 55%, dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. Si la humedad baja por debajo de 45% la actividad microbiana disminuye sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación y si la humedad es mayor que 60% el agua saturará los poros e interferirá la oxidación del material (tabla 4).

**Tabla 4. Parámetro y rango óptimo de la humedad**

Porcentaje de Humedad	Problema		Soluciones
Menor 45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos.	Se debe regular la humedad, ya se proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua

45 - 60 % Rango ideal			
Mayor 60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material de baja humedad y con alto valor en carbono. (Serrines, paja u hojas secas)

**Temperatura:** la temperatura varía según la fase del proceso en que se encuentra. El compostaje empieza a temperatura ambiente y puede aumentar hasta los 65<sup>0</sup>C sin necesidad de ninguna actividad antrópica, para llegar posteriormente a la temperatura ambiente durante la fase de maduración.

Es deseable que la temperatura no decaiga rápidamente ya que a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. (Tabla 5)

**Tabla 5. Parámetro y rango óptimo de la temperatura**

Temperatura(°C)	Causas asociadas		Soluciones
<b>Bajas temperaturas(T ambiente menor 35°C)</b>	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o bajo C/N	El material tiene una alta relación C/N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
<b>Altas temperaturas(T ambiente mayor 70°C)</b>	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación

			(madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.
--	--	--	---

**pH:** El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4,5 a 8,5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene un pH óptimo de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a un pH entre 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a un pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2 (Tabla 6).

**Tabla 6. Parámetro y rango óptimo del pH**

<b>pH</b>	<b>Problema</b>		<b>Soluciones</b>
Menor 4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
<b>4,5 – 8,5 Rango ideal</b>			
Mayor 8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N, asociado a humedad y altas temperaturas, Se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material mas seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

**Relación Carbono-Nitrógeno (C/N):** la relación C/N varía en función del material de partida y la relación numérica se obtiene al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar.

Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1 (Tabla 7).

**Tabla 7. Parámetro y rango óptimo de la relación C/N**

<b>C/N</b>	<b>Problema</b>		<b>Soluciones</b>
Menor 35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
<b>15:1 – 35:1 Rango ideal</b>			
Mayor 15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Como parte de la fermentación anaerobia que se realiza a los desechos orgánicos, entre los productos de este resultado como ya se ha dicho se encuentran el biogás, biofertilizante sólido y biofertilizante líquido o biol como también se conoce. El biol según Medina (2009) es un abono foliar orgánico, valioso para los pequeños productores agrícolas, en especial para aquellos cuyos terrenos son de media a baja fertilidad, el uso del biol se constituye en un complemento importante al abonamiento del suelo para la obtención de mejores rendimientos, pues su uso aporta no solo los macro y micronutrientes para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas sino que son fuentes naturales de fitohormonas, entre otros, haciendo de la fertilización una práctica agrónomicamente estable, ecológicamente sostenible y económicamente rentable.

El biol lo conforma un 10% de sólidos y un 90% de agua .La utilización de reactores en la descomposición de las excretas, disminuye las perdidas de compuesto y nutrientes importantes, tales como el nitrógeno y el carbono. Esta relación como lo plantea Oyuela (2010) es del 18% al 1% en el nitrógeno y del 33% al 7% para el carbono, esta relación es comparada con la descomposición que se da de forma natural.

Otra de las alternativas de tratamiento de los residuales, para reducir los impactos en el medio ambiente, son las llamadas lagunas de oxidación, siendo estas de muy común uso. Estos dispositivos son una de las formas más sencillas de tratamiento biológico de residuales, caracterizándose por no poseer elementos mecánicos (salvo en caso de las lagunas aireadas) basándose solamente en la acción depuradora de sus propios microorganismos. De forma en general las lagunas se clasifican en anaerobia, facultativa y

aerobias, esto es en dependencia de la forma de oxigenación que prevalezca. (Díaz Betancourt, 2010). La siguiente descripción y parámetros son referidos por este mismo autor.

Teniendo presente la importancia ecológica de estos sistemas, las lagunas aerobias presentan simbiosis entre las algas y los microorganismos. Las algas mediante la fotosíntesis provee de oxígeno a estos microorganismos aeróbicos, estos oxidan la materia orgánica produciendo dióxido de carbono lo cual es utilizado por las algas. De lograrse un equilibrio entre ambas poblaciones se alcanzaría el correcto funcionamiento de la laguna.

Para el buen funcionamiento de las lagunas de oxidación es tener en cuenta los principios de construcción. Para la construcción de estas lagunas se pueden aprovechar las depresiones del terreno existente o a la excavación del suelo para llegar a las dimensiones deseadas. La forma geométrica no es importante, solo es de vital importancia el área superficial y la profundidad. Un aspecto que hay que tener en cuenta es la impermeabilidad de la misma ya que se pudiera infiltrar y contaminar el manto freático.

Otros de los parámetros constructivos que hay que tener en cuenta para el correcto funcionamiento son:

- **Ubicación de los conductos de alimentación:** para lagunas pequeñas se recomienda una alimentación al centro de la laguna. Para lagunas mayores la alimentación debe estar situada a 120 m del borde como mínimo. En caso de las facultativas de gran tamaño es necesario una alimentación que garantice la distribución uniforme de los sólidos sedimentables.
- **Sistema de extracción del residual:** El diseño del mismo debe permitir un fácil mantenimiento, estos sistemas de extracción del residual no debe permitir que el nivel del agua de la laguna sea inferior de 0,3 m a la semana mientras se mantenga una alimentación a un ritmo preestablecido. Para garantizar una extracción de buena calidad evitando arrastrar objetos flotantes habitualmente se realiza la extracción del nivel inmediato inferior al nivel de agua preestablecido.
- **Diques de seguridad:** alrededor de las lagunas se debe construir una barrera de arcilla compacta con el objetivo de evitar desbordamiento y evitar crecimiento de vegetación. El ancho de la barrera debe ser aproximadamente de 2,5 m, con una

pendiente exterior del 300% y una interior de 300-400%. Para instalaciones pequeñas se pueden construir diques más estrechos y con mayor pendiente la altura de estos diques debe estar entre 0,6-1,0 m.

- **Profundidad:** está dada por el tipo de laguna
- **Tratamiento y preparación del fondo:** como ya se ha explicado la laguna debe ser impermeable esto se puede lograr utilizando arcilla o asfalto. El fono debe estar a nivel excepto en el área cercana de las tuberías de alimentación, donde es recomendable profundizar un poco más para retener los sólidos sedimentables que pueden llegar a la lagunas.

Como todo proceso de tratamiento de residuales las lagunas de oxidación presentan ventaja y desventaja:

Las ventajas más relevantes de este sistema de tratamiento residual están centradas al aspecto económico, ya que presenta el menor costo de invención inicial, operacional y mantenimiento. Además puede reducir el poder de eutroficante del residual y en gran medida el contenido de los virus endémicos de los efluentes, esto debido a los altos tiempo de retención que presentan las lagunas.

En contrastes las desventajas son grandes, estos sistemas ocupan un área física apreciable, presenta un comportamiento inestable y bajo ciertas condiciones pueden producir malos olores.

Como ya se ha planteado las lagunas pueden ser anaerobias, facultativas y aerobias, a continuación se darán a conocer estos tipos de lagunas y sus características.

**Lagunas anaerobias:** su comportamiento anaerobio viene dado por la alta carga orgánica, la profundidad de esta laguna suele estar entre 2,5-5 m. Estas lagunas suelen tener una remoción de 50-85%.

**Lagunas facultativas:** en estas lagunas existen dos zonas bien definidas: Una anaerobia cercana al fondo y otra aerobia, estas zonas esta definida por la penetración de la luz solar hasta cierta profundidad y la alta demanda biológica de oxígeno (DBO) en el fondo, producto de la acumulación de sólidos. Esto trae como consecuencia que en el fondo ocurra

una digestión anaerobia de los sólidos y en la superficie ocurra una oxidación aerobia. La profundidad de esta lagunas esta entre 1-2 m y se pueden esperar remociones entre 80-95 %.

**Lagunas aerobias:** se diseñan con profundidades pequeñas alimentándola con un residual previamente sedimentado con carga orgánica relativamente baja, se pueden sub clasificarse en tres tipos:

- Alta velocidad.
- Baja velocidad.
- De maduración o terciarias.

Esta sub clasificación está dada por el uso y el resultado que se desee. La más empleada para el tratamiento de residuales es la de baja velocidad con una profundidad que oscila entre 1-1,5 m y una remoción entre 80-95 %.

En tabla 8 se relacionan los niveles de operación que se recomienda para las distintas lagunas, debiéndose tener en cuenta que las diferentes condiciones climáticas pueden influir en el tratamiento biológico en cuestión.

**Tabla 8. Índice de diseño para las lagunas de oxidación**

Índice	Laguna anaerobia	Laguna facultativa	Laguna aerobia (baja velocidad)
Tamaño de la laguna (km <sup>2</sup> )	0.002-0.01	0.01-0.04	Menor de 0.04
Operación	Serie	Serie o paralelo	Serie o paralelo
Tiempo de retención(d)	20-50	7-30	10-40
Profundidad (m)	2.5-5.0	1-2	1.0-1.5
Carga orgánica (kg DBO <sub>5</sub> *km <sup>2</sup> *d <sup>-1</sup> )	2.0*10 <sup>4</sup> -5.0*10 <sup>4</sup>	1.5*10 <sup>3</sup> -8.0*10 <sup>3</sup>	0.4*10 <sup>4</sup> -1.2*10 <sup>4</sup>
Conversión de DBO <sub>5</sub> (%)	50-85	80-95	80-95
Concentración de algas (kg m <sup>-3</sup> )	0-0.005	0.02-0.08	0.04-0.1

La lombricultura se presenta como una alternativa para el manejo ecológico de los residuos orgánicos que generalmente se disponen inadecuadamente produciendo problemas ambientales como es el caso de excreta porcina. El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la lombriz de tierra, mediante la crianza sistemática de esta especie. El resultado de este proceso puede ser utilizado como abono orgánico. (Román, 2013)

Como ya se ha planteado el sustrato para alimentar las lombrices es la materia orgánica parcial o totalmente descompuesta puede ser de orígenes diversos. (Gómez, 2013). No es recomendable el uso de estiércol fresco, ya que al colocarse en el lecho comienza a fermentarse debido a la presencia de microorganismos y materia orgánica predigerida, liberándose principalmente amoníaco y ácido sulfhídrico, compuestos nocivos para las lombrices.

Según este autor unas de las manera más recomendable para obtener estiércol estabilizado es a través de un precomposteo. En este caso, el estiércol es manejado como en el composteo tradicional y su calidad es mayor como alimento para las lombrices en comparación con el estiércol madurado al sol.

Otro método que se emplea para la alimentación de la lombriz es la incorporación de estiércoles bien maduros de ganado, la mayoría de estos residuos casi nunca se presentan en condiciones de ser ingeridos directamente por las lombrices, siendo el pH el principal factor limitante, por lo que es necesario el proceso de adecuación, que produce la descomposición inicial de la materia orgánica en condiciones de una adecuada oxigenación, lo que acelera el cambio de pH y evita que la temperatura se eleve demasiado. El proceso de adecuación se realiza en un área destinada al efecto, el residual se volteara como mínimo una vez a la semana y se regara con abundante agua. De esta manera se logrará que el mismo adquiera las características deseadas en un tiempo no mayor de 15-20 días. (Brechet, 2008)

*Pasos a seguir para la elaboración del humus según González (2012):*

**1. Características biológicas de la lombriz.**

Las lombrices californianas ponen 4 huevos al mes y nacen de 2 a 20 larvas por huevos, a los 12 días alcanzan de 12 a 15 mm, a los 90 tienen su talla máxima (3 cm) y viven 16 años. La especie adulta que se explota en Cuba alcanza de 5 a 9 cm, pesa 1 g como promedio y vive 4 años. Consumen residuos orgánicos en cantidades equivalentes a su peso.

**2. Lugar adecuado para la cría.**

La cría a la intemperie exige de lugares sombreados. Se descartan los árboles resinosos y los que contienen taninos ya que las hojas son tóxicas. La cría se desarrolla en cajones, camas o cuna. Se aconsejan dimensiones de 1 de ancho, 3 metros de largo y 0,4 metro de alto para facilitar el manejo. Pueden habilitarse naves donde se pueden construir los cajones o camas y darle mayor longitud para aprovechar el espacio.

**3. Sustratos para la siembra**

Se combina el estiércol de animales (excepto de la gallina) y residuos vegetales. Los lechos están constituidos por un colchón de hojas o pastos y encima de estos una capa de estiércol de 1 x 0,70 m. Se riega y se tapa con 10 cm de paja para evitar la evaporación. Para contrarrestar la acidez y la temperatura del estiércol se adicionan de 100 a 200 g de cal y agua, y se voltean periódicamente durante 30 días.

**4. Siembra de lombrices**

La siembra se realizará entre 10 y 30 días de tener listo el sustrato. Se depositan 2000 lombrices para las dimensiones del lecho señaladas. En la especie californiana la densidad es de 1000 lombrices/m<sup>2</sup>, la temperatura de 18 a 24 °C y la humedad de 80 a 85 %.

## **5. Lugar de destino de los canteros**

Los canteros pueden estar situados a la sombra o al aire libre, si no hay sombra natural se deberá situar sombra artificial, deben orientarse de norte a sur para reducir la incidencia del sol. También deben orientarse en el sentido de los vientos predominantes.

### **1.5 El estado de la práctica en Cuba para el uso de los residuales porcinos**

Cuba presenta una importante degradación de los suelos, para la disminución de esto se requiere de un manejo integrado para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre y lograr el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. Según Sánchez (2011) para disminuir esta situación y mejorar la calidad del suelo cubano, se requiere que los profesionales, técnicos y responsables de la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y conservación de este recurso.

Para la solución de esta problemática unas de las posibilidades sería la implementación de tecnologías adecuadas en el manejo de los desechos, entre los que corresponde el residual porcino, posibilitando la fertilidad de los suelos en ecosistemas agropecuarios, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible y disminuir el impacto medio ambiental.

Una práctica muy conocida y aplicada es el uso del estiércol animal que presenta la posibilidad de restituir los nutrientes al suelo. En Cuba se aprovecha esta técnica, la acumulación de estos residuos y su previo tratamiento llegan a producir energía renovable como el biogás a partir de fermentación anaerobia. (Hernández, 2011)

Según Guardado Chacón (2013) teniendo en cuenta la potencialidad que pueden tener estos residuales, en Cuba existe un movimiento de usuarios de biogás que se desarrolla en acciones diversas, para la aplicación y extensión de esta fuente renovable de energía. Según este mismo autor, este movimiento se desenvuelve desde 1994, pero no es hasta 2008 que el movimiento consolida sus resultados a nivel nacional, permitiendo acumular así las experiencias en el campo, contribuyendo a una mejora de la calidad de vida de los usuarios que acceden al uso de este portador energético como es el biogás y al desarrollo de manera sostenible de esta tecnología en nuestro país.

## Capítulo 2. “Fundamentación metodológica de la investigación”

La Unidad Multiplicador Porcino perteneciente a la Empresa Porcina en Cienfuegos se encuentra enclavada en La Finca “La Caridad” del municipio de Palmira a 6 Km. de la misma, colinda por la parte Norte con una finca de campesinos, por el sur con la unidad de producción de alimentos, por el este con la Planta de Oxígeno y por el Oeste con la Unidad Integral I.

El objetivo social fundamental del centro es la producción de precebas para conveniar con empresas Estatales, Cooperativas y Campesinos Privados y Cebas para la Venta Estatal.

**Misión:** Producir 5893 precebas para la venta a convenios y producir 2876 crías al destete para la venta a convenios.

**Visión:** Somos una unidad de categoría de excelencia con los planes de producción sobre cumplidos con una entrega de 5893 precebas y 2876 crías al destete con eficiencia y con trabajadores motivados para dar su aporte a la producción bajo los principios de la legalidad socialista, con una masa porcina sana y en la máxima protección del Medio Ambiente.

La unidad está conformada del modo siguiente: 4 naves de reproducción, 3 naves de maternidad, 6 naves de precebas, 1 fosa Séptica y un almacén central en el que están distribuidos los piensos, los medicamentos y los víveres.

El sistema de tratamiento residual está compuesto por:

- 2 Laguna anaeróbica o trampa de sólidos.
- 1Laguna facultativa
- 1 Laguna aeróbica

Además cuenta para el tratamiento a los animales muertos de un sistema de fosas sépticas.

Uno de los problemas que presenta este centro, está relacionado con la disposición final de sus residuales, lo que a su vez, representa una oportunidad para diversificar su producción y revertir los mismos en una fuente de ingreso o en el aporte de recurso energético a ser utilizado con otros fines.

La cría de animales es una práctica que se utiliza con el fin de proporcionar alimento a la especie humana. Como ya se ha planteado la producción animal más utilizada es la porcina, como también es considerada una de las más contaminadoras, ya sea por la naturaleza de sus excretas, como por la forma intensiva en que se produce la cría. En la explotación industrial se genera una gran cantidad de volumen considerable de residual, que al ser dispuestos de forma tradicional al entorno constituyen contaminantes de las aguas superficiales y del manto freático, así como la generación de la contaminación al suelo y a la atmosférica por la emanación de gases fétidos (con olor desagradable) y la posible incorporación de elementos patógenos (virus, bacterias y microorganismos en general) que pueden provocar enfermedades en el resto de los animales, e incluso en las personas que tienen contacto directo con el medio en cuestión.

Para el aprovechamiento de residuales con una carga contaminante considerablemente alta, el uso de biodigestores que permitan procesar esta materia orgánica resulta de utilidad. La descomposición microbiana de la materia orgánica genera gases que pueden ser utilizados como combustibles y además, nutrientes productos de la biodegradación que pueden ser utilizados para la fertilización de los suelos en la agricultura.

Para el desarrollo de la investigación en arreglo al cumplimiento de los objetivos trazados, se utilizaron los métodos siguientes:

**Métodos teóricos:**

- ✓ Inductivo- deductivo
- ✓ Analítico- sintético
- ✓ Histórico-lógico

**Métodos empíricos:**

- ✓ Encuesta
- ✓ La entrevista estructurada
- ✓ Análisis documental

**Métodos matemáticos**

- ✓ Análisis financiero (Mata 2008)
- ✓ Análisis porcentual

## **2.1 Diagnóstico integral del sistema productivo del “Centro Multiplicador Porcino” de Palmira.**

Para realizar el diagnóstico se emplearon la encuesta (Anexo 1) y la entrevista estructurada (Anexo 2), la muestra seleccionada para la encuesta fue de 16 personas, para una población de treinta y cinco, correspondiéndose la misma con el total de los trabajadores activos en el momento del estudio. La encuesta se aplicó con la finalidad de comprobar el conocimiento que poseen los trabajadores acerca de las alternativas de reuso de los desechos porcinos, su implementación en la entidad y el impacto medioambiental que ocasiona estos residuales.

La entrevista se aplicó a cuatro de los cinco directivos de la entidad, por estar uno fuera del proceso productivo por motivos personales, con el objetivo de comprobar el conocimiento que poseen los directivos del centro sobre las alternativas de reuso de los desechos porcinos y su posible implementación en la entidad, a partir de los volúmenes de residuales que generan y de los impactos que ocasionan al medio.

## **2.2 Análisis de las posibles alternativas de reuso del residual porcino para distintos fines.**

Se tomaron en cuenta diferentes alternativas para el uso de las excretas porcinas, tales como: biodigestores, producción de Compost y producción de Humus de lombriz, desarrollándose para cada una de ellas las siguientes acciones:

### **2.2.1 Uso de los biodigestores:**

- ✓ Prospección en la literatura especializada sobre los diferentes modelos más utilizados para la producción de biogás.
- ✓ Determinación de la masa de excreta porcina posible a utilizar según las demandas reales de metano por parte de la entidad.
- ✓ Determinación de la densidad de la excreta.
- ✓ Determinación de las proporciones a considerar en la construcción del reactor.
- ✓ Análisis de la factibilidad económica de la inversión, según Mata (2008)

### 2.2.1.1 Metodología para calcular un biodigestor

#### Datos de entrada que sirve para calcular:

- Cantidad de excreta diaria (Kg/día)
- Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)
- Coeficiente de contención de biogás
- Tiempo de retención (días)
- Volumen promedio de biogás (m<sup>3</sup>)

#### Datos que deben ser calculados:

- Volumen real de planta (V) (m<sup>3</sup>)
- Volumen de descomposición (Vd) (m<sup>3</sup>)
- Volumen de contención de biogás (Vg) (m<sup>3</sup>)
- Volumen de espacio muerto (Vc es igual a 5-6 % de Vd+Vg). (m<sup>3</sup>)
- Cantidad de biogás que se necesita (m<sup>3</sup>)
- Cantidad excreta de entrada diaria (Kg/día)

### **Cálculo de la cantidad de biomasa en el Centro Multiplicador Porcino**

Para calcular la cantidad de masa total de excreta se necesita conocer la cantidad de cerdos por día, la cantidad de días productivos y la cantidad de excreta día por cerdos. Se tiene contabilidad de que los meses productivos fueron nueve y existieron alrededor de 3 960 cerdos en este período.

**Masa total de excreta = # de cerdos/ día x cantidad de días productivos x cantidad de excreta cerdos/ días**

**Cantidad de días productivos = meses productivo x 30**

#### Paso # 1. Calcular la cantidad de biogás a utilizar.

Para conocer la cantidad de biogás que se necesita para alimentar el biodigestor a diseñar teniendo en cuenta que esta producción de biogás sería para la cocción del alimento en la

entidad, se establecerá una relación con la cantidad de biogás por día que se necesita para la cocción del alimento para una familia de cuatro personas.

Según bibliografía consultada para la cocción de alimento de una familia de cuatro personas se necesita como mínimo  $1\text{m}^3$  de biogás para tres comida. Conociendo que en la entidad se cocinará para unas 35 personas diarias y una sola actividad (almuerzo), despreciando el consumo de las otras actividades por considerarlo muy poco para el caso cubano por las costumbres propias para el desayuno, entonces la relación será:

**Demanda familiar / 4 x número de actividades = Demanda de biogás per cápita / actividad**

**Demanda de biogás per cápita = (Demanda familiar x actividad) / 4 x número de actividades**

Esta demanda es para una sola persona, manteniendo el valor de  $1\text{ m}^3$  de ambas actividades (almuerzo y comida), para una sola actividad una persona solo necesita la mitad de lo que consume en esta dos actividades por eso la demanda de biogás para una sola actividad es (demanda de biogás per cápita / 2).

Al conocer la demanda de biogás per cápita que se necesita para una sola actividad de cocción del alimento (almuerzo) se determina, la cantidad de biogás necesario para 35 personas, la relación quedaría:

**Cantidad de biogás necesario ( $\text{m}^3$ ) = (cantidad de personas de la entidad x demanda de biogás per cápita ( $\text{m}^3$ )) / 1 personas**

**Paso # 2. Calcular la cantidad de excreta necesaria**

Con esta cantidad de biogás necesaria se calcula la cantidad de excreta que se necesita para producir esta cantidad de biogás, además hay que tener en consideración otros parámetros como la productividad de biogás que este depende la cantidad de estiércol. Ver tabla 9

**Tabla 9. Cantidad de estiércol y productividad de biogás diarias**

<b>Fuente.</b>	<b>Cantidad de excreta diaria (Kg) por animal</b>	<b>Productividad de biogás (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Relación excreta: agua.</b>
Vaca.	10	0,36	1 : 1
Toro.	15	0,540	1 : 1
<b>Cerdo</b>	<b>2,25</b>	<b>0,101</b>	<b>1:1 – 3</b>
Pollo.	0,18	0,008	1 : 3 – 8
Caballo.	10	0,300	1 :1 – 3

Si se conoce que 2,25 Kg de excreta produce alrededor de 0,101 m<sup>3</sup> de biogás entonces la relación quedaría:

**Cantidad excreta necesaria (Kg/día) = (cantidad de biogás necesario (m<sup>3</sup>) x promedio excreta diaria de cerdo (Kg/día)) / Productividad de biogás (m<sup>3</sup>)**

**Paso # 4. Calcular el volumen de descomposición**

Para conocer el volumen de descomposición (Vd) se necesitaría la cantidad de excreta a emplear en el reactor, el tiempo de retención que se tendrían en el biodigestor. En la tabla 9 y 10 se presenta la relación de la cantidad de excretas por tipo de animales, su capacidad de producción de biogás y la relación excreta / agua, así como el cálculo de tiempo de retención según la temperatura del entorno o ambiente.

**Vd = (cantidad de excreta necesaria + cantidad de agua) x tiempo de retención**

Para la conocer la cantidad de agua que se necesita (tabla 9) se plantea que la relación de excreta: agua para el caso del cerdo es de 1: 1-3. Para este cálculo se tomara una relación 1:1,5 por lo que la cantidad de agua sería:

**Cantidad de agua = Cantidad excreta necesaria (Kg/día) x 1,5**

Como este volumen está en unidades másicas se necesitará calcular su volumen, según la densidad del material a utilizar, para determinarla esta última se tomó un Beaker de 400 ml y se determinó un volumen de mezcla de 250 ml, pesándose en una balanza analítica, resultando una masa de la mezcla de 249 g, la densidad resultante expresada en Kg/m<sup>3</sup> fue la siguiente:

$D = M / V = 249 \text{ g} / 250 \text{ ml} = 0,996 \text{ g/ ml} = 1 \text{ g/ ml} = 1000 \text{ Kg/ m}^3$  (se asumió como valor de la densidad para los cálculos, el valor de 1000 Kg/m<sup>3</sup> por lo pequeña que resulta la diferencia para los volúmenes de trabajo)

El tiempo de retención de la materia en descomposición depende del clima del lugar donde se instalaría el biodigestor. Para el caso de nuestro país sería de 40 días. Ver tabla 10

**Tabla 10. Calculo de tiempo de retención por temperatura**

Temperatura de ambiente (grado Celsius)	Tiempo de retención (día)
12-15	60
15-20	50
>20	40

**Paso # 4. Calcular el volumen de contención del biogás**

Para calcular el volumen de la contención de biogás (Vg) por día, se tuvo en cuenta las características de la materia prima a emplear y la condición climática de la zona. El volumen de contenedor de biogás en la planta es igual que el volumen de gas acumulado por día multiplicado por el coeficiente de acumulación (K) el que es seleccionado según la necesidad de consumo del gas en cuestión:

- El coeficiente de acumulación se calcula en dependencia de la cantidad de horas que se empleará el gas en el día, entre el total de hora del día. Para el caso de estudio se consideró el uso del gas en la cocina, por lo que en este caso se almacenará el gas por la noche, para un uso estimado de 12 horas / día, por lo que  $K = 12/24=0,5$ .

**$Vg \text{ (m}^3\text{)} = \text{Cantidad de biogás necesario (m}^3\text{)} \times \text{coeficiente de acumulación}$**

### **Paso # 5. Calcular el volumen total del biodigestor**

$$V = Vd + Vg + Vc$$

$$V = Vd + Vg + 0,05 (Vd + Vg)$$

#### **2.2.2 Uso de Compost:**

- ✓ Prospección en la bibliografía especializada sobre la producción de compost.
- ✓ Elaboración del compost.
- ✓ Cálculo del área de elaboración de compostaje.
- ✓ Análisis de la factibilidad económica de la inversión, según metodología Mata (2008).

#### **Elaboración de compost.**

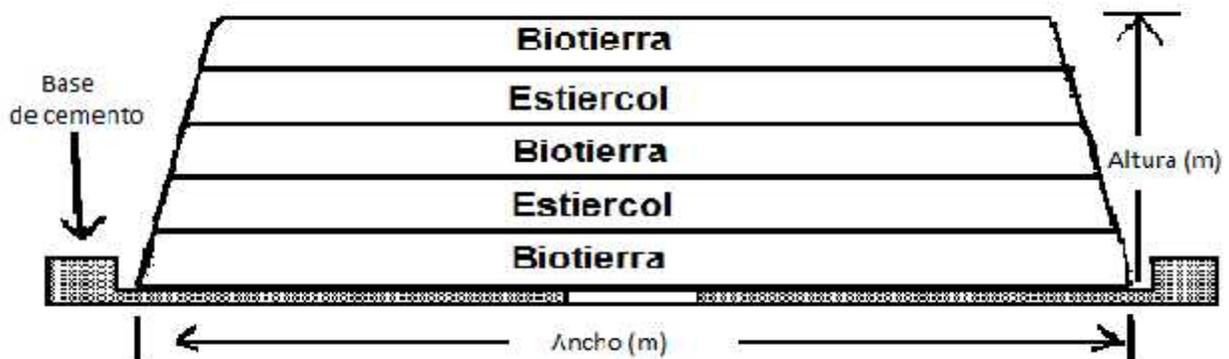
Como ya hemos especificado el proceso de composteo es la transformación de los residuos orgánicos por un enorme grupo de microorganismos y de la fauna del suelo en un medio húmedo, caliente y aireado hasta formar el humus como producto final.

Estos microorganismos toman humedad y oxígeno del aire y alimento de los residuos orgánicos, siendo necesario para un correcto proceso de composteo que se encuentren en condiciones óptimas de temperatura, alimento, aire y humedad.

#### ***Pasos a seguir para la elaboración del compost:***

- Disponer de un lugar alto con piso de cemento o suelo con una buena impermeabilización, con pendiente suficiente para que los líquidos de drenaje tengan salida para una fosa u otro lugar donde se colecten.
- Las pilas o canteros deben ser de aproximadamente de 2 a 2,5 m de base (ancho) y de 1,5 a 2 m de altura. El largo puede ser de 10 m o más según las condiciones y necesidades del lugar.
- El lugar donde se vaya a situar los canteros o pilas debe tener agua disponible para regarlos mientras se esté preparando el compost.

- El espacio entre canteros debe ser suficiente para que los trabajadores puedan realizar sus actividades libremente sin interrupción.
- Los residuos que formarán el compost se dispondrán en capas de aproximadamente 5 a 20 cm de altura, una superpuesta sobre la otra, repitiendo las capas en forma sucesivas como se indica en la Fig 2. La altura de las pilas es importante, pues de eso depende el movimiento del aire y el agua dentro de ellas.
- Establecida la pila debe aplicarse un riego ligero para obtener un grado adecuado de humedad. Estos riegos deben darse una vez por semana según la época del año, lo cual influye en el intervalo de riego.
- A las tres semanas el material debe alcanzar de 60 a 70 °C. Entonces se da la primera vuelta al material para uniformar su contenido y lograr la aireación, después debe darse otro riego. A las 6 y 9 semanas se repite la operación.
- El proceso de fermentación se completa cuando al final del proceso la temperatura baja y el material toma aspecto uniforme, friable y de color oscuro.



**Fig 2. Diseño de un cantero o pila para la producción del compost con la distribución de las capas de residuos.**

### **Diseño del área del compostaje:**

La dimensión del área estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) y el Tiempo de Compostaje (Tc) este dependerá de las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, % de humedad relativa, etc.); manejo físico-químico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener.

Para el diseño de una unidad de compostaje no es aconsejable la conformación de pilas o canteros de pequeños volúmenes, esto depende del volumen de materia orgánica con que se cuenta.

Para calcular la cantidad de materia orgánica (excreta de cerdo) que se necesita para la producción de compost en una unidad de compostaje se debe establecer cuantas capas de estiércol se emplearan y la altura establecida de cada capa. El volumen de una capa de excreta a utilizar para una unidad de compostaje se calcula:

**Volumen de una capa (m<sup>3</sup>)= ancho de la pila (m) x largo de la pila (m) x alto de la capa (m)**

Para saber la cantidad de materia orgánica (excreta de cerdo) a emplear sabiendo la cantidad de capa de estiércol porcino que se utilizará se puede calcular esta cantidad:

**Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) = sumatoria de la carga de cada capa**

Para calcular la carga orgánica total (excreta de cerdo) que se utilizará para la elaboración de compost, al haber calculado la carga que se necesita para este proceso de una unidad de compostaje y estableciendo la cantidad de canteros que se diseñara, la carga orgánica total se determina de la siguiente manera :

**Carga necesaria (m<sup>3</sup>) = Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) x cantidad de canteros establecidos**

El área que ocupará la unidad de compostaje, se determina el ancho y el largo resultando del modo siguiente:

**Área (m<sup>2</sup>) = ancho (m) x largo (m)**

El área del compostaje sería la suma del área de una unidad de compostaje por la cantidad de unidades que se diseñen.

**Área del compostaje (m<sup>2</sup>) = área de la unidad de compostaje (m<sup>2</sup>) x cantidad de unidades de compostaje**

Para el área total de compostaje se debe considerar el espacio entre las pilas o canteros a los que se les llamaran pasillos. Este espacio es necesario para el manejo correcto de los canteros. Si las operaciones son de forma manual, el ancho del pasillo puede situarse en el entorno de 2 a 2,5 m aproximadamente. La cantidad de pasillos estará en dependencia de la cantidad de canteros a construir.

Para calcular el área necesaria para pasillos se tendrá en cuenta la longitud de las pilas o canteros, el ancho del pasillo establecido y la cantidad de pasillo.

**Área de pasillos (m<sup>2</sup>) = largo del cantero (m) x ancho del pasillo (m) x cantidad de pasillos**

El área total para el compostaje no es más que la suma del área del compostaje y el área de pasillos, así se tiene la superficie en metros cuadrados necesarias para la elaboración de compost.

**Área total de compostaje (m<sup>2</sup>) = Área de pasillos (m<sup>2</sup>) + Área del compostaje (m<sup>2</sup>)**

### **2.2.3 Uso de humus de lombriz**

- ✓ Prospección en la bibliografía especializada sobre la producción de humus de lombriz.
- ✓ Elaboración del humus de lombriz.
- ✓ Dimensionamiento del área para la elaboración del humus de lombriz.
- ✓ Análisis de la factibilidad económica de la inversión, según Mata (2008)

## **Dimensionamiento del área para la elaboración del humus de lombriz.**

El área para la elaboración de humus dependerá de la cantidad de canteros que se emplearan para este tipo de producción. Se recomienda de 1,2-1,5 m de ancho por 30 m de largo para una alimentación manual, la altura puede ser como regla general, la mitad del ancho prestablecido, lógicamente estas medidas están en dependencia de la topografía del terreno, por lo que podrían variar en relación a esto último. Estableciendo las medidas se puede calcular el volumen de una capa y así se podrá calcular la carga orgánica que se emplearía en una unidad o cantero, de donde se tiene que:

**Volumen de una capa (m<sup>3</sup>) = ancho de la pila (m) x largo de la pila (m) x alto de la capa (m)**

Por lo que la carga orgánica (estiércol porcino) del cantero sería:

**Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) = sumatoria de la carga de cada capa de la unidad**

Al calcular la carga orgánica del cantero y estableciendo la cantidad de canteros que se destinaria para este proceso se puede saber cuánta carga se dispondrá para la elaboración del humus de lombriz, con este método se le dará otra forma de empleo pudiendo llegar a ser una vía económica de ingreso. Esta carga sería la capacidad del cantero por la cantidad de canteros establecidos:

**Carga necesaria (m<sup>3</sup>) = Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) x cantidad de canteros establecidos**

Para conocer el área que ocuparán estos canteros, estableciendo el ancho y el largo según las medidas ya dichas, se tendría que:

**Área (m<sup>2</sup>) = ancho (m) x largo (m)**

Teniendo estos datos se logra calcular el área total que se necesitaría para la elaboración del humus de lombriz según el área de cada cantero y la cantidad de canteros diseñados.

**Área total (m<sup>2</sup>) = Área (m<sup>2</sup>) x cantidad de canteros establecidos**

#### **2.2.4 Análisis de la factibilidad económica de la inversión, metodología Mata (2008)**

El análisis de la factibilidad económica de la inversión, se realizó según la metodología (Mata, 2008) donde plantea que el proceso de evaluación de proyectos de inversión además de ser continuo debe ser un instrumento sencillo, eficaz y aplicable a la realidad nacional, debe comprender tres etapas que se interrelacionen a lo largo de todo el proceso: Diagnóstico, Planificación y Evaluación.

La planificación es un plan general, científicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, la misma abarca los siguientes pasos para el estudio de un objeto o situación, que pueden ser directamente aplicados a las etapas que deben considerarse en la evaluación de un proyecto de inversión. En el anexo 3 se muestra el esquema mencionado.

El procedimiento constan de cinco fases fundamentales: análisis o diagnóstico de la empresa, formulación de objetivos específicos del proyecto, generación de alternativas, evaluación de alternativas y planeación de la implantación y control.

Los elementos de cada una de estas fases deben cuidadosamente recopilarse y desarrollarse para tomar la decisión más adecuada respecto a la tecnología a usar, el costo de su puesta en explotación y la satisfacción del cliente, debemos recordar además, que este es un proceso temporal, económico de principio a fin, donde los costos van incrementándose a medida que transitamos de una etapa a otra y la incertidumbre asociada al proceso inversionista debe ir disminuyendo gradualmente a medida que avanzamos en el mismo y donde debe conformarse además un equipo multidisciplinario de trabajo para desarrollar estos estudios.

### Capítulo 3. “Análisis y discusión de los resultados”

#### 3.1 Resultado del diagnóstico integral del sistema productivo del “Centro Multiplicador Porcino” de Palmira.

La implementación de los métodos y sus técnicas correspondientes, en el escenario objeto de estudio (Centro Multiplicador Porcino del municipio Palmira) generó los resultados siguientes:

Se aplicó la encuesta diseñada con la finalidad de conocer el nivel de conocimiento de los trabajadores sobre las alternativas de uso de los residuales porcinos y su implicación en la contaminación ambiental, de cuyo procesamiento a partir de la consideración de los valores escala asumido (5= muy alto; 4= alto; 3= medio; 2= bajo; 1= nulo), se evidenciaron los resultados siguientes:

**Tabla 11. Composición porcentual de la representación del conocimiento**

Total		% del total
5	24	21.43
4	14	12.50
3	23	20.54
2	17	15.18
1	34	30.36

**Gráfico 1. Composición porcentual de la representación del conocimiento**



Del mismo modo, se procedió a la aplicación de la entrevista estructurada a directivos, intencionada a conocer el nivel de conocimiento que estos tienen sobre las alternativas de uso de los residuales porcinos y su implicación en la contaminación ambiental, cuyos resultados fueron los siguientes:

- ✓ El 100 % de los entrevistados expresaron no conocer el volumen de residuales que genera su entidad.
- ✓ El 75 % de los entrevistados expresaron que conoce el fin de los desechos porcinos de su entidad.
- ✓ El 75 % no conoce que estos desechos contaminan al medio ambiente.
- ✓ El 100 % plantean que pueden ser posibles aportadores de ingresos.
- ✓ El 50 % de los entrevistados conocen que se han tomadas medidas para reducir los daños medioambientales.
- ✓ El 50 % consideran que los resultados alcanzados por estas medidas son favorables.
- ✓ El 75 % expresaron conocer alternativas de reuso de los desechos porcinos pero no con total seguridad, de modo general la producción de biogás.
- ✓ El 100 % de los entrevistados plantearon que no se emplean ninguna alternativa de reuso en la entidad.
- ✓ El 75 % expresaron que no pudieran implementarse otras alternativas.
- ✓ El 75 % expresaron no conocer las tecnologías de Producción más Limpias.
- ✓ El 100 % de los entrevistados expresaron que no se implementa en la entidad estas tecnologías de Producción más Limpias.

De los anteriores se puede evidenciar que no existe un conocimiento general de los problemas que pueden ocasionar los desechos porcinos, existe incertidumbre de los usos que se le puede dar a estos desechos, ni lo que plantea las Producciones más Limpias. Lo que conlleva que si no se logra aumentar los conocimientos respecto a lo planteado anteriormente no se logrará el objetivo de este presente trabajo.

### 3.2 Resultado del análisis de las posibles alternativas de reuso del residual porcino para distintos fines.

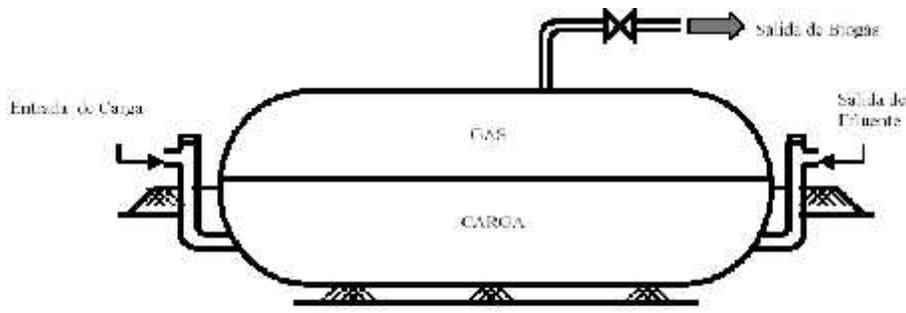
La instalación de un biodigestor en el Centro Multiplicador Porcino utilizaría parte de los desechos generados en la unidad para la producción de biogás. Existen diferentes tipos de biodigestores más usados en la explotación porcina se muestran en la tabla 12.

**Tabla 12. Biodigestores más usados en la explotación porcina**

Porcino.	Tipo de reactor	Remoción de carga orgánica (%)	Productividad(m <sup>3</sup> biogás/ m <sup>3</sup> reactor)
	UASB	85 – 90 (DQO)	5,00 – 7,00
	<b>Cúpula fija</b>	<b>55 – 85 (STV)</b>	<b>0,75 – 1,30</b>
	Campana flotante	55 – 60 (STV)	0,75 – 1,00
	Filtro anaerobio	80 – 90 (DQO)	1,00 – 3,50

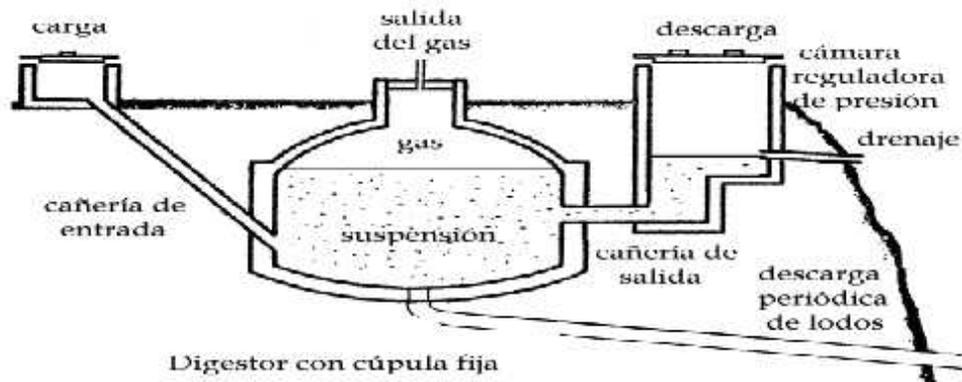
#### Características de los biodigestores consultados.

**De balón de plástico:** Está compuesto de una bolsa de plástico, caucho, polietileno o geomembrana de PVC, completamente sellada. La parte inferior de la bolsa (75% de volumen) se rellena con la carga, mientras en la parte superior de la bolsa (25%) se almacena el gas. Los tubos de entrada y salida están sujetos directamente a la pared de la bolsa. Aunque este digestor actúa como un reactor de tapón de flujo, el gas puede almacenarse en una bolsa separada. El material plástico o de caucho para la planta, tiene que ser elegido con cuidado: resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta. Se puede recomendar para todos aquellos sitios donde no haya peligro de que se dañe la pared de la bolsa y donde predominen temperaturas altas y constantes.



Digestor de balón de plástico.

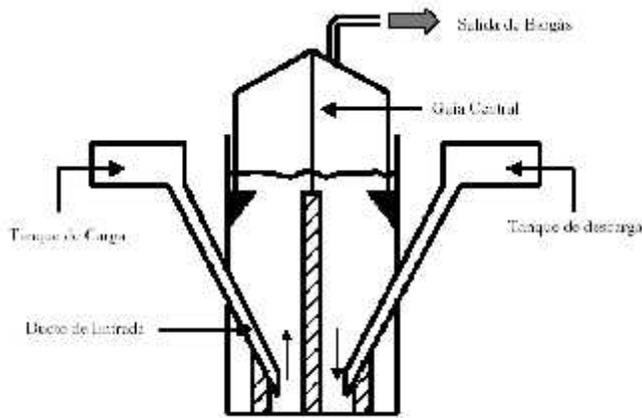
**De estructura sólida fija o cúpula fija.** Consiste de una cámara de gas construida de ladrillos, piedra o concreto la cual permanece inmóvil y fija. Tanto el tope como la base del reactor son semiesféricos y están unidos por lados rectos. La estructura interna es sellada por varias capas para aislar el gas. El digestor es alimentado por un tubo de carga que es recto y finaliza en la mitad de nivel dentro del digestor. Hay un tapón manual en la parte superior del digestor para facilitar su limpieza, y el conducto de salida del gas sale de la cubierta. El gas producido durante el proceso es almacenado bajo el domo y desplaza algunos de los contenidos del digestor a la cámara del efluente. Esto crea fuerzas estructurales altas y esta es la razón por la cual el reactor tiene formas semiesféricas en el tope y en la base. Se recomienda que la construcción sea bajo tierra en suelos estables y firmes. Es el tipo de digestor más común en países en vía de desarrollo.



Digestor con cúpula fija

**Digestor de estructura sólida móvil o campana flotante.** Este digestor es en forma de bóveda esférica (o cilíndrica) y tiene un depósito de gas móvil en forma de campana

flotante. La campana puede flotar directamente en la carga de fermentación o en un anillo de agua cilíndrico. El gas se acumula en la campana, haciéndola subir y luego vuelve a bajar cuando se extrae el gas a través de un tubo instalado en la campana misma. Para evitar que la campana se ladee, se construye un soporte de hierro como guía. La campana además de subir y bajar, es libre de girar, así puede mover la capa que eventualmente pueda flotar en la superficie de la carga de fermentación. Para su construcción se usa comúnmente ladrillos, cemento, arena y grava; para la campana flotante, lámina de acero.



Digestor de estructura sólida móvil.

A continuación la tabla 12 muestra las características y propiedades de los biodigestores más empleados en la industria porcina

**Tabla 13. Características de los biodigestores**

<b>Características</b>	<b>De cúpula fija (modelo chino)</b>	<b>De campana flotante (modelo hindú)</b>	<b>De balón de plástico</b>
Cámara de digestión	Esférica / bajo tierra	Esférica/Semiesférica	Semiesférica
Nivel de tecnología	Madura	Madura	Madura
Presión del gas	No constante	constante	Muy baja presión de gas, es necesario aumentar la presión con sobrepeso.
Localización óptima	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas
Vida útil	20 años	20 años	5 años
Ventajas	Bajos costos de construcción. No posee partes móviles. No posee partes metálicas que puedan oxidarse. No tiene partes expuestas, por eso está protegido contra bajas temperaturas.	Manejo fácil. El gas almacenado es visible a través del nivel de la campana.	Bajos costos de construcción. Fácil transporte e instalación. Construcción horizontal y plana que favorece en los lugares con alto nivel freático.
Desventajas	La presión puede ser muy alta, por eso la cúpula tiene que ser cuidadosamente sellada; porosidades y grietas pueden afectar la planta. La presión variable en la salida.	Alto costo de construcción de la campana. En la mayoría de los casos, la campana es metálica y por eso sujeta a corrosión. Más costos de mantenimiento causado por trabajo de pintura.	El material plástico está sujeto a daños y tiene que ser protegido. Frágil y susceptible de sufrir roturas. Vida limitada.

Haciendo un análisis y basándome en las características y propiedades ya planteada para la implementación del biodigestor en la entidad sería recomendable la construcción de un biodigestor de cúpula fija, por ser más económico y de mayor durabilidad, a la vez que de una mayor facilidad para su mantenimiento, además de no poseer partes móviles y de no tener partes metálicas que no puedan oxidarse.

### 3.2.1 Cálculo de la biomasa generada por el “Centro Multiplicador Porcino”

#### Datos generales:

número de cerdos: 3 960

número de meses productivos: 9 meses

días productivos por meses: 30 días

días productivos del período: 270 días

**Tabla 14. Cantidad de biomasa generada**

<b>Tipo de cerdo</b>	<b>Cant. cerdos</b>	<b>Cant. excreta día por animal (Kg)</b>	<b>Cant. excreta día (Ton)</b>	<b>Cant. excreta mes(Ton)</b>	<b>Cant. excreta del período (Ton)</b>
<b>Cría</b>	908	0,35	0,3178	9,534	85,806
<b>Preceba</b>	969	2,3	2,2287	66,861	601,749
<b>Ceba</b>	1535	2,3	3,5305	105,915	953,235
<b>Cochinatos/atas</b>	46	2,3	0,1058	3,174	28,566
<b>Reproductoras</b>	466	3,6	1,6776	50,328	452,952
<b>Semental</b>	36	3	0,108	3,24	29,16
<b>Total</b>	<b>3 960</b>		<b>7,97</b>	<b>239,05</b>	<b>2 151,46</b>

La carga contaminante de la entidad es elevada, al no buscar alternativas de uso de estos desechos porcinos se estuviera contribuyendo al deterioro del medio ambiente por el elevado volumen de gases de efecto invernadero que esta cantidad de materia orgánica representa. Como alternativa de reuso de esta materia se propone el empleo en la generación de biogás en un biodigestor, en la elaboración de biofertilizantes como el humus de lombriz y compost.

### 3.2.2 Cálculo para conocer la demanda de materia orgánica (estiércol porcino) y la capacidad del biodigestor según el diseño:

#### Datos generales:

densidad: 1000 Kg/m<sup>3</sup>

tiempo de retención: 40 días

coeficiente de acumulación (K): 0,5

#### Paso # 1. Calcular la cantidad de biogás que se necesita

**Demanda familiar / 4 x número de actividades = Demanda de biogás per cápita / actividad**

Demanda de biogás per cápita = (Demanda familiar x actividad) / 4 x número de actividades

Demanda de biogás per cápita = (1 m<sup>3</sup> x 1) / 4 x 1

Demanda de biogás per cápita = 0,25 m<sup>3</sup> / 2 = 0,125 m<sup>3</sup>

**Cantidad de biogás necesaria (m<sup>3</sup>) = (cantidad de personas de la entidad x demanda de biogás per cápita m<sup>3</sup>) / 1 personas**

Cantidad de biogás necesario (m<sup>3</sup>) = (35 x 0,125 m<sup>3</sup>) / 1

Cantidad de biogás necesario (m<sup>3</sup>) = 4,375 m<sup>3</sup>

#### Paso # 2. Calcular la cantidad de excreta necesaria

**Cantidad excreta necesaria (Kg) = [cantidad de biogás necesaria (m<sup>3</sup>) x excreta diaria de cerdo (Kg)] / Productividad de biogás (m<sup>3</sup>)**

Cantidad excreta necesaria (Kg) = (4,375 m<sup>3</sup> x 2,25 Kg) / 0,101 m<sup>3</sup>

Cantidad excreta necesaria (Kg) = 97,46 Kg

#### Paso # 3. Calcular el volumen de descomposición

**Vd = (cantidad de excreta necesaria + cantidad de agua) x tiempo de retención**

Vd = (97,46 Kg + 146,19 Kg) x 40 días

Vd = 9 746 Kg / 1 000 (m<sup>3</sup>/ Kg) = 9,74 m<sup>3</sup>

**Cantidad de agua = Cantidad excreta necesaria (Kg) x 1,5**

Cantidad de agua = 97,46 Kg x 1,5

Cantidad de agua = 146,19 Kg

**Paso # 4. Calcular el volumen de contención de biogás**

**Vg (m<sup>3</sup>) = Cantidad de biogás necesario (m<sup>3</sup>) x coeficiente de acumulación**

Vg (m<sup>3</sup>) = 4,375 m<sup>3</sup> x 0,5

Vg (m<sup>3</sup>) = 2,18 m<sup>3</sup>

**Paso # 5. Calcular el volumen total del biodigestor**

**V = Vd + Vg + Vc**

V = Vd + Vg + 0,05(Vd + Vg)

V = 9,74 m<sup>3</sup> + 2,18 m<sup>3</sup> + 0,05 (9,74 m<sup>3</sup> + 2,18 m<sup>3</sup>)

V = 12,52 m<sup>3</sup>

El biodigestor tiene una capacidad de aproximadamente de 13 m<sup>3</sup>, con un consumo de excreta porcina de 97,46 Kg diariamente, para producir el biogás necesario en la cocción del alimento. Este consumo diario es después de los 40 días de retención de la materia orgánica, lo que equivale a un consumo anual de 22 415,8 Kg ó 22,42 m<sup>3</sup> con una ganancia de 5 896,46 pesos por parte del lodo producido por la degradación de la materia orgánica en el biodigestor.

**3.2.3 Cálculo para conocer la demanda de material orgánica (estiércol porcino) y el área para la elaboración de compost según el diseño.**

**Tabla 15. Medidas del cantero diseñado**

	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)
<b>Una unidad</b>	2,50	10	1,80

Con estas medidas la unidad de compostaje constará de 9 capas de materia orgánica (estiércol y biotierra) estas capas tendrán como ancho 20 cm, la capa superior de excreta constará de 2,10 m aproximadamente y la capa inferior será de 2,40 m lo que se le quitara a cada capa de estiércol 10 cm de ancho aproximadamente, la unidad estará formada por 4

capa de excreta porcina, cada capa tendrá las siguientes medidas aproximadamente y la capacidad de cada una de ellas:

**Volumen de una capa (m<sup>3</sup>)= ancho de la pila (m) x largo de la pila (m) x alto de la capa (m)**

**Tabla 16. Medidas por capa y capacidad de cada capa de excreta porcina**

Capa	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
1	2,40	10	0,2	4,8
2	2,30	10	0,2	4,6
3	2,20	10	0,2	4,4
4	2,10	10	0,2	4,2

Con la capacidad de todas las capas o estratos de excreta porcina, utilizadas para la producción del compost se tendrá la capacidad de la unidad de compostaje, como se muestra a continuación:

**Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) = carga de cada capa**

Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) = 4,8 + 4,6 + 4,4 + 4,2

Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) = 18 m<sup>3</sup>

El área de compostaje constará de 4 unidades lo que se empleara una capacidad total de:

**Carga necesaria (m<sup>3</sup>) = Carga orgánica de una unidad (m<sup>3</sup>) x cantidad de canteros establecidos**

Carga necesaria (m<sup>3</sup>) = 18 m<sup>3</sup> x 4

Carga necesaria (m<sup>3</sup>) = 72 m<sup>3</sup> = 72 000 Kg = 72 Ton

Para conocer la cantidad de biotierra que se empleará en cada unidad de compostaje se aplicó el mismo procedimiento anterior:

**Volumen de una capa (m<sup>3</sup>)= ancho de la pila (m) x largo de la pila (m) x alto de la capa (m)**

**Tabla 17. Medidas por capa y capacidad de cada capa de biotierra**

Capa	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Capacidad (m <sup>3</sup> )
1	2,50	10	0,2	5
2	2,40	10	0,2	4,8
3	2,30	10	0,2	4,6
4	2,20	10	0,2	4,4
5	2,10	10	0,2	4,2
			<b>Total</b>	23

El volumen de biotierra a utilizar por cada unidad será de 23 m<sup>3</sup>, lo que representa 92 m<sup>3</sup> por los cuatro canteros diseñado para este tipo de producto.

La cantidad de compost a producir será de 41 m<sup>3</sup> por cantero lo que se representa una producción total de 164 m<sup>3</sup>.

El área que ocupará este proceso será la de las unidades de compostaje y el área de los pasillos entre cantero, siendo del modo siguiente:

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{ancho (m)} \times \text{largo (m)}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 2,5 \times 10 = 25 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del compostaje (m}^2\text{)} = \text{área de la unidad de compostaje (m}^2\text{)} \times \text{cantidad de unidades de compostaje}$$

$$\text{Área del compostaje (m}^2\text{)} = 25 \text{ m}^2 \times 4 = 100 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de pasillos (m}^2\text{)} = \text{largo del cantero (m)} \times \text{ancho del pasillo (m)} \times \text{cantidad de pasillos}$$

$$\text{Área de pasillos (m}^2\text{)} = 10 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2$$

$$\text{Área de pasillos (m}^2\text{)} = 40 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de compostaje (m}^2\text{)} = \text{Área de pasillos (m}^2\text{)} + \text{Área del compostaje (m}^2\text{)}$$

$$\text{Área total de compostaje (m}^2\text{)} = 40 \text{ m}^2 + 100 \text{ m}^2 = 140 \text{ m}^2$$

**Tabla 18. Cantidad de estiércol y biotierra a utilizar en la producción de compost**

Cantidad de unidades	Cantidad de pasillos	Cantidad de estiércol (m <sup>3</sup> )	Cantidad de biotierra (m <sup>3</sup> )	Producción de compost (m <sup>3</sup> )	Área total de compostaje (m <sup>2</sup> )
4	2	72	92	164	140

La producción antes referida, permite dentro del ciclo de los nueve meses tomados como base cálculo, una disminución de la materia orgánica (excreta porcina) a depositar en el medio de 216 toneladas / año, con un aporte económico de 49 692 pesos en este período de producción. Si la unidad trabajara los doce meses del año tendría un aporte de 66 256 pesos anuales por parte de la producción de compost y una disminución de la carga contaminante de 288 toneladas / año.

### 3.2.4 Cálculo para conocer la demanda de materia orgánica (estiércol porcino) y el área para la elaboración de humus de lombriz según el diseño.

**Tabla 19. Medidas del cantero diseñado**

	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (cm)
Una unidad	1,5	30	30

Con estas medidas los canteros para el humus constarán de 5 capas de materia orgánica (estiércol y biotierra) estas capas tendrán como altura 6 cm, la unidad estará formada por 2 capa de excreta porcina y la capacidad de cada capa es la siguiente:

**Volumen de una capa (m<sup>3</sup>) = ancho de la pila (m) x largo de la pila (m) x alto de la capa (m)**

$$\text{Volumen de una capa (m}^3\text{)} = 1,5 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 0,06 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de una capa (m}^3\text{)} = 2,7 \text{ m}^3$$

Cada cantero de producción de humus tendrá una carga de estiércol porcino de 5,4 m<sup>3</sup> y se diseñara 4 canteros, la demanda de esta materia orgánica será de:

**Carga necesaria: 21,6 m<sup>3</sup> = 21 600 kg = 21,6 Ton.**

El volumen de una capa de biotierra será el mismo que el volumen de una capa de excreta por tener las mismas medidas, la carga de biotierra de cada cantero será la cantidad de capa de biotierra por este volumen lo que sería de 8,1 m<sup>3</sup> y el proceso demandara 32,4 m<sup>3</sup> de biotierra.

**El área que ocupará una unidad de este proceso será de:**

$$\text{Área (m}^2\text{)} = \text{ancho (m)} \times \text{largo (m)}$$

$$\text{Área (m}^2\text{)} = 1,5 \text{ m} \times 30 \text{ m} = 45 \text{ m}^2$$

**El área total será de:**

$$\text{Área total (m}^2\text{)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{cantidad de canteros establecidos}$$

$$\text{Área total (m}^2\text{)} = 45 \text{ m}^2 \times 4 = 180 \text{ m}^2$$

**Tabla 20. Cantidad de estiércol y biotierra a utilizar en la producción de compost**

Cantidad de unidades	Carga de excreta (m <sup>3</sup> )	Carga de biotierra (m <sup>3</sup> )	Producción de humus (m <sup>3</sup> )	Área total de compostaje (m <sup>2</sup> )
4	21,6	32,4	54	180

La producción antes referida, permite dentro del ciclo de los nueve meses tomados como base calculo, una disminución de la materia orgánica (excreta porcina) a depositar en el medio de 64,8 toneladas / año, con un aporte económico de 15 390 pesos en este período de producción. Si la unidad trabajara los doce meses del año tendría un aporte de 20 520 pesos anuales por parte de la producción de humus de lombriz y una disminución de la carga contaminante de 86,4 toneladas / año.

### 3.2.5 Evaluación de las Alternativas

#### ❖ Costo de inversión

Todo proyecto de inversión responde a una necesidad de la sociedad y generalmente se produce por una demanda.

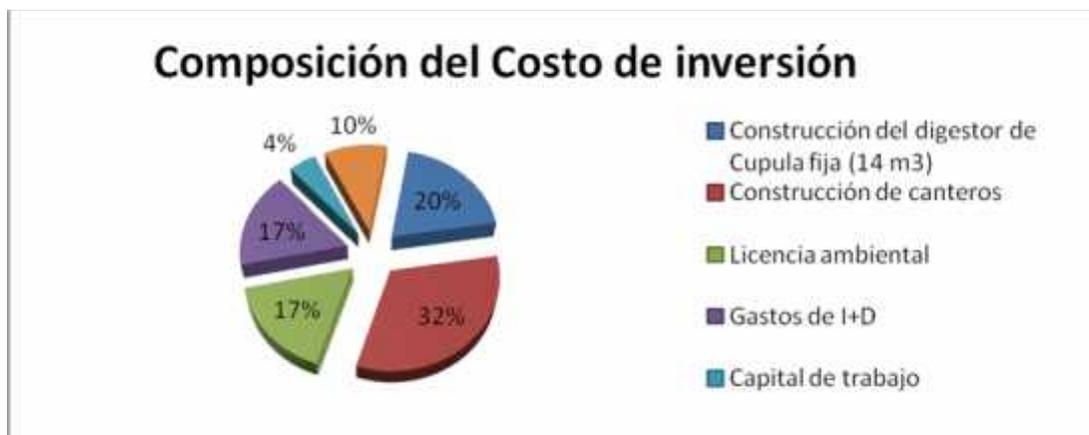
El costo de la intervención está compuesto por las siguientes partidas: construcción de digestor, construcción de canteros, licencia ambiental, gastos de investigación y desarrollo (I+D), capital de trabajo e imprevistos, para un monto total de \$ 7030,16. En cuanto a

estructura la construcción del biodigestor tiene un pesaje dentro del costo de inversión del 20%. El único activo fijo componente de la inversión neta es el digestor y tiene una vida útil programada de 20 a 30 años, sin embargo se ha planificado para un horizonte temporal de diez años para hacer más concreta la evaluación, y el cargo anual por concepto de depreciación asciende \$138,71, según se muestra en la tabla 11 y figura 3

**Tabla 21. Proyección del costo de inversión para el proyecto alternativas de reusos de los efluentes porcinos en el Centro multiplicador porcino.**

Partidas	Costo	Vida útil	Depreciación	Valor residual	Vida del proyecto
Construcción digestor	1387,10	10	138,71	0	
Construcción canteros	2281,12				
Licencia ambiental	1176,00				
Gastos de I+D	1176,00				
Capital de trabajo	306,92				
Subtotal	6327,14				
Imprevistos	703,02				
Costo Total	7030,16		138,71	0	10

**Gráfico 2. Composición relativa y por elementos de la inversión neta del proyecto.**



Para la construcción del biodigestor y los canteros para las áreas de compost y humus de lombriz se emplearon un conjunto de materiales que se describen a continuación y que aparecen valorados además en la tabla 12.

**Tabla 22. Gasto de materias primas y materiales generados en la construcción del biodigestor y canteros.**

<b>Materiales</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Valor total</b>
<b>Cemento</b>	Saco	330	2,39	788,7
<b>Arena</b>	m <sup>3</sup>	75	11,7	877,5
<b>Grava</b>	m <sup>3</sup>	22	8,40	184,8
<b>Polvo de piedra.</b>	m <sup>3</sup>	6	3,45	20,70
<b>Bloque 40 cm</b>	U	1 462	0,61	891,82
<b>Ladrillo macizo</b>	U	1000	0,15	148,20
<b>Acero 1/2 “</b>	Kilogramos	0,07	2,89	0,20
<b>Puntilla</b>	Kilogramos	10	0,57	5,70
<b>Alambre Amarre</b>	Kilogramos	16	0,18	2,88
<b>Madera de Construcción</b>	m <sup>3</sup>	0,84	348,25	292,53
<b>Excavación</b>	m <sup>3</sup>	50	0,79	39,50
<b>Relleno</b>	m <sup>3</sup>	6	3,18	19,08
<b>Playwood</b>	m <sup>2</sup>	23	2,09	48,07
<b>Tubería PVC 3/4”</b>	m	50	0,44	22,00
<b>Tee de 3/4”.</b>	U	2	0,02	0,04
<b>Codo de 3/4”.</b>	U	8	0,01	0,08
<b>Nudos de 3/4”.</b>	U	10	0,01	0,10
<b>Llave de paso de 1”.</b>	U	3	0,70	2,10
<b>TOTAL</b>				3 344,62

Para el trabajo con los gastos de operación se planificaron las siguientes partidas: gastos de fuerza de trabajo, depreciación y gastos de mantenimiento; el primero con un peso del 81 % del total mientras que las restantes partida con una representación casi imperceptible. En la tabla 13 y figura 4 se muestran el cálculo de los componentes de los gastos de operación de forma mensual.

**Tabla 23. Gastos de operación periódicos del proyecto en estudio.**

	meses	Gastos de operación
	1 a 11	7008,72
	12	7054,67
	13 a 23	7008,72

24	7054,67
25 a 35	7008,72
36	7054,67
37 a 47	7008,72
48	7054,67
49 a 59	7008,72
60	7054,67
61 a 71	7008,72
72	7054,67
73 a 83	7008,72
84	7054,67
85 a 995	7008,72
96	7054,67
97 a 107	7008,72
108	7054,67
109 a 119	7008,72
120	7054,67

**Gráfico 3. Composición de los gastos de operación mensuales del proyecto.**



- **Proyección de los Flujos de Caja**

Para este análisis se trabajó con una tasa de actualización entre un 7% y 15%; el primer tipo referido es el que establece el Banco Central de Cuba según Resolución 59/99 para los préstamos a largo plazo, pero el mismo se ha aumentado arbitrariamente hasta el último valor referenciado, condicionado por ser la tasa a que se descuentan los proyectos de inversión según Resolución 118/2014 del Ministerio de Economía y Planificación en Cuba.

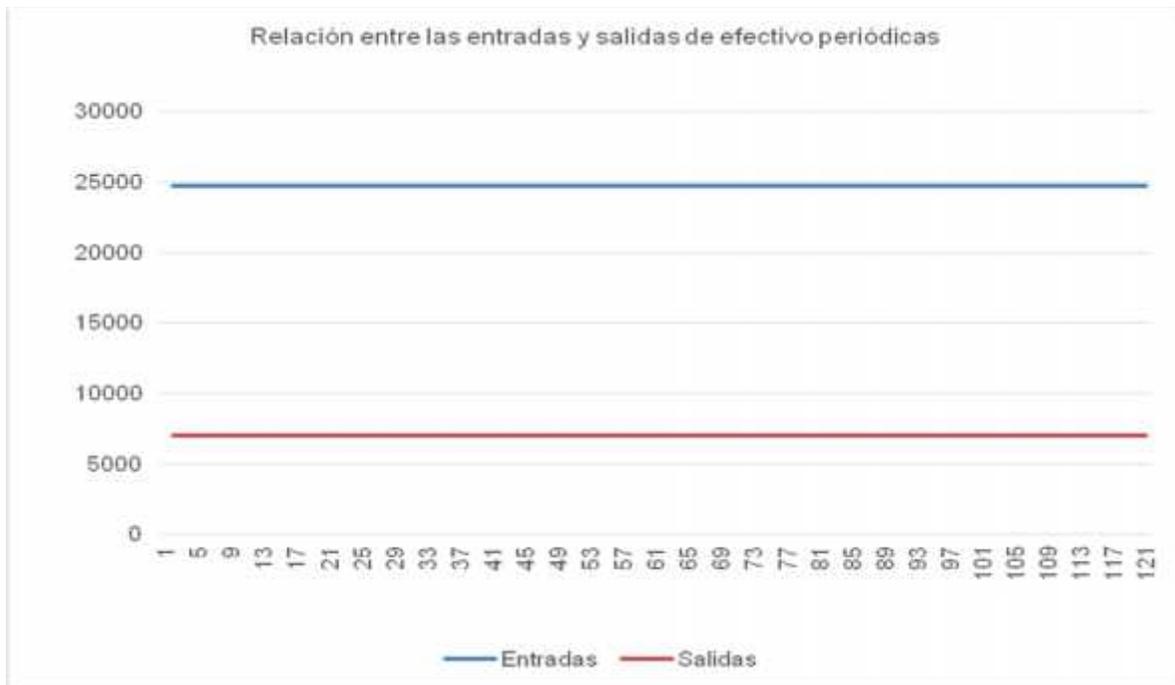
A continuación se detallan los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de pronosticar los flujos de caja del proyecto:

- ❖ El período de proyección es mensual.
- ❖ La duración es de 120 meses.
- ❖ La depreciación no se aporta al Presupuesto del Estado.
- ❖ Este proyecto es financiado totalmente por el Grupo de Producción Porcina.
- ❖ La tasa impositiva sobre utilidades es del 35%.
- ❖ El cargo anual por concepto de depreciación es de \$138,71.
- ❖ Se proyectaron las entradas por concepto de producción de lodos, biol, compost y humus de lombriz y ahorros por la generación y consumo de biogás durante la cocción de los alimentos, que sustituye el consumo de energía eléctrica.
- ❖ Las salidas proyectadas son por concepto de fuerza de trabajo, depreciación, y mantenimientos.

Todos los flujos de caja son positivos, con la característica particular que son constantes por sub intervalos de tiempos de amplitud de 11 meses, posterior a este tiempo es necesario el mantenimiento y limpieza del digestor y canteros.

Al aplicar las técnicas de presupuestación la alternativa de inversión proyectada: es rentable según se puede apreciar en la tabla 24, o sea con el uso integral de los residuales y utilizando precios para los principales productos (\$263,00 para el metro cúbico de lodo, \$63,00 para el biol, \$101,00 para el compost, \$95,00 para el humus de lombriz y ahorro por autoconsumo de energía eléctrica a \$0,298/Kw) el desembolso inicial que se realiza es perfectamente recuperable.

**Gráfico 4. Relación entre las entradas y salidas de efectivo periódicas del proyecto.**



**Gráfico 5. Flujos de Caja proyectados.**



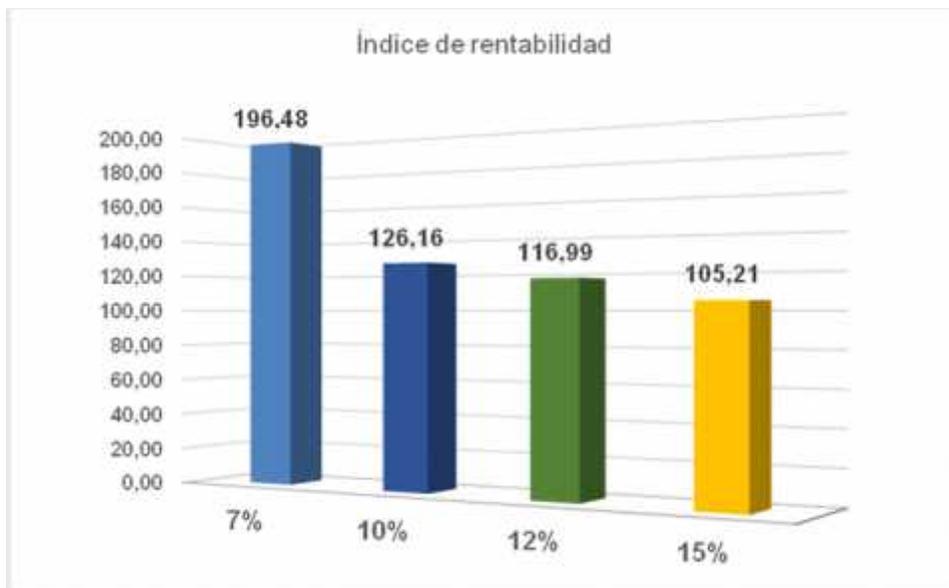
**Tabla 24. Indicadores de Presupuestación de Capital para el proyecto**

VAN (MP)				TIR (%)	PRI p (meses)	IR			
7%	10%	12%	15%			7%	10%	12%	15%
993,8	879,9	815,4	732,6	164	12,16	196,5	126,2	116,9	105,2

**Gráfico 6. Perfiles del VAN para el proyecto en estudio.**



**Gráfico 7. Índice de rentabilidad**



La carga producida por el “Centro Multiplicador Porcino” en el periodo de producción (nueve meses) es de 2 151,46 toneladas /año por lo que no buscar alternativas de reuso de esta masa contaminante se estuviera contribuyendo al deterioro del medio ambiente. Esta materia orgánica bien aprovechada puede ser una vía económica para la entidad, además se estuviera asistiendo a un problema social. Este trabajo muestra una ruta de solución con el empleo de tecnologías como la producción de biofertilizantes (humus de lombriz y compost, entre otros) y el uso de un biodigestor para el uso del biogás producido por la descomposición de la materia orgánica. Para la producción de biogás se consideró suficiente el emplearlo en la cocción de alimentos suficiente para una sola actividad (almuerzo) en el período tomado como base de cálculo (nueve meses) se dejó de depositar en el medio 22,43 m<sup>3</sup> con un posible ingreso por de 5 896,46 pesos por parte del lodo producido. En la producción de compost se diseñó un área de compostaje con cuatro cantero lo que demandaría por diseño 72 m<sup>3</sup> de los desechos producidos en el proceso productivo de la entidad lo que permite una disminución de 216 toneladas / año al medio con un posible ingreso de 66 256 pesos anuales por parte de la producción de compost. En el proceso de elaboración de humus de lombriz se produciría una disminución de la materia orgánica de 64,8 toneladas / año con un ingreso aproximado de 15 390 pesos. De manera general se dejaría de disponer al sistema de residuales, un total de 303,23 tonelada / año, representando un ingresos de 87 542,46 pesos anuales, lo que equivale a que en el primer

trimestre de trabajo, se recupere el costo total de la inversión, demostrando ser totalmente viable.

## Conclusiones generales

- ❖ El diagnóstico integral al sistema productivo objeto de estudio evidenció: (I) falta de conocimiento de trabajadores y directivos sobre los niveles de carga generada y sus posibles reúsos; (II) niveles de carga generada del orden de 2 151,46 toneladas/año promedio anual.
- ❖ El desconocimiento evidenciado del procesamiento de la encuesta y la entrevista, aplicada a obreros y directivos, demuestra la necesidad de una Educación Ambiental intencionada al manejo de sus residuales y por ende a la reducción de sus niveles de contaminación a partir de la carga generada, con un máximo de aprovechamiento económico-productivo.
- ❖ El reuso de los efluentes del proceso productivo biogás, compost y humus de lombriz, le permiten a la entidad objeto de estudio, reducir su carga contaminante generada entregada al sistema de residuales, en 303,23 toneladas / año y le aporta un beneficio económico de 87 542,46 pesos anuales.
- ❖ El empleo del biogás como un reuso de los efluentes porcinos de la entidad objeto de estudio, le permite reducir sus portadores energéticos en cuanto al consumo de electricidad y le representa un ahorro por este concepto de \$0,298/Kw consumido.
- ❖ El período de recuperación de la inversión sucede en el primer trimestre de trabajo, demostrando ser totalmente viable.

## **Recomendaciones**

- ❖ Presentar los resultados de la presente investigación, con los trabajadores y directivos de la entidad “Centro Multiplicador Porcino” del municipio Palmira.
- ❖ Continuar el desarrollo de investigaciones de este tipo, para viabilizar el reuso de los residuales, reduciendo los niveles de contaminación ambiental e incrementando los ingresos en las entidades implicadas.
- ❖ Socializar los resultados logrados, en eventos científicos y publicaciones, que permitan la apropiación de los saberes implicados y por ende un proceder en sinergia con las intenciones de esta investigación.
- ❖ Sugerirle a la entidad la conformación de programas de Educación Ambiental direccionados al objeto social de la misma, intencionados a propiciar el reuso de los residuales generados, para reducir los niveles de contaminantes dispuestos al medio.

## Bibliografía

- Alvarado, Enrique. (2009). Guía de Producción más Limpia para la producción porcina.
- Álvarez Marqués, Jorge Luis. (2002, October). *Caracterización y manejo de los principales factores edáficos limitantes de la agroproductividad de los suelos*. Universidad de Matanzas. Retrieved from: [www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/.../doc.pdf](http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/.../doc.pdf)
- Aparcama Robles, Sandra. (2015, February 20). Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso de “Fermentación Anaeróbica” para la Producción de Biogas. German ProfEC GmbH.
- Babot, D. (2007). GESTION MEDIOAMBIENTAL EN PRODUCCION PORCINA. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14(3). Retrieved from: [www.iip.co.cu/RCP/143/143\\_artresDBabot.pdf](http://www.iip.co.cu/RCP/143/143_artresDBabot.pdf)
- Bermejo, Isabel. (2010). Agricultura y cambio climático. *Diciembre de 2010*. Retrieved from: [www.ecologistasenaccion.org/article19945.html](http://www.ecologistasenaccion.org/article19945.html)
- Brechet, Andrea. (2008). Manual de Procedimiento para Abonos Orgánicos.
- Cárdenas, Gustavo. (2009). Agricultura, urbanización y agua. Retrieved from: <http://www.iica.int>.
- Castro, N.A & Rajadel Olimaia. N. (2012). “La sostenibilidad tecnológica y la integración de la gestión en el sector empresarial agropecuario.”
- Díaz Betancourt, Raúl. (2010). *Tratamiento de aguas y aguas residuales*. Felix Varela.
- Duque. (2000). Guía ambiental para el subsector porcícola. Retrieved from: [http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias\\_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRIC](http://www.siame.gov.co/siame/documentos/Guias_Ambientales/Gu%C3%ADas%20Resoluci%C3%B3n%201023%20del%2028%20de%20julio%20de%202005/AGRIC)

OLA%20Y%20PECUARIO/Gu%C3%ADa%20Ambiental%20para%20el%20subsec  
tor%20Porc%C3%ADcola.pdf

FAO. (2003). La FAO: Seguridad alimentaria y mitigación agrícola en los países en desarrollo. Retrieved November 18, 2014, from: [www.un-ngls.org/spip.php?page=article\\_s&id\\_article=1717](http://www.un-ngls.org/spip.php?page=article_s&id_article=1717)

FAO. (2009). SEGURIDAD ALIMENTARIA Y DESARROLLO AGRÍCOLA. Retrieved from: [www.oajnu.org/.../AG2-Seguridad\\_Alimentaria-2010.pdf](http://www.oajnu.org/.../AG2-Seguridad_Alimentaria-2010.pdf)

FAO. (2014). Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura. Retrieved February 5, 2015, from: <http://www.fao.org/news/story/es/item/218907/icode/>

García Martínez, Yolanda & Castro Perdomo, N. (2014). Acercamiento Conceptual a la Ecología Industrial., 6, 73–79.

González Rosales, Guillermo. (2012). Guía Técnica para la Producción de Lombricomposta.

Guardado Chacón, Jose Antonio. (2007). Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas. CUBASOLAR. Retrieved from: [HTTP://www.cubasolar.cu](http://www.cubasolar.cu)

Lorente Redondo, Javier. (2011). *Guía de Buenas Prácticas Ambientales para las explotaciones porcinas en Extremadura Mayo*. GrafiPrim (Badajoz). Retrieved from: [extremambiente.gobex.es/.../Guia%20BPA%20Explotaciones%20porcinas.pdf](http://extremambiente.gobex.es/.../Guia%20BPA%20Explotaciones%20porcinas.pdf)

Medina, Laura Cesar. (2009). Biol mejorado. Retrieved from: [www.siar.regioncusco.gob.pe/admDocumento.php?accion...](http://www.siar.regioncusco.gob.pe/admDocumento.php?accion...)

Ministerio de la Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. (2014, December 12). Boletín mensual INSUMOS Y FACTORES DE PRODUCCIÓN. Retrieved from: [www.agronet.gov.co/.../documentosUNINuke.asp?last...](http://www.agronet.gov.co/.../documentosUNINuke.asp?last...)

- Oyuela Barahona, Fredy Adalid. (2010). Evaluación de la producción de biogás y biol a partir de la torta de *Jatropha curcas* L. Retrieved from: [bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/549/1/T2971.pdf](http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/549/1/T2971.pdf)
- Pinelli Saavedra, Araceli. (2011). Manual de Buenas Prácticas de Producción en Granjas Porcícolas. Retrieved from: [www.sagarpa.gob.mx/.../Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/.../manual\\_porcino.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/.../Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/.../manual_porcino.pdf)
- Puricelli, Estefanía. (2011). LAS CARNES EN EL MUNDO. Retrieved from: [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Rodríguez Castellón, Santiago. (2010). *La agricultura urbana y la producción de alimentos: la experiencia de Cuba*. Universidad de La Habana. Retrieved from: [https://www.nodo50.org/cubasigloXXI/.../castellon4\\_310503.pdf](https://www.nodo50.org/cubasigloXXI/.../castellon4_310503.pdf)
- Sánchez Rodríguez, José V. (2009). Manual Biogás. CIC DECAP.

## **Anexo**

### **Anexo 1. Encuesta a trabajadores del “Centro Multiplicador Porcino” del municipio Palmira.**

#### **Encuesta a trabajadores del “Centro Multiplicador Porcino” del municipio Palmira.**

**Objetivo:** Comprobar el conocimiento que poseen los trabajadores acerca de las alternativas de reuso de los desechos porcinos, su implementación en la entidad y el impacto medioambiental que ocasiona estos residuales.

**Trabajador:** necesitamos su colaboración para emprender nuestra investigación, su información nos será de gran utilidad. Gracias.

Utilizando una escala de valores del 1 al 5, evalúe sus conocimientos sobre las siguientes interrogantes, considerando los siguientes intervalos: 5 = muy alto; 4= alto; 3= medio; 2 = bajo; 1 = nulo.

1. ¿Conoces usted el destino final de los residuales porcinos de la entidad?\_\_\_\_\_
2. ¿Afectan los desechos de su entidad al medio ambiente?\_\_\_\_\_
3. ¿Qué volumen de residuales por año genera su entidad?\_\_\_\_\_
4. ¿Se han tomado medidas en la entidad para reducir los daños medioambientales que se causan por el vertimiento al medio de los residuales porcinos?\_\_\_\_\_
5. ¿Conoce los usos que se le pueden dar a los desechos porcinos?\_\_\_\_\_
6. Se les dan diferentes usos a los residuales generados por la entidad. \_\_\_\_\_

Si considera qué se les da algún otro empleo a los residuales porcinos mencione cuál o cuáles y si ese otro uso es estable o casuístico.

---

---

7. Conoce qué se entiende por tecnologías de Producciones Más Limpias.\_\_\_\_\_

## **Anexo 2. Entrevista a los directivos del “Centro Multiplicador Porcino” del municipio Palmira.**

### **Entrevista a los directivos del “Centro Multiplicador Porcino” del municipio Palmira.**

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Cargo que posee: \_\_\_\_\_

Años de experiencia: \_\_\_\_\_

Objetivo: Comprobar el conocimiento que poseen los directivos del centro sobre las alternativas de reuso de los desechos porcinos y su posible implementación en la entidad.

Actividades.

1. ¿Qué volúmenes de residuales genera su entidad?
2. ¿Cuál es el fin de los desechos porcinos en la entidad?
3. ¿Afectan estos desechos al medio ambiente? ¿De qué forma?
4. ¿Qué opinión le merecen los residuales: generadores de gastos o posibles aportadores de ingresos?
5. ¿Se han tomado medidas para reducir los daños medioambientales? ¿Cuáles?
6. ¿Qué resultados se han obtenido con estas medidas?
7. ¿Qué alternativas de reuso de los desechos porcinos usted conoce?
8. ¿Cuáles de estas alternativas se emplean en la entidad?
9. ¿Pudieran implementarse otras? ¿Cuáles?
10. ¿Conoce que son las tecnologías de Producción Más Limpia?
11. ¿Implementan en su entidad las tecnologías de Producción Más Limpias?

**Anexo 3. Metodología Mata 2008**

FASES	CONTENIDO/OBJETIVO	TAREAS
<p>I. Análisis de la situación de la empresa</p>	<p>Identificación y delimitación del objeto de estudio. Es crucial ya que el método se sustenta en el conocimiento exacto de la organización.</p>	<p>1. La empresa. (Nombre jurídico y comercial, actividad, forma jurídica y localización geográfica).</p>
		<p>2. El producto o servicio (necesidades que cubren y a quien van dirigidos).</p>
		<p>3. Sensibilidad económica</p>
		<p>4. El análisis del sector. Son cinco los sub-mercados que se reconocerán al realizar un estudio de factibilidad: proveedor, competidor, distribuidor, consumidor y externo. Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según corresponda, en cada uno de los anteriores</p>
<p>II. Formulación de objetivos específicos del proyecto.</p>	<p>Considerar la información arrojada por el diagnóstico para elaborar el plan de trabajo y ejecutar las tareas, las cuales deben ser congruentes con la disponibilidad de recursos. Es muy importante determinar objetivos primarios de otros de cualquier orden.</p>	<p>1. definición de los objetivos del proyecto</p>

## Continuación

<p>III. Generación de alternativas. (Con bases técnicas orientadas a los usuarios potenciales: calidad del servicio y disponibilidad).</p>	<p>Teniendo en cuenta las dos primeras etapas y las políticas definidas para el desarrollo de este tipo de inversiones se hace un estudio de mercado y se proponen soluciones que garanticen los objetivos esenciales. De cada una de las posibles variantes se identifican los costos de implementación, mantenimiento y los recursos técnicos y de Investigación y Desarrollo (I+D) que serían necesarios para su ejecución.</p> <p>La investigación de mercado se utiliza para conocer la oferta (cuales son las empresas o negocios y que beneficios ofrecen) y para conocer la demanda (quiénes son y que quieren los consumidores).</p>	<p>1. Elaboración de las alternativas de inversión.</p>
<p>IV: Evaluación de alternativas.</p>	<p>La evaluación de alternativas se realiza a partir del análisis económico – financiero específicamente con el empleo de las técnicas de presupuestación de capital, la estimación de la cuota o prima de riesgo para el proyecto en estudio y proyección de escenarios, además debe tenerse en cuenta la forma de financiamiento existente para el sector o rama de la economía beneficiada con el proyecto.</p>	<p>1. Proyección del Costo de Inversión.</p> <p>2. Cálculo de los Indicadores de rentabilidad.</p> <p>3. Análisis del Riesgo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Concepción inicial del problema.</li> <li>b. Selección de expertos</li> <li>c. Preparación de los cuestionarios o encuestas.</li> <li>d. Procesamiento y análisis de la información.</li> </ul>
<p>V. Planeación de la implantación y control</p>	<p>Mide el impacto de las mejoras introducidas al sistema, así como retroalimentar la toma de decisiones. En esta fase participan diferentes grupos de personas vinculadas, ya sea de forma directa o indirectamente al proceso evaluado.</p>	