



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

FRUTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA
ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO PRODUCTOR DE CARNE
EN EL TRÓPICO

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

LEONEL CANO ASENCIO



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Bajo la supervisión de: PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, Ph.D.



Julio, 2019

Chapingo, Estado de México

**FRUTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA
ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO PRODUCTOR DE CARNE
EN EL TRÓPICO**

Tesis realizada por **LEONEL CANO ASECIO** bajo la supervisión del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR



Ph.D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR



Ph.D. Maximino Huerta Bravo

ASESOR



Dr. Emilio Manuel Aranda Ibáñez

ASESOR



Dr. Enrique Cortés Díaz

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1	Objetivo general:.....	4
1.2	Hipótesis general	4
1.3	Estructura del documento de graduación	4
1.3.1	Oil palm (<i>Elaeis guineensis</i>) at a crossroads, between risk and renewal	4
1.3.2	Seguimiento post-cosecha de la composición nutrimental del fruto de palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i>).	4
1.3.3	Fruto de palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i>) en la alimentación de bovinos en trópico húmedo.....	5
1.4	Literatura citada	5
2.	OIL PALM (<i>Elaeis guineensis</i>) AT A CROSSROADS, BETWEEN RISK AND RENEWAL.....	8
2.1	Abstract	8
2.2	Introduction.....	9
2.2.1	World overview of field oil palm production.....	9
2.2.2	Palm oil and human health	10
2.2.3	Palm oil as biofuel.....	10
2.2.4	Environmental issues and palm oil plantations	11
2.2.5	Whole oil palm fruit as feed for ruminants.....	12
2.3	Conclusions.....	12
2.4	Acknowledgements	13
2.5	Literature cited.....	13
3.	SEGUIMIENTO POST-COSECHA DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i>) ALMACENADO BAJO TECHO	17
3.1	Resumen	17
3.2	Introducción	18
3.3	Materiales y métodos.....	19
3.4	Resultados.....	20
3.5	Discusión	23
3.6	Conclusiones	27
3.7	Agradecimientos	27
3.8	Literatura citada	27

3.9	Cuadros y figuras.....	30
4.	FRUTO DE PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i>) EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN TRÓPICO HÚMEDO	36
4.1	Resumen	36
4.2	Introducción	37
4.3	Materiales y métodos.....	39
4.4	Resultados.....	42
4.5	Discusión	43
4.6	Conclusiones	44
4.7	Agradecimientos	45
4.8	Literatura citada	45
4.9	Cuadros y figuras.....	48
5.	APÉNDICES.....	50

LISTA DE CUADROS

3. SEGUIMIENTO POST-COSECHA DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*)

Cuadro 1 Valor de p para las fuentes de variación sobre componentes nutrimentales medidos en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)..... 30

4. FRUTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*) EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN TRÓPICO HÚMEDO

Cuadro 2 Composición y aporte nutrimental estimado de las dietas experimentales evaluadas en el ensayo de alimentación..... 48

Cuadro 3 Composición nutrimental de las dietas usadas en la finalización de toretes que incluyeron diferente nivel de fruto de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.). 48

Cuadro 4 Parámetros (media±desviación estándar) del proceso de engorda de novillos alimentados con diferente nivel de fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la dieta, en Comalcalco, Tabasco. 49

Cuadro 5 Balance económico de la engorda de novillos alimentados con diferente nivel de inclusión de fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la dieta, en Comalcalco, Tabasco. El periodo de engorda fue de 60 días..... 49

LISTA DE FIGURAS

3. SEGUIMIENTO POST-COSECHA DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*)

Figura 1 Cambios en la concentración de proteína cruda en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	30
Figura 2 Cambios en el contenido de fibra detergente neutro en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	31
Figura 3 Cambios en el contenido de fibra detergente ácido en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	32
Figura 4 Cambios en el contenido de lignina en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	33
Figura 5 Cambios en el contenido de ceniza en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	33
Figura 6 Cambios en el contenido de extracto etéreo en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos de post-cosecha.....	34
Figura 7 Cambios en el contenido de materia seca en fruto de la palma de aceite (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.....	35

LISTA DE APENDICES

Apéndice 1. Recomendaciones y sugerencias	50
--	-----------

DEDICATORIAS

A mis padres Germán y Mercedes por sus sabios consejos, por su amor, cariño y su apoyo incondicional.

A mis hijos Jorge Luis y Leonel

A mi esposa Tere

A mis hermanos Antonia, Elizabeth, Evaristo, Ángeles, Jorge y Héctor por su apoyo.

También de manera sincera a todas las personas que siempre me han brindado su amistad.

Leonel Cano Asencio

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a los profesores del Posgrado en Producción Animal por ser parte vital en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), que a través de la asignación de becas ha contribuido a mi desarrollo profesional.

Al Ph.D. Pedro Arturo Martínez Hernández por su dedicación, sabios consejos, paciencia y por su gran apoyo en la dirección de esta Tesis.

Al Ph.D. Maximino Huerta Bravo por su apoyo, enseñanza y atinados consejos en la realización de esta Tesis.

Al Dr. Enrique Cortés Díaz por su orientación, consejos y apoyo invaluable e incondicional.

Al Dr. Emilio Manuel Aranda Ibáñez por su apoyo incondicional, sabios consejos y participación en la fase de campo de esta investigación.

Al Ph.D. Rafael Núñez Domínguez por su aporte en la revisión de este documento.

A los CC. José Luis Bravo, Fabian Aguilera y José Luis Jiménez de Dios por su amistad y su apoyo extraordinario en Laboratorio.

A todos mis compañeros de Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera Gen. 2015-2018, con quienes conviví durante cuatro años. De igual manera a Rosy Alonso, Tere Catillo, Yoel López y Benito López, quienes me apoyaron incondicionalmente.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre:	Leonel Cano Asencio
Fecha de nacimiento	12 de mayo de 1967
Lugar de nacimiento	Palenque, Chiapas
No. de cartilla militar	B-5598998
CURP	CAAL670512HCSNSN07
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo
Cédula profesional	Licenciatura 1957387 Maestría 09183984

Desarrollo académico

Bachillerato	Preparatoria Agrícola Universidad Autónoma Chapingo (1985-1988)
Licenciatura	Departamento de Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo (1988-1992)
Maestría	Maestría en Ciencias en Ganadería Colegio de Posgraduados (1999-2000)
Doctorado	Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera Universidad Autónoma Chapingo (2015-2018)

RESUMEN GENERAL

FRUTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA ALIMENTACIÓN DE GANADO BOVINO PRODUCTOR DE CARNE EN EL TRÓPICO

El fruto de palma de aceite podría usarse para alimentar bovinos, por lo que se investigó sobre los cambios post-cosecha en los componentes nutrimentales y el comportamiento productivo de bovinos alimentados con este fruto. En la primera etapa, se colectaron tres racimos de frutos de ocho fincas en Palenque, Chiapas, que se almacenaron por 1, 7, 14 y 21 días. Las variables fueron proteína cruda, fibras detergente neutro y ácido, lignina, extracto etéreo, cenizas y materia seca. El diseño fue completamente al azar con tres repeticiones y el modelo estadístico fue de medidas repetidas con finca, días post-cosecha y la interacción de éstos como fuentes de variación. Extracto etéreo no mostró efecto ($p>0.05$) de ninguna fuente de variación, el promedio fue 61%. La proteína cruda y lignina variaron ($p<0.05$) entre fincas y días post-cosecha; la proteína siempre con concentraciones por debajo de 7% y la lignina entre 9 y 10%. La materia seca disminuyó ($p<0.05$) gradualmente con los días post-cosecha. Se concluyó que la composición nutrimental es relativamente estable durante 21 días post-cosecha. En la segunda etapa, realizada en Comalcalco, Tabasco, mediante un ensayo de alimentación de 90 días, se analizó el comportamiento productivo de novillos alimentados con dietas isoenergéticas e isoproteínicas conteniendo 0, 8 y 16% de fruto. El diseño fue completamente al azar con 7 repeticiones. La dieta con 16% de fruto mostró 22 y 33% menos ($p<0.05$) consumo y ganancia de peso, respectivamente, que las dietas con 0 y 8%, que no mostraron diferencias entre ellas ($p>0.05$). La diferencia ingreso menos costo de alimentación fue 2.3 y 4 veces mayor en la dieta con 8 que las dietas con 16 y 0% de fruto, respectivamente. La disminución en el consumo es la principal limitante al uso de fruto de palma de aceite en la alimentación de bovinos.

Palabras claves: alimentación de rumiantes, consumo de alimento, dieta integral, engorda en corral, plantaciones tropicales.

Tesis de Doctorado en Ciencias, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Leonel Cano Asencio

Director de Tesis: Pedro Arturo Martínez Hernández Ph.D.

GENERAL ABSTRACT

OIL PALM FRUIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) IN BEEF CATTLE FEEDING IN THE TROPIC

Oil palm fruit could be used in cattle feeding; then research was done on post-harvest changes in fruit nutrient composition and cattle performance fed with the fruit. In the first stage, three fruit clusters were collected from eight plantations in Palenque, Chiapas that were stored for 1, 7, 14, and 21 days. Variables were crude protein, neutral and acid detergent fibers, lignin, ether extract, ashes and dry matter. The experimental design was completely random with three replications, and statistical model was of repeated measurements with plantation, post-harvest days and their interaction as variation sources. Ether extract did not show effect ($p>0.05$) of any of the variation sources, the overall mean was 61%. Crude protein and lignin varied ($p<0.05$) among plantations and post-harvest days, the protein was always below 7% and lignin between 9 and 10%. Dry matter decreased ($p<0.05$) steadily as post-harvest days went on. It was concluded that nutrient composition is relatively constant along the 21 days' post-harvest. In the second stage carried out in Comalcalco, Tabasco, a 90-day feeding trial steer performance was analyzed when fed isoenergetic and isoproteic diets with 0, 8, and 16% of the fruit were included. The experimental design was completely randomized with seven replications. The 16% diet showed 22 and 33% lower ($p<0.05$) intake and weight gain, respectively, than 0 and 8% diets, that showed no difference ($p>0.05$) between them. The difference of income less feeding cost was 2.3 and 4 times higher in the 8% diet than in the 16 and 0% fruit diets, respectively. Intake depression is the major limitation to the use of oil palm fruit in cattle feeding.

Key words: ruminant feeding, feed intake, mixed diet, feedlot, tropical plantation.

Doctoral Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Leonel Cano Asencio
Advisor: Pedro Arturo Martínez Hernández, Ph.D.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La alimentación del ganado bovino en el trópico se basa en el apacentamiento de gramíneas tropicales que muestran una gran variación en rendimiento de forraje a través del año y de los años en respuesta a los cambios estacionales en temperatura, fotoperiodo y humedad disponible; la variación en rendimiento se asocia con variaciones en la calidad del forraje ofertado (Martínez et al., 2008; Muñoz-González, Huerta-Bravo, Lara, Rangel, & De la Rosa, 2016; Pérez et al., 2004).

Las fuertes variaciones en cantidad y calidad del forraje a su vez ocasionan que el ganado bovino muestre de bajos a muy bajo índices productivos y reproductivos: intervalos entre partos de 18 o más meses, edad al primer parto de 36 o más meses, ganancias diarias de peso anualizadas de 600 g por cabeza o menores, ganancias de peso por hectárea y año de 500 kg o menores, mortandad pre-desteste del 10% o superior, becerros destetados a 240 días con 160 kg de peso o menos (García, 1980; Mejía-Bautista, Magaña, Segura-Correa, Delgado, & Estrada-León, 2010; Pérez, Solaris, García, Osorio, & Gallegos, 2001; Reynoso, Villareal, & Vásquez, 1987; Rojas, Reynoso, Lagunes, & Vásquez, 1987).

Estos índices productivos la más de las veces están por debajo del potencial genético de los bovinos usados; así, la fuerte variación en cantidad y calidad del forraje se vuelve en el factor limitante a la productividad del ganado bovino en el trópico (Barahona & Sánchez, 2005; García, 1980;). Para afrontar la variabilidad estacional en la cantidad y calidad del forraje de las gramíneas se han investigado diferentes opciones, entre ellas, la incorporación de recursos forrajeros a partir de hojas de arbustos y árboles nativos o adaptados a las condiciones tropicales (Ramírez, Ku, & Alayón, 2007; Villa-Herrera et al., 2009).

Otra opción es la complementación de la alimentación de bovinos con ingredientes de alta concentración energética como grasa de sobrepaso (Duarte, Ramírez, & Castañeda, 2016), aceites vegetales como el de soya y canola y sebo bovino, cuyos valores energéticos en rumiantes son de 6.20, 6.13, y 6.05 Mcal EM kg⁻¹

respectivamente, según la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA, 2010); sin embargo, el costo de estos ingredientes proyectados en las Perspectivas Agrícolas 2011-2020 y publicadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, y por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (OCDE/FAO, 2011), así como el riesgo biológico de usar subproductos animales de acuerdo a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2000) limitan su inclusión en dietas para animales.

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es un cultivo tropical y su fruto contiene altos niveles de un aceite y una demanda sostenida a nivel mundial por la versatilidad de usos: desde la alimentación de humanos a la síntesis de biodiesel (Lacouture, 2017; Mesa, 2004; Mohd-Hassim & Mat-Dian, 2018). En las áreas tropicales de Latinoamérica y en especial de México, en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz, el cultivo de la palma de aceite ha mostrado una gran expansión territorial al superar las limitaciones ecológico-ambientales que se han señalado para el caso de Sudeste Asiático tropical, región con la mayor superficie ocupada por esta planta (Rivera-Méndez & Romero, 2018).

El fruto de la palma de aceite es propenso a variaciones estacionales en el precio en el mercado y eventualmente existe fruto que no cumple con los estándares establecidos por las plantas procesadoras. Ante esta eventualidad, la incorporación del fruto de la palma de aceite en la alimentación de ganado bovino apacentando gramíneas tropicales, podría ser una opción para que al mismo tiempo que se compensa por la variación en el precio del fruto, se puede tener un complemento energético para ganado bovino de producción local y de alta calidad.

Los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz contienen 28.4% del inventario nacional de bovinos cárnicos, aproximadamente ocho millones de cabezas, según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP/SAGARPA, 2013). Este inventario se maneja con los bajos índices de productividad referidos en líneas previas. Además, concentran la mayor superficie sembrada con palma de aceite,

por lo que se facilitaría la incorporación del fruto de esta especie en la alimentación de bovinos para afrontar la problemática de variación en cantidad y calidad del forraje ya mencionada.

El contenido energético del aceite de palma es de 6.24 Mcal EM kg⁻¹, con presencia de ácidos grasos importantes como el Palmítico (C_{16:0}) y el Oleico (C_{18:1}) que llegan a conformar hasta 43 y 40% del total de los ácidos grasos presentes en este aceite (FEDNA, 2010).

Lought, Solomon, Rumsey, Kahl y Slyter (1993) incluyeron 10.7% de aceite de palma en el concentrado ofrecido a corderos y ovejas a un nivel de 23% del total de la dieta ingerida, lograron obtener la mayor ganancia de peso en ambos tipos de animales y en las ovejas el mayor contenido de grasa corporal. Ojeda y Escobar (1995) agregaron 350 g/día/cabeza de aceite de palma a la dieta de finalización de bovinos y lograron aumentar la ganancia diaria de peso en 221 g en comparación a la registrada en los bovinos que no recibieron aceite en la dieta; la mejoría en la ganancia de peso se obtuvo sin registrar alteración en el pH ruminal, tasa de fermentación ni en el consumo voluntario.

Ocampo (1994) incorporó fruto de la palma de aceite a la dieta de cerdos en finalización. Cuando la incorporación implicó sustituir 25% del grano de sorgo, la ganancia diaria de peso fue máxima con 625 g animal⁻¹, al sustituir el 100% del sorgo la ganancia diaria de peso fue 466 g animal⁻¹; concluye este autor que la inclusión de fruto de palma de aceite debe considerar este efecto negativo en la ganancia de peso por lo que se deben validar los niveles adecuados de incorporación a la dieta.

La información científica sobre los impactos de la incorporación del fruto de palma de aceite en la alimentación de bovinos es escasa, así como de algunos aspectos del manejo de dicho fruto cuando se encamina su uso a la alimentación de bovinos. Por lo que se propuso la investigación siguiente para cubrir el objetivo general de:

1.1 Objetivo general:

Analizar aspectos ambientales del cultivo de la palma de aceite recurriendo a una revisión y discusión de información científica publicada, y mediante investigaciones en campo analizar pautas de incorporación del fruto de la palma de aceite en la alimentación del ganado bovino, para generar un banco de información que ayude a tomar decisiones al respecto del fruto de la palma de aceite como insumo que mejore el comportamiento productivo del hato bovino en condiciones tropicales.

1.2 Hipótesis general

Existe información publicada que permite el análisis de la conveniencia o falta de ella, de cultivar la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) y que el fruto de la palma de aceite bajo un manejo apropiado es un ingrediente pertinente para alimentar ganado bovino en condiciones de trópico húmedo y mejorar el comportamiento productivo del mismo.

1.3 Estructura del documento de graduación

El documento se compone de un artículo de revisión y dos artículos de investigación, los títulos y objetivos de cada uno de ellos se describen a continuación:

1.3.1 Oil palm (*Elaeis guineensis*) at a crossroads, between risk and renewal

El objetivo fue analizar información científica sobre la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) para generar un panorama mundial de este cultivo, como origen de satisfactores de uso y consumo directo e indirecto por el humano y el impacto ambiental de las plantaciones de esta especie.

1.3.2 Seguimiento post-cosecha de la composición nutrimental del fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis*).

El objetivo fue caracterizar la composición nutrimental del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) durante 21 días post-cosecha para generar información que

permita decidir sobre el impacto del almacenamiento temporal del fruto a la intemperie en condiciones tropicales y así determinar la importancia de la frecuencia de cosecha desde diaria a cada tres semanas.

1.3.3 Fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en la alimentación de bovinos en trópico húmedo

El objetivo fue analizar, a partir de un ensayo de alimentación, el comportamiento productivo de bovinos en engorda con inclusión del fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en la dieta.

1.4 Literatura citada

- Barahona, R. R., & Sánchez, P. S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Corpoica*, 6(1), 69-82.
- Diario Oficial de la Federación. (2000). Norma oficial mexicana NOM-061-ZOO-1999. *Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal*. Consultada en dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=2061633
- Duarte, V. J., Ramírez, Z. G., & Castañeda, S. R. (2016). Grasa sobrepasante: Aplicaciones y su proceso de obtención para la alimentación de rumiantes en el trópico. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(2), 228-242.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2010). *Aceites y oleínas de origen vegetal*. Consultado en http://www.fundacionfedna.org/ingrediente_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal.
- García, T. R. (1980). Utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *Pastos y Forrajes*, 3(3), 503-555.
- Lacouture, L. F. D. (2017). Innovación tecnológica: estrategia para la competitividad de la agroindustria palmera. *Palmas*, 38(4), 14–19.
- Lought, D. S., Solomon B. M., Rumsey T. S., Kahl, S., & Slyter L. L. (1993). Effects of high-forage diets with added palm oil on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of ram and ewe lambs. *Journal of Animal Science*, 71(5), 1171-1176.
- Martínez, M. D., Hernández, G. A., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., González, M. S. S., & Herrera H. J. G (2008). Producción de forraje y componentes del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. *Técnica Pecuaria de México*, 46(4), 427-438.

- Mejía-Bautista, G. T., Magaña, J. G., Segura-Correa, J. C., Delgado, R., & Estrada-León, R. J. (2010). Comportamiento productivo y reproductivo de vacas *Bos indicus*, *Bos Taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12, 289-301.
- Mesa, D. J. (2004). El aceite de palma: la alternativa de los aceites y grasas en América. *Palmas*, 25 (Especial) Tomo I, 15-28.
- Mohd-Hassim, N. A., & Mat-Dian, N. L. H. (2018). Uso de aceite de palma, aceite de palmiste y sus fracciones en confitería. *Palmas*, 39(4), 69-83.
- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Lara, A. B., Rangel, S. R., & De la Rosa, A. J. L. (2016). Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3315-3327.
- Ocampo, D. A. (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), Consultada en <http://www.lrrd.org/lrrd6/1/ocampo1.htm>
- Ojeda, A., & Escobar, A. (1995). Suplementación con aceite crudo de palma africana de bovinos para ceba en pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*, 7(1), 1-9. Consultada en <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/9.htm>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Perspectivas Agrícolas 2011-2020*. OCDE publishing y FAO. 227p. Consultada en http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es.
- Pérez, A. J. A., García, M. E., Enríquez, Q. J. F., Quero, C., A. R., Pérez, P. J., & Hernández, G. A. (2004). Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(3), 447-458.
- Pérez, H. P., Solaris, M. F., García, W. M., Osorio, A. M., & Gallegos, S. J. (2001). Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9(2), 79-85.
- Ramírez, A. L., Ku, V. J. C., & Alayón, G. J. A. (2007). Follaje de árboles y arbustos en sistemas de producción bovina de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 15(1), 251-264.
- Reynoso, C. O., Villareal, Y. M., & Vásquez, P. C. G. (1987). Análisis del crecimiento hasta el destete de animales *Bos Taurus* x *Bos indicus* criados bajo condiciones tropicales de México. *Técnica Pecuaria de México*, 25(3), 271-280.
- Rivera-Méndez, Y. D., & Romero, H. M. (2018). Los mitos ambientales de la palma de aceite. *Palmas*, 39(4), 58-68.

- Rojas, B. J. E., Reynoso, C. O., Lagunes, L. J., & Vásquez, P. C. G. (1987). Comportamiento productivo del ganado Brahman en clima subtropical húmedo. I. Comportamiento al destete. *Técnica Pecuaria de México*, 25(3), 281-288.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera/ Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2013). Consultada en http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.
- Villa-Herrera, A., Nava-Tablada, M. E., López-Ortiz, S., Vargas-López, S., Ortega-Jiménez, E., & Gallardo-López, F. (2009). Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 253-261.

2. OIL PALM (*Elaeis guineensis*) AT A CROSSROADS, BETWEEN RISK AND RENEWAL

LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*) EN LA ENCRUCIJADA, ENTRE EL RIESGO Y LA RENOVACIÓN

Leonel Cano Asencio¹, *Pedro Arturo Martínez Hernández¹, Maximino Huerta Bravo¹, Emilio Manuel Aranda Ibáñez², Enrique Cortés Díaz¹

¹Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5. Código Postal 56230, Chapingo, Estado de México. México. Teléfono 015959521621

²Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, Periférico Profesor Carlos Molina sin número, kilómetro 3.5 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Código Postal 86500, Cárdenas, Tabasco, México.

Email: pedroarturo@correo.chapingo.mx

*Corresponding author

Artículo enviado a la Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems ISSN: 1870-0462

2.1 Abstract

Oil palm (*Elaeis guineensis*) is a tropical species from which palm oil is obtained. At worldwide level there has been a steady annual demand increase for palm oil due to diversity of uses in the industry and as food. Expansion of oil palm plantations has brought some concerns about negative environmental impacts, mainly loss of plant and animal biodiversity. Environmental-friendly technologies should be applied to avoid such negative impacts. Use of oils and fats in ruminant feeding has shown to be an alternative to increase diet energy content and then animal performance as far as the level of inclusion of oils and fats shows no detrimental effect on rumen fermentation. Addition of palm oil to diets to feed ruminants has proven to be an alternative to increase energy content; however, scientific information on the use of whole oil palm fruits in ruminant feeding is scarce, validation on the level of inclusion of whole oil palm fruits to ruminant diets can provide an alternative use of this crop. If whole oil palm fruit can be used as feed for ruminants, smallholders could have an alternative use when market price of the fruit is low.

Key words: tropical plantations, biodiversity loss, whole fruit, ruminant feeding, fattening of bullocks.

RESUMEN. La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una planta tropical de la cual se obtiene aceite de palma. A nivel mundial ha existido un estable incremento anual en la demanda de aceite de palma debido a la diversidad de usos en la industria y como alimento para humanos. La expansión de las plantaciones de palma aceitera ha originado algunas preocupaciones por impactos negativos sobre el ambiente, principalmente la pérdida de biodiversidad vegetal y animal. Deben desarrollarse tecnologías de producción que sean amigables con el ambiente para evitar tales impactos negativos. El uso de aceites y grasas en la alimentación de rumiantes ha comprobado ser una alternativa que incrementa el contenido de energía de la dieta y con ello el comportamiento productivo del animal, siempre que no se alcance un nivel de inclusión de aceites o grasas que afecten negativamente la fermentación ruminal. La adición de aceite de palma a dietas para alimentar rumiantes ha probado ser una alternativa para incrementar el contenido de energía; sin embargo, información científica sobre el uso del fruto entero de la palma aceitera es escasa, la validación del nivel de inclusión de fruto entero de palma aceitera a dietas para rumiantes puede proveer de un uso alternativo de este cultivo. Si el fruto entero de la palma aceitera puede ser usado como alimento para rumiantes, los productores en pequeño podrán contar con un uso alternativo cuando el precio de este fruto en el mercado sea bajo.

Palabras clave: plantaciones tropicales, pérdida de biodiversidad, fruto entero, alimentación de rumiantes, engorda de toretes.

2.2 Introduction

Oil palm is one of the fastest growing crops cultivated worldwide, which has generated controversy among the agroforestry industry and non-governmental organizations (NGOs), the former to consider it a "miracle" plant, the latter as a serious ecological threat. The lack of accurate information on the sector and those involved in farming have led to this position. Oil palm is grown in 44 countries, the five top producer countries and their apportions to the world planted surface are: Indonesia (49.2%), Malaysia (35.2%), Thailand (3.6%), Nigeria (1.8%) and Colombia (1.7%) FAO (2015). The expansion and intensification of agriculture crops worldwide threatens biodiversity (Tilman et al., 2001), oil-crops expansion, then, has to be within a balance among economic viability, environmental responsibility and social acceptability (Chandran, 2007). Of the world surface sown with oil-crops, soybeans occupied 61% yielding 32% of the world vegetable oil production, while oil palm occupied 7% and provided 39% of the world vegetable oil production, these statistics point out that oil palm can be an asset in vegetable oil production with lower impact on the amount of land used for this purpose (Caliman, 2011).

Palm oil is mainly marketed as a food commodity free of trans fats, high contents of carotenoids and tocotrienols (vitamins A and E) and a large antioxidant capacity associated with the latter contents mentioned (Mesa 2013). Biofuel industry is a potential market for palm oil as well (Cortes et al., 2009). The fatty acids concentrations of palm oil had led to be used as an energy supplement in diets formulated for goats (Ebrahimi et al., 2012), swine (Ocampo, 1994; Ocampo and Lean, 2004; Teran et al., 2004), birds (Sundu et al., 2006), sheep (Conde et al., 2000; Conde et al., 2004), fish (Ng et al., 2007) and cattle (Ojeda and Escobar, 1995).

Thus, this article aims to analyze scientific information on the world context of oil palm (*E. guineensis*) field production and on published research on the use of whole palm oil fruit as feed for ruminants.

2.2.1 World overview of field oil palm production

Surface occupied by oil palm plantations has grown at very high rate, from 1992 to 2013, world production of oil from palm increased over four times, it went from 12.8 up to 55.2 million t FAOSTAT (2019). In 2013, it was recorded that 85% of the world palm oil came from two countries: Malaysia and Indonesia FAOSTAT (2013). In Latin America, Colombia ranked as the leading producer of palm oil, with Guatemala, Brazil and Ecuador rapidly increasing in surface planted with oil palm (Murphi, 2014). Colombia started oil palm plantation over 50 years ago and for 2014 registered 450 thousand hectares planted with oil palm, and ranked as the fourth largest producer worldwide of palm oil and the first in Latin America (FEDEPALMA, 2015). In Mexico, oil palm is grown in the states of Campeche, Chiapas, Tabasco and Veracruz. In Chiapas was introduced since the seventies, while in Campeche, Tabasco and Veracruz cultivation has been promoted since 1997. It is reported that in 2014 there was an area planted with oil palm of 76,318 hectares in southeastern Mexico with a percentage of 18.1, 56.6, 15.9, 9.3 for Campeche, Chiapas, Tabasco and Veracruz, respectively (SIAP, 2014). The agronomic potential for the establishment of oil palm in southeast Mexico is over eight million hectares (SAGARPA, 2017).

Palm oil is the most important vegetable oil worldwide, both in production and trade due to its competitive position. Main initial use of palm oil was cooking, while distillation and fine separation of components opened a wide horizon of uses beyond cooking (Imoisi et al., 2015). Industrial uses, as biofuel, were also possible as palm oil can yield up to five times more crude vegetal oil per hectare than common annual oil crops such as soybeans. Additionally, two major oil types can be obtained from palm oil: flesh or mesocarp oil and kernel oil (Basiron, 2007).

Multiple uses of oil palm promote a steady world annual demand increase which in turn has made oil palm crop into an important economic activity in many rural areas of different countries, including many Latin American countries (World Bank, 2011), it was estimated that by 2020 world annual demand for palm oil would be no lower than 78 million t (Mielke, 2013). Malaysia defined as a national goal to reach an annual production of 26.6 million t of palm oil by 2035 from 19.2 million t produced in 2013, almost a 40% increase (Gan and Dong, 2014). Indonesia seeks to keep its world leading position and expects to produce about 40 million t of palm oil in 2020 (World Bank, 2011).

Palm oil is made of a mixture of human eatable glycerol esters (triglycerides) and is a natural source of carotenoids and vitamin E (Nagendran et al., 2000). Saturated and unsaturated fatty acids can be used as they have high nutritive value, commercial presentation can be liquid or solid, in table oil mixtures and margarine for direct human consumption, shortenings and confectionery (Garcés and Cuéllar, 1997).

Besides direct human consumption or as cooking additive, palm oil is used as a component of biofuel, detergents, candles, cosmetics, plastics and pharmaceuticals, as it meets the specifications required in these sectors, making palm oil an important input in many manufacturing and industrial processes (Duran et al., 2015). Specific products that have palm oil as an ingredient are: very fine dermatological creams and lotions, germicides, antibiotics, hormones, vitamins, ointments and suppositories, lipsticks, hair conditioners and skin cleansers (Kalustian, 1985). Frying medium of potatoes chips and the like and added vegetable oil in different processed food are other registered uses of palm oil (Garcés and Cuéllar, 1997).

2.2.2 Palm oil and human health

The fatty acid composition of palm oil has been studied in relation to coronary heart disease risk (Sundram, 2003; Mukherjee and Mitra, 2009); palm oil consumed as part of a low-fat diet (<30% energy), showed to be effective in maintaining desirable plasma cholesterol and lipoprotein cholesterol levels (Sundram, 1997).

Palm oil is a unique oil due to its high tocopherols and tocotrienols concentrations, which are potent antioxidants (Wu et al., 2008), a polyunsaturated to saturated fatty acid ratio of one, and high concentrations of vitamin A (Manorama et al., 1996), vitamin E (Edem, 2002; Azlan et al., 2010) and beta-carotene (Choo et al., 1998). The vitamin complex of palm oil buffers against free radicals and plays a relevant role as protective against cellular ageing, atherosclerosis, cancer, arthritis, and Alzheimer's disease (Mukherjee and Mitra, 2009). Palm oil has been classified as made of saturated fats and its consumption by humans might raise blood cholesterol, thereby increasing the risk of coronary heart disease, then palm oil consumption should be substituted by other edible vegetable oils (Chong and Ng, 1991; Fattore and Fanelli, 2013). However, some other research evidences pointed out some benefits in human health when fresh palm oil is part of the daily diet. Experiments using human and animal models have shown that fresh palm oil helped human health, in terms of low heat production without influence on body weight gain and malformation on different internal tissues morphology (Kamat and Devasagayam, 1995; Bayorh et al., 2005; Kamisah et al., 2005). Fresh palm oil intake decreased blood levels of cholesterol, triglycerides, LDL-cholesterol and other lipids distributed within human body (Edem, 2002). Unsaturated fats of fresh palm oil were associated with a reduction of blood pressure and thrombotic tendency of platelets, whilst they also offered protection against oxidative damage of the liver and other internal organs (Kamat and Devasagayam, 1995; Bayorh et al., 2005). Palm oil stimulated the synthesis of protective HDL cholesterol and reduction of harmful LDL cholesterol, was rich in vitamin E, which was associated to a reduction in serum cholesterol concentrations and potent anti-oxidant effects (Mukherjee and Mitra, 2009).

2.2.3 Palm oil as biofuel

Biofuels, as biodiesel, are energy sources in search due to their higher biodegradability and environment-friendly and lower negative environmental impact than fossil fuels derived from mineral oil (Gaffney and Marley, 2009; Janaun and Ellis, 2010).

The most common way to obtain biodiesel has been by transesterifying triacylglycerols found in vegetable oils or animal fats with an alcohol, mainly methanol due to its low cost, in the presence of an alkali or acid catalyst. The end products are fatty acid methyl esters, which can be used as biodiesel, and glycerine (Zhang et al., 2003; Zapata et al., 2007).

Malaysia and Indonesia have built and put into function a set of refineries to obtain biodiesel from palm oil. The biodiesel obtained releases less CO₂, shows high oxidation stability and at combustion releases nitrogen oxide, 80 to 90% of which is reduced by a catalytic converter. The European Union is a major consumer of biodiesel, however to reach this market, besides that the biodiesel complies with a set of standards, crop husbandry has to comply with

environment-protection rules as preservation of wildlife (Lozada et al., 2010). Then, palm oil country producers are fighting for the biodiesel market on terms of environmental impacts of the crop husbandry applied in each country.

Traditional palm oil producer countries like Malaysia should then focus not only on increasing palm oil plantations to face the expected increase of world biodiesel demand but also on crop husbandry technologies that are environment-friendly. While countries new in the biodiesel market have to be aware of the environmental demands set by biodiesel consumer countries.

In some Latin American countries, the use of biodiesel has been by blending it with common diesel from mineral oil, providing from 5 to 10% of the mix (Bergmann et al., 2013). However there is evidence that biodiesel can make up to 30% of the mixture with mineral oil diesel keeping engine performance as well as when feeding engine with 100% mineral oil diesel, with even some improvement in cetane properties and reduction in friction (Cuéllar and Augusto, 2007). A limitation to the amount of palm oil biodiesel added in a mix with mineral oil diesel, is that at low environmental temperatures palm oil biodiesel forms crystals that obstruct filters and avoid fuel reaching the engine (Cortés et al., 2009).

2.2.4 Environmental issues and palm oil plantations

Expansion of oil palm plantations was claimed as one of the major factors in biodiversity loss in tropical Asia. Land clearing and heavy use of herbicides, to plant oil palm, were destroying plant species and habitat for animal species. Sometimes, direct killing of animal species was declared at the time of land clearing. Among these species orangutans were stated as the animals with major risk of extinction due to oil palm plantations expansion in Malaysia (Basiron, 2007; Smit et al., 2013). In the American Continent, Colombia is the leading country in oil palm plantation expansion and surface. However there was little scientific information on the impact of the oil palm plantations on biodiversity. Also, it has to be considered that some oil palm plantations in this country and other Latin American countries were developed on land that was supporting grazing livestock, which means that such land already had some type of environmental degradation (Pardo et al., 2015).

Oil palm plantations have been an important driver for economic development in Indonesia, plantations generated internal revenue (taxes) and provided permanent and temporal employment in rural areas (Basiron, 2007; Sinaga, 2013). In West Africa, some oil palm plantations have developed under a mixed farming scheme along with other crops. However, the largest expansion of oil palm plantations has been as monoculture with heavy use of external agrochemicals and drastic land clearing, management that was pointed out as a threat to environmental stability and diversity. In addition, the sudden rise of an industrial cash crop in rural areas brought some social unrest in communities and bankruptcy of smallholders (Cramb and Curry, 2012).

Oil palm plantation understory showed smaller number of plant species than the original tropical forest. The microclimate generated by the oil palms along with the application of herbicides and fertilizers allowed for some plant species to thrive while others went to extinction (Fitzherbert et al., 2008). Number of animal species could be smaller in oil palm plantations compared with original tropical forest, Danielsen et al. (2009) recorded that within oil palm plantations, only 38% of the vertebrate species common to the surrounding undisturbed tropical forest were found.

The rather long life cycle of oil palm plantations, over 25 years, has brought some concern about the long term environmental impacts on fresh water cycle and soil quality (Ling-hoak and Kodiappan, 2006), extinction of wild plant species of local use as food, in traditional medicine and with some ecosystem service within tropical forests (Fitzherbert et al., 2008).

Scientific evidence on the multiple negative impacts on environment and wildlife of uncontrolled oil palm expansion and agrochemical applications in different parts of the world, along with the positive economic impact and development of rural areas due to the worldwide demand for palm oil, brought the consolidation of a multidisciplinary group under the name of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), an organization that aims to promote growth and sustainable oil palm production through open discussion and dialogue among input suppliers, stakeholders, oil palm growers, processors and traders, manufacturers, retailers, banks and investors and NGO's

related to environmental issues, nature conservation and protection of native cultures and vulnerable social groups (Ardiansyah et al., 2007)

The REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) is a worldwide program that prevents land clearings in tropical forests by financing smallholders to keep lands with a forested cover, searches for forested land management that reduces Greenhouse Gas Emissions (GGE) and promotes a land use with low-carbon release to the atmosphere, then this program has worked to keep some land away from the oil palm expansion (Koh and Ghazoul, 2008); however, payment for environmental services as carbon sequestration from undisturbed tropical forest has been usually of smaller amount than the profit from plantations as oil palm (Butler et al., 2009).

2.2.5 Whole oil palm fruit as feed for ruminants

Oils and fats have been added to ruminant diets to achieve diets with higher energy density which improves animal productivity as far as no detrimental effects were developed on rumen fermentation (Lough et al., 1994; Ojeda y Escobar, 1995; Ocampo y Lean, 2004 and Ebrahimi et al., 2012). Palm oil has a high energy content and oil yield, 6.24 Mcal ME kg⁻¹ and 3.7 t ha⁻¹, respectively (Mesa, 2004), besides the energy content, oil palm has important fatty acids as palmitic (C16: 0) 39.3-47.5% and oleic 36-44% (C18: 1) (Rincón y Martínez, 2009), all three attributes mentioned make palm oil an excellent oil to be added to ruminant diets to increase energy intake and animal performance.

Lough et al. (1994) observed higher daily weight gains in lambs and sheep fed a basal diet of 77% forage and 10.7% of palm oil in the concentrate compared to lambs and sheep fed the same diet without palm oil added to the concentrate. The higher daily weight gains were associated to a higher energy efficiency use, with no change in lamb subcutaneous fat but a fat layer 0.41 cm thicker in sheep fed palm oil than the sheep fed the diet with no palm oil added. The conclusion was that palm oil added to the diet might improve animal performance along with an increase in the energy efficiency use.

Rumen fermentation pattern measured as ruminal pH, NH₃-nitrogen, AGV concentration and voluntary intake showed no negative effect when diet had 5% palm oil compared to a diet without palm oil, besides daily live-weight gain improved 22% in the former compared to the latter diet (Ojeda and Escobar, 1995).

When finishing pigs were fed a diet in which 25% of sorghum energy was replaced by whole palm fruit showed a daily weight gain of 625 g/head, but when all the sorghum in the diet was replaced by whole palm fruit the daily weight gain was of 466 g/head (Ocampo, 1994). The overall conclusion was that whole palm fruit could be a good alternative swine feed up to a certain level of inclusion in the diet, beyond which detrimental effects could be expected.

Research on the use of oils and fats in ruminant feeding is well documented; however, there is the need of more scientific literature on whole oil palm fruit inclusion in diets for fattening bovines under tropical conditions. Validation of the whole oil palm fruit as a feed source in the feeding of bovines could give smallholders an alternative use of the fruit that doesn't qualifies for industrial use or when market price for the fruit is very low.

2.3 Conclusions

Oil palm plantations expansion can be a threat to tropical forest ecosystems. Sound land use should be established to avoid the threat and achieve the economic and social benefits the palm oil production can bring to rural areas. Local human population should be educated on the benefits of good practices and environmental issues.

Genetic improvement should be one major factor in the search of increasing availability of palm oil instead of relying on increasing the amount of land cover with oil palm plantations. Mixed farming could be an approach with smallholders to keep biodiversity as well as to take care of wild edible and traditional medicine plants. Close monitoring should be done on fresh water cycle, soil quality and habitat conservation in the understory of oil palm plantations. In the orangutan country special monitoring of this animal species should be enforced.

Certifications of environment-friendly, good management practices, inclusion of native population and fair labor rights should be mandatory for the international trade of palm oil, such certifications have to be issued by specialized independent organizations such as The Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) and the Sustainable Oil Certification System (CSPO). Palm oil plantations should be leading nature conservation.

Research to validate whole palm oil fruit as feed for ruminants is needed, to give alternative uses to the palm oil plantations when market prices are low or when fruits don't have the quality desired for industrial production of oil.

2.4 Acknowledgements

The first author thanks CONACYT for the scholarship awarded for doctoral studies.

2.5 Literature cited

- Ardiansyah, F., Ng, A., Si, S.L., 2007. Iniciativa de la mesa redonda sobre aceite de palma sostenible. Principios y criterios. Palmas. 28 (Especial) Tomo II:297-318. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1316>
- Azlan, A., Nagendra, K.P., Eng, K.H., Abdul-Aziz, N., Mohamad, A., Ismail, A., Amom, Z., 2010. Comparison of fatty acids, vitamin E and physicochemical properties of *Canarium odontophyllum* Miq. (dabai), olive and palm oils. Journal of Food Composition and Analysis. 23(8):772-776. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.03.026>
- Basiron, Y., 2007. Palm oil production through sustainable plantations. European Journal of Lipid Science and Technology. 109:289-295. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600223>
- Bayorh, M.A., Abukhalaf, I.K., Ganafa, A. A., 2005. Effect of palm oil on blood pressure, endothelial function and oxidative stress. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 14(4):325-39. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.337.1802&rep=rep1&type=pdf>
- Bergmann, J.C., Tupinambá, D.D., Costa, O.Y.A., Almeida, J.R.M., Barreto, C.C., Quirino, B.F., 2013. Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feedstocks. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 21:411-420. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.058>
- Butler, R.A., Pin, K.L., Ghazoul, J., 2009. REDD in the red: palm oil could undermine carbon payment schemes. Conservation Letters. 2:67-73. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2009.00047.x>
- Caliman, J.P., 2011. Palmier à huile : le management environnemental des plantations. Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 18(3):123-131. <http://dx.doi.org/10.1684/ocl.2011.0380>
- Chandran, M.R., 2007. Producción sustentable de aceite de palma. Palmas. 28(Especial) Tomo I:107-119. [file:///H:/Downloads/1248-Texto-1248-1-10-20120719%20\(2\).pdf](file:///H:/Downloads/1248-Texto-1248-1-10-20120719%20(2).pdf)
- Chong, Y.H., Ng, T.K., 1991. Effects of palm oil on cardiovascular risk. Medical Journal of Malaysia. 46(1):41-50. http://www.e-mjm.org/1991/v46n1/Palm_oil.pdf
- Choo, Y.M., Ma, A.N., Yap, S.C., 1998. Carotenos, vitamina E y esteroides en aceites de *Elaeis guineensis*, *Elaeis oleífera* y sus híbridos. Palmas. 19(2):79-85. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/627>
- Conde, P.A., Cuesta, P.A., Manjarrez, P.R.E., 2000. Consumo y comportamiento ruminal de ovinos alimentados con fibra de palma de aceite amonificada con urea al 10 %. Palmas. 21(Especial) Tomo I:275-282. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/795>
- Conde, P.A., Cuesta, P.A., Morales, V.C.J., 2004. Funcionamiento ruminal y consumo voluntario en ovinos alimentados con fibra de palma de aceite amonificada con sulfato de amonio al 11%. Palmas. 25(Especial) Tomo I:288-294. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1043>
- Cortés, M.E., Suarez, M.H., Pardo, C.S., 2009. Biocombustibles y Autosuficiencia Energética. Dyna. 76(158):101-110. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49612069011.pdf>

- Cramb, R., Curry, G.N., 2012. Oil palm and rural livelihoods in the Asia-Pacific region: An overview. *Asia Pacific Viewpoint*. 53(3):223-239. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8373.2012.01495.x>
- Cuéllar, S.M., Augusto, T.J., 2007. Posibilidades del biodiesel de palma y sus mezclas con diesel en Colombia. *Palmas*. 28(2):63-71. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1291>
- Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N.D., Parish, F., Brühl, C.A., Donald, P.F., Murdiyarso, D., Phalan, B., Reijnders, L., Struebig, M., Fitzherbert, E.B., 2009. Biofuel Plantations on Forested Lands: Double Jeopardy for Biodiversity and Climate. *Conservation Biology*. 23(2):348-358. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01096.x>
- Duran, A.S., Torres, G.J., Sanhueza, C.J., 2015. Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria*. 32(1):11-19. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>
- Ebrahimi, M., Rajion, M.A., Goh, Y.M., Sazili, A.Q., 2012. Impact of different inclusion levels of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fronds on fatty acid profiles of goat muscles. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 96:962-969. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01206.x
- Edem, D.O., 2002. Palm oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 57:319-341. DOI 10.1023/A: 1021828132707
- FAOSTAT, 2013. Estadísticas Organización de la Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/S>. Accessed in September 27, 2016.
- FAOSTAT, 2019. Estadísticas Organización de la Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Accessed in April 23, 2019.
- Fattore, E., Fanelli, R., 2013. Palm oil and palmitic acid: a review on cardiovascular effects and carcinogenicity. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 64(5):648-659. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.768213>
- FEDEPALMA (Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite; 2015) Mini anuario estadístico. <http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Minianuario%20Estad%C3%ADstico%202015.pdf>. Accessed in September 29, 2016.
- Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F., Phalan, B., 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*. 23(10):538-545. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.06.012>
- Gaffney, J.S., Marley, N.A., 2009. The impacts of combustion emissions on air quality and climate -from coal to biofuels and beyond. *Atmospheric Environment*. 43(1):23-26. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.09.016>
- Gan, P.Y., Dong, L.Z., 2014. Econometric study on Malaysia's palm oil position in the world market to 2035. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 39:740-747. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.059>
- Garcés, I.C., Cuéllar, S.M., 1997. Productos derivados de la industria de la palma de aceite. Usos. *Palmas* 18(1):33-48. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/571>
- Imoisi, O.B., Ilori, G.E., Agho, I., Ekhatior, J.O., 2015. Palm oil, its nutritional and health implications (Review). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. 19(1):127-133. <http://dx.doi.org/10.4314/jasem.v19i1.17>
- Janaun, J., Ellis, N., 2010. Glycerol etherification by *tert*-butanol catalyzed by sulfonated carbon catalyst. *Journal of Applied Sciences*. 10(21):2633-2637. DOI:10.3923/jas.2010.2633.2637
- Kalustian, P., 1985. Pharmaceutical and cosmetic uses of palm and lauric products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 62(2):431-433. <https://doi.org/10.1007/BF02541417>
- Kamat, J.P., Devasagayam, T.P.A., 1995. Tocotrienols from palm oil as potent inhibitors of lipid peroxidation and protein oxidation in rat brain mitochondria. *Neuroscience Letters*. 195:179-182. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(95\)11812-B](https://doi.org/10.1016/0304-3940(95)11812-B)

- Kamisah, Y., Adam, A., Wan Ngah, W.Z., Gapor, M.T., Azizah, O., Marzuki, A., 2005. Chronic Intake of Red Palm Olein and Palm Olein Produce Beneficial Effects on Plasma Lipid Profile in Rats. *Pakistan Journal of Nutrition*. 4(2):89-96. DOI:10.3923/pjn.2005.89.96
- Koh, L.P., Ghazoul, J., 2008 Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological Conservation*. 141: 2450-2460. doi:10.1016/j.biocon.2008.08.005
- Ling-hoak, O., Kodiappan, P., 2006. Edad optima de renovación para palma de aceite. *Palmas*. 27(4):21-34. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1194>
- Lough, D.S., Solomon, M.B., Rumsey, T.S., Kahl, S., Slyter, L.L., 1994. The effects of high-forage diets with added palm oil on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of ram and ewe lambs with initially high or low plasma cholesterol. *Journal of Animal Science*. 72(2):330-336. <https://doi.org/10.2527/1994.722330x>
- Lozada, I., Islas, J., Grande, G., 2010. Environmental and economic feasibility of palm oil biodiesel in Mexican transportation sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14:486-492. doi:10.1016/j.rser.2009.06.034
- Manorama, R., Brahmam, G.N.V., Rukmini, C., 1996. Red palm oil as a source of β -carotene for combating vitamin A deficiency. *Plant Foods for Human Nutrition*. 49:75-82. DOI: 10.1007/BF01092524
- Mesa, D.J., 2004. El aceite de palma: la alternativa de los aceites y grasas en América. *Palmas* 25(Especial) Tomo I: 15-28. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1017>
- Mesa, D.J., 2013. Palma de aceite: fuente de oportunidades, progreso y desarrollo. *Palmas*. 34(Especial) Tomo I:9-28. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10662>
- Mielke, T., 2013. Palm oil the leader in global oils and fats supply. Paper presented at the Malaysia/Myanmar palm oil trade fair and seminar, Yangon, Myanmar, 28 June 2013. http://www.mpoc.org.my/upload/Plenary_Paper-Thomas-Mielke.pdf
- Mukherjee, S., Mitra, A., 2009. Health Effects of Palm Oil. *Journal of Human Ecology*. 26(3):197-203. DOI: 10.1080/09709274.2009.11906182
- Murphy, D.J., 2014. The future of oil palm as a major global crop: opportunities and Challenges. *Journal of Oil Palm Research*. 26(1):1-24. <http://jopr.mpob.gov.my/wp-content/uploads/2014/03/jopr26mac2014-denis1.pdf>
- Nagendran, B., Unnithan, U.R., Choo, Y.M., Sundram, K., 2000. Characteristics of red palm oil, a carotene- and vitamin E-rich refined oil for food uses. *Food and Nutrition Bulletin*. 21(2):189-94. <https://doi.org/10.1177/156482650002100213>
- Ng, W.K., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2007. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109:394-399. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600209>
- Ocampo, D.A., 1994. Efecto del nivel de pulidura de arroz en una dieta basada en el fruto entero de palma africana para el engorde de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*. 6(2):1-6. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd6/2/ocampo.htm>
- Ocampo, D.A., 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) Tomo I:275-287. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1042>
- Ojeda, A., Escobar, A., 1995. Suplementación con aceite crudo de palma africana de bovinos para ceba en pastoreo. *Livestock Research for Rural Development*. 7(1):1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/9.htm>
- Pardo, V.L.E., Laurance, W.F., Clements, G.R., Edwards, W., 2015. The impacts of oil palm agriculture on Colombia's biodiversity: what we know and still need to know. *Tropical Conservation Science*. 8(3):828-845. <https://researchonline.jcu.edu.au/40703/1/40703%20Pardo%20Vargas%20et%20al%202015.pdf>
- Rincón, M.S.M., Martínez, C.D.M., 2009. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Palmas*. 30(2):11-24. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1432>

- SAGARPA, 2017. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257081/Potencial-Palma_de_Aceite.pdf
- SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp. Accessed in September 29, 2015.
- Sinaga, H., 2013. Employment and income of workers on Indonesian oil palm plantations: food crisis at the micro level. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*. 1(2):64-78. URL urn: nbn: de: hebis: 34-2014021145105
- Smit, H.H., Meijaard, E., Van der Laan, C., Mantel, S., Budiman, A., Verweij, P., 2013. Breaking the Link between Environmental Degradation and Oil Palm Expansion: A Method for Enabling Sustainable Oil Palm Expansion. *Plos One*. 8(9):1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068610>
- Sundram, K., 1997. Modulation of human lipids and lipoproteins by dietary palm oil and palm olein: a review. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 6(1):12-16. <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/6/1/12.pdf>
- Sundram, K., Sambanthamurthi, R., Tan, Y.A., 2003. Palm fruit chemistry and nutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 12(3):355-362. <http://apjcn.nhri.org.tw/server/APJCN/12/3/355.pdf>
- Sundu, B., Kumar, A., Dingle, J., 2006. Palm kernel meal in broiler diets: Effect on chicken performance and health. *World's Poultry Science Journal*. 62(2):316-325. <https://doi.org/10.1079/WPS2005100>
- Terán, M.G., Sarmiento, F.L., Segura, C.J.C., Torres-Acosta, F., Santos, R.R.H., 2004. Comportamiento productivo, características de la canal y peso del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*). *Técnica Pecuaria de México*. 42(2):181-192. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/viewFile/1418/1413>
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., Swackhamer, D., 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*. 292(5515):281-284. DOI: 10.1126/science.1057544
- World Bank, 2011. Marco estratégico del grupo Banco Mundial para su participación en el sector del aceite de palma. Washington, D.C. USA. 108p. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/4c6c8b004be32fc48fa0df7cbf6249b9/WBG+Framework+and+IFC+Strategy_SPANISH_FINAL.pdf?MOD=AJPERES
- Wu, S.J., Liu, P.L., Ng, L.T., 2008. Tocotrienol-rich fraction of palm oil exhibits anti-inflammatory property by suppressing the expression of inflammatory mediators in human monocytic cells. *Molecular Nutrition and Food Research*. 52(8):921-929. DOI: 10.1002/mnfr.200700418
- Zapata, C.D., Martínez, I.D., Arenas, C.E., Henao, U.C.A., 2007. Producción de biodiesel a partir de aceite crudo de palma: 1. Diseño y simulación de dos procesos continuos. *Dyna*. 74(151):71-82. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v74n151/a08v74n151.pdf>
- Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D.D., Kates, M., 2003. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process design and technological assessment. *Bioresource Technology*. 89(1):1-16. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00040-3)

3. SEGUIMIENTO POST-COSECHA DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*) ALMACENADO BAJO TECHO

POST-HARVEST NUTRITIONAL COMPOSITION MONITORING IN OIL PALM FRUIT (*Elaeis guineensis*) STORED UNDER CEILING

Leonel Cano Asencio¹, *Pedro Arturo Martínez Hernández¹, Maximino Huerta Bravo¹, Emilio Manuel Aranda Ibanez², Enrique Cortes Díaz¹

¹Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5. Código Postal 56230, Chapingo, estado de México. México. Teléfono 015959521621

²Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, Periférico Profesor Carlos Molina sin número, kilómetro 3.5 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Código Postal 86500, Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia pedroarturo@correo.chapingo.mx

Artículo enviado a la Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios ISSN: 2007-901Xb

3.1 Resumen

El fruto de la palma de aceite tiene un mercado creciente, sin embargo, validar su uso en la alimentación de bovinos puede ser una opción ante contingencias de precio en el mercado. El objetivo fue determinar la composición nutrimental del fruto de la palma de aceite almacenado bajo techo y piso de cemento por un máximo de 21 días. Los componentes nutrimentales fueron: proteína cruda, fibras detergente neutro y ácido, lignina, extracto etéreo, cenizas y materia seca. En un mismo día se colectaron tres racimos en cada una de ocho fincas, éstos se almacenaron por 1, 7, 14 y 21 días para simular cosechas diarias y cada una, dos y tres semanas. El análisis estadístico fue por análisis de varianza considerando como fuentes de variación finca de origen, días post-cosecha y la interacción de éstos. Extracto etéreo se mantuvo constante ($p>0.05$) en los cuatro tiempos post-cosecha, el promedio general fue 61%. La proteína cruda varió ($p<0.05$) con el tiempo post-cosecha, sin embargo, la variación fue pequeña y siempre por debajo del 7%. Lignina en todo momento estuvo entre 9 y 10%, siendo este componente el de mayor limitación para usar el fruto como alimento para bovinos. La composición nutrimental del fruto de palma de aceite es relativamente estable dentro de los 21 días post-cosecha excepto en materia seca que incrementa con los días post-cosecha, la variación entre fincas puede ser reflejo del grado de maduración del fruto.

Palabras claves: alimentación bovinos; análisis proximal; calidad alimenticia; cambios en almacenamiento; materia seca.

Abstract

Oil palm fruit has an increasing market, however, validation of its use as cattle feed is an alternative against price falls. The objective was to determine oil palm fruit nutritional composition when stored under ceiling and cement floor for 21 days. Nutritional components were: crude protein, neutral and acid detergent fibers, lignin, ether extract, ash and dry matter. In the same day three fruit clusters of each of eight oil palm plantations were collected and stored for 1, 7, 14 y 21 days to simulate daily and every one, two and three week fruit harvesting. Statistical analysis was by analysis of variance where variation sources were oil palm plantation, post-harvest days and the interaction of both. Ether extract was constant ($p>0.05$) along all post-harvest days, overall mean was 61%. Crude protein varied ($p<0.05$) among post-harvest days, however, variation was small and contents were always below 7%. Lignin concentration was between 9 and 10%, it is the most limiting component of oil palm fruit as cattle feed. Oil palm fruit nutrient composition was relative steady along the 21 days post-harvest, except dry matter content that increased as post-harvest day went by, variation among oil palm plantations could have been a reflection of different level of fruit ripening.

Key words: cattle feeding; proximal analysis; feeding quality; storing changes; dry matter

3.2 Introducción

En México, entre 1995 y 2011 el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) mostró una gran expansión en la superficie cultivada en áreas tropicales, esto debido a que el fruto alcanzó precios altos en el mercado local sumado al apoyo otorgado por programas federales a la plantación de esta especie. En los estados de Chiapas, Campeche, Tabasco y Veracruz se registró para 2012 una superficie sembrada de 90 mil hectáreas (Santacruz *et al.* 2012).

Del fruto de la palma de aceite, por extracción, se obtiene un aceite vegetal con demanda mundial sostenida y creciente por la diversidad de usos de este aceite, que van desde consumo directo por el humano hasta la síntesis de biodiesel. En la industria de la alimentación humana el aceite muestra una gran aceptación por sus características físicas y nutricionales (Mohd-Hassim y Mat-Dian 2018); y, en la industria oleoquímica se ha usado para la elaboración de cosméticos y combustible (Lacouture 2017).

Luego de extraer el aceite, queda una pasta llamada palmiste que representa no más del 2.5% del total del material procesado, palmiste en promedio contiene 15.7 y 5 % de proteína cruda y extracto etéreo, respectivamente por lo que tiene potencial para ser usada en la alimentación de bovinos (Vargas y Zumbado 2003).

La investigación para definir pautas para incorporar el fruto de la palma de aceite en la alimentación de bovinos es escasa, aun cuando existen evidencias de que el fruto puede ser una excelente fuente energética al contener hasta 68.5% de aceite (Rodríguez y Martínez 2014, Ruiz *et al.* 2015), además la opción de incorporar el fruto a la alimentación de bovinos, abre la posibilidad de otro uso, ante contingencias como la caída estacional en el precio del fruto en el mercado de la industria aceitera o de frutos que no alcancen la calidad demandada por la industria. En ese sentido, es de interés investigar sobre cambios en la composición nutrimental del fruto durante el intervalo de tiempo entre la cosecha y su consumo por los bovinos, como un complemento o como ingrediente de una dieta integral. Montoya *et al.* (2013) señalan que el fruto de la palma de aceite, almacenado a intemperie puede mostrar cambios en su composición por evaporación, fotooxidación, ataques por micro y macro organismos y activación de enzimas propias como algunas lipasas o asociadas a la respiración del tejido. Además, el alto contenido de aceite del fruto, puede facilitar procesos de descomposición. Por lo que el objetivo de esta investigación fue dar seguimiento a cambios en la composición nutrimental del fruto de la palma de aceite desde su cosecha y hasta los 21 días post-cosecha con la finalidad de estimar la conveniencia de su uso como ingrediente en la alimentación de bovinos.

3.3 Materiales y métodos

De ocho fincas comerciales, identificadas con números del 1 al 8, cercanas al centro de acopio de fruto de palma de aceite ubicado en Nueva Esperanza, Palenque, Chiapas, se colectaron tres racimos de cada

finca. La cosecha de los racimos fue al azar en un mismo día el 16 de junio de 2016. Los racimos fueron trasladados a las instalaciones del Campus Tabasco del Colegio de Postgraduados, en Cárdenas, Tabasco, donde se colocaron sobre un piso de cemento con techo. De cada racimo se tomó una muestra de aproximadamente 2 kg de fruto a los 1, 7, 14 y 21 días post-cosecha, estos días se seleccionaron considerando que el productor realizara cosechas del fruto de la palma de aceite diariamente o cada 1, 2 y 3 semanas, respectivamente, para ofrecerlo o venderlo como alimento para ganado bovino.

Los frutos colectados se molieron en molino de martillos a una criba $\frac{3}{4}$ de pulgada y se les determinó: materia seca (MS), cenizas (C), extracto etéreo (EE), proteína cruda (N por Kjeldahl (AOAC, 1990) X 6.25), fibras detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA) y lignina (Van Soest *et al.* 1991).

El análisis estadístico fue por análisis de varianza con un modelo lineal, mixto considerando un diseño experimental completamente al azar: $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \theta(\alpha)_{j(i)} + \varepsilon_{ijk} + \rho_l + \alpha\rho_{il} + \varepsilon_{ijkl}$; para $i = 1, 2, \dots, 8$; $j = 1, 2, \text{ y } 3$; $k = 1, 2, \dots, 5$; $l = 1, 2, \dots, 4$. Donde Y_{ijkl} es la respuesta observada; μ la media general; α_i el efecto aleatorio de la i -ésima finca; $\theta(\alpha)_{j(i)}$ efecto de j -ésimo racimo dentro de cada i -ésima finca; ε_{ijk} es el error aleatorio en cada medición dentro de cada racimo y finca; ρ_l efecto del l -ésimo día post-cosecha; $\alpha\rho_{il}$ efecto aleatorio de la interacción de la i -ésima finca por el l -ésimo día post-cosecha; ε_{ijkl} el error aleatorio. Las medias fueron separadas por comparación múltiple de medias por Tukey (Montgomery 2012) los cálculos se hicieron con el software SAS versión 9.4 (SAS 2017).

3.4 Resultados

El nivel de significancia de los efectos principales (finca y días post-cosecha) y la interacción finca X días post-cosecha sobre las variables estudiadas se presenta en el Tabla 1. La finca influyó ($p < 0.05$) en los contenidos de proteína cruda, FDN, lignina y extracto etéreo. Los días post-cosecha influyeron ($p < 0.05$)

sobre todas las concentraciones excepto en extracto etéreo. La interacción finca X días post-cosecha, influyó ($p<0.05$) únicamente sobre los contenidos de proteína cruda y materia seca.

La proteína cruda varió de 2.2 a 3.5 %, el menor valor se registró en los frutos de la finca 5 a 1 día post-cosecha, mientras que el valor más alto fue en frutos de la finca 8 a 7 días post-cosecha (Figura 1). La tendencia general fue hacia un ligero incremento en la proteína cruda conforme avanzaron los días post-cosecha, el efecto de finca estuvo asociado a que los frutos de la finca 8 siempre se mantuvieron con un porcentaje de proteína cruda de 3% o superior.

La concentración de FDN varió de 27.6 a 40.4% (Figura 2), la finca 5 a 1 día post-cosecha y la finca 8 a 7 días post-cosecha, dieron los frutos con menor y mayor contenido de FDN, respectivamente. En estos valores extremos hay coincidencia con lo registrado en proteína cruda, el fruto de la finca 5 a 1 día post-cosecha mostró el menor valor en proteína cruda y FDN, mientras que los máximos valores para estas variables se encontraron en el fruto de la finca 8 a 7 días post-cosecha. Es difícil dar una explicación a este patrón de respuesta, dado que una mayor concentración de proteína cruda significa una mayor calidad nutricional pero una mayor concentración de FDN implica una menor calidad nutricional.

Con base en finca, se formaron dos grupos, uno conformado por los frutos provenientes de las fincas 1, 4 y 8, que tendieron a mostrar un mayor contenido de FDN que los frutos de las otras cinco fincas. El patrón de cambio en la concentración de FDN al pasar los días post-cosecha fue de un aumento de 1 a 7 días post-cosecha para luego mostrar una caída suave hasta los 21 días post-cosecha.

La concentración de FDA en el fruto varió entre 24.3 a 35.3% (Figura 3), la tendencia general fue un incremento en FDA del primer al décimo cuarto día post-cosecha, para luego mostrar una caída en la concentración de FDA. Considerando días post-cosecha, único factor que marcó diferencia estadística en

contenidos de FDN y FDA (Tabla 1) y expresando la diferencia del valor mínimo al máximo como porcentaje de la media general de cada una de estas dos fibras, en FDN la diferencia equivalió al 9% de la media general, mientras que en FDA fue del 16%, esto permite señalar que el efecto de días post-cosecha fue mayor en la concentración de FDA que en la de FDN.

La concentración de lignina varió de 7.4 a 10.8% (Figura 4), mostró al igual que la concentración de FDN variación por finca y días post-cosecha, sin embargo, el patrón de cambios fue distinto, del primero al décimo cuarto día post-cosecha la concentración de lignina tendió a disminuir para posteriormente aumentar, FDN primero tendió a ser mayor y luego descender. Las fincas 8 y 1 sobresalieron por su mayor y menor contenidos de lignina, respectivamente, en promedio la finca 8 mostró frutos conteniendo 10.0% de lignina, mientras que en la finca 1 este promedio fue de 8.13%.

Los niveles de ceniza variaron de 1.4 a 2.2% (Figura 5) al variar el tiempo post-cosecha, con una tendencia general de aumento en la concentración del primer al séptimo día post-cosecha y posterior disminución.

La concentración de extracto etéreo varió de 54.7 a 65.6% (Figura 6), la única fuente de variación significativa fue la finca de origen. La variación en extracto etéreo por finca fue de 56.4 a 64.8%, el menor en la finca 8 y el mayor en la finca 2, la menor concentración de extracto etéreo en frutos de la finca 8 se asoció con que los frutos de esta finca mostraron las mayores concentraciones en FDN y lignina (Figuras 2 y 4), quizás esta tendencia en contenidos de la pared celular y extracto etéreo encontrada en frutos de la finca 8 pueda ser un reflejo del grado de madurez del fruto.

Independientemente de la finca de origen, todos los frutos de la palma de aceite aumentaron gradualmente el contenido de materia seca conforme se pasó del primero al último día post-cosecha evaluado (Figura 7),

en promedio el contenido de materia seca pasó de un mínimo de 68.7 a un máximo de 95.5% del primero al vigésimo primer día, respectivamente.

3.5 Discusión

Los contenidos de FDN, FDA y cenizas tendieron a mostrar un patrón de respuesta a días post-cosecha similar en cuanto que mostraron un primer momento de aumento con los días post-cosecha para llegar a un máximo entre el séptimo y décimo cuarto día post-cosecha y luego caer ligeramente, mientras que los contenidos de proteína cruda y materia seca mantuvieron la tendencia de incremento hasta el último día post-cosecha evaluado.

El patrón de incremento inicial en las concentraciones de proteína cruda, FDN, FDA y cenizas podría explicarse por la pérdida de humedad del tejido vegetal sumada a la oxidación enzimática de la respiración del tejido vegetal que redujo la presencia de carbohidratos de alta solubilidad, ambas situaciones, menores contenidos de humedad y de carbohidratos altamente solubles permitió este incremento relativo (Suttie 2000). La pérdida de humedad del tejido vegetal fue fundamentalmente por evaporación, debe recordarse que los frutos se mantuvieron bajo techo por lo que no pudo darse ninguna ganancia de humedad por efecto de las lluvias.

A diferencia de los otros componentes, la concentración de extracto etéreo, se mantuvo constante a través de los días post-cosecha, este patrón de respuesta podría explicarse con base en que no existió efecto de la actividad de lipasas (Montoya *et al.* 2013).

Las diferencias entre fincas en los contenidos de proteína cruda, FDN, lignina y extracto etéreo pueden responder a diferentes grados de maduración del fruto al momento de la cosecha como a diferentes genotipos (Gómez 2010).

Las variaciones en proteína cruda fueron consistentes para dar diferencias estadísticas, sin embargo, la magnitud de las mismas fue muy pequeña, de la mínima a la máxima concentración de proteína cruda se registró una diferencia de 1.3 unidades porcentuales, y en todo momento las concentraciones de proteína cruda se mantuvieron por debajo del 7-8%, considerado como un límite mínimo para mantener una adecuada actividad microbiana en el rumen de bovinos alimentados con forrajes tropicales (Sampaio *et al.* 2010, Soliva *et al.* 2015). La magnitud de diferencia tan pequeña como el que nunca se alcanzó una concentración de proteína cruda igual o mayor al 7%, permiten señalar que los cambios en proteína cruda tanto por finca de origen como por los días post-cosecha son de poca importancia.

La concentración de proteína cruda en el fruto de la palma de aceite fue menor a lo registrado en rastrojo de maíz y paja de arroz con valores de 5.78 y 4.40% respectivamente (Sánchez *et al.* 2015), superó al fruto de la palma coyul (*Acrocomia mexicana*) que ha registrado valores por debajo del 1% (Ramírez *et al.* 2013) y quedó cercana a los 2.98 y 3.2 % de proteína cruda registrados en el fruto de la palma yagua (*Attalea cryptanther*) y fruto de la palma de aceite, respectivamente (García-Pantaleón *et al.* 2006, Rodríguez y Martínez 2014). El fruto de la palma de aceite es, por tanto, una fuente muy pobre de proteína para el bovino, por lo que al integrarla como un ingrediente de la dieta de un bovino deberá siempre asociarse con una fuente rica en proteína para que el bovino pueda hacer un uso extenso del contenido energético de este fruto.

Las concentraciones de FDN en el fruto de la palma de aceite fueron inferiores a las concentraciones de 79.2 y 81.6% registradas en paja de arroz y rastrojo de maíz, respectivamente (Sánchez *et al.* 2015), y al intervalo de 49.6 a 73.2% de FDN observado en otras opciones forrajeras tropicales; pero cercanas al intervalo de 26.3 a 33.55% de FDN obtenido en gramíneas tropicales forrajeras cosechadas en crecimiento activo (Gutiérrez *et al.* 2008, Naranjo y Cuartas 2011, Pinto *et al.* 2002). Concentraciones de FDN

superiores a 22.2% limitan el consumo diario en bovinos (Arelovich *et al.* 2008) pero niveles inferiores pueden originar dietas que no promueven la rumia y aumentan el riesgo de acidez ruminal sub-clínica y clínica, lo que a su vez reduce el potencial productivo del bovino (Núñez *et al.* 2014). Por lo que se puede afirmar que independientemente de la finca y el tiempo post-cosecha el fruto de la palma de aceite mostró niveles de FDN favorables para mantener el buen funcionamiento del rumen en bovinos y comparables a los encontrados en gramíneas tropicales.

El intervalo de FDA obtenido en esta investigación es muy cercano al obtenido de 19.1 a 35.8% con doce forrajeras tropicales (Pinto *et al.* 2002) y similar al de 26.19 a 35.67% registrado en seis opciones forrajeras de uso en Cuba (Verdecia *et al.* 2014). Al igual que con FDN la concentración de FDA en el fruto de la palma de aceite es adecuada para la alimentación de bovinos.

La lignina no es un carbohidrato, pero está estrechamente relacionada con la celulosa y la hemicelulosa formando la fibra o pared celular, la lignina no es digestible en el rumen por lo que su presencia es considerada como un componente que limita la calidad de un forraje, a mayor contenido de lignina el forraje es considerado de menor calidad. Cab-Jiménez *et al.* (2015) encontraron valores de lignina en árboles forrajeros tropicales de 4 a 25.4%, López-Herrera y Briceño-Arguedas (2016) registraron en *Cratylia argentea* concentraciones de lignina de 11.9 a 16.3%, en maíz, sorgo y pasto Taiwán la concentración de lignina varió de 4.7 a 7.7% (Elizondo-Salazar 2017). En base a estos datos podría señalarse que el fruto de la palma de aceite muestra concentraciones de lignina relativamente altas, lo que podría a su vez ser una de las limitantes a su uso como fuente de alimento para bovinos.

El aporte de ceniza es similar al 1.7 y 2.2% registrados para los frutos de la palma yagua (*Attalea burtyracea*) y palma coyul (*Acrocomia mexicana*) según lo obtenido por Cordero *et al.* (2009) y Ramírez *et al.* (2013), respectivamente. En fruto de la palma de aceite, Ruiz *et al.* (2015) encontraron 1.7% de ceniza.

Las hojas de árboles forrajeros y de algunas gramíneas la concentración de ceniza puede ir de 4.5 a 14.2% (Cab-Jiménez *et al.* 2015 y Elizondo-Salazar 2017), por lo que en comparación se puede señalar que el fruto de la palma de aceite es una fuente pobre de minerales por lo que su ofrecimiento a los bovinos debe ser acompañado con minerales adicionales para asegurar una alimentación adecuada.

El intervalo de concentraciones de extracto etéreo registrado en esta investigación superó al de 18 a 23% obtenido por Dávila *et al.* (2011) en fruto de la palma *Attalea*, a la concentración de 34.2% encontrada por Cordero *et al.* (2009) en frutos de la palma Yagua (*A. burtyracea*) y 41.6% medida por Ramírez *et al.* (2013) en frutos de la palma coyul (*Acrocomia mexicana*); y, similar a los registros de 67.3 y 68.5% en frutos de palma chilena (*Jubaea chilensis*) y palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) publicados por Masson *et al.* (2008) para la primera y Rodríguez y Martínez (2014) y Ruiz *et al.* (2015) para la segunda, respectivamente.

El contenido alto de extracto etéreo se vuelve el componente nutrimental que otorga al fruto de la palma de aceite la mayor fortaleza para ser usado como alimento para bovinos y que este contenido se mantenga dentro del intervalo de tiempo evaluado permite que el productor pueda planificar las cosechas del fruto y su ofrecimiento con un tiempo relativamente holgado sin preocuparse por una pérdida importante en el aporte energético del fruto hacia el bovino.

Días post-cosecha presentó una mayor influencia que finca de origen en determinar cambios en los componentes nutrimentales medidos, sin embargo, estos cambios fueron de poca magnitud lo que permite señalar que el fruto puede conservarse en almacenamiento cubierto hasta por un máximo de 21 días luego de cosechado sin que haya fuerte deterioro en la calidad original del fruto.

3.6 Conclusiones

El tiempo post-cosecha de hasta un máximo de 21 días, no ocasiona grandes cambios en la concentración de la mayoría de los componentes nutrimentales, siempre que el almacenamiento sea bajo techo y sobre piso de cemento, por lo que el productor podría planificar cosechas del fruto cada tres semanas para ofrecerlo a ganado bovino. El mayor cambio que se puede esperar en este tiempo de almacenamiento es en el contenido de materia seca que tiende a incrementarse gradualmente conforme se aumenta el tiempo de almacenamiento.

Las concentraciones específicas de los componentes nutrimentales pueden variar de una finca a otra, posiblemente este efecto de finca de origen pueda estar asociado a grado de madurez del fruto al momento de ser cosechado.

3.7 Agradecimientos

El primer autor agradece a CONACYT la beca otorgada en los estudios de doctorado.

3.8 Literatura citada

- AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. 771p.
- Arelovich HM, Abney CS, Vizcarra JA, Galyean ML (2008) Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. The Professional Animal Scientist 24: 375–383.
- Cab-Jiménez FE, Ortega-Cerrilla ME, Quero AR, Enríquez-Quiroz JF, Vaquera-Huerta H, Carranco-Jauregui ME (2015) Composición química y digestibilidad de algunos árboles tropicales forrajeros de Campeche, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11: 2199-2204.
- Cordero J, Alemán W, Torrellas F, Ruiz R, Nouel G, Maciel SN, *et al.* (2009) Características del fruto de la palma yagua (*Attalea burtyracea*) y su potencial para producción de aceites. Bioagro 21: 49-55.
- Dávila GEJ, Merino ZC, Mejía CKM, García DDE, Sauvain M, Sotero SVE (2011) Caracterización química de tres palmeras del género *Attalea*. Revista de la Sociedad Química del Perú 77: 218-224.
- Elizondo-Salazar JA (2017) Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. Agronomía Mesoamericana 28: 329-340.

- García-Pantaleón DM, González J, Moreno-Álvarez MJ, Belén-Camacho DR, Medina-Martínez C, Linares O (2006) Características fisicoquímicas del aceite del endospermo de la Palma Yagua (*Attalea cryptanther*). *Grasas y Aceites* 57: 308-312.
- Gómez JE (2010) Criterio de cosecha en cultivos de alto oleico en Tumaco. *Palmas* 31: 68-73.
- Gutiérrez D, Mendoza S, Serrano V, Bah MM, Pelz R, Balderas P, *et al.* (2008) Proximate composition, mineral content, and antioxidant properties of 14 Mexican weeds used as fodder. *Weed Biology and Management* 8: 291-296.
- Lacouture LFD (2017) Innovación tecnológica: estrategia para la competitividad de la agroindustria palmera. *Palmas* 38: 14-19.
- López-Herrera M, Briceño-Arguedas E (2016) Efecto de la frecuencia de corte y la precipitación en el rendimiento de *Cratylia argentea* orgánica. *Nutrición Animal Tropical* 10: 24-44.
- Mohd-Hassim NA, Mat-Dian NLH (2018) Uso de aceite de palma, aceite de palmiste y sus fracciones en confitería. *Palmas* 39: 69-83.
- Montoya LK, Osorio O, Cerón AF (2013) Cambios fisicoquímicos postcosecha que afectan la calidad de racimos de palma *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq. *Revista de Ciencias Agrícolas* 30: 84-93.
- Masson L, Camilo C, Torija ME (2008) Caracterización del aceite de coquito de palma chilena (*Jubaea chilensis*). *Grasas y Aceites* 59: 33-38.
- Montgomery DC (2012) *Design and Analysis of Experiments*. 8th edition. Wiley. New York, USA. 724p.
- Naranjo FJ, Cuartas CA (2011) Nutritional characterization and ruminal degradation kinetics of some forages with potential for ruminants supplementation in the highland tropics of Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 6: 9-19.
- Núñez HG, Rodríguez HK, Granados NJA, Anaya SA, Figueroa VU (2014) Calidad nutricional y utilización de forrajes en explotaciones lecheras en la región lagunera. *Agrofas* 14: 33-41.
- Pinto R, Ramírez L, Kú VJC, Ortega L (2002) Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes* 25: 171-180.
- Ramírez HBC, Zañudo HJ, García de Alba VJE, Délano FJP, Pimienta BE, García MMA (2013) Importancia agroecológica del coyul (*Acrocomia Mexicana* Karw. ex Mart.). *Estudios Sociales* 21: 96-113.
- Rodríguez MJD, Martínez AJD (2014) Niveles sanguíneos de colesterol y triglicéridos en cerdos alimentados con fruto entero de palma. *Revista Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente* 4: 1-5.
- Ruiz PR, Romero CE, Hernández VH, Salinas GI (2015) Evaluación del fruto entero de palma de aceite ofrecido *ad libitum* en la alimentación de pollos de engorde. *Revista Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente* 5: 38-46.
- Sampaio CB, Detmann E, Paulino MF, Valadares Filho SC, De Souza MA, Lazzarini I *et al.* (2010) Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Tropical Animal Health and Production* 42: 1471-1479.
- Sánchez LA, Torres NE, Estupiñán VK, Vargas BJ, Sánchez TJ, Sánchez VN (2015) Valoración nutritiva del rastrojo de *Zea mays* y *Oryza sativa* para la alimentación de ovinos en el trópico ecuatoriano. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 4: 235-249.

- Santacruz E, Morales S, Palacio VH (2012) Políticas gubernamentales y reconversión productiva: el caso de la palma de aceite en México. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/lgm.html>. Fecha de consulta 20 de mayo de 2018.
- SAS (2017) Base SAS R 9.4 Procedures guide. 7th Edition. SAS R Documentation. SAS Institute Inc. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/proc/70377/PDF/default/proc.pdf>. Fecha de consulta: 3 de julio de 2017.
- Soliva CR, Amelchanka SL, Kreuzer M (2015) The requirements for rumen-degradable protein per unit of fermentable organic matter differ between fibrous feed sources. *Frontiers in Microbiology* 6: 715
- Suttie JM (2000) Hay and Straw Conservation - For Small-Scale Farming and Pastoral Conditions. Plant Production and Protection Series No. 29. Roma, Italia: FAO.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Vargas E, Zumbado M (2003) Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 27: 7-18.
- Verdecia ADM, Herrera GRS, Ramírez JL, Leonard AI, Bodas RR, Andrés LS, *et al.* (2014) Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria* 18: 75-90.

3.9 Cuadros y figuras

Cuadro 1 Valor de p para las fuentes de variación sobre componentes nutrimentales medidos en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Componente	Fuente de variación		
	Finca	Días post-cosecha	Finca X días post-cosecha
Proteína cruda	0.0248	<.0001	0.0196
FDN	0.0057	0.0010	0.3882
FDA	0.4560	<.0001	0.0896
Lignina	0.0098	0.0032	0.6907
Ceniza	0.1271	<.0001	0.2232
Extracto etéreo	0.0030	0.2409	0.1799
Materia seca	0.4492	<.0001	0.0012

FDN= fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente ácido

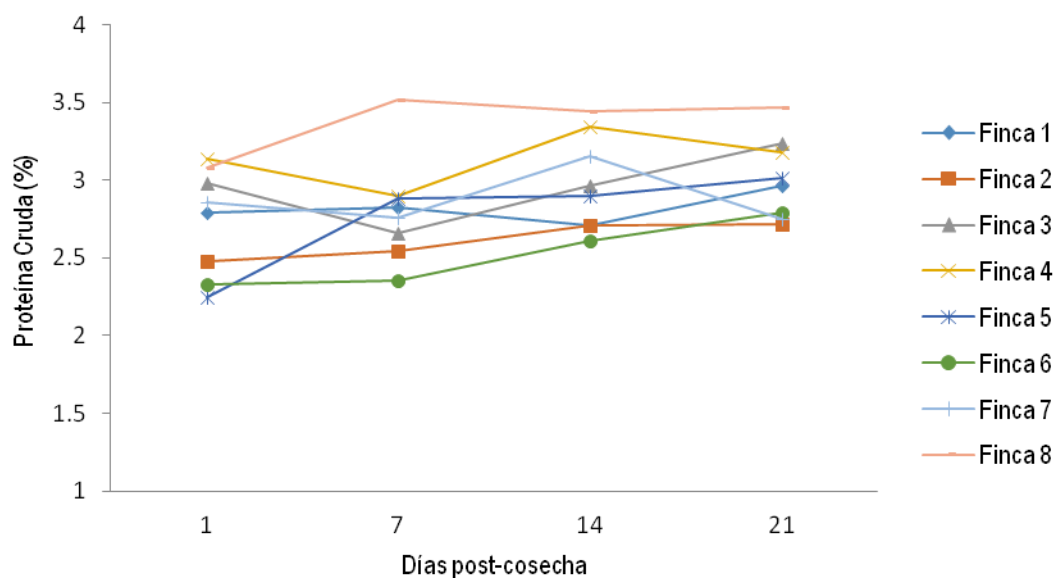


Figura 1 Cambios en la concentración de proteína cruda en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

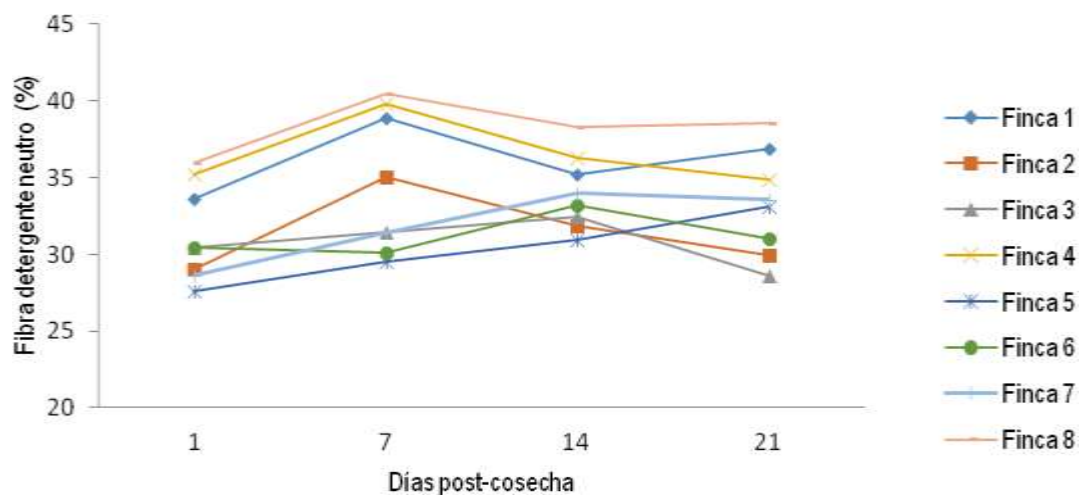


Figura 2 Cambios en el contenido de fibra detergente neutro en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

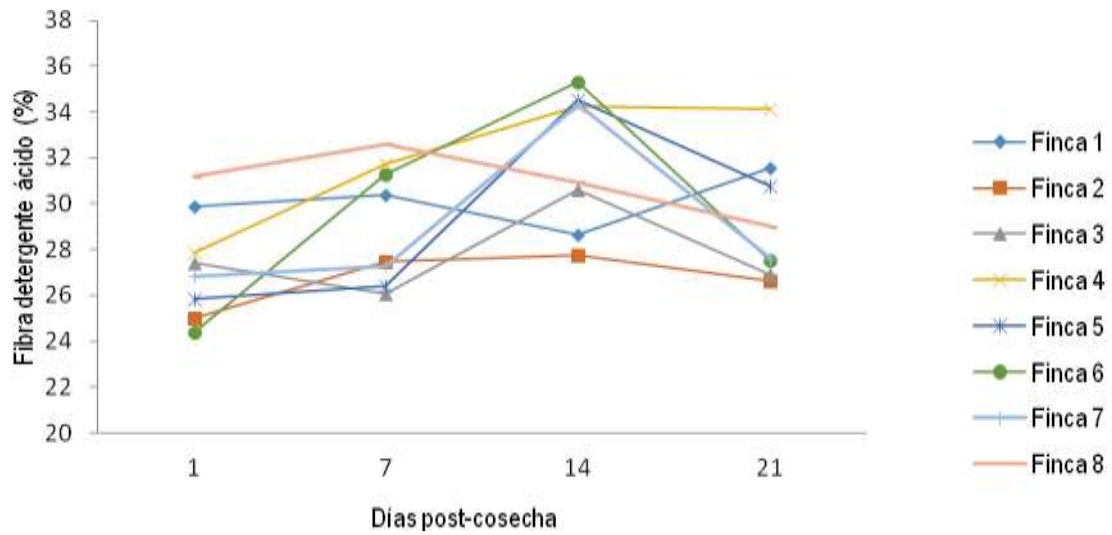


Figura 3 Cambios en el contenido de fibra detergente ácido en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

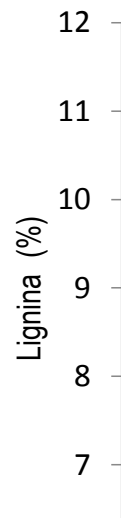


Figura 4 Cambios en el contenido de lignina en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

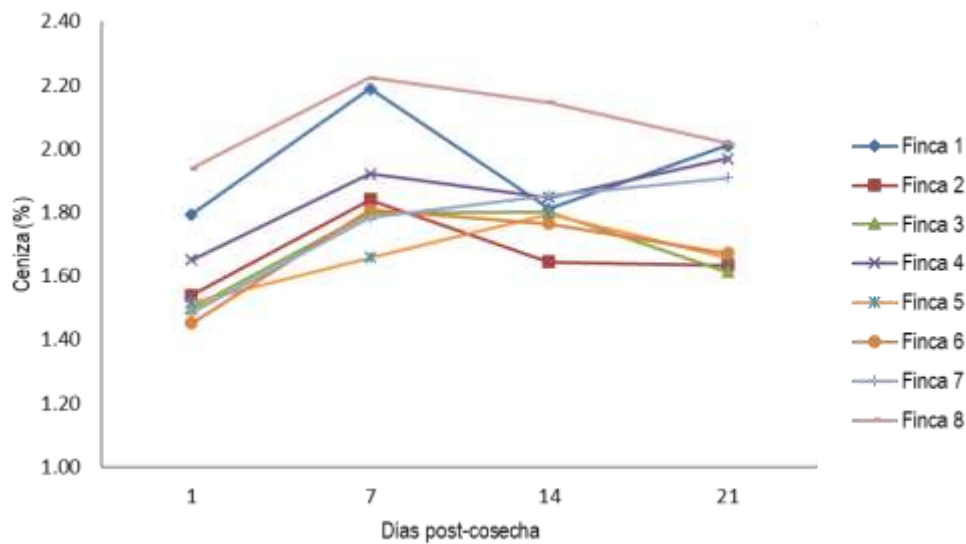


Figura 5 Cambios en el contenido de ceniza en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

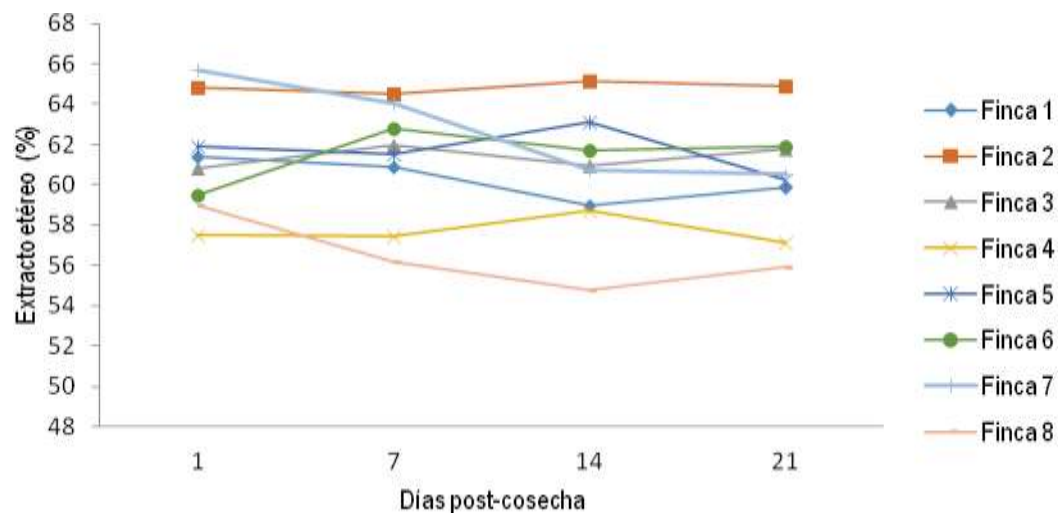


Figura 6 Cambios en el contenido de extracto etéreo en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos de post-cosecha.

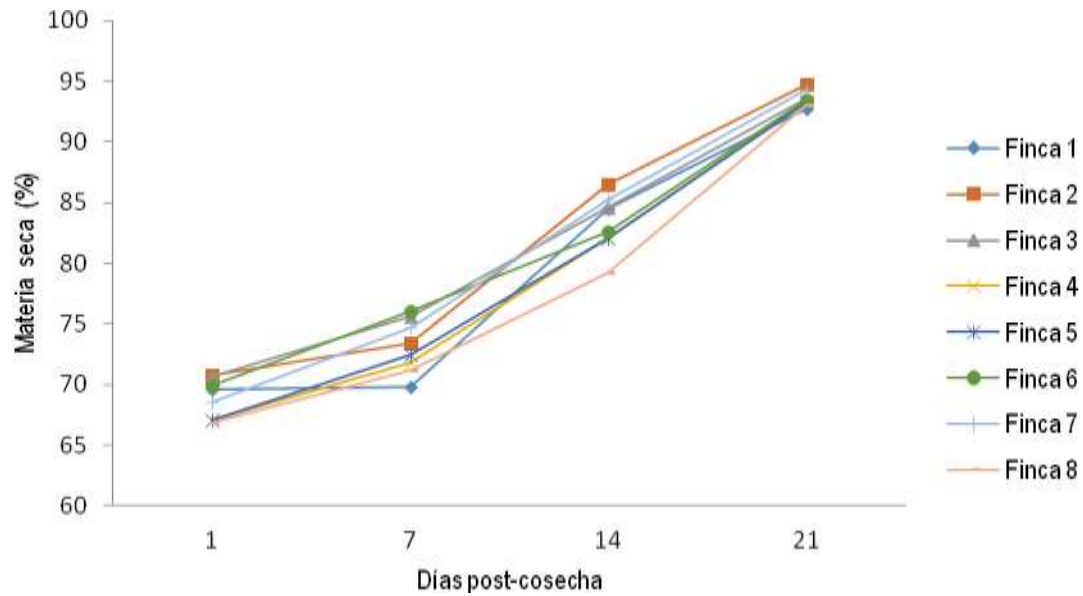


Figura 7 Cambios en el contenido de materia seca en fruto de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) procedente de ocho fincas y a cuatro tiempos post-cosecha.

4. FRUTO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis*) EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS EN TRÓPICO HÚMEDO

OIL PALM (*Elaeis guineensis*) FRUIT IN CATTLE FEEDING IN HUMID TROPIC

Leonel Cano Asencio¹, *Pedro Arturo Martínez Hernández¹, Maximino Huerta Bravo¹, Emilio Manuel Aranda Ibanez², Enrique Cortes Díaz¹

¹Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5. Código Postal 56230, Chapingo, Estado de México. México.

Teléfono 015959521621

²Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, Periférico Profesor Carlos Molina sin número, kilómetro 3.5 carretera Cárdenas-Huimanguillo, Código Postal 86500, Cárdenas, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia pedroarturo@correo.chapingo.mx

Artículo enviado a la Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios ISSN: 2007-901X

4.1 Resumen

La engorda de bovinos en el trópico húmedo demanda ingredientes de alta concentración nutrimental y a precio competitivo, el fruto de palma de aceite podría satisfacer estas demandas. Por lo que se realizó en un ambiente de trópico húmedo un ensayo de alimentación con un diseño completamente al azar de 90 días con 21 novillos comparando dietas con 0, 8 y 16% de fruto de palma de aceite, para analizar el comportamiento productivo. Los primeros 30 días fueron de acondicionamiento de los novillos, y los últimos 60 días se determinó consumo, ganancia de peso, conversión alimenticia y la diferencia ingreso menos costo de alimento. El consumo y la ganancia de peso fueron 22 y 33% menores ($p < 0.05$) con la dieta de 16% que el promedio de las otras dos que no mostraron diferencias entre ellas ($p > 0.05$). En el balance económico la dieta con 8% dio un margen 2.3 y 4 veces mayor que las dietas con 16 y 0%, respectivamente. La depresión del consumo fue la mayor limitante de la incorporación del fruto de palma de aceite a la engorda de bovinos. Se concluyó que el comportamiento productivo de bovinos en engorda en trópico húmedo es sensible al nivel de inclusión de fruto de palma de aceite en la dieta, a un nivel bajo puede ser una oportunidad importante por reducir el costo de la alimentación manteniendo la ganancia de peso, a un nivel medio de inclusión se deprime el consumo y con ello el desempeño en ganancia de peso.

Palabras claves: consumo de alimento, dieta integral, engorda en corral, ganancia de peso, heno de *Brachiaria*.

Abstract

Feedlots in the humid tropic demand high nutrient concentration ingredients at competitive price, oil palm fruit could meet such demand. Then, in a humid tropic environment a feeding trial was conducted under a

completely random design lasting 90 days with 21 steers comparing diets with 0, 8 and 16% oil palm fruit, to analyze feeding performance. First 30 days were for steer adaptation to feedlot and diets, in the last 60 days, intake, weight gain, feed conversion and difference of income less feed cost were determined. Intake and weight gain were 22 and 33% lower ($p < 0.05$) in the 16%-diet compared to the mean of the other two that showed no difference ($p > 0.05$) between them. In the economic balance, partial profit with the 8%-diet was 2.3 and 4 times higher than with 16 and 0%-diets, respectively. Intake depression was the major limiting factor to the inclusion of oil palm fruit to diets used in feedlots in the humid tropic. It was concluded that feeding performance in feedlots in the humid tropic is sensitive to the level of inclusion in the diet of oil palm fruit, at low level of inclusion feed cost is decreased with no negative impact on weight gain, while at medium level of inclusion intake is decreased and with it weight gain is decreased too.

Key words: feed intake, mixed diet, feedlot feeding, weight gain, *Brachiaria hay*.

4.2 Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en un cultivo tropical que ha mostrado una fuerte expansión en la superficie de cultivo en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz, tanto por el precio que alcanza el fruto en el mercado local, como por los apoyos del gobierno federal para impulsar el establecimiento de plantaciones de esta especie, en los estados mencionados se registró que en 2012, se contaba ya con no menos de 90 mil hectáreas ocupadas con este cultivo (Santacruz *et al.* 2012).

Del fruto de la palma de aceite se extrae un aceite de alta demanda en el mercado internacional ya que es un aceite de usos múltiples en la industria alimenticia y de cosméticos para humanos (EPOA 2019) y el aceite es base para la obtención de biodiesel a precios competitivos con relación a otros aceites vegetales (GreenPalm 2019). A pesar de la demanda por el aceite, el precio pagado al productor por el fruto presenta variaciones estacionales y hay rechazos por no cumplir con los estándares establecidos (MarketsandMarkets 2019). Ante esta situación es conveniente validar el uso del fruto en la alimentación de animales y ofrecer una opción de uso rentable al productor.

En 2013, en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Veracruz se encontró el 28% del inventario nacional de bovinos para carne (SIAP/SAGARPA 2013), sin embargo, su aporte al mercado nacional de

bovinos finalizados está por debajo a la magnitud de sus inventarios (INEGI 2015). El pobre aporte nutricional y la fuerte variación estacional en la cantidad y calidad del forraje de las gramíneas tropicales dificulta que se lleven a cabo procesos de engorda y finalización del ganado bovino (García 1980, Barahona y Sánchez 2005, Muñoz-González *et al.* 2016).

La engorda y finalización de bovinos demanda dietas con niveles altos de energía y proteína (NASEM 2016) y a su vez los ingredientes usados para formular estas dietas deben de ser de preferencia de producción local para lograr costos de producción que permitan competitividad y rentabilidad. Los aceites vegetales (soya, canola, coco y linaza) son fuentes concentradas de energía con aportes de 5.6 a 6.2 Mcal EM kg⁻¹ (FEDNA 2010). Sin embargo, la inclusión de aceites vegetales en las dietas para bovinos debe mantenerse a niveles bajos para evitar alteraciones en la fermentación ruminal. Martin *et al.* (2008) encontraron que, si la dieta ofrecida a vacas lecheras contenía más del 5% de aceite de linaza, la digestibilidad de la fibra se reducía por alterarse la fermentación en rumen.

El aceite de palma al igual que otros tiene un contenido energético alto, aproximadamente 6.24 Mcal EM kg⁻¹ (Mesa 2004). Ojeda y Escobar (1995) observaron que al agregar 5% de aceite de palma a la dieta ofrecida a bovinos en engorda pastoreando, la ganancia diaria de peso fue 22% mayor a la registrada en los bovinos sin aceite en la dieta, y que esta mejora se asoció a que la adición de aceite a la dieta no ocasionó afectaciones en el pH ruminal ni en la concentración de AGV's. Lough *et al.* (1993) también registraron una mejora en el comportamiento productivo de corderos al adicionar aceite de palma hasta en un 10% del concentrado ofrecido. Ebrahimi *et al.* (2012) confirman el efecto benéfico que tuvo en el crecimiento de cabritos la adición de aceite de palma a la dieta.

Ocampo y Lean (2004) resaltan que además del aporte energético del aceite de palma al adicionarlo a la dieta de bovinos debe considerarse que la producción de éste es en ambientes tropicales, por lo que puede

ser una alternativa muy rentable en la engorda de bovinos en condiciones tropicales donde los ingredientes energéticos son de un costo alto.

La incorporación del aceite de palma en la alimentación de rumiantes, para incrementar el aporte energético sin alterar el funcionamiento ruminal, ha sido investigada; sin embargo, es escasa la investigación sobre uso del fruto de la palma de aceite en la alimentación de rumiantes. Validar usos alternos del fruto a la obtención de aceite permite ofrecerle al productor alternativas ante situaciones de baja en el precio del fruto.

Por lo que el objetivo de la investigación fue analizar en un ambiente de trópico húmedo, el comportamiento productivo de bovinos en engorda al incorporar a la dieta ofrecida fruto de palma de aceite.

4.3 Materiales y métodos

La investigación fue un ensayo de alimentación con 21 novillos *Bos taurus* x *Bos indicus*, con peso inicial de 280 ± 76 kg, realizado en el rancho 'La Melcocha', Trujillo, Comalcalco, Tabasco, a $18^{\circ} 12' 47''\text{N}$; $93^{\circ} 11' 11''\text{W}$ y 7 msnm, con clima Am (f)(i) gw", cálido húmedo, lluvias en verano, temperatura media anual de 26.4°C , 1934 mm de precipitación y 82% de humedad relativa media (SMN 2011).

Los novillos venían de potrero, tuvieron 15 días para adaptarse a la corraleta individual con comedero y acceso al agua, en la que se llevaría a efecto el ensayo. Al recibimiento de los novillos al corral se les pesó y se les dio un tratamiento de preparación a la engorda que consistió en la aplicación intramuscular de: Adbac 8 vías (ADLER Animal Health) 5 mL por novillo, y ADElev 12% (ADLER Animal Health) 1 mL por cada 20 kg de peso, este último para controlar parasitosis internas y dar vitaminas A, D y E.

Por no contar con información previa, se hicieron pruebas pilotos de aceptación iniciando con 30% de fruto de palma de aceite en la dieta, se encontró que con más 16% de inclusión de fruto de palma de aceite en la dieta se mostraba rechazo, por lo que se decidió que este nivel fuera el máximo de inclusión en la dieta. En seguimiento a esta decisión, en el ensayo de alimentación se evaluaron tres dietas con 0, 8 y 16% de inclusión de fruto de palma de aceite, asegurando que las dietas fueran iso-energéticas e iso-proteínicas, la composición y aportes estimados se presentan en la Tabla 1, los aportes son estimados con base a la información de NASEM (2016). La concentración de calcio y fósforo en las dietas fue de 0.81 y 0.31% respectivamente, en una relación 2.6:1.

Una vez definida la composición de las dietas los novillos fueron asignados al azar a cada una de ellas, para quedar siete novillos por dieta, por lo que el diseño experimental fue un completamente al azar con siete repeticiones, la unidad experimental fue un novillo alojado en una corraleta individual.

El fruto de la palma de aceite se molió a criba de 3/4" antes de introducirlo al carro mezclador, todos los otros ingredientes usados se metieron al carro mezclador sin molienda previa. El carro mezclador permitió hacer una dieta integral que se ofrecía dos veces por día a las 7:00 y 16:00 h. Esta alimentación duró un total de 90 días.

Una vez preparadas las dietas se tomaron tres muestras de cada una de ellas, se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta alcanzar peso constante y se molieron en un molino Willey, con criba de 1 mm, posteriormente se determinaron: materia seca a 100 °C, extracto etéreo (AOAC 1990), cenizas por combustión a 600 °C por 8 h, proteína cruda (N por Microkjeldahl (AOAC 1990) X 6.25), fibras detergentes neutro (FDN), y ácido (FDA) por Van Soest *et al.* (1991).

Al final de los primeros 30 días de ofrecer la dieta experimental se pesaron los novillos y luego a los 60 y 90 días de alimentación, todos los pesajes se dieron con previo ayuno de 12 horas. Entre los 30 y 90 días de estar ofreciendo la dieta respectiva se determinó cada tercer día el consumo de alimento mediante el pesado de lo ofrecido y lo rechazado, para ambos se tomó una muestra para determinar contenido de humedad y así determinar el consumo con base a materia seca. Con los pesajes se calculó la ganancia diaria de peso.

El análisis estadístico fue por análisis de varianza con un modelo para un diseño completamente al azar (Steel y Torrie 1985) y peso inicial como covariable; sin embargo, al no existir efecto significativo ($p > 0.05$) de esta covariable se retiró del modelo y se corrieron los análisis de varianza de nueva cuenta.

Para ganancia diaria de peso se usó el promedio de las dos determinaciones de esta variable: una del día 30 al 60 y la otra del 60 al 90 de alimentación; para consumo diario de alimento, se usó el promedio de las 21 determinaciones que se hicieron del día 30 al 90, para el cálculo de conversión se multiplicó el consumo diario promedio calculado por los 60 días de alimentación (30 a 90 días), y la ganancia total de peso de los novillos en este mismo periodo de tiempo.

Los cálculos para realizar los análisis de varianza se hicieron con el Proc GLM de SAS (SAS 2016). Para la separación de medias se usó el procedimiento de Tukey (Steel y Torrie 1985).

Para hacer un balance económico de la engorda basado en el costo por alimento consumido se determinó el precio por kilo de cada dieta usando los precios comerciales de la zona a los que se adquirieron los ingredientes, para el caso del fruto de palma de aceite se asignó un precio de adquisición de \$1.50 por kg, este precio consideró costos de cosecha del fruto. Con esta información se determinó que los costos por kilogramo de dieta fueron: MN\$4.18, 4.00 y 3.47 por kilo, para las dietas con 0, 8 y 16% de fruto de palma,

respectivamente. Como no existió efecto del peso inicial, para este balance se tomó para las tres dietas como peso inicial, el peso promedio a los 30 d de alimentación que fue de 320 kg/novillo. Para determinar el ingreso se usó el precio local de compra al productor de MN\$45 por kilogramo en pie y el incremento de peso promedio en el periodo.

4.4 Resultados

La Tabla 2 muestra los resultados del análisis nutricional realizado en las tres dietas evaluadas, la dieta con 16% de fruto de palma de aceite mostró una concentración de proteína cruda 0.7 unidades porcentuales por debajo y las otras dos dietas 0.5 unidades porcentuales por arriba, del 14% que se tenía estimado. Las diferencias son muy pequeñas por lo que podría afirmarse que las dietas fueron iso-proteínicas.

Incluir en la dieta 16% de fruto de palma de aceite ocasionó que los novillos redujeran 22 y 33% el consumo diario de alimento y la ganancia diaria de peso, respectivamente, con relación a los promedios correspondientes registrados en los novillos alimentados con dietas incluyendo 0 y 8% de fruto de palma de aceite, que nos mostraron diferencias entre ellos. Aun cuando en estos dos parámetros del proceso de engorda la dieta con 16% de fruto de palma de aceite mostró valores menores, la conversión alimenticia se mantuvo igual a través de las tres dietas evaluadas.

El balance económico basado en el costo del alimento fue muy favorable para la dieta con 8% de fruto de palma de aceite, la diferencia del ingreso por venta menos el costo por el alimento consumido fue 2.3 y 4 veces mayor con esta dieta que con las dietas a 16 y 0 % de fruto de palma de aceite (Tabla 4).

La dieta con 16% de fruto de palma de aceite mostró un costo por kg y total de alimento 13 y 31% menor al correspondiente de la dieta con 8% de fruto de palma de aceite; sin embargo, el ingreso fue 45% menor

por la menor ganancia total de peso de los novillos. El pobre desempeño de los novillos en ganancia de peso hizo que el menor costo de la dieta con 16% de fruto de palma de aceite no fuera suficiente para dar un margen de ganancia mayor.

4.5 Discusión

El menor consumo de alimento, al ofrecer 16% de fruto de palma de aceite en la dieta, podría explicarse con base a que este nivel de inclusión, la dieta proporcionó al novillo un nivel de aceite que inhibió el consumo de alimento según lo señalan Plascencia *et al.* (2012) y Donicht *et al.* (2014).

La presencia de aceites en el rumen puede alterar negativamente la tasa de fermentación del alimento ingerido debido a que los aceites pueden inhibir la proliferación y actividad de bacterias ruminales fibrolíticas como *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, y *Butyrivibrio* y *Prevotella spp.* (Huws *et al.* 2014) de protozoarios como *Entodinium*, *Epidinium*, *Metadinium*, *Diploplastron*, *Polyplastron* y *Diplodinium* asociados a una alta tasa de digestión en rumen (Lima *et al.* 2015). Este impacto negativo sobre las poblaciones microbianas del rumen ocasiona a su vez limitación en el nivel de consumo (Castillo-González *et al.* 2014).

Posiblemente para evitar la caída en el consumo de alimento al incluir 16% de fruto de palma en el alimento, debería considerarse aumentar el consumo de calcio soluble (White *et al.* 1958) ya que esto bloquea al grupo carboxilo de los ácidos grasos libres formando sales cálcicas (Palmquist *et al.* 1986).

Además del impacto en rumen y su capacidad fermentativa, una alta concentración de lípidos en el plasma sanguíneo modifica algunos procesos metabólicos y hormonales que inducen una retroalimentación que se traduce en respuesta anorexigénica por el hipotálamo para parar el consumo (Sartin *et al.* 2011). Una de

las hormonas asociada a la reducción del consumo es la colecistoquinina (CCK) (Choi *et al.* 2000, Relling *et al.* 2010, Relling *et al.* 2011). Otras hormonas que pueden inhibir el consumo de materia seca son las hormonas GLP-1 (Relling y Reynolds 2007) y la PYY (Batterham *et al.* 2007).

La reducción en la ganancia de peso en los novillos consumiendo la dieta con 16% de fruto de palma de aceite se debió a la reducción en el consumo, por lo que se deberá investigar estrategias para mitigar este impacto y poder así incrementar la cantidad de fruto de palma en la dieta para la engorda de novillos.

Incluir fruto de palma de aceite en la dieta de engorda permite una reducción en el costo de la dieta por kg, sin embargo, el menor costo de la dieta no es suficiente para incrementar el margen de diferencia del ingreso menos costo de alimento si los novillos no logran un alto consumo de la dieta y con ello una ganancia de peso que asegure un mayor ingreso. Este fue el caso de la dieta con 16% de fruto de palma de aceite, que por limitarse el consumo los novillos no lograron un alto desempeño en ganancia de peso y con ello el ingreso por venta fue relativamente bajo.

Deben buscarse estrategias de alimentación que superen la limitación en consumo al incluir fruto de palma de aceite a 16% o más, para hacer de este fruto una verdadera opción en la engorda de bovinos para carne en condiciones de trópico húmedo.

4.6 Conclusiones

El comportamiento productivo de bovinos en engorda en trópico húmedo es sensible al nivel de inclusión de fruto de palma de aceite en la dieta, a un nivel bajo puede ser una oportunidad importante por poder reducir el costo de la alimentación manteniendo la ganancia diaria de peso, a niveles medios de inclusión se deprime el consumo y con ello el desempeño en ganancia de peso.

4.7 Agradecimientos

El primer autor agradece a CONACYT la beca otorgada en los estudios de doctorado.

Al C. Javier May Rodríguez por las facilidades otorgadas para el uso de sus instalaciones para llevar a cabo la fase de campo de esta investigación.

4.8 Literatura citada

- AOAC (1990) Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis VOL I. 15th Edition, Arlington, Virginia, USA. 771p. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Barahona RR, Sánchez PS (2005) Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Corpoica* 6(1): 69-82.
- Batterham RL, ffytche DH, Rosenthal JM, Zelaya FO, Barker GJ, Withers DJ, et al. (2007) PYY modulation of cortical and hypothalamic brain areas predicts feeding behaviour in humans. *Nature* 450: 106-111.
- Castillo-González AR, Burrola-Barraza ME, Domínguez-Viveros J, Chávez-Martínez A (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria* 46: 349-361.
- Choi BR, Palmquist DL, Allen MS (2000) Cholecystokinin mediates depression of feed intake in dairy cattle fed high fat diets. *Domestic Animal Endocrinology* 19: 159-175.
- Donicht PAMM, Restle J, Alves Filho DC, Callegaro AM, Cattelan J, Menezes LFG (2014) Performance of feedlot steers finished with different fat sources in diet. *Archivos de Zootecnia* 63: 305-313
- Ebrahimi M, Rajion MA, Goh YM, Sazili AQ (2012) Impact of different inclusion levels of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fronds on fatty acid profiles of goat muscles. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96(6): 962-969.
- EPOA (2019) European Palm Oil Alliance. Oil palm uses. <http://www.palmoilandfood.eu/en/palm-oil-uses>. Fecha de consulta 23 de mayo de 2019.
- FEDNA (2010) Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Aceites y oleínas de origen vegetal. http://www.fundacionfedna.org/ingrediente_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal. Fecha de consulta 26 de abril de 2015.
- García TR (1980) Utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *Pastos y Forrajes* 3: 503-555.
- GreenPalm (2019) What is oil palm used for. <https://greenpalm.org/what-is-palm-oil-used-for>. Fecha de consulta 23 de mayo de 2019.
- Huws SA, Kim EJ, Cameron SJS, Girdwood SE, Davies L, Tweed J, et al. (2014) Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil. *Microbial Biotechnology* 8: 331-341.
- INEGI (2015). Estadísticas de sacrificio de Ganado en Rastros Municipales, por Entidad Federativa 2009-2014. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.153p.

http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825070625.pdf Fecha de consulta 23 de mayo de 2019

- Lima FS, Oikonomou G, Lima SF, Bicalho MLS, Ganda EK, De Oliveira Filho JC, *et al.* (2015). Prepartum and postpartum rumen fluid microbiomes: characterization and correlation with production traits in dairy cows. *Applied and Environmental Microbiology* 81: 1327–1337.
- Lought DS, Solomon MB, Rumsey TS, Kahl S, Slyter LL (1993). Effects of high-forage diets with added palm oil on performance, plasma lipids, and carcass characteristics of ram and ewe lambs. *Journal of Animal Science* 71: 1171-1176.
- MarketsandMarkets (2019). Oil palm market reports. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/palm-oil-derivative-market>. Fecha de consulta 23 de mayo de 2019.
- Martin C, Rouel J, Jouany JP, Doreau M, Chilliard Y (2008) Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science* 86: 2642-2650
- Mesa DJ (2004) El aceite de palma: la alternativa de los aceites y grasas en América. *Palmas* 25 (Especial) Tomo I: 15-28.
- Muñoz-González JC, Huerta-Bravo M, Lara BA, Rangel SR, De la Rosa AJL (2016) Producción y calidad nutricional de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3315-3327.
- NASEM (2016) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition. The National Academies Press. Washington, D.C. 494p. <https://doi.org/10.17226/19014>.
- Ocampo DA, Lean IJ (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) Tomo I: 275-287.
- Palmquist DL, Jenkins TC, Joyner AE (1986) Effect of dietary fat and calcium source on insoluble soap formation in the rumen. *Journal of Dairy Science* 69: 1020-1025.
- Plascencia A, Álvarez E, Corona L, González VM, Montano MF, Salinas-Chavira J, *et al.* (2012). Effect of corn variety and fat supplementation on digestion of diets for feedlot cattle containing dry rolled or steam-flaked corn. *Animal Feed Science and Technology* 173: 159-166.
- Ojeda A, Escobar A (1995) Suplementación con aceite crudo de palma africana de bovinos para ceba en pastoreo. *Livestock Research for Rural Development* 7(1): 1-9. <http://www.lrrd.org/lrrd7/1/9.htm>. Fecha de consulta 15 de abril de 2015.
- Relling AE, Reynolds CK (2007) Feeding rumen-inert fats differing in their degree of saturation decreases intake and increases plasma concentrations of gut peptides in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 1506-1515.
- Relling AE, Pate JL, Reynolds CK, Loerch SC (2010) Effect of feed restriction and supplemental dietary fat on gut peptide and hypothalamic neuropeptide messenger ribonucleic acid concentrations in growing wethers. *Journal of Animal Science* 88: 737-748.

- Relling AE, Reynolds CK, Loerch SC (2011) Effect of feeding fat or intrajugular infusion of glucagon-like peptide-1 and cholecystokinin on dry matter intake, digestibility, and digesta rate of passage in growing wethers. *Journal of Animal Science* 89: 168-178.
- Santacruz E, Morales S, Palacio VH. 2012. Políticas gubernamentales y reconversión productiva: el caso de la palma de aceite en México. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/lgm.html>. Fecha de consulta 20 de mayo de 2018.
- Sartin JL, Whitlock BK, Daniel JA (2011) Triennial growth symposium: Neural regulation of feed intake: Modification by hormones, fasting, and disease. *Journal of Animal Science* 89(7): 1991-2003.
- SAS (2016) Statistical Analysis System. SAS® 9.4 In-Database Products: User's Guide, Seventh Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. 376p. <http://documentation.sas.com/api/docsets/inbug/9.4/content/inbug.pdf?locale=en>
- SMN (2011) Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas. <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado> Fecha de consulta 24 de mayo de 2019.
- SIAP/SAGARPA (2013) Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera/ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. Fecha de consulta 23 de mayo de 2019.
- Steel RGD, Torrie JH (1985). Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2nd Edition. McGRAW-HILL. Bogotá, Colombia. 622p.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3587.
- White TW, Grainger RB, Baker FH, Stroud JW (1958) Effect of supplemental fat on digestion and the ruminal calcium requirement of sheep. *Journal of Animal Science* 17: 797-803.

4.9 Cuadros y figuras

Cuadro 2 Composición y aporte nutrimental estimado de las dietas experimentales evaluadas en el ensayo de alimentación.

Ingrediente (%)	Nivel (%) de fruto de palma de aceite		
	0	8	16
Grano de maíz	63.07	49.72	33.17
Melaza	10.00	10.00	10.00
Heno de <i>Brachiaria humidicola</i>	23.00	23.00	25.00
Salvado de trigo	0.88	4.49	9.12
Urea	1.50	1.50	1.50
Fruto de palma de aceite	0.00	8.00	16.00
Pasta de soya	0.76	2.52	4.46
Carbonato de calcio	0.18	0.17	0.15
Sal	0.50	0.50	0.50
Mezcla minerales traza	0.10	0.10	0.10
Aporte nutrimental estimado*			
EM (Mcal/kg)	2.80	2.80	2.80
Proteína cruda (%)	14.0	14.0	14.0

*Con información de composición de (NASEM 2016).

Cuadro 3 Composición nutrimental de las dietas usadas en la finalización de toretes que incluyeron diferente nivel de fruto de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.).

Componente (%)	Nivel de inclusión de fruto de palma (%)		
	0	8	16
Proteína cruda	14.58	14.53	13.32
Extracto etéreo	1.54	2.67	7.47
FDN	25.9	23.9	22.5
FDA	8.41	10.24	10.54
Ceniza	6.05	6.34	6.31

Cuadro 4 Parámetros (media±desviación estándar) del proceso de engorda de novillos alimentados con diferente nivel de fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la dieta, en Comalcalco, Tabasco.

Parámetro	Nivel (%) de inclusión de fruto en la dieta		
	0	8	16
Consumo de alimento (kg/cab/día)	8.47±0.31 ^a	8.31±0.46 ^a	6.55±0.25 ^b
Ganancia de peso (kg/cab/día)	1.26±0.08 ^a	1.29±0.11 ^a	0.86±0.06 ^b
Conversión alimenticia	6.97±0.68 ^a	6.58±0.36 ^a	7.89±0.75 ^a

a,b...=medias dentro de hileras con al menos una literal en común no son diferentes (p< 0.05)

Cuadro 5 Balance económico de la engorda de novillos alimentados con diferente nivel de inclusión de fruto de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la dieta, en Comalcalco, Tabasco. El periodo de engorda fue de 60 días.

NIFP (%)	PIP (Kg)	PFP (Kg)	PFP-PIP (Kg)	Consumo alimento (Kg/novillo)	Costo alimento (MN\$/kg)	Costo total de alimento (MN\$)	Valor comercial del kg en pie de novillo (MN\$)	Ingreso por venta (MN\$)	Márgen (MN\$)
0	320	379	59	499	4.18	2085.82	45	2655	569.2
8	320	413	93	490	4.00	1960.00	45	4185	2225.0
16	320	370	51	386	3.47	1339.42	45	2295	955.5

NIFP, nivel de fruto de palma de aceite en la dieta; PIP, peso inicial del novillo; PFP, peso final del novillo.

5. APÉNDICES

Apéndice 1. Recomendaciones y sugerencias

Derivado de la investigación bibliográfica y de las actividades de campo realizadas por el autor para los ensayos de seguimiento de la calidad del fruto y el de alimentación de novillos se presentan los comentarios y reflexiones siguientes:

El cultivo y expansión de la palma de aceite en el trópico mexicano es una opción de desarrollo a través de poder generar ingresos a los productores rurales de esta región no tan solo a través de la industria aceitera sino también por las posibilidades de un uso alternativo en la ganadería y aún como un recurso vegetal para proveer servidumbre ambiental. A nivel mundial se muestra una exigencia de respeto y conservación de la diversidad animal local en el establecimiento y mantenimiento de las plantaciones de palma de aceite, muy especialmente en el sudeste de Asia y con énfasis en la vida armoniosa con orangutanes silvestres. Para América Latina y México incluido esta exigencia puede no ser limitante al expandir las plantaciones a terrenos degradados.

En campo se observó la necesidad de aplicar una disciplina en la cosecha y manejo post-cosecha del fruto para asegurar un rendimiento alto en energía: los racimos deben cosecharse cuando ha desprendido de 3 a 4 frutos, en este momento se reducen las pérdidas en el transporte por desprendimientos de frutos; desgranar los racimos a partir del quinto día de la cosecha, para reducir pérdidas por pudrición de los frutos; y, los frutos desgranados deben extenderse en capas de 10 cm bajo techo y procurar su volteo cada 24 horas para que de esta manera la deshidratación sea de manera homogénea.

Si el fruto se destinará para la alimentación de bovinos, puede almacenarse bajo techo hasta por un máximo de 21 días, lo que implicaría cosechas de fruto cada tres semanas, para ofrecerlo al bovino es recomendable molerlo, con un molino de martillos con criba de $\frac{3}{4}$ de pulgada. En este contexto se sugiere a los constructores de molinos el rediseño de los mismos para evitar el apelmazamiento de la pasta que se genera a la hora de la molienda, por lo que las tolvas de los molinos no deben tener espacio que permita la acumulación de las fibras, mismas que bloquean los orificios de la criba. El bloqueo a la salida de la pasta ocasiona que ésta sufra una fricción excesiva que provoca un olor desagradable al bovino y rechaza el consumo, hay un mayor desgaste y sobrecalentamiento del motor y mayor desgaste de las bandas.

La pasta producto de moler el fruto de la palma debe mezclarse con otros ingredientes, principalmente harinas u alimentos polvosos, con lo cual se mejora la consistencia de la pasta y su manejo para envasado y almacenamiento.

El reto a la investigación del fruto de la palma es poder incrementar el consumo del mismo sin afectar negativamente el desempeño del bovino y paralelo es lograr una mayor eficiencia de uso de dietas con niveles de inclusión de fruto de palma de aceite del 8 al 16%. Comercialmente a partir de la experiencia de esta investigación se puede recomendar la inclusión del fruto de palma de aceite a un 8% de la dieta total teniendo como mayor impacto el reducir el costo de la alimentación, la mejora en el desempeño del bovino en ganancia de peso no es el mejor indicador para esta inclusión del fruto de la palma de aceite.