

**ALIMENTACIÓN ANIMAL A BASE DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA  
DE BIOCOMBUSTIBLES DE LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA**

**LINDA WENDY GARZON 13061087**

**SANTIAGO ALEJANDRO RAMIREZ 13971003**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
BOGOTA D.C.  
2014**

**ALIMENTACIÓN ANIMAL A BASE DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA  
DE BIOCOMBUSTIBLES DE LA PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA**

**LINDA WENDY GARZON 13061087**

**SANTIAGO ALEJANDRO RAMIREZ 13971003**

**Trabajo de grado presentado como requisito final para optar al título de  
Zootecnista.**

**Director:  
SERGIO CASTIBLANCO SALAS  
Z – MBA -**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
BOGOTA D.C.  
2014**

## **DIRECTIVAS**

HERMANO CARLOS GABRIEL GOMEZ RESTREPO F.S.C  
RECTOR

HERMANO CARLOS ENRIQUE CARVAJAL COSTA F.S.C  
VICERRECTOR ACADEMICO

HERMANO FRANK LEONARDO RAMOS BAQUERO F.S.C  
VICERRECTOR DE PROMOCION Y DESARROLLO HUMANO

DOCTOR LUIS FERNANDO RAMÍREZ HERNANDEZ F.S.C  
VICERRECTOR DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA

DOCTOR EDUARDO ANGEL REYES  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

DOCTORA PATRICIA INES ORTIZ VALENCIA  
SECRETARIA GENERAL

DOCTORA CLAUDIA AIXA MUTIS BARRETO  
DECANA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DOCTOR ALEJANDRO TOBON GONZALEZ  
SECRETARIO ACADEMICO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

DOCTOR ABELARDO CONDE PULGARIN  
DIRECTOR PROGRAMA DE ZOOTECNIA

DOCTOR CESAR AUGUSTO VASQUEZ SIERRA  
ASISTENTE ACADEMICO

## APROBACION

---

DOCTOR ABELARDO CONDE PULGARIN  
DIRECTOR PROGRAMA

---

DOCTOR CESAR AUGUSTO VAZQUEZ SIERRA  
ASISTENTE ACADEMICO

---

DOCTOR SERGIO CASTIBLANCO SALAS  
DIRECTOR TRABAJO DE GRADO

---

DOCTORA CLAUDIA AIXA MUTIS BARRETO  
JURADO

---

DOCTOR ABELARDO CONDE PULGARIN  
JURADO

***Este trabajo lo dedicamos a las personas que con su cariño, esfuerzo y fortaleza nos ayudaron a cumplir el objetivo de ser Zootecnistas.***

## TABLA DE CONTENIDO

	<u>PAGINA</u>
1. INTRODUCCION	10
2. JUSTIFICACION	11
3. OBJETIVOS	12
3.1 OBJETIVO GENERAL	12
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
4. METODOLOGIA	13
5. MARCO TEORICO	13
5.1 MONOGASTRICOS	14
5.1.1 POLLOS DE ENGORDE	15
5.1.2 GALLINAS PONEDORAS	18
5.1.3 CERDOS	20
5.2 POLIGASTRICOS	22
5.2.1 VACAS LECHERAS	22
5.2.2 BOVINOS CEBA	24
5.2.3 BOVINOS DE DOBLE PROPOSITO	26
5.2.4 BUFALINOS	26
5.2.5 OVINOS	27
6. CONCLUSIONES	28
7. RECOMENDACIONES	28
8. APORTE INNOVADOR	29
9. BIBLIOGRAFIA	30

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de diferentes subproductos de la industria de biocombustibles.	14
Tabla 2. Pollos de engorde alimentados con concentrado comercial y diferentes niveles de inclusión de palma.	17
Tabla 3. Características de los suplementos usados.	19
Tabla 4. Energía bruta, digestible y digestibilidad de diferentes subproductos en suplementación de cerdos.	20
Tabla 5. Parámetros productivos en cerdos alimentados con diferentes niveles de inclusión de cachaza de palma como fuente energética.	22
Tabla 6. Parámetros productivos en animales suplementados con glicerol y palmiste Vs no suplementados.	25
Tabla 7. Parámetros productivos en Búfalas durante el primer tercio de lactancia suplementadas con harina o torta de palmiste.	26

## LISTA DE FIGURAS

Imagen 1. Distribución de mezcla de biodiesel en el territorio nacional	11
---	----

## RESUMEN

Los biocombustibles como el biodiesel, bioetanol y el biogás, son carburantes que se producen a partir de materia orgánica, como el azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas, los cuales son obtenidos de recursos renovables; estos pueden sustituir parte de los combustibles fósiles tradicionales como el petróleo o el carbón.

La palma de aceite se usa como materia prima en la producción de biodiesel y sus subproductos son utilizados en alimentación animal gracias a su alto contenido energético.

Este trabajo recopila estudios realizados en aves, cerdos, ovejas y bovinos, en el cual se evalúan índices de producción con la inclusión de los subproductos de la palma de aceite y muestra el uso de alimentos no convencionales en dietas para la producción animal, con el cual se quiere animar a productores a utilizar estos subproductos por sus beneficios y disponibilidad en el país.



## **ABSTRACT**

Biofuels such as biodiesel, bioethanol and biogas are fuels produced from organic matter, such as sugar, wheat, corn, oilseeds, which are obtained from renewable resources; these can replace part of traditional fossil fuels such as oil or coal.

Palm oil is used as raw material in the production of biodiesel and its byproducts are used in animal feed due to its high energy content.

This work features studies in poultry, pigs, sheep and cattle, in which production rates are evaluated with the inclusion of the byproducts of oil palm and shows the use of unconventional foods diets for animal production, in order to encourage producers to use these byproducts for their benefits, and availability in the country.

## 1. INTRODUCCION

Los biocarburantes, más conocidos como biocombustibles, son ésteres obtenidos de aceites o grasas de origen animal o vegetal, bien sea con materias primas agropecuarias, agroindustriales o desechos orgánicos. Estos biocombustibles, constituyen opciones renovables y menos contaminantes que los combustibles derivados del petróleo.

Existen varios tipos de biocombustibles, dentro de ellos podemos encontrar bioetanol, biodiesel y biogás.

El glicerol, es un alcohol resultante del proceso de transesterificación de ácidos grasos de cadena larga con ayuda de etanol u otro catalizador, que generará 90% de biodiesel y 10% de glicerol. (León. 2013)

En el contexto mundial, Colombia tiene una participación del 2% en la producción de aceite de palma (3,51Ton/CPO/ha/año en promedio), frente a Indonesia y Malasia que aportan el 89% (4,55Ton/CPO/ha/año en promedio), siendo los mayores productores.

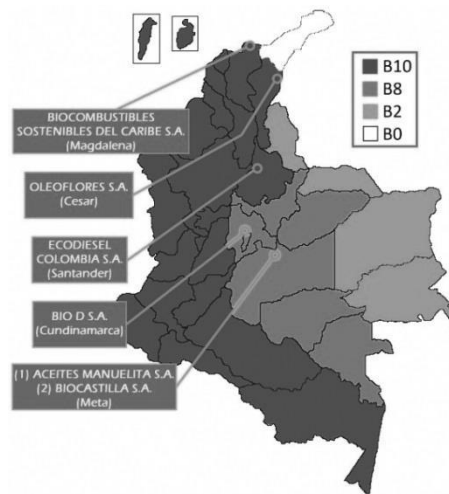
Para el año 2013, circularon más de 152 millones de galones de biodiesel en el mercado colombiano. A continuación se muestra la distribución de plantas extractoras en el país; Caquetá, Casanare y Meta, veintidós; Antioquia, Bolívar, Cesar y Magdalena, catorce; los departamentos de Cesar, Norte de Santander y Santander, cuentan con seis y Nariño con siete (Mateus, 2014).

Por lo anterior, con esta monografía, se quiere responder a la pregunta ¿Es una buena opción para los productores de proteína de origen animal del país, usar subproductos de la industria de biocombustibles en la alimentación de sus animales, teniendo en cuenta parámetros de producción y productividad?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Según los datos de la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (2014), la producción de biodiesel, extraído de la palma de aceite, fue de aproximadamente 489.991 Toneladas durante 2012 y 503.300 Toneladas durante el año 2013. Lo que representa un aumento del 2.6%. Actualmente en el país, se están haciendo mezclas con porcentajes de inclusión de biodiesel de 0%, 2%, 8% y 10% en diferentes zonas del país, como se observa en la Imagen 1.

Imagen 1. Distribución de mezcla de biodiesel en el territorio nacional.



Fuente: Fedebiocombustibles. 2014

Después de las consideraciones anteriores y teniendo en cuenta que de la fabricación de 10L de biodiesel, se obtienen 9L de este y uno de glicerol y observando el creciente mercado y producción del biocombustible, se justifica realizar investigaciones que muestren los resultados del uso de subproductos (como la glicerina cruda) de biocombustibles en alimentación animal que constituiría una fuente nutricional no convencional competitiva en parámetros económicos y productivos para diferentes explotaciones en el país. Por otra parte, se considera una herramienta útil para mitigar la merma de la disponibilidad de materias primas nacionales usadas en la formulación de dietas para alimentar animales e incluso al mismo hombre, por el destino de las tierras para el cultivo de

palma u otras plantas para producción de biocombustibles. Para el año 2013, se requirieron 145.250Ha. sembradas en palma de aceite en producción para obtener 508.400Toneladas de aceite crudo de palma (Mateus. 2014) y generar la cantidad de biodiesel mencionada anteriormente en el trabajo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Mostrar resultados de producción y productividad de diferentes producciones animales, cuyas dietas incluyen subproductos de la industria de los biocombustibles.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar información de índices de producción, como ganancia de peso, consumo de alimentos, conversión alimenticia, porcentaje de postura, producción de leche, entre otros, de animales con diferentes porcentajes de inclusión de subproductos de biocombustibles en sus dietas.
- Recalcar el uso de alimentos no convencionales en las dietas de diferentes especies; teniendo en cuenta las características de cada producción, su finalidad y las recomendaciones de inclusión de dichos alimentos.
- Abrir la posibilidad de cambio al productor, con alimentos que han sido usados hace tiempo y que están disponibles en el mercado actual del país, evaluando producción, disponibilidad, accesibilidad, entre otros.

#### **4. METODOLOGÍA**

Se revisaron los artículos colombianos publicados en revistas indexadas sobre alimentación animal a partir del uso de subproductos de la fabricación de biocombustibles.

Dicha información se analizó, se resumió y se plasmó de manera clara y concisa.

Finalmente se escribió el documento con base en los datos hallados, teniendo en cuenta su referente bibliográfico y se plantearon conclusiones y recomendaciones.

#### **5. MARCO TEÓRICO**

Se han realizado una gran cantidad de estudios basados en alimentación animal no convencional, con el fin de mitigar el impacto de la competencia por alimentos consumidos por los humanos, como el maíz, que se usa en la formulación de la mayoría de los concentrados comerciales.

Por eso, se han incluido materias primas no convencionales en la formulación de dietas para animales, como por ejemplo granos de destilería, residuos de empresas procesadoras de alimentos de consumo humano, subproductos de biocombustibles, entre otros.

A continuación, se mostraran algunos resultados de estudios basados en alimentación con subproductos de biocombustibles en monogástricos y poligástricos respectivamente.

## 5.1 MONOGÁSTRICOS

En un estudio realizado en el 2012 por CORPOICA, se determinó que en monogástricos la absorción intestinal del glicerol corresponde del 70% al 97%. Adicional a esto, se describieron algunos subproductos de la industria de biocombustibles. La glicerina cruda utilizada tuvo una variación entre lotes del 16.7% en cuanto a su pureza. Como se observa en la Tabla 1. Se descartó el uso de tierras de glicerina para alimentación animal por su pH básico y se encontró que las sales glicerinosas presentan limitantes cuando se incluye en dietas animales por la relación Na : K. Las tierras de glicerina contienen un nivel energético superior a los demás subproductos; el nivel de metanol de los diferentes recursos evaluados es bajo posibilitando su utilización en nutrición animal. Por último, se debe tener en cuenta que la composición química de los subproductos varía según el proceso y el grado de refinamiento.

Tabla 1. Características de diferentes subproductos de la industria de biocombustibles.

Subproducto	Energía bruta (Cal/g)	Relación Na:K	Ph y acidez
Ácidos grasos	9105 ± 389	3.4	Ácido
Glicerina cruda	3543 ± 131		Ácido
Sales glicerinosas	3835 ± 483	424	Ácido
Tierras usadas	3545 ± 582	0.6	Ácido
Tierras de glicerina	5865 ± 574	9.7	9,45

Fuente: CORPOICA et al. 2012 (adaptada por los autores)

### 5.1.1 Pollos de engorde

En un estudio realizado por Ariza en el año 2009 incluyendo glicerina cruda en la alimentación de pollas de engorde línea Ross de 24 días de edad al 0%, 3%, 6% y 9 %, se obtuvieron conversiones 5.7% mejores en los tratamientos con inclusiones de 3% y 6%, respecto a los demás. Cabe agregar que no se presentaron diferencias estadísticas en el porcentaje de mortalidad.

Por otra parte, en un estudio realizado por Ortiz y Avellaneda en el 2011, usando pollos de engorde estirpe Ross con cuatro días de adaptación suplementados con ácidos grasos de glicerina (AGG), tierras de glicerina (TG) y tierras usadas (TU) al 0%, 2%, 4% y 6% de inclusión por producto, se obtuvieron los siguientes resultados: la energía de mantenimiento fue de 8.091Kcal/Kg  $\pm$  678.4Kcal/Kg para AGG, 3.528Kcal/Kg  $\pm$  474.4Kcal/Kg para TU, 4.874Kcal/Kg  $\pm$  541.2Kcal/Kg y para TG en base seca. La conversión alimenticia con 0% de inclusión fue de 1.76 y con 2% de inclusión fue de 1.86. La conversión alimenticia con porcentajes de inclusión de TG al 0% fue de 1.76; al 4% fue de 1.93 y al 6% fue de 1.92. La inclusión hasta el 6% de AGG no afectó la productividad de los pollos.

Igualmente, en un estudio realizado en pollos de engorde Ross se suplementó 1mg/g de peso vivo de glicerina USP en el agua de bebida (durante la primera semana); glicerina cruda, tierras usadas y tierras de glicerina al 0%, 2%, 4% y 6% de inclusión en la dieta; glicerina USP al 2.5%, 5% y 7.5% de inclusión en la dieta obteniendo los siguientes resultados: la mortalidad en los tratamientos fue: para el control, 16.7%, para el de tierras usadas fue menor al 10%, y para el de glicerina USP fue de 12,4%. No se encontraron diferencias en el peso del hígado al día 42 (el peso del hígado no presentó diferencias al ofrecer glicerina a los animales); la inclusión de glicerina cruda, tierras de glicerina y tierras usadas no afectó significativamente el rendimiento de la canal; la conversión alimenticia sin suministrar glicerina cruda, fue de 2.07 y al suministrar 2% de glicerina cruda fue de 2.19 (no se presentaron diferencias estadísticas); sin embargo, al suministrar el 4% de tierras de glicerina, la conversión mejoró en la fase de iniciación respecto al

control (1.19) con 1.11, y en la fase de engorde fue de 2.16 al 2% respecto a 2.17 al 0% de inclusión; en las fases de iniciación y engorde, la mejor conversión alimenticia se presentó al suplementar con 2% de tierras usadas con valores de 1.13 y 2.10, respectivamente, con relación al control que tuvo valores de 1.19 para la iniciación y 2.20 para el engorde. Al suplementar con 2.5% de glicerina USP en la fase de engorde los animales tuvieron una conversión alimenticia con 1.87;0,07 menos que el control. Por último, cabe agregar que en fase de engorde, la conversión fue menor un 5.1% en animales suplementados con glicerina USP en el agua, respecto al control. (CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. a.)

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol en el 2012 (b), realizaron un estudio en pollos de engorde de la estirpe Ross de un día de nacidos suplementando ácidos grasos de glicerina, tierras usadas, tierras de glicerina y sales glicéricas con porcentajes de inclusión de 0%, 2%, 4% y 6% cada recurso y 0%, 3%, 6% y 9% de inclusión de glicerina cruda. La energía bruta de la glicerina cruda fue de 3547Kcal/Kg, la de las tierras de glicerina fue de 6071Kcal/Kg, la de las tierras usadas fue de 3947Kcal/Kg y la de los ácidos grasos de la glicerina fue de 9106Kcal/Kg. Los subproductos registraron un mayor valor de energía de mantenimiento para la fase de engorde que para la de iniciación. La metabolibilidad en pollitos para glicerina cruda fue del 84%, para las tierras usadas fue del 80%, para las tierras de glicerina fue del 66% y finalmente para los ácidos grasos de glicerina fue del 61%. En la etapa de engorde, la metabolibilidad para la glicerina cruda fue del 91%, para las tierras usadas fue del 86%, para los ácidos grasos de glicerina fue del 82% y para las tierras de glicerina fue del 70%. Se observó que la suplementación con estos subproductos, no afectó la morfometría intestinal, sin embargo, benefició la longitud de las vellosidades y por consiguiente el área aparente de absorción de la mucosa intestinal. Por otra parte, en la etapa de engorde, con el uso de glicerina a una inclusión de hasta el 9% no se presentó incidencia negativa sobre los parámetros productivos.



En una investigación realizada en pollos de engorde de la línea Hy-brown, con una adaptación de 4 días a la inclusión de fruto de palma en la dieta y con los siguientes tratamientos: tratamiento control, alimento comercial, y una sustitución del alimento comercial a niveles del 3%, 5% y 7% para los tratamientos uno, dos y tres, respectivamente, (Ruiz, Rodríguez y Hernández. 2014)se obtuvieron los resultados de la Tabla 2.

Tabla 2. Pollos de engorde alimentados con concentrado comercial y diferentes niveles de inclusión de palma.

Tratamiento	Conversión alimenticia	Ganancia diaria de peso (g)
Control	2.45	71.52
Uno	1.93	83.67
Dos	1.99	81.55
Tres	1.8	86.29

Fuente: Ruiz, Rodríguez y Hernández. 2014 (adaptado por los autores)

En un estudio realizado por Calderón en el 2010, usando ácidos grasos libres en la suplementación de pollos de engorde a un nivel de inclusión del 1.36% en la etapa de pre iniciación y 1.72% en la etapa de iniciación, con el respectivo tratamiento control se encontró que: a los 35 días de edad, los pollos tuvieron pesos promedios de 1751.1g y 1842g; conversión alimenticia de 1.64 y 1.59;; ganancia diaria de peso en promedio de 50.04g y 52.62g, siendo el primer valor, el tratamiento control y el segundo el de los pollos suplementados para cada parámetro. Por otra parte, las grasas cálcicas son insolubles en agua, pero al llegar a la molleja, cuando el pH disminuye, se disocian y dejan libres a los ácidos grasos y el calcio haciéndolos disponibles para el animal.

### 5.1.2 Gallinas ponedoras.

En un estudio realizado por CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol en el año 2012 (c), se alimentaron gallinas ponedoras estirpe Babcock Brown con maíz, reemplazando este por glicerina cruda en porcentajes del 3%, 6%, 9%, 12% y 15%; así mismo, se suplementaron con tierras usadas y ácidos grasos de glicerina al 2%, 4% y 6% de inclusión. Los resultados obtenidos para este estudio fueron: Los ácidos grasos no presentaron una buena dilución en la dieta, lo que no garantizó la homogeneidad de la misma al 6% de inclusión (sin embargo, no se vio afectado el rendimiento de las aves); la mejor conversión alimenticia fue la de las gallinas alimentadas con 12% y 15% de glicerina; con las tierras usadas al 4% de inclusión, se obtuvieron cáscaras más gruesas, sin embargo la inclusión del 6% no afectó el desempeño productivo de los animales; las aves suplementadas con 2% de tierras usadas tuvieron menor postura. También se describió la composición de algunos subproductos así: Glicerina USP: 4123 cal EB/Kg, 1.1% de humedad; Glicerina técnica: 3969 cal EB/Kg, 4.1% de humedad; Glicerina cruda: 3453 cal EB/Kg, 8.29% de humedad; Tierras de glicerina: 6071 cal EB/Kg, 6.1% de humedad; Tierras usadas 3847 cal EB/Kg, 7.1% de humedad; Ácidos grasos de la glicerina: 9106 cal EB/Kg y 1.4% de humedad.

Del mismo modo, en un estudio realizado en gallinas ponedoras de 60 semanas de edad línea Babcock Brown, alimentadas con una dieta de 2.8cal/Kg de energía de mantenimiento, 0.5% de óxido de cromo, 0.8% de lisina, 17.5% de PC, y 4.2% de Ca con 7 días de adaptación y las mismas condiciones de inclusión, en porcentajes y elementos del suplemento del estudio anterior, se encontró que los subproductos no afectaron el porcentaje de postura, la conversión, el peso del huevo ni el consumo de alimento. La energía de mantenimiento para ácidos grasos de glicerina, fue de 6613cal/Kg, para tierras de glicerina fue 3904cal/Kg y para tierras usadas fue de 3634cal/Kg en base seca. (Avellaneda, Rubiano, Ariza y Afanador. 2011)

Así mismo, en un trabajo con gallinas ponedoras tipo Babcock Brown, con alimento a voluntad y 7 días de adaptación se reemplazó 5%, 10% y 15% de la glucosa de la primer dieta basal por glicerina y 2%, 4% y 6% de la glucosa, de la segunda dieta basal por ácidos grasos y tierras de glicerina. Dentro de los resultados, se observó que las sales glicerosas causaron diarrea a las aves por su alcalinidad al 2% de inclusión en la dieta. La inclusión de tierras de glicerina, tierras usadas o aceite ácido de glicerina hasta del 6% y de glicerosas hasta del 15% no afectaron el desempeño productivo de las ponedoras. (CORPOICA, Colciencias, Bio D y Ecopetrol. 2012). Los valores de metabolibilidad, energía de mantenimiento y energía bruta, se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de los suplementos usados.

Suplemento	Energía de mantenimiento (cal/Kg)	Energía bruta (cal/Kg)	Metabolibilidad
Glicerina USP	4028 ± 298.5	4169.4	88
Glicerina técnica	3997 ± 220.3	4061.2	95
Glicerina cruda	3520.4	3995.3	95
Tierras de glicerina	3903.9 ± 257	6071.2	56
Tierras usadas	3634.4±471	3847.1	88
Aceite ácido de la glicerina	6613.3±541.2	9195.9	72

Fuente: CORPOICA, Colciencias, Bio D y Ecopetrol. 2012. (Adaptado por los autores)

### 5.1.3 Cerdos

En un trabajo realizado en el año 2012 en alimentación de cerdos reemplazando el almidón de la dieta por glicerina, tierras usadas y tierras de glicerina, con una inclusión de glicerina cruda a niveles de 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10% en base seca (CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. d) se obtuvieron los resultados en la Tabla 4.

Tabla 4. Energía bruta, digestible y digestibilidad de diferentes subproductos en suplementación de cerdos.

<b>Ingrediente</b>	<b>Energía bruta (cal/Kg)</b>	<b>Energía digestible (cal/Kg)</b>	<b>Digestibilidad (%)</b>
<b>Glicerina cruda</b>	4285.5	3736.8	87.2
<b>Glicerina USP</b>	4178.9	4030.1	96.4
<b>Tierras de glicerina</b>	8094.2	6004.4	74.2
<b>Tierras usadas</b>	4482.9	3058.7	68.2

Fuente: CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. D. (Adaptada por los autores)

En otro estudio hecho por los mismos autores del anterior, suplementando cerdos con 0%, 5% y 10% de glicerina, tierras usadas y tierras de glicerina, se encontró que no se afectó el desempeño productivo ni la calidad de la carne suplementando con glicerina al 10%, pero el área de ojo de lomo disminuyó en un 12% y la conversión alimenticia aumentó en 0.15. Contrario a la inclusión del 5% que no afecta al lomo, las tierras de glicerina no cambian la ganancia de peso, el índice

de conversión, ni la grasa dorsal. (CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. e)

Adicional a esto, en un estudio realizado en cerdos, se encontró que la energía digestible de la glicerina cruda es de 3251,05 Kcal/kg en base seca, con niveles de inclusión de glicerol de 0%, 2.5%, 5%, 7.5 %y 10% (Ordoñez, Mejía, Ariza y Afanador. 2010)

Por otra parte, en un estudio realizado en el año 2007 por Gómez, Benavides y Díaz, suplementando cerdos de la raza Yorkshire-Pietrain en fase de finalización (con 7 de días de adaptación) con diferentes niveles de inclusión de torta de palmiste de la siguiente manera 0%, 10% y 20% se encontró que el uso de torta de palmiste, en niveles de inclusión inferiores al 20% es una alternativa viable para la alimentación de cerdos en finalización. No se presentaron diferencias estadísticas en consumo de alimento, ganancia diaria de peso ni conversión alimenticia y por último, la inclusión del 10% y 20% de torta, se expresó en mayor espesor en grasa dorsal.

Por otro lado, en un trabajo realizado en cruces de cerdos de la raza Landrace, Yorkshire y Pietrain Belga, con suplementación de fruto entero de palma africana como sustituto de sorgo en la dieta al 25%, 50%, 75% y 100%, se observó que la conversión alimenticia en base seca fue de 3.2, 3.2, 3.3 y 3.4 y la ganancia diaria de peso fue de 0.63 Kg, 0.6 Kg, 0.5 Kg y 0.47Kg. Los datos anteriores, para las inclusiones de 25%, 50%, 75% y 100% respectivamente. (Ocampo. 1994)

Se realizó un estudio con el uso de cachaza de palma en cerdos Yorkshire x Landrace, con un tratamiento control de 100% sorgo (como fuente de energía), y sustituyendo este en niveles del 25%, 50%, 76% y 100% por cachaza de palma, llegando a la conclusión que el 100% de la energía de la dieta puede provenir de la cachaza de palma (Ocampo, Lozano y Reyes. 1990). (ver Tabla 5)

Tabla 5. Parámetros productivos en cerdos alimentados con diferentes niveles de inclusión de cachaza de palma como fuente energética.

Porcentaje de inclusión	ganancia diarias de peso (Kg)	conversión alimenticia
0	0.53	4
25	0.59	3.59
50	0.63	3.49
75	0.63	3.75
100	0.64	4.47

Fuente: Ocampo, Lozano y Reyes. 1990. (Adaptada por los autores)

En un trabajo similar al anterior, pero usando el aceite de palma como sustituto del sorgo en alimentación de cerdos durante el periodo completo de engorde (20-90Kg) con niveles de inclusión del 0%, 10%, 20% y 30%; se obtuvieron conversiones alimenticias de 2.1, 1.98, 2 y 2.2 y ganancias diarias de peso de 526g, 561g, 535g y 452g, respectivamente para cada tratamiento. (Ocampo. 1995)

## 5.2 POLIGÁSTRICOS

### 5.2.1 Vacas lecheras

Un estudio realizado por Méndez y Ramírez en el 2014 en vacas lecheras de la raza holstein, incluyendo glicerol en una proporción de 10% de la materia seca arrojó los siguientes resultados: antes del estudio, el hato tenía un promedio de

174.1 días abiertos y 1.4 servicios por concepción; durante el periodo de inclusión del glicerol a la dieta, se presentó un promedio de 121.7 días abiertos y 1.5 servicios por concepción, los anteriores datos no presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.001$ ), al igual que el conteo de células somáticas y el conteo de unidades formadoras de colonia.

Del mismo modo, en un estudio realizado en vacas holstein con una inclusión de 0 mL/día para el tratamiento control, 300 mL/día y 500 mL/día de glicerol para los otros dos tratamientos, en una dieta constituida por Rye grass y kikuyo 45, 50 y 79,5 Kg/FV/día (dependiendo de los requerimientos del animal); ensilaje de maíz 16 Kg/día y concentrado comercial. Se determinó que no se presentaron diferencias estadísticas en el consumo de materia seca ni en la producción de leche en vacas con 120 días en lactancia; con el tratamiento control (0 mL/día), produjeron 22.7 L de leche y con 300 mL/día de inclusión de glicerol en la dieta, produjeron 26.5 L/día. (Mestra et al. 2009)

Así mismo, en una investigación realizada por Benítez, Giraldo y Correa en 2011 con vacas lecheras reemplazando el 35% de concentrado comercial por glicerol (600 ml) y suministrando pasto Kikuyo de 45 días de edad; no se presentaron diferencias estadísticas en la cantidad y calidad de leche; adicional a esto, se realizó un análisis económico que mostró una reducción del 24.3% en los costos de producción por cada litro de leche.

En otra publicación, realizado por los mismos autores de la anterior, se evaluó el efecto de la adición de glicerol en el pasto, sobre la fermentación ruminal (In vitro) en bovinos lecheros alimentados con pasto de 50 días de rebrote; los resultados fueron: la digestibilidad de la materia seca aumentó ( $p < 0.05$ ) con 0.1% de glicerina, pero disminuyó al adicionar 0.3% de glicerina, lo que produjo menor cantidad de gases, el pH fue más ácido en la fermentación ( $p < 0.05$ ), con el nivel de inclusión de 0.6% de glicerina y el amoníaco no aumentó. (Benítez, Giraldo y Correa. 2011).

De otra parte, en un estudio en el que se evaluó la cinética de la degradación ruminal aparente con los tratamientos mencionados a continuación; 0 mL de

inclusión de glicerina cruda, 500 mL, 1000 mL y 1500 mL ofrecidos al animal vía cánula ruminal, obteniendo los siguientes resultados: no se presentan efectos adversos en la digestibilidad aparente in situ ruminal de la materia seca con hasta 1500mL de inclusión de glicerol en dietas basadas en kikuyo, se mejoró fracción soluble y no se afectaron los demás parámetros. (Valencia, Giraldo y Correa. 2011)

### **5.2.2 Bovinos de ceba**

Por otro lado, se realizó un estudio usando ganado cebú y mestizos sometidos a 30 días de adaptación y 150 días de suplementación con pollinaza y palmiste para evaluar ganancia diaria de peso con diferente frecuencia de ofrecimiento de la siguiente forma: una inclusión de 3.2Kg/día de una mezcla de torta de palmiste, pollinaza y melaza como suplemento en la dieta ofrecida a los animales una y dos veces al día. Los animales a los que se les ofreció la mezcla una vez al día, obtuvieron una ganancia de 823.3g/día y a los que se les ofreció dos veces, una ganancia de 941.3g/día. (Hernández, Ruíz, Chanchila y Villa. 2003)

Así mismo, en una investigación para evaluar ganancia de peso, conversión alimenticia, y peso promedio en novillos alimentados con cogollo de caña a voluntad y con tres suplementos; el primero, 3kg de Jarabe Sustprot y 1kg de torta de palmiste; el segundo, 4kg de jarabe de maíz y 1kg de melaza; y el tercero, 3kg de Jarabe Sustprot, 0.5kg de salvado de arroz y 0.5 kg torta de palmiste. Los resultados finales para los tres tratamientos fueron: Peso promedio, 413.6Kg, 372.8Kg y 386.6 Kg. Ganancia diaria de peso 1.03Kg, 0.74Kg, y 0.93Kg diarios. Y conversión alimenticia 7.9, 11.2, y 8.8 respectivamente. Siendo el tratamiento con jarabe Sustprot y torta de palmiste el que mostró mejores resultados. (Oviedo y Calero. 2013)

Por otro lado, en un trabajo realizado en la Universidad de La Salle alimentando novillos de la raza Brangus en pastoreo a una altura de 517 msnm con *Brachiaria*



*decumbens* de 43 días de edad (fertilizado) y sal mineralizada y con diez días de adaptación al suplemento de glicerol y palmiste (35% glicerol y 66% palmiste) hasta llegar a 3Kg día. Se obtuvieron los resultados expuestos en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros productivos en animales suplementados con glicerol y palmiste Vs no suplementados.

Parámetro (P<0.001)	Tratamiento control	Animales suplementados
Peso final	370.8Kg	405.8Kg
Ganancia diaria de peso	785g/día	1170g/día
Nitrógeno ureico en sangre (MUN)	11.80mg/dL	15.93mg/dL
Glucosa en sangre	72.58 mg/dL	83.75 mg/dL

Fuente: León, Navas, Calvache, Suárezy Cuadros, 2011 (Adaptado por los autores)

En un trabajo realizado por Benítez y Giraldo en el 2013, se alimentaron novillos con pasto Guinea (10% PV), 100g sal mineralizada, 1Kg de torta de palmiste y agua a voluntad y se suplementaron con 525g de melaza o 340g de glicerina. El tratamiento testigo incluía pasto guinea, torta de palmiste y melaza, comparado con un tratamiento que incluía pasto guinea, Glicerina y torta de palmiste. Los resultados mostraron que la inclusión de hasta el 8% de glicerina en base seca no afectó el consumo de alimento; así mismo, no hubo diferencias estadísticas en la ganancia diaria de peso que fue de 330g para el tratamiento control suplementado con melaza y 270g para el suplementado con glicerina.

### 5.2.3 Bovinos de doble propósito

En un estudio realizado por Ocampo en 1995, en suplementación de terneros doble propósito alimentados con *Brachiaria decumbens* en pastoreo y suplementados con bloques multinutricionales con o sin cachaza de palma, con la siguiente formulación: bloque A: 50% melaza, 20% salvado de arroz, 10% urea, 15% sal mineralizada y 5% cal viva. Bloque B: 25% cachaza, 25% melaza, 20% salvado de arroz, 10% urea, 15% sal mineralizada y 5% cal viva. Se obtuvieron los siguientes resultados: las ganancias diarias de peso fueron de 334g para el tratamiento control (sin suplementación), 387g para el bloque A, con un consumo de 399g día del suplemento y 374g de peso de ganancia diaria para el bloque B, con un consumo de 288g día.

### 5.2.4 Bufalinos

Por otra parte, un estudio realizado en la zona ecológica interandina de Colombia, suplementando Búfalos con: tratamiento uno: nada; tratamiento dos: 1150g/d de harina de palmiste y tratamiento tres: 350g/d de melaza y 1000g/d de torta de palmiste. Se obtuvieron los siguientes resultados (ver Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros productivos en Búfalas durante el primer tercio de lactancia suplementadas con harina o torta de palmiste.

Parámetro	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Cambio de peso durante la fase experimental	-30,7Kg	-2,6Kg	-16,7Kg

<b>Producción de leche (L/búfala/día)</b>	2.69	3.82	3.40
<b>Contenido de grasa en la leche (%)</b>	7,16	7,25	7,74
<b>Contenido de sólidos totales en la leche (%)</b>	16,64	16,75	17,19

Fuente: Bustamante. 2011 (adaptado por los autores)

### 5.2.5 Ovinos

En un estudio realizado por Conde, Cuesta y Manjarrez en el año 2000, alimentando ovinos ad libitum con fibra de palma de aceite amonificada (por 30 días con urea al 10%) y heno de pangola de la siguiente forma: tratamiento 1= 0% fibra y 100% heno; tratamiento 2= 50% fibra y 50% heno; tratamiento 3= 100% fibra y 0% heno y suplementándolos con 150g de maíz molido, 30g de torta de algodón, 30g de sal, 100mL de melaza. (Con 10 días de adaptación). Se obtuvieron los siguientes resultados; la digestibilidad del nitrógeno total fue superior y significativa para los tratamientos 2 y 3 en comparación con el control; los consumos y la digestibilidad de la materia seca no presentaron diferencias, el nivel de  $\text{NNH}_3$  en el rumen fue de 22.5mg/100mL, 40.9mg/100mL y 75,2mg/100mL para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente presentando diferencias significativas ( $P < 0,05$ )

En otro estudio realizado en ovinos, similar al anterior, pero alimentando los animales ad libitum con fibra de palma de aceite amonificada (por 30 días) con sulfato de amonio al 11% y heno de angleton de la siguiente manera: tratamiento 1, 0% fibra y 100% heno; tratamiento 2, 35% fibra y 65% heno; tratamiento 3, 70% fibra y 30% heno y suplementándolos con 150g de maíz molido, 30g de sal al 7%,

30g de torta de algodón y 150mL de melaza (con una adaptación de 10 días). Se obtuvieron los siguientes resultados: la inclusión al 35 y 75% de fibra de palma de aceite amonificada son adecuadas para la especie. El pH no presentó diferencias; los consumos de alimento en base seca, presentaron diferencias estadísticas, con valores de 32.72g/KgPV/día, 31.84g/KgPV/día y 27.75g/KgPV/día. El consumo de fibra detergente fue de 24.93g/KgPV/día, 22.39g/KgPV/día y 17.05g/KgPV/día. Se consumieron 0.44g/KgPV/día, 0.51g/KgPV/día y 0.59g/KgPV/día de N. Los valores de N amoniacal fueron 18.96mg/100mL, 26.76mg/100mL y 28.71mg/100mL. La digestibilidad de materia seca presentó diferencias estadísticas, con 64.03%, 69.65% y 74.28%. La digestibilidad del N total fue de 58.57%, 71.88% y 79.28%. Los datos anteriores, corresponden al tratamiento 1, 2 y 3 respectivamente. (Conde, Cuesta y Morales. 2004)

## **6. CONCLUSIONES**

Existe información Colombiana actualizada sobre uso de subproductos de la industria de biocombustibles en alimentación animal y sus parámetros técnicos, económicos y de producción.

Los subproductos de la industria Colombiana de biocombustibles, son una buena opción para disminuir costos de producción en las explotaciones especialmente durante la época de crisis por el efecto del cambio climático.

## **7. RECOMENDACIONES**

Estudiar la competencia en cuanto a la demanda que existe en el mercado del país para la adquisición de subproductos de la industria de biocombustibles, con otras industrias como la farmacéutica y la cosmética.

## **8. APORTE INNOVADOR**

Hasta el momento no existían trabajos Colombianos que recopilaran simultáneamente la inclusión de subproductos de la industria de los biocombustibles en alimentación animal en el país.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Ariza, N. Claudia. 2009. Efecto de la inclusión de glicerina cruda sobre el desempeño productivo de hembras de pollos de engorde en la Sabana de Bogotá. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/447/415>.

CORPOICA.Colombia.

Avellaneda, A. Yesid, Rubiano, Ángela, Ariza, N. Claudia y Afanador, T. Germán. 2011. Energía metabolizable aparente Corregida por nitrógeno de subproductos de la producción de biodiesel en ponedoras Comerciales. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. CORPOICA. Colombia.

Benítez, H Sebastián, Giraldo, V. Luis y Correa, L. Guillermo. 2011. Efecto de la adición de glicerina cruda en el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) procedente de tres fincas lecheras, sobre los parámetros de fermentación ruminal. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. Universidad Nacional. Colombia

Benítez, H. Sebastián, Giraldo, Luis y Correa, L. Guillermo. 2011. Efecto de la adición de glicerina cruda en el pasto kikuyo (*Pennisetumclandestinum*) procedente de tres fincas lecheras, sobre los parámetros de fermentación ruminal. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. Universidad Nacional. Colombia.

Benítez, Sebastián y Giraldo, V. Luis. 2013. "Productividad animal de bovinos estabulados suplementados con glicerina cruda". <http://www.bdigital.unal.edu.co/11805/1/1128268878.2014.pdf>. Colombia.

Bustamante, H. Carlos. 2011. Evaluación de la suplementación alimenticia en búfalas (*Bubalusbubalis*), durante el primer tercio de la lactancia, en un sistema de producción en trópico húmedo, en zona ecológica interandina en Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7173/1/7409501.2011.pdf>. Universidad Nacional. Colombia.

Calderón, A. Cesar. 2010. Fuente alternativa de energía en pollo de engorde. Nutrientes Pasantes Colombia. Colombia.

Conde, A., Cuesta A. y Manjarrez, R. 2000. Consumo y Comportamiento ruminal de ovinos Alimentados con fibra de palma de Aceite amonificada con urea al 10%. <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/795/795>. UDCA. Colombia.

Conde, A., Cuesta A. y Morales, J. 2004. Funcionamiento ruminal y consumo voluntario en ovinos alimentados con fibra de palma de aceite amonificada con sulfato de amonio al 11 %.

<http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0C DMQFjAD&url=http%3A%2F%2Fpublicaciones.fedepalma.org%2Findex.php%2Fpalmas%2Farticle%2Fdownload%2F1043%2F1043&ei=ghXNU5KCGIHGsAS5kYDADQ&usq=AFQjCNGuCB07NmOOXycJmi-D3U3VmZ2MLQ&sig2=Sr4Gc60k8h2w-DpxvmYwHw&bvm=bv.71198958,d.cWc>. UDCA, Cenipalma y Palmas Casanare. Colombia.

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. a Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. Colombia.

CORPOICA, BIO D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. a. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 6. Utilización de glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en sistemas de alimentación de pollos de engorde. Colombia.

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. b. Caracterización física y química de la glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma con potencial para ser utilizados en alimentación animal. Colombia.

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. c. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de

alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 5. Utilización de glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en sistemas de alimentación de ponedoras comerciales.

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. d. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 4. Valor biológico de la energía de glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en cerdos en crecimiento.

CORPOICA, Bio D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. e. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 7. Utilización de glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en sistemas de alimentación de cerdos en ceba. Colombia.

CORPOICA, BIO D, Colciencias y Ecopetrol. 2012. b. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 3. Valor de Energía Metabolizable Aparente corregida por Nitrógeno de glicerina y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en pollos de engorde.

CORPOICA, Colciencias, Bio D y Ecopetrol. 2012. Utilización de glicerina y otros subproductos del proceso de producción de biodiesel en sistemas de alimentación de aves y cerdos. PRODUCTO 2. Valor de Energía Metabolizable Aparente corregida por Nitrógeno de glicerina de diferente nivel de pureza y subproductos provenientes de la producción de biodiesel de aceite de palma en ponedoras. Colombia

León, O. Cindy, Navas, P. Alexander, Calvache, Iván , Suarez Álvaro y Cuadros, M. Luis, 2011. Suplementación con glicerol y torta de palmiste en levante de novillos Brangus en el municipio de Guamal. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/18570/1/T13.13%20L551s.pdf>

Universidad de La Salle. Colombia.



Fedebiocombustibles. 2014. Biodiesel de palma de aceite. [http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-mostrar\\_info-titulo-Biodiesel.htm](http://www.fedebiocombustibles.com/v3/estadistica-mostrar_info-titulo-Biodiesel.htm) .Colombia

Gómez, Arturo, Benavides, Carlos y Díaz, Claudia. 2007. Evaluación de torta de palmiste (*ElaeisGuineensis*) en alimentación de cerdos de ceba. <http://eds.b.ebscohost.com.ezproxy.unal.edu.co/eds/detail?sid=d794c168-dec7-45ae-acbf-42a849e759b5@sessionmgr114&vid=2&hid=115&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQhttp://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/7/Vol5.pdf>. Universidad Antonio Nariño. Colombia

Hernández, W, Ruíz, R, Chanchila, E y Villa N. 2003. Evaluación de una suplementación con base en pollinaza y torta de palmiste en bovinos, con diferente frecuencia de ofrecimiento. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/146/143>. UNIPAZ. La Paz.

León, C. 2013. Suplementarían con glicerol y torta de palmiste en levante de novillos Brangus en el municipio de Guamal, Meta. Universidad de la Salle, Trabajo de grado.66 p. Colombia

Mateus, S. Juan. 2014. El glicerol una fuente de energía alternativa. V festival y congreso internacional de la leche. San Gil – Colombia.

Méndez, R. Daniel y Ramírez, L. Paula. 2014. Estudio comparativo de la eficiencia reproductiva de bovinos Holstein antes y después de la suplementación con glicerina cruda. Universidad de La Salle. Colombia.

Mestra, Lorena, Avellaneda, Yesid, Medina, Pedro, García, Gustavo, Ariza, Claudia, Afanador, Germán, Cifuentes, Deily, Galindo, David y Palomino, Juan. 2009. Utilización de glicerina cruda en vacas de leche del trópico alto colombiano. Colombia.

Ocampo, D. Álvaro, Lozano, Edgar y Reyes, Enoc. 1990. Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos. <http://www.lrrd.org/lrrd2/1/ocampo.htm>. UNILLANOS. Colombia.

Ocampo, D. Álvaro. 1995. La cachaza de palma como sustituto del sorgo en alimentación animal. <http://www.fao.org/docrep/V4440T/v4440T0g.htm#>. Universidad de los Llanos. Colombia

Ocampo, D. Álvaro. 1995. El aceite de palma como sustituto del sorgo en la alimentación de cerdos. <http://www.fao.org/docrep/V4440T/v4440T0g.htm#la>. UNILLANOS. Colombia.

Ocampo, D. Álvaro. 1994. Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos <http://www.lrrd.org/lrrd6/1/ocampo1.htm> UNILLANOS. Colombia.

Ordoñez, G. Ciro, Mejía, Gonzalo; Ariza, N. Claudia y Afanador, T. German. 2010. Determinación del efecto del nivel almidón en la dieta sobre el valor energético de la glicerina cruda en cerdos con la técnica de la bolsa de nylon móvil. <http://congresoinnovacion.ufpso.edu.co/memorias/PDF/02--MEMORIA.pdf>. Universidad Nacional. Colombia.

Ortiz, C. Ronnal y Avellaneda, A. Yesid. 2011. Determinación del valor energético de sub-productos provenientes de la producción de biodiesel en pollos de engorde. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. CORPOICA. Colombia.

Oviedo, G. Ricardo y Calero, Q. David. 2013. Evaluación de la suplementación con torta de palmiste, salvado de arroz, jarabe residual y melaza en raciones para ganado bovino alimentado con base a cogollo de caña. <http://www.inamevez.com/products/evaluacion-de-la-suplementacion-con-torta-de-palmiste-salvado-de-arroz-jarabe-residual-y-melaza-en-raciones-para-ganado-bovino-alimentado-con-base-a-cogollo-de-cana/> Universidad Nacional. Colombia.

Producción y calidad de la leche en bovinos Holstein suplementados con glicerina cruda. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. Universidad Nacional. Colombia

Ruiz, P. Rodolfo, Rodríguez, G. Julio y Hernández, Luis. 2014. Utilización del fruto de palma de aceite en la alimentación de pollos de engorde en fase de

finalización. <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/utilizacion-fruto-palma-aceite-t5723/141-p0.htm>. Instituto Universitario de La Paz Colombia. Colombia.

Valencia, Diana, Giraldo, V. Luis, Correa, L. Guillermo. 2011. Cinética de la degradación ruminal aparente in situ de forrajes y dietas con kikuyo cosechado a dos edades de rebrote, suplementados con glicerina cruda proveniente de la obtención de biodiesel del aceite de palma africana. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a30.pdf>. Universidad Nacional. Colombia.