BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO CON EL USO DE ACEITE DE PALMA EN DIETAS PARA CERDOS DE 45 KG A FINALIZACIÓN"

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PRESENTA

RAMIRO GUTIÉRREZ COLÍN

DIRECTOR DE TESIS

DR. CÉSAR FELICIANO PASTELÍN ROJAS

ASESORES

MVZ. VÍCTOR ALFONSO BALDERRAMA PÉREZ

MVZ. ENRIQUE VÁZQUEZ MANDUJANO

MARZO 2025

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO CON EL USO DE ACEITE DE PALMA EN DIETAS PARA CERDOS DE 45KG A FINALIZACIÓN”

Tesis

Para obtener el título de

Médico Veterinario y Zootecnista

Presenta

Ramiro Gutiérrez Colín

Director de Tesis

Dr. Cesar Feliciano Pastelín Rojas

Asesores

MVZ. Víctor Alfonso Balderrama Pérez

MVZ. Enrique Vázquez Mandujano

Tecamachalco, Puebla 2025

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermano, quienes fueron parte fundamental para cumplir y terminar esta etapa, que sin su apoyo y cariño, este logro no pudo haber sido posible.

También quiero dar mi más sinceros agradecimiento a las siguientes personas: al Dr. Cesar Feliciano Pastelin Rojas, por su apoyo incondicional para la elaboración del presente trabajo y regalarme parte de su tiempo. Al Dr. Enrique Vázquez Mandujano, por compartir sus conocimiento y adentrarme al mundo de la nutrición, por ende facilitarme el entendimiento de muchos temas necesarios para la elaboración del trabajo. Al Dr. Víctor Alfonso Balderrama Pérez, por brindarme el apoyo y la confianza para elaborar este escrito, además de aceptarme y formar parte de su equipo de trabajo. Al equipo de formulación y pruebas de campo, el Ing. Ramón Munguía O., Ing. Eloy Santos H., Mvz. Enrique Herrera C. y a Lic. Alan Espinoza G. quienes formaron parte de esta prueba y sin ellos no se hubieran cumplido los objetivos planteados. Por último y no menos importante al equipo de trabajo encargado de la granja donde se realizó la prueba, Sup. Fidel Martínez B., Juan Avilés G., Julián Landa y Uriel Roldan, quienes gracias a su apoyo y coordinación se realizó el trabajo de la mejor manera posible, además del cuidado y correcto manejo de las casetas y de los animales. A todos gracias, por aportar su grano de arena que me ayudo culminar con esta etapa y un nuevo inicio ahora como Médico Veterinario Y Zootecnista en busca de honrar la profesión.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi familia con quienes hemos hecho el sacrificio del tiempo familiar para lograr culminar esta etapa y dar inicio a una nueva, además de que seguirán siendo los motores que me impulsen para seguir cumpliendo nuevos objetivos. También esta dedicatoria va dirigida a mis asesores que me ayudaron a terminar con el presente trabajo para conseguir el título de Médico Veterinario Zootecnista.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS 3
DEDICATORIA 4
INDICE DE FIGURAS 6
INDICE DE TABLAS 7
RESUMEN 8
INTRODUCCION 9
Lípidos 9
Tipos de energía 11
La palma africana (*Elais guineensis*) 12
Proceso de extracción 14
El aceite de palma en territorio nacional 16
ANTECEDENTES 18
JUSTIFICACIÓN 19
HIPÓTESIS 20
OBJETIVO GENERAL 20
OBJETIVOS ESPECIFICOS 20
MATERIAL Y MÉTODOS 21
Animales e Instalaciones. 21
Diseño experimental 21
Tratamientos 22
Variables evaluadas 23
Análisis de los datos 23
RESULTADOS 24
DISCUSION 27
CONCLUSIÓN 29
BIBLIOGRAFÍAS 30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Hidrogenación de un ácido graso insaturado……..……11

Figura. 2. Incremento del calor como porcentaje de la energía metabolizable. Adaptado de Noblet y Van Milgen, 2004……12

Figura. 3. División de los tipos de energía. Adaptado de Rozeboom, 2011……13

Figura 4. Corte del fruto de la palma africana. Imagen tomada de Cala *et. al*., 2019 ……...……...14

Figura 5. Morfología del fruto. Imagen tomada de Forero, 2012…….……16

Figura 6. Municipios y estados de México con cultivo de palma africana……...…17

Figura 7. Diseño de la caseta y distribución de animales……...22

Figura 8. Comportamiento de la ganancia diaria de peso promedio por tratamiento…….…...…25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia del peso promedio (AVG) inicial y final respecto al T1 Control / T2 Prueba, en cada una de las naves……24

Tabla 2. Eficiencia alimenticia (EA), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) ……..….26

RESUMEN

El costo de la alimentación se considera el factor de mayor impacto, donde el requerimiento energético representa aproximadamente el 60% del costo de la fórmula. Actualmente existen en el mercado grasas y aceites que se pueden utilizar para cubrir el requerimiento energético, la disponibilidad de estos varia respecto a la zona geográfica, sin embargo en algunos trabajos han mostrado los beneficios que tienen, como lo es el aceite de palma africana. En varios estados de la república mexicana, la palma africana ha ganado su lugar dentro del campo, lo cual favorece su utilidad dentro de la entidad federativa. En esta investigación se analizó el desempeño productivo de los cerdos, alimentados con 2 dietas formuladas con diferente fuente energética, donde T1 control se usó sebo y el T2 prueba se realizó con aceite de palma. Se trabajó con 3,098 cerdos distribuidos en 3 naves, con un peso promedio inicial de 49.52 kg hasta su peso final de 135 kg en promedio, cada cerdo fue aretado de manera individual para llevar su registro. Cada nave contó con 2 líneas de alimentación, una por cada lado conectada a un silo independiente para facilitar la alimentación por cada tratamiento. Para obtener la información se realizaron 3 pesajes de muestreo para obtener los datos y determinar el comportamiento productivo, en el cual no mostraron diferencias, principalmente en los pesos finales e iniciales, al igual que la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y en la eficiencia alimenticia. La principal diferencia entre ambas fuentes energéticas se manifiesta en el aspecto económico, ya que el costo del sebo es más caro en comparación del aceite de palma, además de que no afecta en el desempeño productivo de los animales pero que si favorece la rentabilidad de la producción.

INTRODUCCION

Los cerdos son considerados omnívoros ya que pueden consumir alimentos de origen vegetal y animal, por lo que se ha establecido que su digestión se considere principalmente de tipo enzimática (Pinheiro, 1987). Por otra parte, el cerdo es considerado herbívoro bajo la domesticación, teniendo una alta degradación de tipo microbiana respecto a la material vegetal, proceso que se da en el intestino grueso (Dukes y Swenson, 1981). La alimentación como fuente energía y nutrición en cerdos en nuestro país es principalmente a base de proteínas, hidratos de carbono, y grasas, las cuales se obtienen de los cereales, ya sean pastas de soya, sorgo, cebada, quinoa, ajonjolí, algodón, girasol, cártamo y maíz blanco o amarillo, también se utilizan subproductos como: papa cocida, plátano maduro, el salvado de trigo, carne, huesos o sangre, melaza de caña, harina de alfalfa, harina de pescado (Muñoz *et. al*., 1998).

Lípidos

Los lípidos se consideran un grupo de sustancias insolubles, pero solubles en solventes de tipo orgánicos, que incluyen los triglicéridos (comúnmente llamados grasas o aceites), esteroles y fosfolípidos (Azcona, 2013). Los lípidos en la dieta son consumidos principalmente como triglicéridos o fosfolípidos que están presentes en cereales, o de manera concentrada mediante aceites extraídos de semillas o como grasa animal (NRC, 2012).

Millán, 2012 menciona que las grasas y aceites son con frecuencia clasificados erróneamente, comúnmente se denomina “grasa” cuando a temperatura ambiente su consistencia es sólida y cambia a liquida entre los 30°C y 45°C (regularmente de origen animal) o como aceite cuando es líquida a temperatura ambiente, a partir de una temperatura que va de los 0°C a los 10°C (mayormente de origen vegetal). Las grasas no solo se encuentran y ciertos productos en las que se pueden observar como: el aceite de oliva o la grasa visible de la carne, la mantequilla con un 50.1% de AGS. También las grasas se encuentran en diversas productos como una de sus propiedades, en esos productos es complicado observarlo sin embargo algunos ejemplos de este tipo de grasas tenemos la que contiene los frutos secos, la que contiene la leche y en los pescados. Las grasas son un conjunto de mezclas de triglicéridos, principalmente están formados por tres moléculas de ácidos grasos y una de glicerol y las diferencias entre ellas dependen

de la manera en la que se fundamente su composición en ácidos grasos que, principalmente la razón diferencial es por el número de átomos de carbono y de dobles enlaces. Los ácidos grasos pueden ser identificados de diversas maneras, una forma usual es identificar el número de carbonos en la cadena del ácido graso, seguido del número y ubicación de los dobles enlaces también dependiendo de la composición de ácidos grasos puede brindarle el grado de saturación (Figura 1)

Figura. 1. Hidrogenación de un ácido graso insaturados

La grasa es uno de los principales componentes en la alimentación de los cerdos, no sólo por el papel nutricional sino también por el impacto económico que puede llegar a tener, reduciendo o elevando el costo de la dieta. Además, de proporcionar energía y como fuente de ácidos grasos esenciales. En la dieta, Las grasas y aceites son una fuente concentrada de energía con alta digestibilidad y bajo incremento calórico en comparación con otros tipos de fuentes como se muestra en la figura 2 (Kellner, 2017). Las fuentes de grasa principalmente utilizadas en la alimentación de los cerdos pueden ser clasificada en tres grupos principales: las grasas de origen animal, en la que se incluye principalmente el sebo; el otro tipo son las grasas vegetales, como el aceite de soya, de maíz, canola y palma, y por último las que provienen de alguna industria como residuo y que en ocasiones pueden estar mezcladas las de origen animal con las de tipo vegetal, como la grasa amarilla o el aceite acidulado (Lauridsen *et al*., 2007).

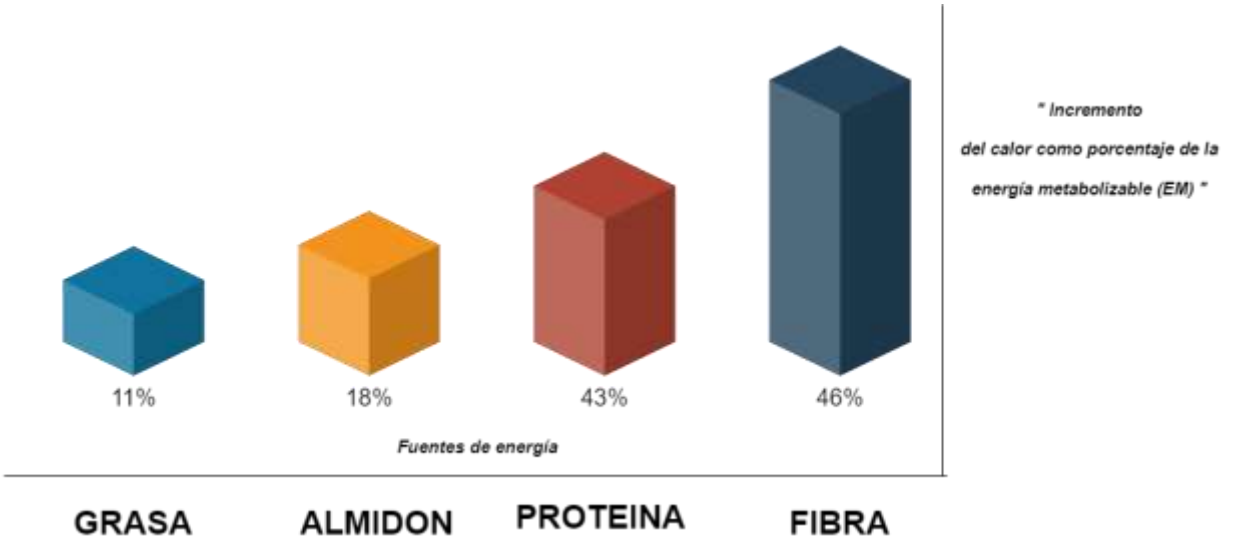

Figura. 2. Incremento del calor como porcentaje de la energía metabolizable. Adaptado de Noblet y Van Milgen (2004).

Tipos de energía

La energía es dividida de acuerdo con la manera en que se determina, y esto a su vez en congruencia con los procesos fisiológicos. La energía contenida en los ingredientes es determinada con un calorímetro, la cual se expresa en energía bruta (EB). La energía digestible (ED) representa el consumo de EB, menos la energía encontrada en la materia fecal. La energía metabolizable (EM), se obtiene restando de la ED, la energía liberada se obtiene durante la combustión de la producción de orina y gases, la energía neta (EN) es la EM menos el incremento calórico, que corresponde a la energía utilizada en la digestión y metabolismo de nutrientes, la EN se considera como el sistema más preciso para predecir el rendimiento productivo y a su vez está dividida en energía neta de mantenimiento (ENm), es la energía necesaria para mantener las funciones vitales y la energía neta de producción (ENp), es la que se utiliza para la síntesis de proteína, acumulación de grasa, en el caso de las reproductoras el desarrollo fetal y producción de leche como se muestra en la figura 3 (NRC, 2012).

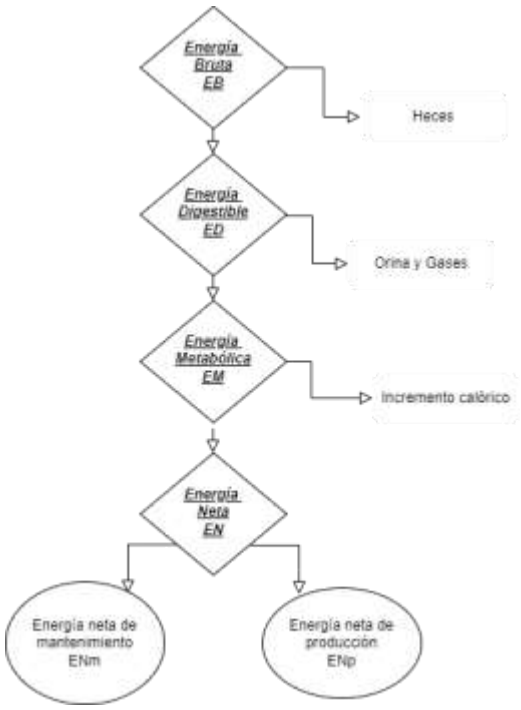

Figura. 3. División de los tipos de energía. Adaptado de Rozeboom (2011).

La palma africana (*Elais guineensis*)

Es una planta perenne considerada una de las fuentes principales de aceite vegetal cultivado por su alta productividad. La forma de su tronco (estipe) cilíndrico sin ramificaciones basales, se ha considerado que puede alcanzar hasta 25 metros de altura o más, en cultivos industriales la altura máxima suele ser de 10 a 15 metros como se observa en la figura 4 (Forero *et al*., 2012).

Figura 4. Corte del fruto de la palma africana. Imagen tomada de Cala *et. al.*, 2019.

La inflorescencia pistilada es en forma de racimo globoso de 30 centímetros. El racimo es sostenido por un pedúnculo el cual suele ser corto y fuerte, en el centro de racimo se encuentra un raquis esférico donde se ubican numerosas ramillas o espigas, cada una con varias flores. En la figura 5 se puede observar el fruto o nuez de palma africana es una drupa sésil, ovoide, color verdoso a negro rojizo en la parte superior; la inferior es siempre amarrilla (Forero *et al*., 2012).

El fruto en la literatura se describe de forma esférica, ovoide o elongada. El pericarpio está conformado por el mesocarpio, exocarpio y endocarpio, este último es el que recubre a la almendra (Corley, 1976; Siew *et al*., 2003). La apariencia los frutos puede llegar a variar de acuerdo como haya sido su desarrollo. La coloración por lo regular es de color violeta tipo oscuro, aunque antes de la maduración este puede presentarse un color verde amarillento. Una vez de haber cosechado el fruto, se tiene que remover el exocarpio y el mesocarpio del fruto para que así la semilla se pueda someter a un proceso de secado, este proceso se hace con la finalidad de evitar su germinación para finalmente poderla almacenar (Corley y Tinker, 2023).

De la pulpa de los frutos y la semilla (almendras) se obtiene el aceite. El aceite está constituido por glicerol (Ngoan *et al*., 1998) y una combinación de ácidos grasos insaturados (monoinsaturados, poliinsaturados) y saturados (Ocampo y Lean, 1999). De los ácidos grasos insaturados conforman un 40% de ácido oleico (monoinsaturados) y

10% de ácido linoléico (poliinsuturado). En contraparte los ácidos grasos saturados conforman un 5% de ácido esteárico y un 44% de ácido palmítico (Mendoza *et. al*., 2004). Por otra parte, el aceite de palma es rico en vitamina A y E, y tiene un efecto protector contra las aflatoxinas (Ocampo y Lean, 1999).

Proceso de extracción

Generalmente el aceite de palma extraído dentro de las industrias se realiza para la alimentación humana. Obteniendo además dos subproductos, una parte sólida y otra liquida, de la parte solida se fabrican margarinas y aceites vegetales y de la parte liquida se usa como un aceite para consumo humano (Cala, *et. al*, 2019).

El desfrutamiento se realiza mediante la utilización de tambores rotatorios, es considerada una de las partes más importantes del proceso ya que gracias a esto se realiza el desgrane y la separación de los frutos, una vez recolectada la fruta, esta deberá pasar por un proceso de esterilización, el fruto será sometimiento a ciertas condiciones de temperatura y presión durante un periodo de 75 minutos a 140° y 150° centígrados (Reinosa, 2009). Después de haber logrado el desgrane y separación de los frutos, se realiza el prensado de estos para extraer el aceite de la pulpa de los frutos por medio de grandes prensas de tornillos lo cuales pueden ser o no hidráulicos, se obtienen dos tipos de aceites: el aceite rojo a partir del mesocarpio o pulpa de los frutos y el aceite de almendra o palmiste el cual se origina del endospermo como se observa en la figura 5. (Alemán *et al*., 2014).

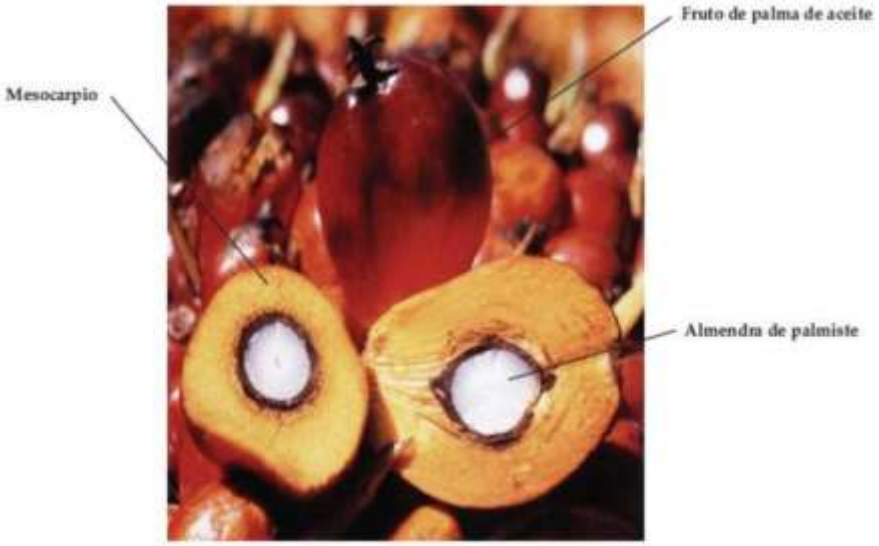

Figura 5. Morfología del fruto. Imagen tomada de Forero, 2012.

Después de haber extraído el aceite de la pulpa de los frutos, debe pasar por un proceso de purificación para separar el aceite del agua entre otras impurezas que se pueden encontrar, después del prensado del fruto. Para lograrlo se utilizan centrifugas para realizar una purificación final del aceite, obteniendo también aceite residual el cual puede estar presente en los lodos. Posterior a este procedimiento pasa por un segundo proceso de centrifugación disminuyendo el porcentaje de agua aún más, en un 0.24% y las impurezas en un 0.006%. Finalmente, para lograr una recuperación mayoritaria del aceite debe pasar por un secado final logrando disminuir aún más el porcentaje de agua. Cabe destacar que la calidad del aceite se mide según el grado de acides al salir de la planta extractora el grado máximo de acides permitido es del 3%. Para la eliminación de impurezas se realiza normalmente de manera manual con ayuda de un cernidor (Alemán e*t al*., 2014).

El aceite de palma en territorio nacional

Aceites como el de palma o coco son sólidos a temperatura ambiente esto es por el grado de saturación de los ácidos grasos que los componen (Kellner, 2017). Hoy en día se estudian y se utilizan ingredientes alternativos en los cerdos de producción, sustituyendo ingredientes tradicionales en mejora de la rentabilidad de la producción porcina (García *et al*., 2012). Por otra parte, en los países tropicales se está utilizando el aceite de palma africana para el crecimiento y engorda en cerdos en granja (Preciado y Arrollo, 2007). Además, del proceso de extracción, surgen subproductos como la harina de palmiste. (Ocampo y Lean, 2001).

Actualmente se ha demostrado que la palma africana es la oleaginosa que produce mayor cantidad de aceite, llegando a contener en sus frutos hasta un 50%. Produciendo por hectárea de 3000 a 6000 kg al año (Ávila y Albuquerque, 2018). En México el rendimiento promedio es de 12.8 toneladas por hectárea por lo cual se ha considerado que supera a otras oleaginosas tradicionales, considerándose cada vez más como un cultivo predilecto que sirve para la fabricación de aceite vegetal (Mazariegos, *et al*., 2014).

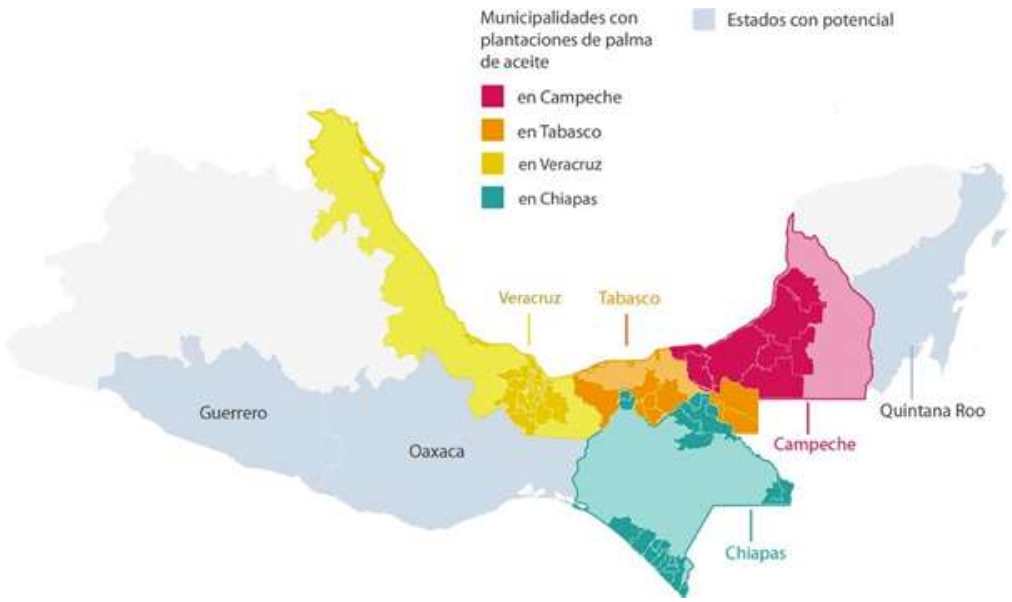

Figura 6. Principales estados de la república mexicana con cultivo de palma africana. Imagen tomada del servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura SIAP-SAGARPA, 2017.

En el año 2020 en algunos estados de la república mexicana como se muestran en la figura 6, se localizaban 18 plantas de beneficio las cuales juntas tienen una capacidad de producción de 47 TRRF (toneladas de racimos de fruta fresca) de las cuales se están distribuidas de la siguiente manera: 12 en Chiapas, 3 en Campeche ,2 en tabasco y una en Veracruz. En primer lugar, se encuentra el estado de Chiapas con aproximadamente 4941 mil productores después Veracruz con 981 productores y finalmente el estado de tabasco con 710 y Campeche con 294 productores. Las hectáreas por estado sembradas en Campeche son 30563, Chiapas 51165 ha, tabasco 27520 ha, Veracruz 8065ha. Dentro de los países americanos Colombia es el principal productor por ha con 500000 ha a diferencio de México con 113600 (Castellanos, 2018).

ANTECEDENTES

En una publicación difundida por Fedepalma (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite) realizada por Ocampo y Lean, 2001. Mencionan que el uso de dietas con un elevado contenido de lípidos, utilizadas en cerdos en crecimiento y engorde, no afectaron en el nivel y grosor de grasa intramuscular ya que fue similar a la obtenida en cerdos alimentados con una dieta a base de maíz. Por lo tanto, el grosor total de grasa intramuscular y de lomo es también similar en los cerdos alimentados con dietas de maíz y en los que recibieron una dieta a base de aceite de palma africana (Ocampo y Lean, 2004). El fruto de palma africana, como fuente principal de energía en las dietas formuladas para alimentación de cerdos de engorde, es una de las mejores opciones además de ser viable y económica, principalmente en producciones intensivas por el tipo de manejo de conservación de los subproductos obtenidos de la palma africana de acuerdo al grado de madurez en la que se coseche. Sin embargo, en el trabajo mencionan que es conveniente ofrecer fuentes de carbohidratos que además proporcionen buenos niveles de grasas para lograr mejores efectos sobre la ganancia de peso (Duran, 1994).

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias México y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, demostraron los siguientes resultados. A partir de 4 tratamientos considerando los siguientes porcentajes de inclusión de aceite de palma africana de 0, 10, 20 y 30 % de aceite en la dieta, con un peso vivo inicial de 34.3 $\pm$ 2.3 Kg. Se encontró que el consumo de alimento bajo de manera lineal conforme se dio un aumento progresivo de los niveles de inclusión del aceite de palma, pero la eficiencia alimenticia mejoró linealmente conforme se incrementó el nivel de inclusión. Respecto a la ganancia diaria de peso no se observaron diferencias significativas al igual que los pesos finales y en el marmoleado del canal. Por lo tanto los resultados obtenidos mencionan que es posible sustituir hasta el 70% de la EM total a utilizar en una dieta convencional para cerdos en engorda, utilizando aceite de palma africana sin afectar negativamente el comportamiento productivo, la calidad de la carne y el rendimiento del canal (Mendoza *et al*., 2004).

JUSTIFICACIÓN

La alimentación es parte fundamental en la producción animal, una dieta deficiente afecta en su desarrollo al no cumplir sus requerimientos nutricionales esenciales para los procesos vitales, según la etapa en la que se encuentren (García *et al*., 2012). El costo de la alimentación, es la parte económica de mayor impacto en la producción porcina y la energía representa la mayor parte de ese costo, las grasas y aceites se han considerado de uso común en las dietas de los cerdos (Lauridsen *et al*., 2007). Por tal motivo la precisión en la valoración de la contribución energética y la factibilidad de su uso son necesarias para comprender que fuentes de materias primas pueden utilizarse, sin embargo, hay poco consenso sobre cómo valorar la grasa dietética entre diversas fuentes, composiciones y características químicas (Cantoni, 2016).

Actualmente se han probado nuevos productos, es el caso del aceite de palma, teniendo un comportamiento productivo similar, sin afectar la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia. En un trabajo publicado por Lauridsen *et al*., 2007 se observó que la digestibilidad en cerdos en crecimiento fue similar en dietas con aceites, uno de ellos aceite de palma, comparado con la fuente de grasa animal (62.1%- 67.8%). En otro trabajo realizado por Maribo, 2010, demostraron que no había diferencias significativas respecto a la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, cuando se utilizaron dietas que contenían grasa de origen animal o aceites como fuentes de energía. Por lo tanto en el siguiente trabajo se plantea la opción de poder utilizar el aceite de palma como fuente de energía para sustituir la grasa animal que estaba siendo utilizada con la finalidad de evaluar el desempeño productivo de los cerdos en crecimiento.

HIPÓTESIS

El desempeño productivo de los cerdos de 45 kg a finalización es igual sin importar si la grasa usada en la dieta es sebo o aceite de palma como fuente energética.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el desempeño productivo de los cerdos a finalización alimentados con dietas que incluyan aceite de palma.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Monitorear el desarrollo de los cerdos a finalización utilizando en la dieta aceite de palma.

- Comparar el crecimiento y el comportamiento respecto a los consumos de los cerdos hasta su finalización, en cada una de las etapas utilizando aceite de palma en la dieta.

MATERIAL Y MÉTODOS

Animales e Instalaciones

El trabajo se realizó en una granja comercial ubicada en el municipio de Perote, Veracruz, México. Los cerdos como biomodelos experimentales cumplen con el lineamiento de manejo y bienestar animal establecido por las normativas institucionales. Se utilizaron 3,098 cerdos (1660 hembras y 1438 machos de la línea PIC 800, con un peso vivo inicial de 49.52 kg cada cerdo fue aretado de manera individual para llevar su registro. Los animales fueron distribuidos en tres naves de aproximadamente 1000 cerdos cada una.

Las instalaciones de la caseta contaron con piso tipo slat (piso con rejilla) para evitar el exceso de humedad, con bebederos de tipo chupón y comederos tipo tolva que alimentan 2 corrales continuos. Cada caseta contó con 2 líneas de alimentación, una por cada lado conectada a un silo independiente para facilitar la alimentación por cada tratamiento, cada silo tenía instaladas celdas de carga que permiten medir el consumo de alimento por cada una de las líneas de alimentación. El control de la ventilación y temperatura fue mediante cortinas, extractores y ventiladores con un sistema automatizado que responde a sensores dentro de la caseta para siempre mantener el confort de los animales. Los cerdos tuvieron acceso a agua y alimento en todo momento, además de que se respetaron los lineamientos de manejo y bienestar animal establecidos por la unidad de producción (Manejo general, control de la temperatura y ventilación, y tratamiento oportuno).

Diseño experimental

- Cada una de las naves fue alimentada con los dos dietas.
- La unidad experimental será el comedero, el cual se conforma por los cerdos de dos corrales continuos.
- Los cerdos se dividieron en dos grupos: El primero es el grupo control (T1 sebo de res), cerdos que serán alimentados con una fórmula con sebo de res, y el segundo grupo experimental (T2 aceite de palma); cerdos que se alimentarán con aceite de palma.

- Para cada tratamiento se formularon cuatro dietas (Crecimiento 40 a 60 kg, Desarrollo 60 a 90 kg, Finalizador 90 a 110 kg y Final ractopamina 110 kg – venta) con el mismo perfil nutricional por cada una de las etapas.
- Los silos de las naves cuentan con celdas de carga, lo cual permitirá medir el consumo de alimento por tratamiento al final de cada pesaje considerando los remanentes por comedero.
- Se registró la cantidad de alimento servido por día, calculado por el tiempo de trabajo del motor al servir en cada comedero.
- Al término de cada fase de alimento se realizará el pesaje de los animales, la información obtenida se utilizará para calcular la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y costo de producción (Figura 7).

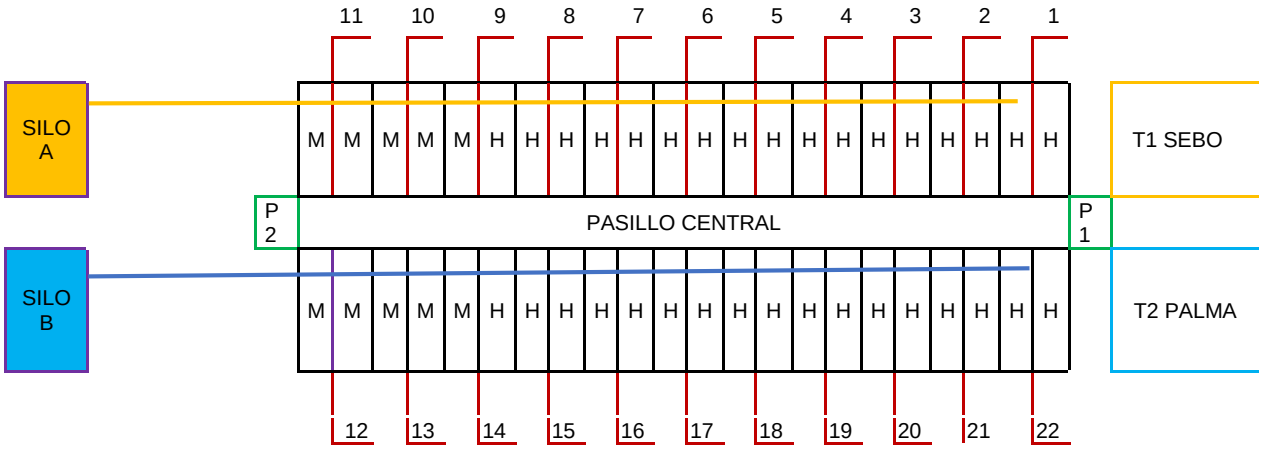

Figura 7. Diseño de la caseta y distribución de animales. Machos (M), hembras (H), comederos (numeración 1-22), puertas (P1 entrada y P2 salida), almacenes de alimento con celdas de carga (silo A y silo B), por ultimo líneas de distribución de alimento con gusano rotacional motorizado para su movimiento (línea naranja T1 control sebo y línea azul T2 prueba aceite de palma.

Tratamientos

La alimentación de los animales fue en su totalidad controlada a través de la medición de alimento servido por día desde el inicio de la prueba hasta su finalización (venta) de los animales. Se utilizaron 4 fases de alimentación diferentes (fase 1 de 43 a 63 kg de PV, fase 2 de 63 a 97 kg de PV, fase 3 de 97 a 111 kg de PV y fase 4 de 111 kg de PV a venta) con 2 tratamientos por fase, los tratamientos tuvieron el mismo nivel de energía,

así como también la relación digLys:EN, y las relaciones de aminoácidos limitantes, solamente se sustituyó la fuente de energía. Como dieta control se utilizó sebo de res, y en el segundo tratamiento se sustituyó el sebo de res por aceite de palma.

Los cerdos fueron pesados de manera individual al inicio de la prueba para así, del total de corrales de machos y de hembras en cada una de las casetas fueran divididos en 2 tratamientos en función de los pesos promedio por corral y coeficiente de variación dentro del corral.

Variables evaluadas

- Ganancia diaria de peso por fase: Se obtuvo al dividir el promedio de los pesos finales entre las 12 semanas de estancia (84 días).
- Peso vivo promedio inicial y final: Los datos se obtuvieron en cada uno de los pesajes serán considerados considerando los pesos iniciales y final por cada una de las naves.
- Consumo de alimento: Se registró diariamente, cada ocho días, se realizaron cortes para analizar el consumo alimento de manera semanal, registrando la cantidad, cuidando que no falte o sobre alimento entre el remanente inicial y final por cada una de las fases.
- Conversión alimenticia: Se estimó al dividir el consumo de alimento y la ganancia de peso que alcanzaron los animales en cada una de las fases.

Análisis de los datos

Todos los datos serán presentados como las medias por comedero (Peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento, eficiencia y conversión alimenticia). Finalmente, los datos serán analizados bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2*2 (2 Fuentes de energía en la dieta) el peso inicial podrá ser usado en el análisis como covariable, además de establecer un estudio por ANOVA y T de Student para conocer la distribución de los datos. El nivel de significancia fue de $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

En la tabla número 1 se muestra el peso promedio inicial (AVGINI) y final (AVGFIN) de cada una de las tres naves y la diferencia que hay entre los valores expuestos. En la nave 1, tratamiento 2 prueba, comenzó con 0.010 ± 2.06 kg por arriba del peso promedio, a pesar de ser poca la diferencia, aumento al final a 0.600 ± 2.571 kg más que el T1 control. En la Nave 2, tuvo un comportamiento diferente a la nave 1, en esta nave el peso promedio inicial el T1 control comenzó con 0.060 ± 2.318 kg arriba del peso promedio del T2 prueba, a pesar que también la diferencia fue mínima, al final represento un aumento mayor, donde los pesos promedios finales fueron 1.510 ± 2.142 kg más que el T2 prueba. Finalmente la nave 3 tuvo un comportamiento con pocas diferencias en sus pesos promedios, respecto al peso promedio inicial, el T2 quedo arriba con 0.020 ± 2.248 kg, tal diferencia no daría pauta a ganar mayor ventaja, ya que cerró con una diferencia en sus pesos promedios finales de 0.090 ± 2.267 kg, quedando arriba el T2.

Tabla 1. Diferencia del peso promedio (AVG) inicial y final respecto al T1 Control / T2 Prueba, en cada una de las naves.

	AVGINI	AVGFIN	DIF T1/T2 INI	DIF T1/T2 FIN
Nave 1				
T1 Control	49.42 ± 2.06	133.37 ± 2.571	-0.010	-0.600
T2 Prueba	49.43 ± 2.06	133.97 ± 2.571		
Nave 2				
T1 Control	48.49 ± 2.318	137.34 ± 2.142	0.060	1.510
T2 Prueba	48.43 ± 2.318	135.83 ± 2.142		
Nave 3				
T1 Control	50.67 ± 2.248	137.17 ± 2.267	-0.020	-0.090
T2 Prueba	50.69 ± 2.248	137.26 ± 2.267		

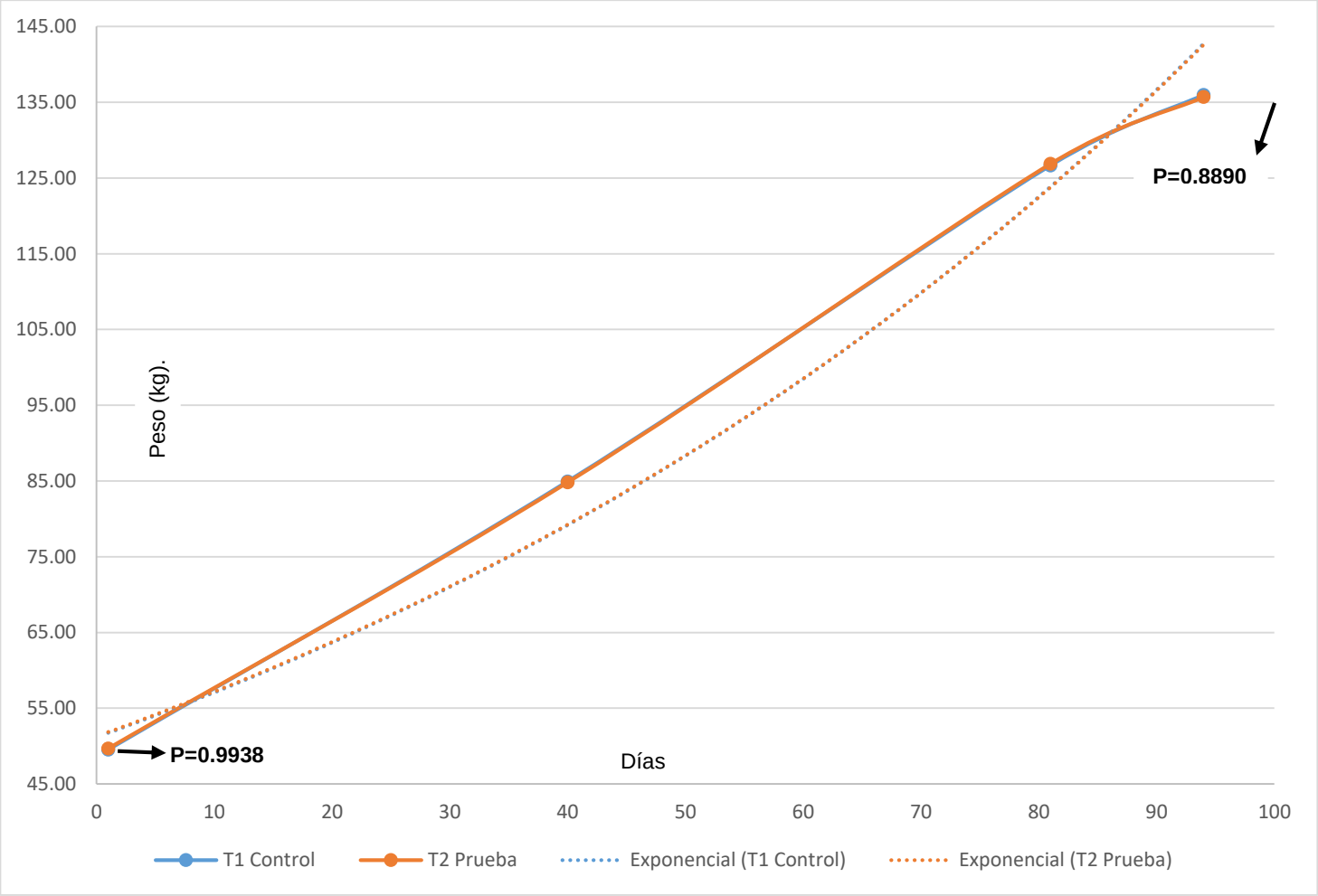

Figura 8. Comportamiento de la ganancia diaria de peso promedio por tratamiento.

En la figura 7, podemos observar el comportamiento de los pesos promedios por tratamientos, desde el día 1 inicio de la prueba, hasta el día 93, día término de la prueba. El eje “y” representa los pesos de los animales en kilogramos y el eje “x” los días que duró la prueba. Respecto a la información graficada, se puede observar un comportamiento similar y relativamente constante desde el día 1 (P=0.9938) y durante los pesos promedios obtenidos a los 40 y 81 días, sin embargo en los pesos promedios iniciales hubo una diferencia significativa respecto al valor de $P<0.05$. En cuanto a los pesos finales, se mostró una ligera diferencia, como se observa en la línea exponencial

T1 control. La principal explicación se atribuye a que en este tratamiento se encuentran gran parte de los pesos más altos (P=0.8890).

Tabla 2. Eficiencia alimenticia (EA), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA).

Nave 1	EST (DIAS)	INV	EA	GDP (KG)	CA (KG)	INV	EA	GDP (KG)	CA (KG)
Fase 1. 43-63 kg	39	45.18	0.487±0.146	0.826±0.0542	2.21±0.2153	43.9	0.47±0.146	0.793±0.0542	2.36±0.2153
Fase 2. 63-111 kg.	41	43.18	0.344±0.0122	0.825±0.0122	2.93±0.1037	41.81	0.34±0.0122	0.856±0.0122	2.92±0.1037
Fase 3. 111 kg a venta.	13	43	0.379±0.0269	1.093±0.0896	2.74±0.2593	41.55	0.36±0.0269	1.103±0.0896	2.85±0.2593
Nave 2									
Fase 1. 43-63 kg	39	42.54	0.486±0.0122	0.888±0.0371	2.2±0.0787	43.18	0.49±0.0122	0.887±0.0371	2.13±0.0787
Fase 2. 63-111 kg.	41	41.36	0.364±0.0121	0.988±0.0416	2.77±0.1004	42	0.36±0.0121	0.982±0.0416	2.76±0.1004
Fase 3. 111 kg a venta.	14	41.27	0.368±0.0424	1.055±0.0424	2.82±0.3358	41.73	0.3±0.0424	0.865±0.0424	3.23±0.3358
Nave 3									
Fase 1. 43-63 kg	39	47	0.481±0.0103	0.844±0.0103	2.30.2815	47.45	0.47±0.0103	0.837±0.0103	2.270.2815
Fase 2. 63-111 kg.	41	45.63	0.363±0.0102	0.959±0.0102	2.77±0.4751	45.54	0.35±0.0102	0.937±0.0102	2.79±0.4751
Fase 3. 111 kg a venta.	14	44.82	0.256±0.0314	0.779±0.0314	3.84±0.5086	45	0.28±0.0314	0.864±0.0314	3.74±0.5086

En la tabla número 2 se muestra las siguientes variables obtenidas al corte de los 3 pesajes de monitoreo realizados durante la prueba. La estancia en días (EST), el inventario promedio que contaba cada uno de los 11 comederos (INV), la eficiencia alimenticia (EA) y la conversión alimenticia (CA). Respecto a la eficiencia alimenticia el comportamiento fue similar desde el inicio (P=0.5776) hasta el final (P=0.5453) en ambos tratamientos, incluso por naves y en cada fase, como se muestra en la tabla. Sin embargo, en la ganancia diaria de peso de las naves 1 y 3, se reflejó un compartimiento similar a la EA (P=0.5638), con una mínima diferencia entre tratamientos a excepción de la nave 2 T1 control para ser precisos en la última fase, con casi 0.200 ±0.0424 kg de diferencia, con el T2 prueba. Por ultimo en la conversión alimenticia, la nave 1 y 3 en ambos tratamientos terminaron cada fase con una conversión similar en ambas naves

(P=0.9633), aunque únicamente en la nave 2, fase 3 se reflejó en el T2 prueba una diferencia de 0.400 ±0.3358 kg con el T1 control, la cual es considerada alta (P=0.6542).

DISCUSION

En la actualidad la disponibilidad de fuentes energéticas de origen vegetal con una utilidad confiable, es limitada. Sin embargo para comparar el sebo de res (T1), se optó por el aceite de palma (T2) por la divulgación de algunos resultados favorables comparados con otras fuentes energéticas de origen vegetal. Uno de ellos fue realizado por Lauridsen *et al.* 2007, en el cual demostró comparando varias fuentes de grasas vegetales (aceite de palma, aceite de coco, aceite de colza) que podrían usarse como alternativas de grasa en dietas para cerdo de destete y crecimiento, siendo el aceite de palma uno de los cuales demostró buenos resultados.

Respecto a los niveles de inclusión de las fuentes energéticas, se demostró que a medida que disminuyeron los niveles de inclusión de sebo y aceite de palma, fue incrementando el consumo, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, en ambos tratamientos. Estos resultados concuerdan con los referidos un estudio realizado por Wieland *et al*.,1993, en el ensayo menciona que el uso de fuentes energéticas representa una nueva oportunidad para aumentar su uso principalmente de los aceites, como el aceite de palma por los beneficios que represento, como lo es en la supervivencia de los lechones y animales en crecimiento, gracias al consumo de alimento que tuvieron y la ganancia diaria de peso, además de generar niveles claves de grasa corporal en canal.

La incorporación del sebo de res (T1 Control) y de aceite de palma (T2 Prueba) en el pellet del alimento, además de mejorar su calidad disminuyendo la cantidad de finos al llegar como destino final a los comederos. También favorece el sabor del alimento, punto importante ya que influye en el consumo de alimento, la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia al igual que el desarrollo muscular. Tal como se observó en un trabajo realizado por Devendra y Hutagalung, 1978; Balogun y Fetuga, 1984, en el cual incorporaron un tipo de aceite como fuente energética, con una inclusión del 2% y 8% del total de la material seca, mencionan que lograron reducir las impurezas que afectaran la calidad del alimento, además de que mejoraron el sabor al incrementar los niveles de

energía. De igual manera, exponen que se obtiene una mejora en la ganancia diaria, la eficiencia alimentaria y sin afectar las características del canal.

Respecto al canal de los animales, el peso promedio en canal fue similar en ambos tratamientos; sin embargo, en un estudio realizado por Gatlin *et al*., 2003, demostró que el uso de fuentes de grasa con niveles altos de ácidos grasos saturados, como el aceite de palma, favorece la grasa corporal del canal, al tener mayor firmeza, ya que puede soportar puntos de fusión altos, además sin sacrificar el rendimiento del canal y el crecimiento del animal. La grasa dorsal de los canales se determinó dentro de rango en ambos tratamientos, aunque sería de gran importancia analizarlo en cada uno de los diferentes cortes. Sin embargo, hay estudios que demuestran que si se logra una mejorar en la calidad de la carne, como lo menciona Ocampo *et al*., 2001: Ocampo y Lean, 1999. Demostraron que además de obtener buenos niveles de grasa dorsal, la carne fue de excelente calidad, lo anteriormente mencionado lo lograron sustituyendo una dieta basada en solo carbohidratos, principalmente maíz, por una dieta alta en lípidos basada en aceite de palma, además detectaron un alto enriquecimiento de vitamina E en la carne, lo cual es importante ya que nos ayuda a reducir la oxidación lipídica y por ende la mejora de la calidad de la carne.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación permiten obtener las siguientes conclusiones: No hay diferencias significativas respecto a la ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y conversión alimenticia. Los pesos muestreados fueron similares en ambos tratamientos, sin embargo los pesos más altos a la venta (135 kg) se presentaron en el tratamiento 1 control, a pesar de ello no afecto en los resultados. El costo fue el factor diferencial para determinar que el aceite de palma tiene una mayor rentabilidad, ya que el costo del sebo es más elevado.

BIBLIOGRAFÍAS

Ávila-Romero, A., y Albuquerque, J. (2018). Impactos socioambientales del cultivo de palma africana: los casos mexicano y brasileño. Economía y Sociedad, 23(53), 62-83.

Alemán Montenegro, A. R., Díaz Sierra, I., Romero Obregón, S. D. M. D. R., Sáenz Bolaños, R. M., & Ruiz Colmenares, A. L. (2014). Estudio técnico y económico de la elaboración de concentrado para porcinos en etapa de engorde utilizando aceite de palma africana y subproductos de su extracción (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala).

Azcona, Á. C. (2013). Manual de nutrición y dietética. Departamento de Nutrición-M-008157. Madrid.

Balogun, O.O.; Fetuga, B.L. 1984. Influence of methionine and palm oil supplementation of cassava flour-soybean meal diets on performance, nitrogen retention and rate of tissue deposition in weanling pigs. Livestock Production Science, v.11 no.3, p.315-327.

Castellanos, A. (2018). Palma de aceite en tierras campesinas: la política de las transformaciones territoriales en Chiapas, México. Revista Pueblos y fronteras digital, 13.

Cantoni, C. A. F. (2016). Evaluación del desempeño zootécnico de cerdas alimentadas con diferentes niveles de energía metabolizable en etapa de lactancia.

Corley, R. (1976). Inflorescence abortion and sex differentiation. Developments in crop science, vol. 1, Oil palm research (pp. 37- 54). Amsterdam, Netherlands.: Elsevier

Corley, R. y Tinker, P. (2003). The oil palm (Fourth edi., p. 562). Oxford: Blackwell Science Ltd.

Cala G., G, Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, F, Servicio Nacional de Aprendizaje, S y Bernal C., G. (2019). Procesos modernos de extracción de aceite de palma. Recuperado de: http://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/107713

Durán, A. O. (1994). Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. Livestock Research for Rural Development, 6(1).

Dukes, H. y Swenson, M. 1981. Fisiología de los animales domésticos. Tomo I.Ediciones aguilar. Madrid, España

Devendra, C.; Hutagalung, R.I. 1978. Utilization of alimentoingstuffs from the oil palm (review). Alimentoing stuffs for livestock in South East Asia, p.116-131.

Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., & Ruíz, R. (2012). Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite.

García-Contreras, A., De Loera Ortega, Y., Yagüe, A., Guevara Gónzález, J., & García Artiga, C. (2012). Alimentación práctica del cerdo feeding practices for pigs. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias, 6(1), 21-50.

Gatlin, L A, See, M., Hansen, J A and Odle, J . (2003). Hydrogenated dietary fat improves pork quality of pigs from two lean genotypes. J. Animal Science, 81: 1989-1997.

Kellner, T. A. y Patience, J. F. (2017). The digestible energy, metabolizable energy, and net energy content of dietary fat sources in thirteen-and fifty-kilogram pigs. Journal of Animal Science, 95(9), 3984-3995.

Lauridsen, C., Bruun Christensen, T., Halekoh, U., & Krogh Jensen, S. (2007). Alternative fat sources to animal fat for pigs. Lipid Technology, 19(7), 156-159.

Maribo, H. (2010). Weaner fed with 15% rapeseed cake or rapeseed meal. Pig Research Centre. Trial, (890).

Mendoza, G. T., Franco, L. S., Acosta, F. T., Correa, J. C. S., & Ricalde, R. H. S. (2004). Comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (Elaeis guineensis). Técnica Pecuaria en México, 42(2), 181-192.

Mazariegos Sánchez, A., Águila González, J. M., Martínez Chávez, J., & Arévalo Lozano, O. (2014). La industria de la palma de aceite en Acapetahua, Chiapas: El caso de Propalma. Revista mexicana de agronegocios, 35(2014), 1052-1064.

Muñoz, A; Marotta, E; Lagreca, L; Rouco, A. 1998. Principales alimentos utilizados en la producción porcina. En: Muñoz,A (ed.) Porcinotecnia práctica y rentable. Madrid, España. Fort Dodge Veterinaria. Pág 31 y 167.

Millán, M. T. M. (2012). Grasas y aceites alimentarios: Toxicología alimentaria. Ediciones Díaz de Santos.

Ngoan, L. D., Ogle, R. B., Sarria, P., & Preston, T. R. (1998). Effect of replacing sugar cane juice with African palm oil (Elaeis guineensis) on performance and carcass characteristics of pigs. Livestock Research for Rural Development, 10(1), 79.

NRC. 2012. Nutrient requirements of swine. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Noblet, J., & Van Milgen, J. (2004). Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. Journal of Animal Science, 82(suppl_13), E229-E238.

Ocampo, A., y Lean, I. J. (1999). Palm oil (Elaeis guineensis, Elaeis oleifera): an efficient and sustainable energy source in pig production. A review. Pig news and information, 20(3).

Ocampo, A., y Lean, I. J. (2001). Effects of a high-fat diet based on palm, soybean or maize oil on growth performance and carcass characteristics in growing-fattening pigs. In Proceedings of the British Society of Animal Science (Vol. 2001, pp. 82-82). Cambridge University Press.

Ocampo, Á., y Lean, I. J. (2004). Cambio del patrón de energía para producir carne: Las dietas altas en grasas basadas en aceite de palma, una oportunidad para los países tropicales.Palmas, 25(especial,), 275-287.

Preciado Angulo, W., y Arroyo Caicedo, J. F. (2007). Aprovechamiento de subproductos de la industria extractora de aceite de palma africana para la obtención de un alimento balanceado para animales (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química).

Pinheiro Machado, L. 1987. Los cerdos. Porto Alegre, R.S.,Brasil, Hemisferio Sur, Primera Edición. Pág. 378 y 389.

Reinosa Pulido, D. C. (2009). Costos ambientales en el proceso de extracción del aceite de palma: Estudio de un caso. Revista Venezolana de Gerencia,14(46), 228-247.

Rozeboom, G. 2011. Beaulieu. Determining the NE content of diets and ingredients. Prairie Swine Center, Annual Report.

Siew, N., Von Uexkull, H., y Hardter, R. (2003). Botanical aspects of the oil palm relevant to crop management. Oil palm: Management of large and sustainable yields.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaria de Agricultura y Pesca Gobierno Federal de México SIAP-SAGARPA. (2017). Base de datos. Recuperado de http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola

Wieland, T M; Lin, X and Odle J (1993). Utilization of medium-chain triglycerides by neonatal pigs: effects of emulsification and dose delivered. J. Animal Science, 71: 1863-1968.