**FORMATO 1**

**FORMATO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**SECCION A: DATOS GENERALES**

1. **Título o nombre del proyecto**

**Evaluación del uso de calentadores para lechones recién nacidos, usando biogás como fuente energética**.

1. **Línea de investigación de la Facultad/Área**

Producción intensiva de proteína animal – Producción de Cerdos - Medicina veterinaria y zootecnia

Ciencia y tecnología ambienta - Prevención y reducción de la contaminación ambiental - Concytec

1. **Unidad académica (Facultad/Escuela profesional/otra)**

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia

1. **Equipo investigador**

* Castillo Soto, Wilson
* Milton Huanes Mariños
* Nilson Andrés Peña Oruna (alumno)

1. **Institución y/o lugar donde se ejecutará el proyecto**

* Campus II – UPAO, Unidad de crianza de cerdos, Laboratorio de Fisiología Animal

1. **Duración (Fecha de Inicio y término)**

Fecha de inicio: 2020

Fecha de término: 2021

**SECCIÓN B: PLAN DE INVESTIGACIÓN**

1. **Planteamiento y formulación del problema**

La crianza porcina en nuestro país viene desarrollándose de manera tecnificada, procurando que todos los componentes del sistema productivo aporten de manera apropiada en el proceso, buscando optimizar la productividad. La genética y nutrición, que son los insumos que se transforman en este proceso, han logrado grandes avances asegurando la transformación del alimento en carne de manera muy eficiente; sin embargo, en el manejo y en las instalaciones, aún existen brechas que pueden estar influyendo en la rentabilidad.

Una de las áreas críticas en la crianza porcina es la maternidad, conseguir atender las necesidades de temperatura de confort a la marrana (16 - 20 oC) y al mismo tiempo del lechón (30 - 35 oC) en un mismo ambiente es un desafío (Bortolozzo et al., 2011). Si se atiende a la necesidad de temperatura de la madre, el lechón aún no tiene la capacidad de realizar termorregulación, moviliza las reservas de glucógeno de su organismo y dependiendo de la intensidad de la baja de la temperatura, puede ocurrir la muerte por hipoglicemia; por el contrario, elevando la temperatura a la necesidad del lechón, la madre entra en desconfort térmico, gasta energía para enfriarse, disminuye el consumo de alimento, baja la producción de leche y tendrá lechones mal alimentados y con bajo peso (Coutinho et al., 2014).

El uso de fuentes de calefacción ubicadas de manera focalizada dentro de la maternidad ha dado buenos resultados y ayuda a los lechones a calentarse y evitar las consecuencias producidas por las temperaturas inferiores a su confort; sin embargo, estas fuentes de calefacción requieren de energía externa, proveniente, principalmente, de fuentes tradicionales (gas, petróleo, electricidad) con las implicancias propias al medio ambiente y al calentamiento global, además de elevar costos.

La mayoría de granjas medianas y pequeñas, de nuestra región, enfrentan esta etapa de crianza de los animales sin utilizar fuentes de calefacción, con los consecuentes altos índices de mortalidad de lechones durante los primeros días de nacidos; los que usan fuentes de calor, buscan abaratar sus costos utilizando productos no convencionales como bloques de carbón mineral (briquetas), quemándolas directamente en la maternidad, generando humo dentro de la misma y con la consecuente contaminación del aire y riesgos en la salud de los animales y de quienes lo cuidan.

Por otro lado, en las granjas porcinas de confinamiento, donde se concentran gran cantidad de animales en espacios reducidos, la producción de desechos (heces y orina) es un problema que requiere de un trabajo adicional para realizar un proceso de estabilización de tales desechos y un destino final sin generar contaminación al ambiente (Pinos-Rodríguez et al., 2012); actividad que muchos criadores no lo cumplen a cabalidad y es común ver focos de contaminación aledaños a las granjas.

En este escenario, las excretas de los cerdos son una fuente potencial de energía que, de darle un tratamiento adecuado, podría recuperarse y utilizarlo en la generación de calor para atender a las necesidades de los lechones en la misma granja donde estos se generan; convirtiéndose así, en una fuente de energía renovable disponible y sin mayor costo.

A partir de las excretas, la producción y quema del biogás a través de campanas de gas, del calentamiento de láminas galvanizadas, o a través del aire caliente conducido por tuberías, son alternativas simples que permitirían calentar la zona de los lechones en la maternidad y mantenerlo en temperatura apropiada para su buen desempeño.

1. **Antecedentes**

Frente a las necesidades de calor por los lechones recién nacidos, en las maternidades de explotaciones porcinas tecnificadas, los lechones tienen su propio espacio llamado *creep*, refugios o caja de calefacción, que forman parte del corral de maternidad, en este espacio es donde se quedan cuando no están amamantando, este ambiente mantiene a una temperatura ideal de confort, con calor externo que puede ser proporcionado por diferentes fuentes de calefacción (Pandorfi, 2004). Los métodos de calentamiento más utilizados y también estudiados son, lámpara incandescente de diversas potencias, resistencia eléctrica, lámpara infrarroja y suelo calentado (Sabino et al., 2012; Laureano et al., 2014), entre otros. La mayoría de estos trabajos muestran resultados más significativos en el uso del piso calentado, proporcionando el mejor confort térmico a los lechones. Sin embargo, en vista que los más utilizado son las lámparas, parte del manejo es ajustar la altura de las mismas en relación con los lechones, teniendo en cuenta su confort térmico, según su tamaño y comportamiento, y también respetando una distancia considerada en relación con la madre, la misma que mantiene un confort térmico muy distante de la del lechón (Campos, 2008; Silva, 2004).

Por otro lado, el biogás, que se obtiene a partir del estiércol, es formado principalmente por metano (CH4), dióxido de carbono (CO2), amonio (NH3), sulfuro de hidrógeno (H2S) y nitrógeno (N2). Ha sido usado con frecuencia, principalmente en Europa, en sustitución al gas natural, cuya obtención se vuelve cada vez más difícil. El proceso de formación del biogás se realiza en los biodigestores; si bien, la instalación de un biodigestor con estructuras necesarias para producir energía a partir del estiércol, es de costo elevado, sin embargo, la durabilidad y eficiencia del mismo permiten que un emprendimiento como este sea económico. Dentro del proceso, existen bacterias que fermentan la materia orgánica bajo condiciones estrictamente anaerobias, es decir, sin la presencia de oxígeno, y producen el gas.

La producción de biogás a partir de las excretas de cerdos ha sido estudiada con resultados favorables en cuanto a producción de gas (Lucas, 1987), a tiempo de retención hidráulica (Torres-Castillo et al., 1995) y a diferentes condiciones climáticas (Souza et al., 2005): sin embargo, no existen evidencias de uso del gas como fuentes de calefacción para las mismas granjas porcinas. Como si ocurre con el estiércol de pollos, algunos estudios demuestran la producción de biogás a partir de la biodigestión de cama de pollos (Fukuyama et al., 2009; Rocon, 2014) el mismo que puede ser utilizado para el calentamiento de pollitos desde el nacimiento hasta dos semanas de edad, utilizando quemadores adaptados a partir de otras fuentes de combustible.

La conversión del estiércol de animales en energía renovable ha sido objeto de investigación hace varias décadas. La utilización del proceso de biodigestión anaerobia para este fin se muestra viable, no sólo para producir gas combustible (metano), si no también por devolver al ambiente el material orgánico mineral estabilizado (biofertilizante), contribuyendo de esta forma para la disminución de la contaminación ambiental, como emisión de metano y dióxido de carbono para la atmósfera, contaminación de suelos, agua subterránea y de superficie (Lucas Jr, 1994; Pinos-Rodríguez et al., 2012). De igual modo, la alternativa de la biodigestión anaerobia de las excretas de los cerdos representa una opción significativa, considerando que los recursos como el petróleo y el gas natural se vuelven cada vez más escasos.

1. **Justificación (importancia, beneficiarios, resultados esperados).**

De manera general, una de las alternativas que busca disminuir el uso de fuentes de energía no renovable, perjudiciales al medio ambiente es la utilización de fuentes renovables; muchas de ellas se encuentran en abundancia en el planeta como la energía solar, eólica, de biomasa, las mismas que no son utilizadas de forma significante. Frente a este contexto, se pueden identificar las excretas de los animales como una fuente de energía, principalmente cuando se pretende usarla en la misma actividad productiva en la que se genera.

La crianza tecnificada de porcinos se ha desarrollado mayormente en la región de la costa, la misma que cuenta con estaciones marcadas de clima, generando una mayor necesidad de utilizar fuentes de calor en las maternidades para calentar a los lechones; sobre todo en las épocas en las que el frio se intensifica, las mismas que abarcan prácticamente las tres cuartas partes del año.

El proyecto también se justifica por el hecho de que, se estaría viabilizando el uso del desecho que en la actualidad es un problema para las granjas por el costo que representa dar un destino final adecuado. Además, en el proceso de producción del biogás, proveniente de las excretas a través de un biodigestor, se genera un efluente con propiedades de fertilizante (biol) requerido ampliamente por las empresas agroindustriales dedicadas a los cultivos orgánicos; lo cual significaría ingresos adicionales para el criador.

De salir viable el proyecto planteado se estaría dotando de una alternativa para los productores medianos y pequeños que por un lado podrán tener acceso a esta tecnología de bajo costo de operación por tener ellos mismos su fuente energética (estiércol), mejorar los índices productivos de la granja y, por otro, evitar la contaminación de la granja y del medio ambiente, por darle a los desechos un destino final apropiado.

Por otro lado, en el campus II de la UPAO se ha instalado una unidad de crianza de cerdos, cuya finalidad es, por un lado, servir para las actividades académicas de la escuela de Medicina Veterinaria y, por otro, para atender con animales a la facultad de Medicina Humana; producto de la crianza se comienza a tener inconvenientes con el destino de los desechos de los cerdos, generando focos de contaminación. Con el desarrollo del proyecto, además de los beneficios antes mencionados, contribuirá también para que los estudiantes desarrollen capacidades en el manejo de residuos y la incorporación de tecnologías limpias en la crianza.

1. **Objetivos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Objetivo General  (Propósito del proyecto ) | | Resultados Finales | Medios de Verificación |
| Generar tecnologías limpias en la crianza de cerdos, que permitan mejorar la producción y disminuir la contaminación por residuos producidos en la granja, aprovechándolos como generadores de energía para dar confort y bienestar a los animales, contribuyendo a mejorar los índices productivos, la salud pública y el medio ambiente | | R1. Adecuado comportamiento de los lechones, mejores índices productivos y confort en sus instalaciones. | MV1  Reportes del comportamiento productivo de acuerdo a los parámetros establecidos para la crianza. |
| R2. Adecuada transformación de las excretas de los cerdos en fuente de calefacción y disminución de la contaminación provocada por las mismas. | MV2.  Funcionamiento eficiente de los calentadores operados con biogás |
| Objetivos Específicos  (Componentes) | | Resultados Intermedios: | Medios de Verificación |
| 1 | Evaluar la eficiencia los calentadores, usando biogás como fuente energética, mediante parámetros de calefacción, rendimiento del biogás, costos de operación y parámetros productivos de los lechones. | P1. Comportamiento productivo de los lechones en función del tipo de calentador utilizado. | MV1. Reportes de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia e índices de mortalidad de los lechones.  . |
| P2. Eficiencia del calentador calefacción mediante los parámetros de calefacción. | MV2. Reporte de la evaluación del sistema de calefacción funcionando con biogás |
|  |  |  |

1. **Marco teórico**

**5.1 Confort térmico de los porcinos en maternidad**

Un factor importante que afecta el bienestar de los cerdos en la maternidad, es el control del medio ambiente, porque en esta instalación, hay dos categorías diferentes de animales, que tienen diferentes rangos de confort térmico alojados en el mismo espacio (Campos et al., 2008; Sousa et al., 2011), lo que hace que sea un desafío para el productor mantener una temperatura ideal.

La zona de confort térmico (ZCT) corresponde a la temperatura donde no hay sensación de frío o calor y en la que el rendimiento animal está optimizado. La temperatura de la ZCT de la hembra lactante corresponde a 16 y 22 ° C, mientras que la del lechón recién nacido está entre 32 y 34 °C (Bortolozzo et al., 2011). La temperatura más alta requerida para la comodidad térmica de los lechones se debe al hecho de que los animales jóvenes todavía tienen un sistema termorregulador poco desarrollado, tienen una superficie relativamente grande en contacto con el medio ambiente, baja reserva de energía y poco porcentaje de grasa subcutánea (alrededor de 1 a 2 %), que proporciona poco aislamiento térmico. Debido a estos factores, al lechón recién nacido le resulta fácil perder calor corporal rápidamente. Sin embargo, el gran desafío de la maternidad es mantener un confort térmico ideal tanto para la cerda, sobre todo en épocas de calor, como para los lechones, a través de un espacio exclusivo para ellos (Campos et al., 2008).

El intercambio de energía del cerdo con el medio ambiente se produce en forma de calor sensible (conducción, convección, radiación) y calor latente (evaporación).

Se ha demostrado que la conducción es la forma de transferencia más eficiente para los lechones; sin embargo, la eficiencia de este intercambio se ve afectada principalmente por la temperatura, la velocidad y la humedad relativa del aire (Perdomo et al., 1999; Coutinho et al., 2014).

Por otro lado, cuando nace el lechón deja un ambiente a 39°C, que es el útero materno, es por esto que necesita inmediatamente un microclima con temperaturas de 30-35°C en la primera semana de vida. De no ser así, el lechón puede perder 1.7 a 7.2 °C inmediatamente después del nacimiento. Con esta caída de temperatura, se movilizan las reservas de glucógeno del cuerpo para calentarse, si la temperatura baja persiste, puede influir para que los lechones mueran de hipoglucemia. Los lechones exhiben el nivel de confort térmico, presentando diferentes comportamientos, ya sea agrupados uno al lado del otro o dispersos. Estos son los patrones de postura de los lechones que están sujetos al frío, la comodidad y la sensación de calor, respectivamente (Pandorfi, 2004). De allí la importancia de garantizar el confort del lechón, siendo necesario que en la maternidad los lechones tengan la posibilidad de gozar de la temperatura ideal para ellos, la cual debe estar concentrada no solamente en la zona de descanso (nido), sino también en la de alimentación (zona mamas).

Sobre las fuentes de calefacción para calentar a los lechones, existen en el mercado una gran oferta de tipos de pisos, como tapetes térmicos, pisos calentados con resistencia y / o agua en circulación, placas de polímero con resistencia eléctrica y / o agua en circulación. El producto con mayor durabilidad, costo beneficio, que cumpla con los requisitos de un producto sostenible o verde puede ser una gran alternativa para el reemplazo de las lámparas.

**5.2. Producción de biogás**

El biogás es la mezcla gaseosa producida durante la biodegradación anaeróbica de cualquier materia orgánica (Yadvika et al., 2004); está constituido básicamente de 60 a 70% de metano (CH4), 30 a 40 % de dióxido de carbono (CO2), y trazas de O2, N2, H2S (Ruiz Y Munari, 1992). El metano tiene un poder calorífico de 9,100 kcal/m3 a 15.5°C y 1 atm y se vuelve inflamable en mezclas de 5 a 15 % con el aire (Lucas Jr., 1987). Sin embargo, el biogás, debido a la presencia de otros gases, posee un poder calorífico que varía de 4,800 a 6,900 kcal/m3. Comparativamente, en términos de equivalente energético, 1.33 a 1.87 e 1.5 a 2.1 m3 de biogás son equivalentes a 1L de gasolina y de diésel, respectivamente.

El proceso biológico para producir biogás ocurre en ausencia de oxígeno molecular, en el que diferentes tipos de microorganismos interactúan estrechamente para realizar la transformación de compuestos orgánicos complejos en productos más simples, que resultan principalmente en gases de metano y dióxido de carbono (Foresti, 1999).

El proceso de biodigestión anaeróbica se divide, generalmente, en tres fases: hidrólisis, acidogénesis y metanogénesis; sin embargo, algunos autores dividen en cuatro fases, agregando acetogénesis, la fase intermedia entre acidogénesis y metanogénesis (Camarero et al., 1996; Singh y Singh, 1996). Según Hessami et al. (1996) y Hammad et al. (1999), la hidrólisis, primera fase de la digestión anaeróbica, implica transformación de compuestos insolubles y compuestos de alto peso molecular como carbohidratos, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos en compuestos solubles más simples como los monosacáridos, aminoácidos y ácidos grasos, catalizada por enzimas extracelulares provenientes de bacterias que se caracterizan por ser facultativas y anaerobias estrictas.

En la segunda fase, llamada acidogénesis, otro grupo de microorganismos transforma los productos resultantes de la fase previa en ácido acético, hidrógeno, dióxido de carbono y otros ácidos orgánicos como ácido propiónico y butírico que se pueden convertir en ácido acético. En la tercera fase, el ácido acético, el hidrógeno y el dióxido de carbono son convertidos en una mezcla de metano y dióxido de carbono por las arqueas metanogénicas (entre ellas las que utilizan el acetato, *Methanosarcina spp*. y *Methanothrix spp*. y aquellas que usan el formiato e hidrógeno, *Methanobacterium spp. y Methanococcus spp*.).

El éxito del proceso de biodigestión anaerobia depende de las condiciones ambientales específicas (nutrientes, temperatura, tiempo de retención hidráulica suficiente y otros) para que las diferentes poblaciones de microorganismos puedan crecer y multiplicarse (Singh y Singh, 1996).

Adicionalmente, la implementación de un sistema de biodigestión anaeróbica en la granja porcina, además de permitir el tratamiento de las excretas, permite la reducción de moscas, parásitos y patógenos a humanos y animales, así como la reducción de olores, de sólidos y de las demandas químicas y bioquímicos de oxígeno por los residuos (Torres-Castillo et al., 1995, Lucas Jr. y Santos, 2000). Además de obtener biofertilizantes, también permite el uso de metano como combustible, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental por el uso de combustibles fósiles.

**5.3. Contaminación ambiental por excretas de cerdos**

En las granjas porcinas, el lanzamiento directo de las excretas a los cursos de agua, llevado a cabo sin control durante muchos años, comenzó a considerarse una amenaza para el medio ambiente en general y para la calidad de vida de la humanidad, con las principales consecuencias de la mortalidad acentuada de peces y eutrofización. Desde un punto de vista ecológico, el término "eutrofización" designa el proceso de degradación que sufren los lagos y otros cuerpos de agua cuando se enriquecen excesivamente con nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que limitan la actividad biológica (Pinos-Rodríguez et al., 2012). El aumento de nutrientes en los cuerpos de agua puede ser causado por el drenaje del agua de lluvia, los componentes de aguas residuales domésticas e industriales; sin embargo, estos se pueden minimizarse mediante el control del drenaje del agua de lluvia, la construcción de canales de desviación de efluentes y el tratamiento de los efluentes (Sperling, 1996).

De acuerdo con la legislación vigente, la descarga de residuos en los cursos de agua solo se puede realizar después del tratamiento, que consiste en hacer que la composición final sea compatible o eliminar los contaminantes, de modo que este procedimiento no genere problemas ambientales tan acentuados (Itaborahy, 1999; Pinos-Rodríguez et al., 2012). Voermans et al. (1994) también hicieron referencia al tema de los olores indeseables de las instalaciones de cría de cerdos, debido a la gran cantidad de desechos acumulados. La emisión de amoníaco es el principal responsable, además, contribuye a la acidificación del suelo, siendo tóxico para los organismos clorofílicos. La biodigestión anaeróbica juega un papel importante, porque además de permitir una reducción significativa en el potencial contaminante, es un proceso en el que no hay generación de calor y la volatilización de los gases, considerando un pH cercano a la neutralidad, es mínima, además de si consideramos la recuperación de energía en forma de biogás y el reciclaje del efluente (Lucas Jr. y Santos, 2000).

1. **Hipótesis**

Los calentadores para lechones, utilizando biogás como fuente energética, son eficientes en mantener el ambiente en la zona de confort de temperatura y mejoran el rendimiento del biogás, costos de operación y parámetros productivos de los lechones.

1. **Metodología (Diseño experimental en detalle)**

**7.1. Lugar de ejecución de la investigación**

El experimento se realizará en la unidad de crianza de cerdos, ubicada en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, bajo condiciones de clima de la costa de la región La Libertad.

**7.2. Instalaciones**

Se utilizará el área de maternidad, junto a la cual se instalará un biodigestor y el sistema de calefacción que abastecerá de calor a los calentadores dentro de la maternidad.

La maternidad cuenta con celdas de parición en las cuales se encuentra una jaula, un comedero y un bebedero para la marrana, así como un bebedero y comedero para lechones; en la parte lateral de la celda se instalarán los calentadores de acuerdo al tratamiento que se asigne. La Maternidad cuenta con paredes laterales de 1.50 m de alto, techo de madera cubierto con planchas de fibraforte y ventanas cubiertas con manta, para proteger del viento; estas pueden subir o bajar según la necesidad y el clima.

**7.3. Animales y alimentación**

Se emplearán tres celdas en las cuales se instalarán tres tipos de calentadores, en cada una se alojará una marrana antes del parto y se evaluará a los lechones desde el nacimiento hasta los 21 días de edad, se colocarán 10 lechones por marrana. Este proceso será repetido en dos épocas del año (invierno y verano).

La alimentación para las marranas y los lechones se realizará de manera uniforme para todas las marranas y lechones, atendiendo a sus necesidades nutricionales de acuerdo a su categoría.

**7.4. Diseño metodológico**

En la investigación se evaluará el uso de tres tipos de calentadores para lechones utilizando al biogás como fuente energética; se utilizará un biodigestor del tipo semicontinuo, construido de geomembrana y ubicado de manera horizontal, el tamaño se estimará de acuerdo al volumen de gasto estimado de biogás y a la capacidad de producción de biogás por parte de las excretas de cerdos, orientada por la tasa de retención hidráulica.

Acoplado al biogás se diseñará un sistema de calefacción para calentar aire que abastecerá de calor a un tipo de calentador, dos calentadores utilizarán biogás de manera directa en la celda de parición, por el uso de una campana de gas colgante que irradiará luz infrarroja y calor y, de otra campana de lámina galvanizada que irradiará calor por calentamiento de la misma.

**7.5. Tratamientos**

Los tratamientos consistirán en el uso de tres calentadores para elevar la temperatura de manera focalizada en la celda de parición de las marranas.

CRI: calentador campana de rayos infrarrojos colgante

CLG: calentador de lámina galvanizada

CAC: calentador de refugio o caja de madera con tubería interna, por la cual circula aire caliente.

**Diseño y construcción de los calentadores**

El *calentador de campana*, consistirá en el acoplamiento de una campana de rayos infrarrojos de uso común para pollos bebe, acoplado a la línea de biogás proveniente del biodigestor, ubicada a un costado de la jaula de parición y a 80 cm por encima del piso

El *calentador de lámina galvanizada,* será construido a partir de un cilindro metálico de 200 litros de capacidad, se realizará un corte longitudinal por el centro, quedando con dimensiones de 0.6 x 0.90 m y con una concavidad de 25 cm. Al centro se acoplará un tubo galvanizado de ½ pulgada de diámetro para la salida del gas. Este calentador se colocará de manera colgante y se regulará la altura de acuerdo a la temperatura deseada en el piso.

El *calentador de cajón o refugio*, estará construido de madera, con una base de 0.60 x 1.10 m y altura de 0.60 m; por el interior de las paredes laterales se instalará un tubo de cobre en forma de serpentín por el cual se circulará aire caliente proveniente de un calentador que usa biogás, el tubo será protegido para evitar que los lechones tengan contacto directo con el mismo.

**7.6. Variables dependientes**

**a. Eficiencia del calentador**

* Temperatura irradiada (oC)
* Consumo de gas (L/h)
* Análisis técnico - económico (S/)

**b. Indicadores de performance de los lechones**

* Consumo diario de alimento (CDA, g)
* Ganancia diaria de peso (GDP, g)
* Sobrevivencia (%)
* Comportamiento de los lechones durante la primera semana

**7.6.1. Metodología para determinar indicadores de eficiencia del calentador**

La temperatura en área de influencia del calentador será medida a la altura de permanencia del lechón y junto a la jaula donde permanece la marrana, por el lado cercano al calentador y por el lado opuesto.

Se medirá también la humedad relativa del ambiente en los mismos lugares de la medición de la temperatura

El consumo de biogás se realizará por pesaje del

El registro de los datos será realizado manualmente a intervalos de 4 horas en el periodo de las 8:00 a 20:00 h, totalizando 4 observaciones diarias. En cada calentador, la temperatura se registrará en cinco puntos diferentes (en cada extremo y al centro).

La medición del consumo de biogás se realizará mediante la colecta del gas en bolsas de polietileno transparentes; para ello, la bolsa sin aire será fijada en la salida del quemador del biogás, transcurrido el tiempo de un minuto, se retirará la bolsa se sellará y sumergirá completamente en un depósito de agua graduado, por la diferencia del desplazamiento del agua, se establecerá el volumen del biogás.

El Análisis técnico - económico se realizará registrando el consumo de biogás de los diferentes sistemas de calentamiento durante el periodo en que los lechones permanecen en la maternidad (21 días), en función del manejo diferenciado en cada etapa estudiada. La relación costo beneficio será determinada de acuerdo con el costo del biogás, la ganancia de peso del animal y el precio de la carne porcina.

**7.6.2. Metodología para indicadores de performance de los lechones**

Ganancia diaria de peso será calculado a partir de los datos de peso vivo al nacimiento, siete y 21 días de edad. Consumo diario de alimento se calculará a partir del consumo que se registre de los 10 a 21 días. La sobrevivencia se calculará por diferencia del número de nacidos y la mortalidad en la primera semana de vida y en todo el periodo de evaluación. El comportamiento de los lechones se evaluará en las horas criticas o de menor temperatura ambiental, se considerará dentro y fuera del área del calentador, se evaluará actividades como agrupamiento, desplazamiento, tiempo de permanencia bajo influencia del calentador.

**7.8. Análisis estadístico**

Los calentadores serán asignados al azar en cada una de las celdas, se utilizará un diseño de bloques completo al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y 20 bloques, considerándose cada bloque como el número de observaciones diarias estudiadas en el experimento. Los promedios de las variables evaluadas en cada tratamiento serán comparados por la prueba de Tukey (P<0.05).

El modelo matemático será:

**Yijk = µ + Ti + Bj + Eijk**

Donde:

Yijk =Observación cualquiera, que corresponde al i-ésimo tratamiento.

µ = Media general o media poblacional

Ti = Efecto del tipo de calentador

Bj = Efecto del día evaluado

Eijk = Error Experimental.

1. **Bibliografía**

BORTOLOZZO, F., KUMMER, A., LESSKIU, P., WENTZ, I. 2011. Estratégias de redução do catabolismo lactacional manejando a ambiência na maternidade.En Línea: http://suinotec.com.br/ arquivos\_artigos/Bortolozzo\_2010\_Estrategias\_de\_reducao\_do\_catabolismo\_lactacional\_manejando.pdf.

CAMARERO, L., DIAZ, J., ROMERO, F. 1996. Final treatments for anaerobically digested piggery slurry effluents. Biomass and bioenergy. Oxford. 11(6): 483-489.

CAMPOS, J. A. 2008. Ambiente térmico e desempenho de suínos em dois modelos de maternidade e creche, Viçosa, p. 187-193.

COUTINHO, G., MAGALHÃES, P., FORMIGONI, A., VALLE, G., MOREIRA, A. 2014. Conforto térmico e manejo de suínos na maternidade levando em consideração o bem-estar animal. Revista Nutritime. 11(1):3109-3119.

FORESTI, E. 1999. Fundamentos do tratamento anaeróbio. In: Campos, J. R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro: ABES. p. 29-52.

FUKAYAMA, E. H., LUCAS JUNIOR, J., AIRES, A., SILVA, A., OLIVEIRA, R. 2009. Produção de biogás utilizando cama de frangos de corte. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Geração de Energia a partir de Resíduos de Animais (1., 2009). Anais, Florianópolis, SC, Brasil. p 49-55.

HAMMAD, M., BADARNEH, D., TAHBOUB, K. 1999. Evaluating variable organic waste to produce methane. Energy Conversion and Memagement. Oxford. 40(13):1463-1475.

HESSAMI, M., CHRISTENSEN, S., GANI, R. 1996. Anaerobic digestion of household organic waste to produce biogas. Renewable Energy, Oxford. 9(1-4):954- 957.

ITABORAHY, C.R. 1999. Desempenho de sistemas estático e dinâmico com aguapé (*Eichhornia crassipes*) no tratamento de águas residuárias da suinocultura. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG. 65 p.

LAUREANO, D., VOLPATO, A., SIMON, L., GROSSKOPF, R., LIMA, J., OLTRAMARI, C., NUNES, M., MÜLLER, L. 2014. Avaliação fisiológica de leitões em diferentes sistemas de Aquecimento de escamoteador. In: XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia. Vitória-ES.

LUCAS Jr., J. 1987. Estudo comparativo de biodigestores modelo indiano e chinês. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil. 114 p.

LUCAS Jr., J. 1994. Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios. Tese (Livre-Doscência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 113 p.

LUCAS Jr., J., SANTOS, T. 2000. Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás. In: Simpósio de Resíduos da Produção Avícola, 2000, Concordia. Anais... Concórdia: CNPSA p. 27-43.

PANDORFI, H, et al. 2004. Analise de imagem aplicada ao estudo do comportamento de leitões em abrigo escamoteador. São Paulo. 1:82-99.

PERDOMO, C., FERNANDES, L., GUIDONI, A., FIALHO, F. 1999. Efeito da ventilação natural e mecânica sobre o desempenho de porcas em lactação. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 34(4):691-699.

PINOS-RODRÍGUEZ, J., GARCÍA-LÓPEZ, J., PEÑA-AVELINO, L., RENDÓN-HUERTA, J., GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, C., TRISTÁN-PATIÑO, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de américa. Agrociencia. 46: 359-370.

ROCON, J. 2014. Desempenho de frangos de corte e produção de Energia em biodigestores, utilizando-se três tipos de cama. Dissertação (mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil. 83 p.

RUIZ, R. y MUNARI, D. 1992. Microbiologia do rúmem e do biodigestor. In: RUIZ, R. L. Microbiologia zootécnica. Ed. Roca, São Paulo. p. 124-167.

SABINO, L., ABREU, P., SOUSA, V., ABREU, V., LOPES, L. 2012. Comparação de dois modelos de escamoteadores sobre o desempenho dos leitões. Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá. 34(1):21-25.

SINGH, S., SINGH, S. 1996. Effect of cupric nitrate on acceleration of biogas production. Energy Conversion and Management, Oxford. 37(4):417-419.

SILVA, W. T. et al. 2004. Estimativa de bem-estar de leitões utilizando a visão computacional. Revista Brasileira de Agroinformática. 6 (1):79-89.

SOUZA, C., LUCAS Jr., J. FERREIRA, W. 2005. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato - considerações sobre a partida. Eng. Agríc., Jaboticabal. 25(2):530-539.

SOUSA, M., FERREIRA, A., TINÔCO, I. 2011. Comportamento lactacional de porcas alojadas em diferentes tipos de maternidades. In: simpósio brasileiro de agropecuária sustentável, 2011, Viçosa, Anais... Viçosa [s.n.].

SPERLING, M. Von. 1996. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais. 243 p.

TORRES-CASTILLO, R., LLABRÉS-LUENGO, O., MATA-ALVAREZ, J. 1995. Temperature effect on anaerobic digestion of bedding straw in a one phase system at different inoculim concentration. Agriculture Ecosystems and Environment. 54(1):55-66.

VOERMANS, J.A., VERDOES, N., HARTOG, L.A. 1994. Environmental impacts of pig farming. Pig News and Information, Farnham Royal. 15(2):51-54.

.

**SECCIÓN C: CRONOGRAMA DE INVESTIGACIÓN**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Actividad** | | **Meses** | | | | | | | | | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| **1** | Acondicionamiento de la unidad experimental para la ejecución del experimento, construcción del biodigestor y de la fuente de calefacción de aire | **\*\*** | **\*\*** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **2** | Cargado, funcionamiento del biodigestor y pruebas iniciales de funcionamiento de los calentadores |  |  | **\*\*** | **\*\*** | **\*\*** | **\*** |  |  |  |  |  |  |
| **3** | Desarrollo de la fase experimental y toma de datos en campo |  |  |  |  |  | **\*\*** | **\*\*** |  |  | **\*\*** | **\*\*** |  |
| **4** | Redacción y presentación Informe parcial del proyecto de investigación |  |  |  |  |  | **\*\*** |  |  |  |  |  |  |
| **5** | Procesamiento y análisis de datos |  |  |  |  |  |  |  | **\*\*** | **\*\*** | **\*\*** | **\*\*** |  |
| **6** | Redacción del artículo científico |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **\*\*** | **\*\*** |
| **7** | Presentación del informa final |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **\*\*** |

4 / 9

**SECCIÓN D: PRESUPUESTO DEL PROYECTO**

|  |  |
| --- | --- |
| **Partida presupuestaria** | **Monto (S/.)** |
| 1. Equipos y bienes duraderos | 14623.00 |
| 1. Recursos humanos (hasta un 20% del presupuesto) | 0.00 |
| 1. Materiales e insumos | 4565.00 |
| 1. Pasajes y viáticos | 800.00 |
| 1. Servicios tecnológicos | 0.00 |
| **TOTAL** | **19988.00** |

**CUADRO Nº 1: Equipos y bienes duraderos (adjuntar proformas)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Equipos y bienes duraderos** | **Especificaciones técnicas** | **Proforma (fecha)** | **Costo unitario** | **Cantidad** | **Costo total S/.** |
| Compra de un biodigestor en geomembrana de PVC de 1.0 mm | Volumen total 12.5 m3, 1,27 m de diámetro x 10 m de largo, con gasómetro de geomembrana | 03/06/2020 | 3133.0 | 1 | 3133.0 |
| Construcción de ambiente para la instalación del biodigestor | Área techada de 6 m x 12m, postes y techo de madera cubierta con planchas de fibraforte |  | 7300.0 | 1 | 7300.0 |
| Balanza digital para pesaje de animales | Balanza digital con jaula incorporada para sujetar a los animales durante el pesado, capacidad 500 kg |  | 3500.0 | 1 | 3500.0 |
| Termómetros de máximas y mínimas |  |  | 80.0 | 1 | 80.0 |
| Termohigrómetros |  |  | 120.0 | 1 | 120.0 |
| Bomba de biogás para elevar la presión |  | 03/06/2020 | 490.0 | 1 | 490.0 |
| Total |  |  |  |  | **14623.0** |

**CUADRO Nº 2: Recursos Humanos - Valorización del equipo Técnico**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nombre** | **Escuela o Unidad a la que pertenece** | **% de dedicación** | **Honorario mensual** | **Nº de meses** | **Costo total S/.** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**CUADRO Nº 3: Material e insumos (adjuntar proformas)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Costo unitario** | **Cantidad** | **Costo total S/.** |
| Accesorios para instalar el biodigestor | 500.0 | 1 | 500.0 |
| Accesorios para construir los calentadores | 300.0 | 2 | 600.0 |
| Campana circular infrarroja a gas para calefacción | 120.0 | 1 | 120.0 |
| Bidones de 200 L para recojo de excretas | 80.0 | 2 | 160.0 |
| comederos para lechones | 50.0 | 3 | 150.0 |
| Ventilador para circular aire caliente | 180.0 | 1 | 180.0 |
| Lámpara a biogás con chsipero de encendido | 100.0 | 1 | 100.0 |
| Carretilla para transporte de excretas | 180.0 | 1 | 180.0 |
| Mantas para protección de viento | 5.0 | 35 | 175.0 |
| Jaula de parición para marrana | 1200.0 | 2 | 2400.0 |
|  |  |  | **4565.0** |

**CUADRO Nº 4: Pasajes y viáticos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Costo unitario** | **Cantidad** | **Costo total S/.** |
| Mano de obra para instalación de biodigestor | 120.0 | 5 | 600.0 |
| Mano de obra para construcción de fuente de calefacción de agua con biogás y de conexión con calentadores | 50.0 | 4 | 200.0 |
|  |  |  |  |
|  |  |  | **800.0** |

**CUADRO Nº 5: Servicios tecnológicos**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Descripción** | **Costo unitario** | **Cantidad** | **Costo total S/.** |
| **Análisis especializado** |  |  |  |
| **Software** |  |  |  |
|  |  |  |  |

**ANEXOS: Cotizaciones**



