

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO
DOMINICO HARTÓN EN EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE EN EL
MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS, RISARALDA

JORGE ANDRÉS ALZATE RODRÍGUEZ
JOHN ALEXANDER VÉLEZ MONTES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AGROINDUSTRIA
PEREIRA
2019

EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO
DOMINICO HARTÓN EN EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE EN EL
MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS, RISARALDA

JORGE ANDRÉS ALZATE RODRÍGUEZ

JOHN ALEXANDER VÉLEZ MONTES

Trabajo de Grado para optar al título de
Magíster en Desarrollo Agroindustrial

Directora

LUZ NATALIA FRANCO MONTOYA

Ph.D Médico Veterinario

Profesora Titular

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AGROINDUSTRIA
PEREIRA

2019



MAESTRIA EN DESARROLLO AGROINDUSTRIAL
FACULTAD DE TECNOLOGIA

ACTA DE SUSTENTACIÓN
TRABAJO DE GRADO

TITULO:

"EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE EN EL MUNICIPIO DE DOSQUEBRADAS, RISARALDA"

AUTOR:

JORGE ANDRES ALZATE RODRIGUEZ

C.C. 18.510.270

JOHN ALEXANDER VELEZ MONTES

C.C. 1.086.278.366

ASESORA:

LUZ NATALIA FRANCO MONTOYA

C.C. 30.358.601

CALIFICACIÓN:

ARROBADO.

Fecha de sustentación pública: 18 de Julio de 2019

OLGA LUCIA TORRES VARGAS

C.C. 41.922.558

Jurado

SORANY MILENA BARRIENTOS GRAJALES

C.C. 39.176.609

Jurado

LUZ NATALIA FRANCO MONTOYA

C.C. 30.358.601

Asesora

LINA MARIA SUAREZ GÚZMAN

C.C. 29.127.168

Coordinadora Maestría en Desarrollo
Agroindustrial

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo queremos darle las gracias a Dios, el cual nos da vida y salud y hace todo posible.

Un agradecimiento muy especial a nuestra directora de trabajo de grado, la Doctora Luz Natalia Franco Montoya, por su compromiso, paciencia y excelente orientación, la cual permitió la culminación satisfactoria de este trabajo.

Queremos también darle las gracias a la planta de procesamiento de plátano ASPLABEL, por facilitar la cáscara de plátano para el primer ensayo de elaboración de la harina. De igual forma agradecer a la planta procesadora PASABOCAS PATTY por suministrar la cáscara de plátano para el segundo ensayo de elaboración de harina así como a la empresa NARANJA VERDE por facilitar el servicio de secado.

Un agradecimiento muy especial a Marcela Lemus Guarín, quien fue la que facilitó la finca para la instalación de los galpones y fue la que cuidó y alimentó los pollos con compromiso y responsabilidad.

Por último, queremos dar gracias a la dirección de la Maestría en Desarrollo Agroindustrial por todas las gestiones realizadas para la satisfactoria culminación de este maravilloso proceso.

CONTENIDO

pág.

RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
1. MARCO CONCEPTUAL.....	15
1.1 IMPORTANCIA DE LA AVICULTURA.....	15
1.1.1 Importancia de la avicultura en el mundo.....	15
1.1.2 Importancia de la avicultura en Colombia.....	17
1.1.3 Importancia de la avicultura en Risaralda.....	18
1.2 PARÁMETROS IMPORTANTES EN LA PRODUCCIÓN DE POLLO DE ENGORDE.....	19
1.2.1 Diferencia entre nutrición y alimentación.....	19
1.2.2 Requerimientos nutricionales de pollos de engorde.....	19
1.2.3 Alimentación de pollos de engorde.....	21
1.3 ALTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCCIÓN DE RACIONES COMERCIALES..	22
1.4 ALTERNATIVAS EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE.....	24
1.5 USO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LA NUTRICIÓN DE POLLO DE ENGORDE.....	25
1.6 USO DE LA HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN LA NUTRICIÓN ANIMAL.....	28
2. OBJETIVOS.....	30
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	30
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	30
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1 OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE.....	31
3.2 OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP).....	33
3.3 ESTUDIO BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN OBTENIDA (HCP).....	39

3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.....	39
3.4.1 Diseño experimental.	39
3.4.2 Raciones experimentales.....	40
3.4.3 Desarrollo Experimental.....	40
3.4.4 Parámetros de desempeño.	46
3.4.5 Análisis de datos.	46
3.5 REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)	47
3.5.1 Cálculo del costo de producción de la HCP.....	47
3.5.2 Evaluación económica de la inclusión de HCP.....	47
4. RESULTADOS	48
4.1 RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE.....	48
4.2 RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP).....	52
4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE, DE LA HCP Y DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES.....	54
4.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.....	54
4.5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)	62
4.5.1 Costos de producción de la harina de cáscara de plátano.....	62
4.5.2 Resultados de la Evaluación económica de la inclusión de HCP.	63
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	65
5.1 OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE	65
5.2 OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP).....	65

5.3 ESTUDIO BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN OBTENIDA (HCP)	66
5.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.....	67
5.5 REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Producción de pollo a nivel mundial en toneladas.	15
Figura 2. Principales países productores de pollo en toneladas.	16
Figura 3. Producción de pollo en Colombia en toneladas entre 2009 y 2017.....	17
Figura 4. Consumo per cápita de pollo en Colombia en últimos 10 años.....	18
Figura 5. Depreciación del peso colombiano frente al dólar durante los años 2013 y 2015.....	23
Figura 6. Estufa utilizada para el proceso de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano.....	31
Figura 7. Desecador utilizado para el proceso de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano.	32
Figura 8. Muestras dentro de la estufa durante el proceso de secado.	32
Figura 9. Cáscara seleccionada para la elaboración de la harina.	34
Figura 10. Proceso de lavado de la cáscara en la solución de hipoclorito de sodio al 5%.....	34
Figura 11. Proceso de preparación de la solución de metabisulfito de sodio y ácido cítrico.	35
Figura 12. Cáscara inmersa en la solución de metabisulfito de sodio y ácido cítrico.	35
Figura 13. Cáscara de plátano troceada.	36
Figura 14. Cáscara después del proceso de deshidratación.	36
Figura 15. Vista exterior del Molino de cuchillas.	37
Figura 16. Vista interior del Molino de cuchillas y tamiz de malla 2 mm.	37
Figura 17. Proceso de molienda de la cáscara de plátano.	38
Figura 18. Harina de cáscara de plátano obtenida.	38
Figura 19. Raciones experimentales para la primera semana, clasificadas según día y tratamiento.	40
Figura 20. Jaulas utilizadas para el desarrollo experimental.	41

Figura 21. Pollitos de un día de nacidos instalados en la jaula del tratamiento 1. .	41
Figura 22. Construcción y preparación del galpón para los pollos.	42
Figura 23. Pollos del tratamientos 3 instalados en el galpón.	43
Figura 24. Pollos del tratamiento 1 finalizando etapa de levante.	43
Figura 25. Pollos del tratamiento 2 alimentándose durante la etapa de engorde. .	44
Figura 26. Pollos del tratamiento 3 en la etapa de engorde alimentándose.	44
Figura 27. Pollos del tratamiento 1 en fase final de etapa de engorde.	45
Figura 28. Proceso de pesaje de los pollos al final del experimento.	45
Figura 29. Curva de régimen de secado de la cáscara de plátano Dominic Hartón en estado verde a 60°C, réplica 1.	49
Figura 30. Curva de régimen de secado de la cáscara de plátano Dominic Hartón en estado verde réplica 2.	51
Figura 31. Harina de cáscara de plátano obtenida.	53
Figura 32. Consumo diario de alimento durante la etapa de levante según los niveles de inclusión de HCP.	55
Figura 33. Consumo diario de alimento durante la etapa de engorde según los niveles de inclusión de HCP.	56
Figura 34. Evolución de la variable peso de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.	57
Figura 35. Evolución de la variable ganancia de peso de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.	58
Figura 36. Evolución de la variable conversión alimentaria de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.	59
Figura 37. Evolución de la variable tasa de crecimiento específico de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.	60
Figura 38. Evolución de la variable tasa de eficiencia protéica de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.	61

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales para aves recomendados por la NRC.	20
Tabla 2. Suministro diario de alimento para un pollito de la marca ROSS 308.	22
Tabla 3. Alternativas nutricionales para pollos de engorde investigadas por otros autores.	25
Tabla 4. Composición química de la cáscara de plátano dominico hartón, en dos estados de maduración.	28
Tabla 5. Rendimiento en harina de los frutos de cuatro clones de musáceas.	29
Tabla 6. Rendimiento de la HCP.	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Datos iniciales para obtención de la curva de régimen de secado cáscara de plátano Dominico Hartón en estado verde réplica 1.	48
Cuadro 2. Datos iniciales para obtención de la curva de régimen de secado cáscara de plátano Dominico Hartón en estado verde réplica 2.	50
Cuadro 3. Tiempo en horas necesario para obtener diferentes contenidos de humedad en la cáscara de plátano dominico hartón, según modelos matemáticos generados para una temperatura de secado de 60°C.	52
Cuadro 4. Análisis bromatológico de los diferentes materiales utilizados en el experimento.....	54
Cuadro 5. Resultados obtenidos de las variables estudiadas según tratamiento y colecta.	62
Cuadro 6. Costos de producción de la HCP	63
Cuadro 7. Análisis económico tratamiento 1 (grupo control 0% adición HCP).	63
Cuadro 8. Análisis económico tratamiento 2 (5% adición HCP).	64
Cuadro 9. Análisis económico tratamiento 3 (10% adición HCP).	64

RESUMEN

Con el propósito de disminuir costos de alimentación en la producción de pollos de engorde y aprovechar eficientemente los residuos agroindustriales, se evaluó el efecto de la inclusión de harina de cáscara de plátano en el desempeño de pollos de engorde en el municipio de Dosquebradas, Risaralda. Para la elaboración de la harina (HCP) se utilizó cáscara de plátano Dominicó hartón proveniente de la planta procesadora PASABOCAS PATTY, ubicada en el municipio de Santa Rosa de Cabal.

Se utilizaron 21 pollos entre machos y hembras de la variedad ROSS 308 de un día de nacidos durante 45 días. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, con análisis de varianza ANOVA factorial 3x3 donde se evaluó el efecto de tres niveles de inclusión (T1: Concentrado comercial libre de HCP, T2: Concentrado comercial + 5% de inclusión de HCP y T3: Concentrado comercial + 10% de inclusión de HCP) en tres tiempos de colecta (a los días 12, 22 y 45 del tratamiento), con 7 aves por tratamiento. Se utilizó como test post hoc el test de Duncan con significancia de 5%. Se evaluaron las variables Consumo diario de alimento (CDA), Ganancia de peso total (GPT), conversión alimenticia aparente (CAA), Tasa de Crecimiento Específico (TCE%), Tasa Eficiencia Protéica (TEP%) y tasa de sobrevivencia (S%). T1 arrojó los mejores resultados en cuanto a GPT, CAA, TCE% y TEP%.

Si bien el estudio arrojó la no conveniencia a nivel económico de la utilización de la cáscara de plátano en el proceso productivo de alimentación de pollos de engorde, es importante buscar alternativas que optimicen el proceso de obtención de la harina, así como el mejoramiento de sus propiedades nutricionales para su inclusión en la alimentación aviar.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es un renglón de mucha importancia en el municipio de Dosquebradas, ya que por la topografía y el clima cambiante de la zona se deben buscar aquellas producciones pecuarias rápidas, que ocupen poco espacio en la finca y en la cual la mujer campesina pueda desempeñarse y a la vez pueda cumplir con el resto de sus labores diarias.

Debido a los altos costos de producción, en especial del alimento para los pollos de engorde, es importante la búsqueda de nuevas alternativas nutricionales para los pequeños avicultores que les permitan incrementar la rentabilidad de su actividad.

Lo anterior sumado a la necesidad del aprovechamiento de residuos llevó a pensar en la utilización de la cáscara del plátano dominico hartón, uno de los productos más importantes del municipio y de la región, como una alternativa nutricional ambientalmente amigable para la producción aviar.

Este proyecto consiste en la evaluación del efecto de la inclusión de diferentes niveles de harina de cáscara de plátano dominico hartón en el desempeño de pollos de engorde. En el proceso de engorde se utilizaron pollos de la línea Ross de un día de nacidos los cuales fueron criados durante 45 días en la vereda la unión del municipio de Dosquebradas y alimentados con concentrado comercial y la adición de 5 y el 10 por ciento de harina de cáscara de plátano dominico hartón.

Este proyecto es de vital importancia, ya que no solo planteará la utilización de una fuente alternativa de nutrición para las aves sino que permitirá sentar bases para la exploración de nuevas fuentes de alimentación, incentivando en los productores y en la sociedad una cultura del aprovechamiento de residuos que permita mitigar los impactos ambientales de los procesos productivos actuales.

PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La industria avícola tanto en Colombia como en Latinoamérica posee una serie de problemáticas que afectan directamente a los productores, en especial a los pequeños productores, siendo una de las más relevantes el elevado costo de las materias primas convencionales necesarias para la elaboración de los alimentos para las aves, lo cual condiciona la competitividad de los sectores de producción desde el año 2010¹. Los costos del alimento para aves representan entre el 70% y el 80% de los costos totales de producción^{2,3,4,5}. Además, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural señala que en Colombia existe una “dependencia de cerca del 100% de materias primas importadas, como resultado de los Tratados de Libre Comercio (maíz amarillo y soya). La oferta nacional de estos productos no es competitiva para los avicultores”⁶. Según Bohórquez⁷, esta situación obedece a que las materias primas para la elaboración de los alimentos balanceados para animales, provienen en más de un 80% del exterior; esto trae como consecuencia que intermediarios realicen grandes compras a fábricas o industrias productoras para luego venderlo en pequeñas partes a los pequeños productores. Teniendo como resultado un alza en el precio del alimento balanceado entre 30 – 40 %.

Entre finales del 2014 y principios del 2015, los costos de producción en la industria avícola aumentaron cerca de un 25% debido a la devaluación del peso frente al dólar⁸. Para el 2015 el Índice de Precios al Productor de Alimento para Animales del DANE (IPPA), registró un incremento del 15.2% y con una dinámica mayor respecto a la observada para el precio de los productos finales avícolas, dinámica que captura de alguna forma los efectos de la devaluación⁹.

1 VANDEPLAS, Sabrina y BODIN, Jean-Christophe. Acción de una xilanasina producida por bacillus subtilis. Efectos sobre la flora intestinal y el estado sanitario en las aves. *En: Selecciones avícolas. Noviembre*. 2012, Vol. 54, n.o 11, p. 19.

2 GÓMEZ, N.I et al. Comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con Moringa oleifera en Formosa, Argentina. *En: Revista Veterinaria*. 2015, Vol. 27, n.o 1, p. 8.

3 MOSQUERA, Mari L., PORTILLA, Sandra y LÓPEZ, Fredy J. Evaluación del efecto nutricional de quinua (chenopodium quinoa willdenow) con diferentes niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde. *En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2009, Vol. 7, n.o 1, p. 77.

4 VALENCIA, Andrés. Avicultura colombiana, negocio de \$8,5 billones. *En: El Colombiano* [En línea]. 2015. [Citado el 11 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/negocios/la-produccion-avicola-colombiana-alcanzara-los-8-5-billones-este-ano-JH2328821>.

5 OROZCO CAMPO, Rafael, MELEÁN ROMERO, Rosana y RODRÍGUEZ MEDINA, Guillermo. Costos de producción en la cría de pollos de engorde. *En: Revista Venezolana de Gerencia*. 2004, Vol. 9, n.º 28, p. 27.

⁶ MADR. *Indicadores del Sector Avícola 2017* [En línea]. Bogotá, Colombia, 2017. Disponible en: [https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002 - Cifras Sectoriales/Bullet Ministro Mayo 2017.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002-CifrasSectoriales/BulletMinistroMayo2017.pdf).

7 BOHÓRQUEZ ARÉVALO, Víctor David. *Perspectiva de la producción avícola en Colombia*. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2014. p. 6.

8 LÓPEZ RODRÍGUEZ, Carlos Wilmar. Costos de producción avícola crecieron 25% por devaluación La Crónica del Quindío: Diario Regional Armenia Quindío Colombia - noticias, clasificados, edictos, reportajes, información, periódico. *En: Cronicadelquindio.com* [En línea]. 2015. [Citado el 12 febrero 2017]. Disponible en: http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-costos_de_produccion_avicola_crecieron_25_por_devaluacion-seccion-la-economia-nota-88212.htm.

9 ÁVILA, Fernando. Balance Avícola 2015 y expectativas 2016. *En: Avicultores. Febrero* [En línea]. 2016, p. 6-22. [Citado el 13 febrero 2017]. Disponible en: [http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/articulo/3295/Avicultores234_Balance\(1\).pdf](http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/articulo/3295/Avicultores234_Balance(1).pdf).

Dada esta problemática se hace importante la investigación aplicada al diseño de nuevas estrategias nutricionales que beneficien a los pequeños productores, tal como la adición de alimento alternativo a una ración comercial para aves. El presente estudio pretende evaluar el efecto la adición de harina de cáscara de plátano dominico hartón en el desempeño de pollos de engorde durante todo su ciclo productivo, con el fin de explorar alternativas nutricionales que disminuyan los costos de producción, sin afectar la salud de los animales, ni la calidad del producto cárnico final.

Durante las últimas décadas se ha generado un gran interés por parte de los países en vía de desarrollo en ajustar los sistemas de producción animal a sus particulares condiciones económicas, sociales, ambientales y tecnológicas, a través de diversas estrategias que les permitan satisfacer las exigencias del mercado; es por esto que se realizan esfuerzos importantes para desarrollar un sistema de producción animal sostenible y a bajo costo¹⁰.

El uso de materias primas nacionales como alternativa en la alimentación animal para sustituir importaciones y reducir la competitividad con la alimentación humana, es hoy una condición importante para lograr la sostenibilidad de la producción animal en el trópico. Por lo anterior es necesario diversificar el uso de un grupo de productos que tradicionalmente han sido considerados como “Alimentos no convencionales”¹¹.

Los altos costos del alimento para aves es la problemática más significativa de este sector pecuario, por lo tanto es importante la búsqueda de ingredientes de bajo costo que puedan sustituir parcialmente las materias primas tradicionales en las dietas de estos animales¹²; una alternativa viable para dicha necesidad es la utilización de la cáscara del plátano Dominico Hartón como suplemento dietario para pollos de engorde. El plátano es uno de los productos básicos más importantes de la dieta de la población más pobre de los países tropicales, ya que aporta cerca del 40% del total de la oferta de alimentos en términos de calorías. Además, su siembra constituye una importante fuente de empleo e ingresos para pequeños productores en numerosos países en vías de desarrollo. En Colombia, el plátano es uno de los productos alimenticios de mayor importancia y es el cultivo permanente con mayor presencia en los sistemas de economía campesina. Es un producto básico en la dieta de los colombianos, con un consumo per cápita estimado de 155 kg/año¹³.

10 LEYVA CAMBAR, Laercis, OLMO GONZÁLEZ, Carlos y LEÓN ÁLVAREZ, Exequiel. Inclusión de harina deshidratada de follaje de morera (*Morus alba* L.) en la alimentación del pollo campero. *En: Revista Científica UDO Agrícola*. 2012, Vol. 12, n.o 3, p. 653.

11 SOLANO S, Gutberto, SALCEDO CEDEÑO, Mary Luz y RAMÍREZ, R. Dietas para pollos en ceba a base de subproductos de la agroindustria local. *En: Revista REDVET*. 2005, Vol. 6, n.o 2, p. 2.

12 TRÓMPIZ, Jacqueline et al. Dietas con follaje de yuca y su efecto sobre las características al sacrificio y rendimiento en canal y en cortes de pollos de engorde. *En: Revista Científica FCV-LUZ*. 2010, Vol. 20, n.o 3, p. 294.

13 OLMOS SOLER, Angélica María. *Cadena productiva del plátano departamento de Casanare*. Yopal: Secretaria de Agricultura Ganadería y Medio Ambiente, 2015. p. 3.

Tradicionalmente, al cosechar el racimo de una planta de plátano se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa, quedando de un 70 a un 80% por utilizar, lo más común es que los órganos restantes se reciclen en la plantación como abono verde, existiendo posibilidades de potenciar su uso teniendo en cuenta su alto contenido de nutrientes. La cáscara ha sido considerada como un producto de desecho agroindustrial y es utilizada generalmente para la alimentación animal (bovinos), en estado verde y maduro. Este órgano posee mayores contenidos de fibra y minerales que la pulpa¹⁴. Los residuos de cosecha como la cáscara de plátano son utilizados en muy pocas ocasiones pero por gran poder nutricional podría ser una alternativa en la nutrición animal, en este caso en la crianza de los pollos de engorde.

14 SENA. *Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano*. Bogotá, Colombia, 2002. p. 19.

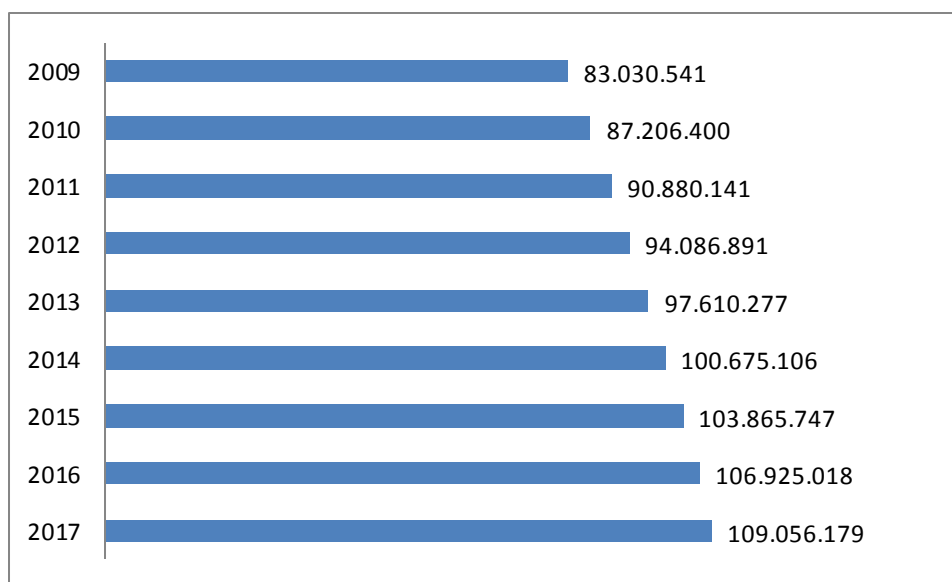
1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 IMPORTANCIA DE LA AVICULTURA

1.1.1 Importancia de la avicultura en el mundo. La producción mundial de proteína animal para consumo humano creció continuamente en los últimos 30 años a un ritmo más acelerado que el mismo crecimiento poblacional; específicamente la producción de carne de pollos de engorde se cuadruplicó en este periodo, por ser la de mayor desarrollo como fuente de proteína de primera calidad. Su producción en corto tiempo y en espacios pequeños, hacen que este grupo animal sea uno de los principales rubros de producción a nivel mundial¹⁵.

La figura 1, muestra la producción de pollo a nivel mundial; aquí se evidencia que entre el 2009 y el 2017 la producción mundial de pollo se incrementó en un 31,3%.

Figura 1. Producción de pollo a nivel mundial en toneladas.



Fuente: Autor, adaptado de FAO.¹⁶

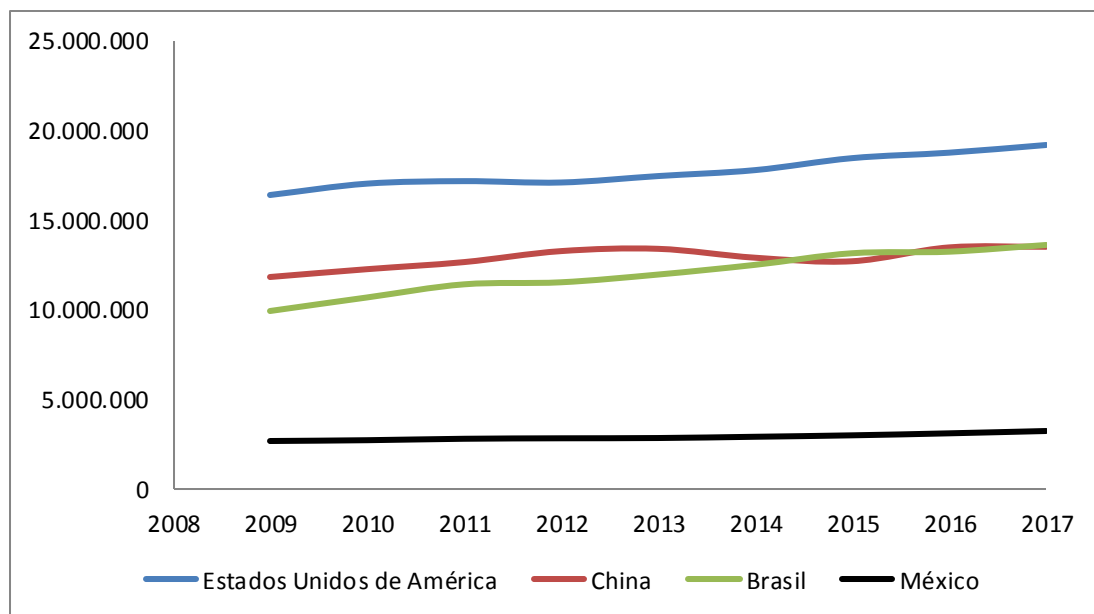
La figura 2 muestra los cuatro principales países productores de pollo (los cuales participan en el 50% del volumen total de producción mundial¹⁷); aquí se ilustra el

¹⁵ RIVAS HERNÁNDEZ, Francisco Oscar. Efecto de la inclusión de harinas de maíz, yuca y quinchoncho en la alimentación de pollos de ceba en sistema de producción familiar. En: *CD de Monografías*. 2014, p. 3.

¹⁶ FAO. FAOSTAT. En: *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [En línea]. 2018. [Citado el 15 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>.

liderazgo de Estados Unidos como principal país productor de pollo, seguido de China el cual para el año 2017 pierde el segundo puesto frente a Brasil (principal productor de Latinoamérica),

Figura 2. Principales países productores de pollo en toneladas.



Fuente: Autor, adaptado de FAO¹⁸.

Según Soler y Fonseca¹⁹, la producción de pollo de engorde realizada por campesinos a nivel mundial es variada, siendo los países en vía de desarrollo aquellos que más producciones de este tipo presentan; estas explotaciones de traspatio juegan un papel importante ya que aseguran el autoconsumo de productos proteicos y una economía de subsistencia a las familias de escasos recursos.

17 FENAVI. Consumo Per Cápita. En: *FENAVI* [En línea]. 2016. [Citado el 13 febrero 2017]. Disponible en: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2160&Itemid=556.

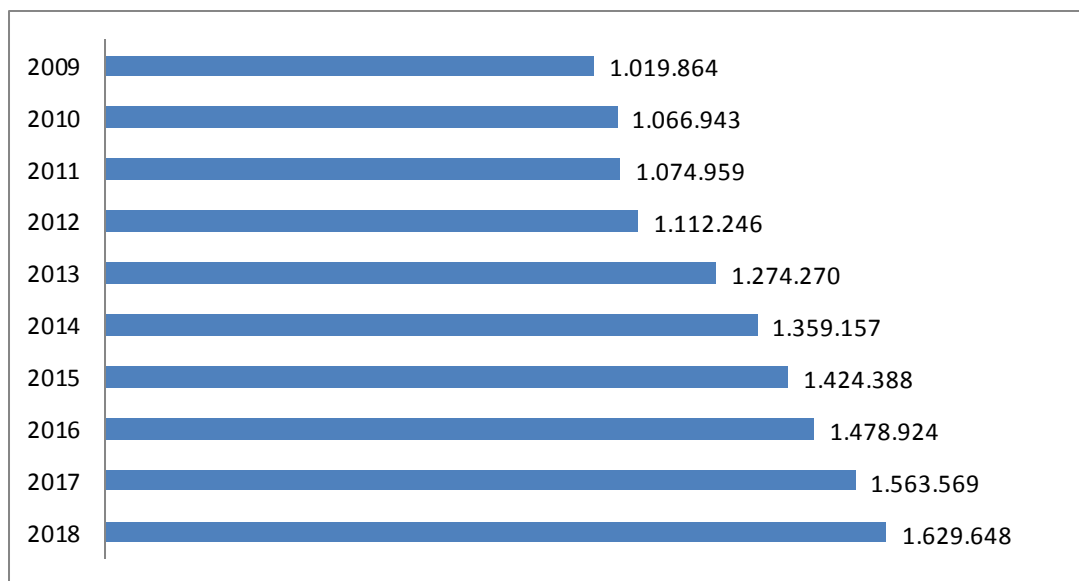
18 FAO. FAOSTAT. En: *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [En línea]. 2018. [Citado el 15 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>.

19 SOLER F., Diana Milena y FONSECA C., Jorge Armando. Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. En: *Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*. 2011, Vol. 2, n.o 1, p. 29.

1.1.2 Importancia de la avicultura en Colombia. Para Bohórquez²⁰, la avicultura ocupa el segundo lugar dentro de las actividades agropecuarias en el país después de la ganadería de carne y de leche y ubicándose por encima de la caficultura. La avicultura colombiana ha mostrado crecimiento paulatino y sostenido durante los últimos años; dicho crecimiento se ve reflejado en la figura 3 donde se describe el crecimiento en la producción de pollo en Colombia entre los años 2009 y 2018, la cual aumentó en un 60% durante dicho periodo de tiempo.

Además, según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural²¹ para el año 2017 la industria avícola colombiana generó alrededor de 400.000 empleos directos, 1.200.000 empleos indirectos, tuvo una participación en el PIB Nacional del 2% (12% en el PIB Agropecuario y 30% en el PIB Pecuario), y está avaluada en 16,5 Billones de pesos. Para FENAVI²², en el 2018 la participación del sector avícola en el PIB nacional fue del 2.8% mientras que para el 2019 se proyecta una participación en el PIB nacional del 3,4%

Figura 3. Producción de pollo en Colombia en toneladas entre 2009 y 2017.



Fuente: Autor, adaptado de FENAVI.²³

²⁰ BOHÓRQUEZ ARÉVALO, Víctor David. Perspectiva de la producción avícola en Colombia. *Universidad Militar Nueva Granada*. Bogotá, Colombia, 2014, p. 3.

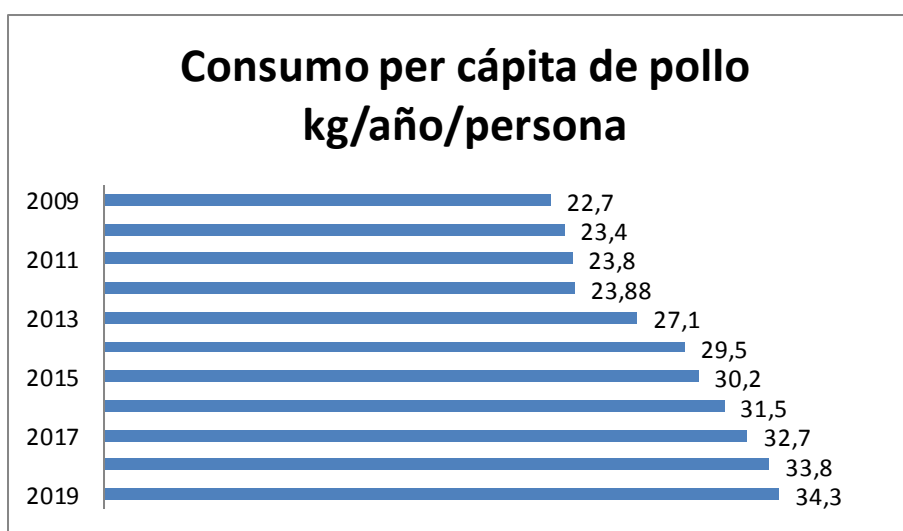
²¹ MADR. *Indicadores del Sector Avícola 2017* [En línea]. Bogotá, Colombia, 2017. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002 - Cifras Sectoriales/Bullet Ministro Mayo 2017.pdf>. p. 1.

²² FENAVI. Boletín Fenaviquin. *FENAVIQUÍN* [En línea]. 2018, Vol. 277, p. 15. [Citado el 19 febrero 2019]. Disponible en: https://fenavi.org/w-p-content/uploads/2018/12/Fenaviquin_ed2772018-2.pdf.

²³ FENAVI. Estadísticas público en general. En: *FENAVI* [En línea]. 2019. [Citado el 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://fenavi.org/estadisticas/informacion-estadistica-publica/>.

Según FENAVI²⁴, la avicultura es el sector más formalizado del campo colombiano; esto sumado a que el consumo de pollo y huevo se hayan duplicado (en la figura 4 se puede apreciar consumo per cápita de pollo en Colombia durante los últimos 10 años), trae como resultado que el desarrollo tecnológico, la eficiencia y la calidad de la producción se encuentren a niveles de los líderes mundiales. En materia sanitaria, responsabilidad y manejo ambiental hay unos avances muy importantes que han llevado a un crecimiento del sector superior al 5% en promedio durante la última década.

Figura 4. Consumo per cápita de pollo en Colombia en últimos 10 años.



Fuente: Elaboración personal, adaptado de FENAVI.²⁵

1.1.3 Importancia de la avicultura en Risaralda. La industria avícola es uno de los sectores importantes en la economía agropecuaria departamental y ha aumentado de manera significativa dada su aporte en la seguridad alimentaria y en la generación de empleo. En el Departamento de Risaralda se desarrolla principalmente en los municipios de Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal, donde se produce tanto aves de postura, como de engorde, siendo superior la avicultura de engorde²⁶.

Según la Secretaria de Desarrollo Agropecuario de Risaralda, para el año 2014 la producción de aves de engorde en el departamento fue de 14.524.578 de aves, de

24 FENAVI. *Boletín informativo Eje Cafetero y Norte del Valle*. Pereira : FENAVI, 2015.

25 FENAVI. Estadísticas público en general. En: *FENAVI* [En línea]. 2019. [Citado el 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://fenavi.org/estadisticas/informacion-estadistica-publica/>.

26 GÓMEZ HENAO, Jairo de Jesús y MORALES OSORNO, Hernando. *Informe de coyuntura sector agropecuario y acuícola 2014-2013*. Pereira, Risaralda : Gobernación de Risaralda, 2014. p. 29

los cuales 809.730 correspondieron al municipio de Dosquebradas. Entre 2004 y 2014 la producción de aves de engorde se incrementó en un 466%; en el municipio de Dosquebradas el crecimiento fue del 504%²⁷; para el año 2016 la producción del Departamento fue de 22.234 toneladas de pollo²⁸.

1.2 PARÁMETROS IMPORTANTES EN LA PRODUCCIÓN DE POLLO DE ENGORDE

1.2.1 Diferencia entre nutrición y alimentación. Según Silva Bastidas²⁹, la nutrición y alimentación son dos términos que suelen utilizarse indistintamente, pero cuyo significado es diferente. Por un lado, la nutrición cumple el objetivo de proveer diferentes alimentos balanceados que satisfagan los requerimientos nutricionales de los pollos en todos los periodos de su desarrollo y producción, para mejorar la eficiencia y la rentabilidad del proceso, sin comprometer el bienestar de las aves; mientras que la alimentación es la serie de normas y procedimientos que se deben seguir para suministrar a los animales una nutrición adecuada.

1.2.2 Requerimientos nutricionales de pollos de engorde. Con respecto a los requerimientos nutricionales, Pérez Velasco plantea lo siguiente:

Los requerimientos nutricionales de cada nutriente son particulares para cada individuo y cada situación en que se encuentre. Si son para pollos de carne varían según sea el caso, si son para pollos de engorda en iniciación o crecimiento, si es para pollitas y/o gallinas reproductoras. Por ello los requerimientos nutricionales para pollos de engorda se constituyen generalmente tres fases de alimentación (iniciación, engorda y finalización) las cuales que son de 0 a 3 semanas, de 3 a 6 semanas y de 6 a 8 semanas, donde en cada uno se tienen bien definidos los nutrientes que se requieren así como la cantidad. Algunos estudios sugieren que los machos requieren mayores cantidades de nutrientes que las hembras de edad iguales al igual el consumo de alimento en pollos es diferente entre sexos, presentando mayor consumo los machos en comparación con las hembras³⁰.

En la tabla 1 se muestran los requerimientos nutricionales para aves de NRC (National Research Council. National Academy Press Washington, 1994).

27 GÓMEZ HENAO, Jairo de Jesús y MORALES OSORNO, Hernando. *Informe de coyuntura sector agropecuario y acuícola 2014-2013*. Pereira, Risaralda: Gobernación de Risaralda, 2014. p. 30.

28 RUIZ PALACIOS, Nathalia et al. *Caracterización de la Producción de Pollo de engorde en el Municipio de Dosquebradas, Risaralda, Colombia 2017* [En línea]. Pereira, Risaralda, 2017. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/8886>. p. 2.

29 SILVA BASTIDAS, Alberto Hernán. *Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de theobroma cacao L.* Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016. p. 9

30 PÉREZ VELASCO, Didier Edgardo. *Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con dietas formuladas en base a dos fuentes de requerimientos nutricionales*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, 2015. p. 15

Tabla 1. Requerimientos nutricionales para aves recomendados por la NRC.

Nutriente	Unidad	0 a 3 semanas	3 a 6 semanas	6 a 8 semanas
Energía EM (Kcal/Kg)		3200	3200	3200
Proteína y aminoácidos				
Proteína	%	23,00	20,00	18,00
Arginina	%	1,25	1,10	1,00
Glicina + serina	%	1,25	1,14	0,97
Histidina	%	0,35	0,32	0,27
Isoleucina	%	0,80	0,73	0,62
Leucina	%	1,20	1,09	0,93
Lisina	%	1,10	1,00	0,85
Metionina	%	0,50	0,38	0,32
Metionina + cistina	%	0,90	0,72	0,60
Fenilalanina	%	0,72	0,65	0,56
Fenilalanina + tirosina	%	1,34	1,22	1,04
Prolina	%	0,60	0,55	0,46
Treonina	%	0,80	0,74	0,68
Triptófano	%	0,20	0,18	0,16
Valina	%	0,90	0,82	0,70
Grasa				
Ácido Linoleico	%	1,00	1,00	1,00
Macro minerales				
Calcio	%	1,00	0,90	0,80
Cloro	%	0,20	0,15	0,12
Magnesio	mg	600,00	600,00	600,00
Fosforo no fitato	%	0,45	0,35	0,30
Potasio	%	0,30	0,30	0,30
Sodio	%	0,20	0,15	0,12
Minerales Traza				
Cobre	mg	8,00	8,00	8,00
Yodo	mg	0,35	0,35	0,35
Hierro	mg	80,00	80,00	80,00
Manganeso	mg	60,00	60,00	60,00
Selenio	mg	0,15	0,15	0,15
Zinc	mg	40,00	40,00	40,00

Tabla 1 (Continuación)

Nutriente	Unidad	0 a 3 semanas	3 a 6 semanas	6 a 8 semanas
Vitaminas solubles en grasa				
A	IU	1,50	1,50	1,50
D	ICU	200,00	200,00	200,00
E	IU	10,00	10,00	10,00
K	mg	0,50	0,50	0,50
Vitaminas solubles en agua				
B12	mg	0,01	0,01	0,01
Biotina	mg	0,15	0,15	0,12
Colina	mg	1,30	1,00	750,00
Folacina	mg	0,55	0,55	0,50
Niacina	mg	35,00	30,00	25,00
Ácido pantoténico	mg	10,00	10,00	10,00
Piridoxina	mg	3,50	3,50	3,00
Riboflavina	mg	3,60	3,60	3,00
Tiamina	mg	1,80	1,80	1,80
Fuente: Autor, adaptado de: NRC 1994 ³¹ .				

1.2.3 Alimentación de pollos de engorde. Los principales ingredientes alimenticios para la elaboración de raciones para pollos de engorde tienen una determinada concentración de algún nutriente específico, ya sea proteína (pastas oleaginosas, harinas de origen animal o marino), energía (granos de cereales, harinas de tubérculos y aceites), minerales (roca fosfórica, piedra caliza, concha de ostión) y otros³², con el fin de cumplir con los requerimientos nutricionales de las aves según su tipo.

Las empresas dedicadas a la producción de pollitos recién nacidos para su utilización en la producción de pollos de engorde ofrecen planes de suministro de alimento para garantizar el cumplimiento de los requerimientos nutricionales del ave y optimizar el crecimiento y la ganancia de peso de la misma. En la tabla 2 se muestra el suministro diario de alimento sugerido para un pollo de la marca ROSS 308.

31. NRC. Nutrient Requirements of Poultry, Citado por PÉREZ VELASCO, Didier Edgardo. *Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con dietas formuladas en base a dos fuentes de requerimientos nutricionales*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, 2015. p. 14.

32. PÉREZ VELASCO, Didier Edgardo. *Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con dietas formuladas en base a dos fuentes de requerimientos nutricionales*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, 2015. p. 12.

Tabla 2. Suministro diario de alimento para un pollito de la marca ROSS 308.

Días	Peso Corporal (g)	Consumo Día (g)	Días	Peso Corporal (g)	Consumo Día (g)
1	57	13	23	1082	122
2	73	17	24	1162	128
3	91	20	25	1244	134
4	111	23	26	1328	140
5	134	27	27	1414	145
6	160	31	28	1501	151
7	189	35	29	1590	157
8	220	39	30	1680	162
9	256	43	31	1771	167
10	294	48	32	1863	172
11	336	53	33	1956	177
12	381	58	34	2050	182
13	429	63	35	2144	186
14	480	69	36	2239	191
15	535	74	37	2334	195
16	593	80	38	2429	199
17	655	86	39	2524	203
18	719	92	40	2620	207
19	786	98	41	2715	210
20	856	104	42	2809	214
21	929	110	43	2904	217
22	1004	116	44	2997	220
			45	3091	223
Fuente: Autor, Adaptado de AVIAGEN ³³					

1.3 ALTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEBIDO A LA IMPORTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCCIÓN DE RACIONES COMERCIALES

El crecimiento del consumo y de las necesidades de la industria colombiana disparó las importaciones de insumos como el maíz (un millón de toneladas en tres años) y la torta de soja (351 mil toneladas en tres años), necesarios para la

³³ AVIAGEN. ROSS 308 BROILER: Performance Objectives. México: AVIAGEN, 2014.

elaboración de alimentos balanceados con destino a las actividades pecuarias en especial la avicultura y porcicultura³⁴. Sin embargo, la idea de convertir los alimentos en combustibles ha provocado notables incrementos del precio del maíz destinado a la producción animal en el mercado internacional³⁵; en Colombia esta alza es más considerable debido principalmente a la depreciación del peso colombiano frente al dólar (figura 5); dicha depreciación incrementó los costos de producción en la industria avícola colombiana en un 25% para el año 2015³⁶.

Figura 5. Depreciación del peso colombiano frente al dólar durante los años 2013 y 2015.



Fuente: Revista Dinero (2015)³⁷

Debido a lo anterior, es de suma importancia disminuir la dependencia existente de materias primas importadas para la elaboración de alimentos para aves, con el fin de incrementar los márgenes de ganancias de pequeños y medianos productores, los cuales son los más afectados con el alza en los precios de las materias primas importadas.

34 PROEXPORT. *Sector Agroindustrial Colombiano*. Bogotá, Colombia: Sociedad de Agricultores de Colombia, 2012. p.10.

35 RIVAS HERNÁNDEZ, Francisco Oscar. Efecto de la inclusión de harinas de maíz, yuca y quinchoncho en la alimentación de pollos de ceba en sistema de producción familiar. En: *CD de Monografías*. 2014, p. 8.

36 LÓPEZ RODRÍGUEZ, Carlos Wilmar. Costos de producción avícola crecieron 25% por devaluación La Crónica del Quindío: Diario Regional Armenia Quindío Colombia - noticias, clasificados, edictos, reportajes, información, periódico. En: *Cronicadelquindio.com* [En línea]. 2015. [Citado el 12 febrero 2017]. Disponible en: http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-costos_de_produccion_avicola_crecieron_25_por_devaluacion-seccion-la_economia-nota-88212.htm.

37 ECONOMÍA. ¿Cuáles son las monedas más vulnerables frente al dólar? En: Revista Dinero 2015.

1.4 ALTERNATIVAS EN LA NUTRICIÓN DE POLLOS DE ENGORDE

La oferta de granos destinados a la alimentación animal ha disminuido debido principalmente a dos factores: el primero es que la demanda de granos para la alimentación humana muestra un aumento continuo por el crecimiento constante de la población; el segundo es que uso de los granos para la producción de biocombustibles a través de la fermentación alcohólica del almidón sigue en aumento³⁸.

Esta situación, sumada al alto costo de las materias primas para la producción de alimentos para animales y a la dependencia que existe de importar dichas materias, obliga a la búsqueda de ingredientes de bajo costo o “alimentos alternativos” que puedan sustituir parcial o totalmente las materias primas tradicionales utilizadas en las dietas de animales³⁹.

Los alimentos alternativos se denominan a menudo “alimentos no tradicionales”, ya que no se utilizan tradicionalmente en la alimentación animal ni suelen utilizarse tampoco en las dietas de animales comerciales. Frente a este tema, Rivas Hernández plantea lo siguiente:

El empleo de los alimentos no convencionales o alternativos requiere un procesamiento que viabilice su empleo por métodos artificiales o naturales para fabricar harinas, ensilajes, preservación o simplemente molinaje para incrementar el consumo y aprovechamiento digestivo. La utilización del secado ya sea por medios artificiales (presión y temperatura) o natural (luz solar) es probablemente el método más adecuado para muchos alimentos, porque además de lograr su conservación para ser empleado diariamente, los animales lo utilizan más eficientemente al consumirlo en forma de harina y pueden guardarse en sacos o a granel, sin temor a su descomposición y pérdida del valor nutritivo, alternativa que permite la fabricación de pienso seco⁴⁰.

Las variaciones de calidad de los ingredientes pueden ser muy grandes, ellas pueden estar relacionadas con la manera en que los alimentos son producidos, almacenados, sus humedades y como son empleados en las dietas. Estas variaciones implican pérdidas de desempeño o pérdidas económicas en la producción animal⁴¹.

38 ITZÁ ORTIZ, Mateo Fabián. Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. *En: Zootecnia Tropical*. 2010, Vol. 28, n.o 4, p. 478.

39 TRÓMPIZ, Jacqueline et al. Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. *En: Revista Científica FCV-LUZ*. 2007, Vol. 17, n.o 2, p. 144.

40 RIVAS HERNÁNDEZ, Francisco Oscar. Efecto de la inclusión de harinas de maíz, yuca y quinchoncho en la alimentación de pollos de ceba en sistema de producción familiar. *En: CD de Monografías*. 2014, p. 8.

41 PENZ JUNIOR, Antônio Mário y GIANFELICI, Mario. *Desafío del uso de ingredientes en la nutrición de aves*. Maracaibo: Asociación Española de Ciencia Avícola, 2008. p. 3.

1.5 USO DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS EN LA NUTRICIÓN DE POLLO DE ENGORDE

Una problemática significativa para el sector agropecuario de la generación de residuos; frente a este tema Moreira Carrión plantea lo siguiente:

La industria agrícola es una de las principales fuentes de generación de residuos sólidos, los que están constituidos principalmente por los tallos, raíces, hojas u otras partes de las plantas que no son utilizadas en estos procesos. Muchos de estos subproductos, provenientes del arroz, café, trigo, banano, caña de azúcar, cítricos, piña y yuca, son contaminantes, debido a que no se le está dando un buen uso a través de técnicas adecuadas de manejo⁴².

El sistema agroproductivo genera una gran cantidad de subproductos que bien podrían aprovecharse, pero que al no hacerlo terminan ocasionando gastos y problemas medioambientales; el aprovechamiento de dichos subproductos tiene que ser parte integral del diseño de los proyectos de investigación y desarrollo, si se quieren alcanzar soluciones medioambientales viables, optimizar recursos y permitir que la actividad sea rentable para las empresas⁴³.

Con respecto a la alimentación aviar, existen diversos estudios de investigaciones publicados que evaluaron el impacto de la utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de pollos de engorde; los cuales resaltan la viabilidad que poseen estos subproductos agrícolas utilizados como aditivos en la alimentación aviar; en la tabla 3 se muestran algunos de estos estudios.

Tabla 3. Alternativas nutricionales para pollos de engorde investigadas por otros autores.

Subproducto Utilizado	Nombre del artículo	Autor	Año
Sustitución total del maíz por harina de yuca (Manihot Esculenta)	Sustitución total del maíz por harina de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) en las dietas para pollos de engorde.	VALDIVIÉ, Manuel et al	2008
Inclusión de harina de hoja de morera (<i>Morus Alba</i>)	Evaluación de la harina de hoja de morera (<i>Morus alba</i>) en la alimentación de pollos de engorda.	ITZÁ ORTIZ, Mateo Fabián.	2010

42 MOREIRA CARRIÓN, Karina. *Reutilización De Residuos De La Cáscara De Bananos (Musa Paradisiaca) Y Plátanos (Musa Sapientum) Para La Produccion De Alimentos Destinados Al Consumo Humano*. Guayaquil, Ecuador : Universidad de Guayaquil, 2013. p. 13.

43 IICA. *Manual de capacitación: agregación de valor a productos de origen agropecuario: elementos para la formulación e implementación de políticas públicas*. San José, Costa Rica : IICA, 2014. p. 76.

Tabla 3 (Continuación)

Subproducto Utilizado	Nombre del artículo	Autor	Año
Alimentación con residuos pos cosecha de <i>Theobroma Cacao</i> L	Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de <i>theobroma cacao</i> L.	SILVA BASTIDAS, Alberto Hernán.	2016
Inclusión de hojas frescas de orégano (<i>Origanum Vulgare</i>)	Efecto de la adición de las hojas frescas de orégano (<i>origanum vulgare</i>) en el rendimiento productivo de pollos de engorde.	GONZÁLEZ, Yesid y JIMÉNEZ, Andrea.	2011
Inclusión de harina de cáscara de plátano y banano	Aprovechamiento de la cáscara de banano <i>Musa paradisíaca Cavendish-musaceae</i> y plátano dominico hartón <i>Mussa aab simonds</i> maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde	VALVERDE CHINGUA, María Verónica	2016
Incorporación del follaje de plátano	Evaluación nutricional del follaje de plátano y su incorporación en las raciones para pollos.	MARÍN CÁRDENAS, Alfredo, HEVIA, Patricio y CIOCIA, Ana.	1999
Fuente: autor.			

En la investigación “Sustitución total del maíz por harina de yuca (*Manihot esculenta*) en las dietas para pollos de engorde” se realizó un experimento con dos tratamientos: sistema maíz-soya y sistema yuca-soya. Dicho experimento fue realizado en pollos machos del híbrido EB-34 desde su nacimiento hasta los 42 días de edad. Se concluyó que el sistema maíz-soya presenta mejores resultados nutricionales y de ganancia de peso en los pollos de engorde que el sistema yuca. Sin embargo, el atractivo de la sustitución del maíz por harina de yuca radica en la calidad de la carne (dureza, aroma y sabor) así como de la reducción de costos de las porciones comestibles.

En la investigación “Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda” se realizó un experimento con cuatro tratamientos: inclusión de Harina de Hoja de Morera (HHM) en tres niveles (4%, 8% y 12%) y el tratamiento control con dieta comercial sin inclusión. Dicho experimento fue realizado en pollitos machos de la variedad ISA MPK desde su nacimiento hasta el día 49 de edad. Se obtuvo que la digestibilidad verdadera de la HHM es baja en comparación con las raciones comerciales así como efectos negativos que se presentan para niveles de inclusión de HHM superiores al 4%. Sin embargo, se resalta que se pueden obtener efectos positivos para inclusiones

de HHM al 8% en la dieta de los pollos de engorda a partir del día 36 del proceso productivo.

En la investigación “Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de *theobroma cacao* L.” se realizó un experimento con tres tratamientos: inclusión de Harina de Cáscara de Mazorca de Cacao (HCMC) en dos niveles (15% y 30%) y el tratamiento control con dieta comercial sin inclusión. Dicho experimento fue realizado en pollos entre machos y hembras de 18 días de nacidos durante 60 días. Se concluyó que al realizar una inclusión del 15% de HCMC en la dieta de pollos de engorde se obtiene un mejoramiento del comportamiento productivo y disminuyen los costos de producción.

En la investigación “Efecto de la adición de las hojas frescas de orégano (*origanum vulgare*) en el rendimiento productivo de pollos de engorde” se realizó un experimento con tres tratamientos: inclusión de Hojas Frescas de Orégano (HFO) en dos niveles (1% y 5%) y el tratamiento control con dieta comercial sin inclusión. Dicho experimento fue realizado en pollos de la variedad COBB de un día de nacidos durante 32 días. Se concluyó que el suministro de HFO a pollos de la línea Cobb no muestra una diferencia estadísticamente significativa para la ganancia de peso, mientras que en la conversión y eficiencia alimenticia si se presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento control.

En la investigación “Aprovechamiento de la cáscara de banano *Musa paradisiaca Cavendish-musaceae* y plátano dominico hartón *Mussa aab simonds* maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde” se realizó un experimento con siete tratamientos: inclusión de Harina de Cáscara de plátano Dominic Hartón en estado maduro (HCP) en tres niveles (20%, 40% y 60% del total de maíz incluido en la ración balanceada), inclusión de Harina de Cáscara de banano en estado maduro (HCB) en tres niveles (20%, 40% y 60% del total de maíz incluido en la ración balanceada) y el tratamiento control con Balanceado comercial sin inclusión. Se utilizaron pollitos de la variedad ROSS desde el día 36 al día 45 de nacidos. Se concluyó que para niveles de inclusión del 40% de HCP se obtiene un buen comportamiento en los parámetros productivos así como una leve disminución de los costos de producción.

En la investigación “Evaluación nutricional del follaje de plátano y su incorporación en las raciones para pollos” se realizó un experimento con seis tratamientos: inclusión de Harina de Follaje de Plátano (HFP) en cuatro niveles (4%, 8%, 12% y 16%), un tratamiento con dieta aptotéica y el tratamiento control con dieta comercial sin inclusión. Dicho experimento fue realizado en pollos de engorde de la variedad ARBOR ACRES de un día de nacidos durante 32 días. Se concluyó que la mejor respuesta nutricional se obtuvo para un nivel de inclusión de HFP del 8%.

1.6 USO DE LA HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO EN LA NUTRICIÓN ANIMAL

El plátano Dominico-Hartón (*Mussa AAB Simonds*), es una de las variedades más cultivadas en Colombia, por lo tanto, en las etapas de cosecha y poscosecha, se generan grandes cantidades de residuos foliares, pseudotallos, bellotas, raquis, calidades segundas y terceras y cáscaras de frutos, que al carecer de un tratamiento o disposición adecuada, se convierten en contaminantes para el medio ambiente⁴⁴.

La cáscara ha sido considerada como un producto de desecho agroindustrial y es utilizada generalmente para la alimentación animal (bovinos), en estado verde y maduro. Este órgano posee mayores contenidos de fibra y minerales que la pulpa, la alta composición de almidón en estado verde y de azúcares en estado amarillo, determinan la posibilidad de que pueda ser procesado como harina para la elaboración de productos comestibles por el hombre, siendo lo más limitante el alto contenido de compuestos fenólicos⁴⁵. En la tabla 4 se muestra la composición química de la cáscara del plátano Dominico Hartón, para el estado verde y amarillo.

Tabla 4. Composición química de la cáscara de plátano dominico hartón, en dos estados de maduración.

COMPOSICIÓN	UNIDAD	VERDE	AMARILLO
Fibra	%	8,6	9
Azúcares totales	%	6	16
Azúcares reductores	%	4	13
Almidón	%	52	42
Nitrógeno	%	1,4	1,4
Fósforo	%	0,18	0,16
Potasio	%	3,4	3,7
Calcio	%	0,21	0,23
Magnesio	%	0,08	0,1
Manganeso	ppm	11	15
Zinc	ppm	16	18
Cobre	ppm	11	9
Hierro	ppm	102	149

Fuente: Autor, adaptado de: Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano⁴⁶.

44 MAZZEO MENESES, Miguel et al. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *En: Revista Educación en Ingeniería*. Julio. 2010, n.o 9, p. 128.

45 SENA. *Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano*. Bogotá, Colombia, 2002. p. 19.

46 *Ibid.*, p. 20

Para la elaboración de harina de plátano se han utilizado las variedades de plátano Hartón y Dominicó Hartón en estado verde, no se ha explorado la posibilidad de utilizar los estados pintón y amarillo, concentrándose en éste último cantidades importantes de azúcar y almidón (25 %y 62%, respectivamente), así como también se podrían incluir otras variedades⁴⁷. La tabla 5 muestra el rendimiento en harina que poseen 4 clones de musáceas.

Tabla 5. Rendimiento en harina de los frutos de cuatro clones de musáceas.

CLONES	PULPA (%)	CÁSCARA (%)
Dominico Hartón	26,5	14,3
Pelipita	23,3	13
Cachaco	18,4	16,6
Guineo	16,4	15,3
Fuente: Autor, adaptado de: Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano. ⁴⁸		

Es importante la investigación de los efectos de la adición de harina de cáscara de plátano en la dieta de pollos de engorde con el fin de establecer niveles óptimos de adición, sin detrimento de la salud animal o la calidad del producto cárnico.

47 SENA. *Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano*. Bogotá, Colombia, 2002.p. 17

48 *Ibíd.*, p.18

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la adición en la ración de diferentes niveles de harina de cáscara de plátano dominico hartón (HCP) en el desempeño de pollos de engorde.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Obtener la curva de régimen de secado para la cáscara de plátano dominico hartón en estado verde.
- ✓ Obtener harina a partir de la cáscara de plátano dominico hartón deshidratada.
- ✓ Realizar el estudio bromatológico de la HCP obtenida.
- ✓ Evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de HCP sobre el desempeño de pollos de engorde durante toda su fase productiva.
- ✓ Realizar la evaluación económica para los diferentes niveles de inclusión de HCP.

3. METODOLOGÍA

3.1 OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE

Para la construcción de la curva de régimen de secado de la cáscara del plátano Dominic Hartón en estado verde, se utilizó el procedimiento basado en el método convencional número 925.10 de la AOAC^{49,50}, el cual fue realizado por duplicado en el laboratorio de la escuela de química de la Universidad Tecnológica de Pereira, para una temperatura de secado de 60°C. Se utilizaron cáscaras provenientes de la vereda La Unión del municipio de Dosquebradas, Risaralda. A continuación se muestran los materiales y equipos utilizados y el procedimiento utilizado:

- a. Se introdujeron 15 vidriorelojes en una estufa eléctrica marca BINDER a una temperatura 105°C durante 6 horas. Luego, se extrajeron de la estufa, y se introdujeron en un desecador. Allí permanecieron durante las 12 horas previas al inicio del proceso de obtención de las curvas de secado de la cáscara. En la figura 6 se muestra la estufa utilizada y en la figura 7 se muestra el desecador utilizado.

Figura 6. Estufa utilizada para el proceso de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano.



Fuente: Autores.

49 QUINTERO SAAVEDRA, Jorge Iván. *Práctica de Laboratorio de secado - Procesos Físicos Químicos y Bioquímicos Aplicados en Agroindustria*. Pereira, Risaralda : Maestría en Desarrollo Agroindustrial - Universidad Tecnológica de Pereira, 2016.

50 GARCÍA M., Carlos, DUSSÁN S., Saul y GUTIÉRREZ G., Nelson. Uso del microondas en la determinación de Contenido de Humedad: Yuca , Name Y Plátano. *En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2012, Vol. 10, n.o 1, p. 62.

Figura 7. Desecador utilizado para el proceso de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano.



Fuente: Autores.

- b. Con ayuda de un cuchillo y una tabla para corte, se cortó la cáscara en trozos homogéneos y se reguló la temperatura de la estufa a 60°C.
- c. Con ayuda de una balanza analítica de precisión 0,0001 g, se pesaron 15 muestras de cáscara de aproximadamente 10 g cada una y se colocaron en los vidriorrelojes.
- d. Se introdujeron las muestras en la estufa durante 4 horas. Mientras transcurría el proceso de secado de las muestras, con ayuda de unas pinzas para crisol se extraía una muestra cada 10 minutos durante la primera hora y 20 minutos durante las tres horas restantes. Una vez extraída la muestra, se trasladaba al desecador por 5 minutos y con la balanza se medía y registraba el peso. En la figura 8 se ilustran las muestras dentro de la estufa durante el proceso de secado.
- e. Una vez pesadas todas las muestras, se introdujeron nuevamente al horno, se reguló la temperatura de la estufa a 105°C y se dejaron las muestras durante 24 horas. Pasadas las 24 horas, se pesaron las muestras y se registró el peso seco.

Figura 8. Muestras dentro de la estufa durante el proceso de secado.



Fuente: Autores.

Con los datos obtenidos se calculó la humedad en base seca (HBS) y el contenido de humedad (CH%) para los diferentes tiempos, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$HBS = \frac{P_H - P_S}{P_S} \quad \text{Ec. (1)}$$

$$CH\% = \frac{P_H - P_S}{P_H} * 100\% \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

P_H : peso de la muestra en un tiempo determinado; P_S : peso seco de la muestra.

Una vez obtenidos los datos de HBS y CH%, se realizó una gráfica en EXCEL de CH% (variable dependiente) versus Tiempo (variable independiente). Luego de obtenida la gráfica se realizó una regresión lineal simple y se obtuvo el modelo matemático respectivo. La calidad de ajuste del modelo fue evaluada con el coeficiente de regresión lineal (R^2).

3.2 OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP)

Para la obtención de la harina de cáscara de plátano (HCP), se utilizaron cáscaras de plátano Dominico Hartón en estado verde provenientes de la planta procesadora de plátanos “Pasabocas Patty”, del municipio de Santa Rosa de Cabal, Risaralda. Se siguió el procedimiento de validación del proceso de obtención de harina de plátano y residuos⁵¹, el cual se describe a continuación:

- a. Se seleccionó la cáscara de plátano a utilizar, descartando material con presencia de manchas oscuras o con signos de putrefacción. Con ayuda de un cuchillo, se limpiaron las cáscaras que presentaron excesos de pulpa adheridos a ellas. En la figura 9 se muestra la cáscara de plátano seleccionada.

⁵¹ ROBLES K. Harina y Productos de plátano y CARVAJAL L. Diseño de un producto alimenticio para humanos (hojuelas) a partir del raquis de plátano (*Musa AAB Simmonds*), Citado por MAZZEO MENESES, Miguel et al. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *En: Revista Educación en Ingeniería. Julio. 2010*, n.o 9, p. 130.

Figura 9. Cáscara seleccionada para la elaboración de la harina.



Fuente: Autores.

- b. Después de seleccionada la cáscara, ésta se lavó minuciosamente en una solución de hipoclorito de sodio al 5%⁵² por 10 minutos. En la figura 10 se muestra el proceso de lavado en la solución de hipoclorito de sodio.

Figura 10. Proceso de lavado de la cáscara en la solución de hipoclorito de sodio al 5%.



Fuente: Autores.

⁵² Dicha solución fue preparada con hipoclorito de sodio al 13,5% y agua en relación 1,7/2,7

- c. Una vez lavada la cáscara, ésta se sumergió en una solución de ácido cítrico y metabisulfito de sodio al 0,1% por 4 horas. En las figura 11 y 12 se muestra el proceso de inmersión de la cáscara en la solución.

Figura 11. Proceso de preparación de la solución de metabisulfito de sodio y ácido cítrico.



Fuente: Autores.

Figura 12. Cáscara inmersa en la solución de metabisulfito de sodio y ácido cítrico.



Fuente: Autores.

- d. Una vez finalizado el proceso de inmersión en la solución, con ayuda de un cuchillo y una tabla para picar se procedió a cortar la cáscara en trozos entre 2 y 3 cm; dichos trozos fueron dispersados en una polisombra verde para facilitar su clasificación y empaque. En la figura 13 se muestra la cáscara troceada.

Figura 13. Cáscara de plátano troceada.



Fuente: Autores.

- e. Después de troceada la cáscara, se realizó el proceso de deshidratación. Dicho proceso consistió en inyección de aire caliente a través de un secador industrial de bandejas propiedad de la empresa ALIMENTOS NARANJA VERDE LTDA del municipio de Dosquebradas Risaralda, a una temperatura de 75°C durante 4 horas. Dicho servicio fue contratado y por políticas de la empresa no fue posible modificar los aspectos técnicos del proceso de deshidratación (temperatura y velocidad del aire) ni obtener registro fotográfico del proceso. En la figura 14 se muestra la cáscara después del proceso de deshidratación.

Figura 14. Cáscara después del proceso de deshidratación.



Fuente: Autores.

- f. Una vez finalizada la deshidratación, se procedió a realizar la molienda de la cáscara. Este proceso se realizó con un molino de cuchillas disponible en la Escuela de Química de la Universidad Tecnológica de Pereira. El molino era accionado por un motor eléctrico monofásico de 3 hp. Gracias al tamiz de malla 2 mm incorporado al molino, se realizó simultáneamente el proceso de molienda y tamizado de la cáscara. En las figuras 15 y 16 se muestra el molino de cuchillas utilizado y en la figura 17 se muestra el proceso de molienda de la cáscara deshidratada.

Figura 15. Vista exterior del Molino de cuchillas.



Fuente: Autores.

Figura 16. Vista interior del Molino de cuchillas y tamiz de malla 2 mm.



Fuente: Autores.

Figura 17. Proceso de molienda de la cáscara de plátano.



Fuente: Autores.

- g. Una vez obtenida la harina de cáscara de plátano, ésta fue empacada en bolsas de polietileno de baja densidad calibre 3 en presentación de 1000g, con sellado térmico, y fueron almacenadas a -20°C en el congelador de la facultad de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Tecnológica de Pereira. En la figura 18 se muestra la harina de cáscara de plátano obtenida.

Figura 18. Harina de cáscara de plátano obtenida.



Fuente: Autores.

3.3 ESTUDIO BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN OBTENIDA (HCP)

El procedimiento para la caracterización bromatológica fue aplicado a la cáscara de plátano dominico hartón utilizada para la elaboración de la harina, a la harina obtenida y a la mezcla de concentrado comercial con las diferentes inclusiones de HCP.

Dicho procedimiento fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Aguas y Alimentos de la Escuela de Química de la Universidad Tecnológica de Pereira. Los parámetros analizados fueron los siguientes: contenido de cenizas y humedad por método gravimétrico, contenido de grasas y/o aceites por método Extracción Soxhlet, contenido de proteína por método Kjendahl y contenido de fibra cruda por método gravimétrico.

3.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.

3.4.1 Diseño experimental. Para la evaluación se utilizaron 21 pollos (11 machos y 10 hembras) de la variedad “ROSS 308” de un día de nacidos, los cuales fueron adquiridos comercialmente. Se empleó un diseño experimental completamente al azar y prueba de comparación de Duncan⁵³ con 3 tratamientos y 7 aves por tratamiento, donde cada animal correspondió a una repetición de su grupo experimental, para un n=7; los tratamientos instaurados fueron:

- ✓ **T1:** Concentrado comercial sin inclusión de HCP.
- ✓ **T2:** Concentrado comercial + 5% de inclusión de HCP con respecto a la ración diaria.
- ✓ **T3:** Concentrado comercial + 10% de inclusión de HCP con respecto a la ración diaria.

La duración del experimento fue de 45 días y se dividió en dos etapas: la etapa de levante (entre el día 1 y el día 20 de nacimiento de los pollos) y la etapa de engorde (entre el día 21 y el día 45 de nacimiento de los pollos). El experimento fue realizado en la vereda La Unión del municipio de Dosquebradas, Risaralda.

⁵³ CIFUENTES WCHIMA, Ximena et al. *Métodos de análisis para la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de procesos agrícolas y agroindustriales*. Armenia, Quindío: Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia. Dirección de Investigaciones, 2016. p. 57.

3.4.2 Raciones experimentales. Las raciones experimentales fueron elaboradas en base al concentrado comercial CONTEGRAL®. Se utilizó dos tipos de concentrado: para la etapa de levante se utilizó MAXI-POLLITOS® y para la etapa de engorde se utilizó MAXI-BROILER®.

Las raciones experimentales fueron preparadas semana a semana y mezcladas manualmente con ayuda de una espátula; además fueron clasificadas y empacadas según el día del experimento y el tratamiento respectivo. Las raciones experimentales fueron calculadas teniendo en cuenta el suministro diario de alimento para un pollito de la marca ROSS 308 recomendado por AVIAGEN.⁵⁴

3.4.3 Desarrollo Experimental. Para el desarrollo experimental se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

- a. Se prepararon las raciones experimentales con las diferentes adiciones de HCP para la primera semana. En la figura 19 se muestra el proceso de clasificación de las raciones experimentales para la primera semana.

Figura 19. Raciones experimentales para la primera semana, clasificadas según día y tratamiento.



Fuente: Autores.

- b. Luego de preparar las raciones para la primera semana, se preparó el sitio donde se alojaron los pollos durante la primera semana. Para esto, se adquirieron tres jaulas metálicas, tres comederos, tres bebederos y malla plástica para galpón. Estos elementos fueron lavados con agua y jabón y se desinfectaron con amonio cuaternario. Luego se instalaron los comederos y bebederos dentro de las jaulas, se forraron las jaulas con la malla y se ubicaron en un cuarto iluminado y protegido de las condiciones

⁵⁴ AVIAGEN. ROSS 308 BROILER: *Performance Objectives*. México : AVIAGEN, 2014.

ambientales. En la figura 20 se muestran las jaulas utilizadas para el desarrollo experimental.

- c. Luego de preparado el lugar donde se alojarían los pollos durante la primera semana, se registró el peso de los pollos de un día de nacidos y se instalaron en las respectivas jaulas. En la figura 21 se muestran los pollitos de un día de nacidos instalados en la jaula del tratamiento 1.

Figura 20. Jaulas utilizadas para el desarrollo experimental.



Fuente: Autores.

Figura 21. Pollitos de un día de nacidos instalados en la jaula del tratamiento 1.



Fuente: Autores.

- d. Una vez instalados los pollos, se les suministró las raciones experimentales en los horarios establecidos (en la mañana y en la tarde) y se registró el peso del alimento suministrado y del alimento sobrante. Esta operación se realizó diariamente durante todo el experimento.
- e. Mientras transcurría la primera semana del experimento, se preparó el sitio donde se alojarían los pollos desde la segunda semana hasta el final del experimento. Para esto se construyó un galpón en madera con las condiciones apropiadas de asepsia, humedad y luz. Se instalaron jaulas, comederos y bebederos más grandes. Se le agregó viruta a las jaulas y al galpón. En la figura 22 se muestra el proceso de construcción del galpón.

Figura 22. Construcción y preparación del galpón para los pollos.



Fuente: Autores.

- f. Luego de transcurrida la primera semana, se trasladaron los pollos al galpón y se continuó con el experimento. En la figura 23 se muestran los pollos del tratamiento 3 instalados en el galpón.

Figura 23. Pollos del tratamientos 3 instalados en el galpón.



Fuente: Autores.

- g. Los pollos fueron pesados 4 veces: en el día 1, el día 12, el día 22 y el día 45. En las figuras 24, 25, 26, 27 y 28 se muestran el proceso de evolución del experimento.

Figura 24. Pollos del tratamiento 1 finalizando etapa de levante.



Fuente: Autores.

Figura 25. Pollos del tratamiento 2 alimentándose durante la etapa de engorde.



Fuente: Autores.

Figura 26. Pollos del tratamiento 3 en la etapa de engorde alimentándose.



Fuente: Autores.

Figura 27. Pollos del tratamiento 1 en fase final de etapa de engorde.



Fuente: Autores.

Figura 28. Proceso de pesaje de los pollos al final del experimento.



Fuente: Autores.

3.4.4 Parámetros de desempeño. Los parámetros de desempeño que fueron tenidos en cuenta para cada etapa son: Consumo diario de alimento (CDA), Ganancia de peso total (GPT), conversión alimenticia aparente (CAA), Tasa de Crecimiento Específico (TCE%), Tasa Eficiencia Protéica (TEP%) y tasa de sobrevivencia (S%); dichos parámetros fueron calculados de la siguiente manera:

$$CDA = \text{Alimento suministrado (g)} - \text{Alimento sobrante (g)} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$GPT = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)} \quad \text{Ec. (4)}$$

$$CAA = \frac{\text{alimento consumido (g)}}{\text{ganancia de peso corporal (g)}} \quad \text{Ec. (5)}$$

$$TCE\% = \frac{\ln(\text{peso medio final}) - \ln(\text{peso medio inicial})}{\text{Tiempo alimentación en días}} * 100\% \quad \text{Ec. (6)}$$

$$TEP\% = \frac{\text{ganancia de peso (g)}}{\text{Consumo alimento (g)} * \% \text{Proteína Bruta}} * 100\% \quad \text{Ec. (7)}$$

$$S\% = \frac{\text{Número de aves final}}{\text{Número de aves inicial}} * 100\% \quad \text{Ec. (8)}$$

3.4.5 Análisis de datos. Para evaluar el efecto de la adición de HCP en el desempeño de pollos de engorde en sus diferentes fases de desarrollo, todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de homogeneidad y homocedasticidad, una vez cumplidas las premisas fue realizado el análisis de varianza ANOVA factorial 3x3 donde se evaluó el efecto de tres niveles de inclusión de HCP en tres tiempos de colecta: a los días 12, 22 y 45 de tratamiento. Para comparación de medias fue utilizado como test post hoc el test de Duncan con significancia de 5%, mediante el programa estadístico SAS 9.0 y el programa de análisis GraphPad Prism 5.

3.5 REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)

3.5.1 Cálculo del costo de producción de la HCP. El cálculo del costo de producción de la HCP se realizó determinando los diferentes costos involucrados en la elaboración de la HCP: costo de la materia prima, costo de materiales directos e indirectos, costo de utilización de equipos y maquinaria, y costo de mano de obra.

3.5.2 Evaluación económica de la inclusión de HCP. La evaluación económica para los diferentes niveles de inclusión de HCP se realizó por medio de la relación Costo-beneficio a través de la ecuación 9:

$$C/B = \frac{\text{Costo alimentación pollos (\$)}}{\text{Ganancia de Peso (kg)}} \quad \text{Ec. (9).}$$

El análisis de costo beneficio se realizó tanto para la etapa de levante como para la etapa de engorde, así como para todo el experimento.

4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE

En el cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos para la réplica 1 del procedimiento de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano Dominic Hartón en estado verde.

Cuadro 1. Datos iniciales para obtención de la curva de régimen de secado cáscara de plátano Dominic Hartón en estado verde réplica 1.

Número Muestra	Peso inicial muestra (g)	Peso seco muestra (g)	Contenido de humedad (%)
C1	10,03	1,34	86,63%
C2	10,04	1,31	86,95%
C3	10,07	1,33	86,74%
C4	10,18	1,42	86,07%
C5	10,16	1,37	86,51%
C6	10,18	1,37	86,51%
C7	10,08	1,32	86,93%
C8	9,72	1,30	86,65%
C9	9,89	1,35	86,35%
C10	9,71	1,32	86,43%
C11	9,96	1,35	86,47%
C12	10,26	1,37	86,62%
C13	10,20	1,38	86,48%
C14	10,04	1,36	86,50%
C15	10,18	1,33	86,94%
Promedio	10,05	1,35	86,59%
Desviación estándar	0,17	0,03	0,23%

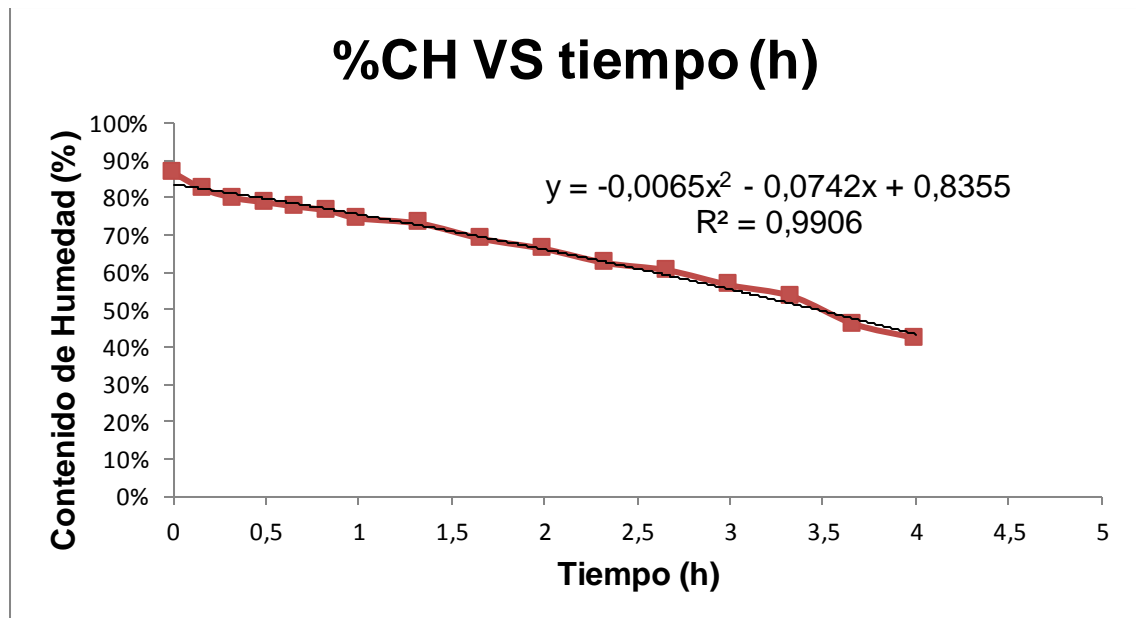
Fuente: Autores

En el cuadro anterior el peso inicial de la muestra corresponde al peso antes de iniciar el proceso de secado mientras que el peso seco de la muestra corresponde al peso de la muestra una vez transcurridas las 24 horas a 105°C. En dicho cuadro

se puede observar que la cáscara de plátano dominico hartón utilizada para la réplica 1 del experimento tenía una humedad inicial promedio del 86,6% con una desviación estándar de 0,23%.

En la figura 29 se muestra la curva de régimen de secado para la réplica 1, así como la línea de tendencia obtenida y su respectivo modelo matemático.

Figura 29. Curva de régimen de secado de la cáscara de plátano Dominico Hartón en estado verde a 60°C, réplica 1.



Fuente: Autores.

En la figura anterior se puede observar que para los datos obtenidos el modelo matemático de la línea de tendencia posee un coeficiente de determinación (R^2) del 99,06%.

En el cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos para la réplica 2 del procedimiento de obtención de las curvas de secado de la cáscara de plátano Dominico Hartón en estado verde.

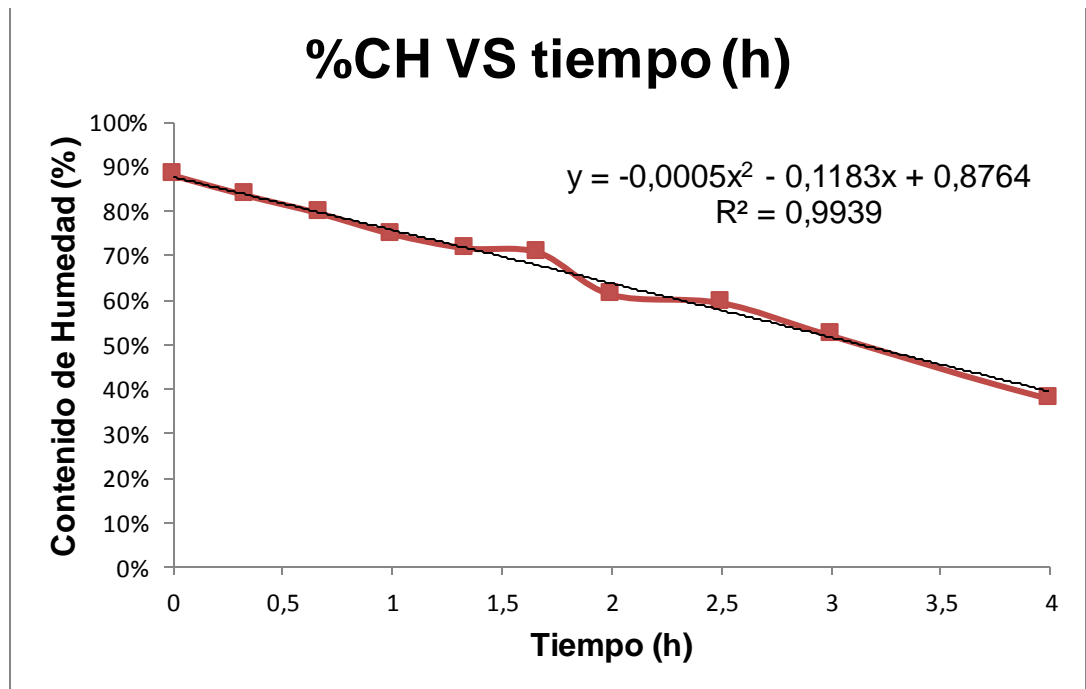
Cuadro 2. Datos iniciales para obtención de la curva de régimen de secado cáscara de plátano Dominico Hartón en estado verde réplica 2.

Número Muestra	Peso inicial muestra (g)	Peso seco muestra (g)	Contenido de humedad (%)
J1	17,25	2,08	87,97%
J2	16,79	1,99	88,17%
J3	18,89	2,35	87,54%
J4	18,09	2,20	87,84%
J5	16,62	2,04	87,70%
J6	17,57	2,18	87,62%
J7	17,04	2,04	88,00%
J8	16,38	2,06	87,43%
J9	15,74	1,95	87,63%
J10	14,92	1,80	87,95%
Promedio	16,93	2,07	87,78%
Desviación Estándar	1,08	0,14	0,22%
Fuente: Autores			

En el cuadro anterior el peso inicial de la muestra corresponde al peso antes de iniciar el proceso de secado mientras que el peso seco de la muestra corresponde al peso de la muestra una vez transcurridas las 24 horas a 105°C. En dicho cuadro se puede observar que la cáscara de plátano dominico hartón utilizada para la réplica 2 del experimento tenía una humedad inicial promedio del 87,78% con una desviación estándar de 0,22%.

En la figura 30 se muestra la curva de régimen de secado para la réplica 2, así como la línea de tendencia obtenida y su respectivo modelo matemático.

Figura 30. Curva de régimen de secado de la cáscara de plátano Dominic Hartón en estado verde réplica 2.



Fuente: Autores.

En la figura anterior se puede observar que para los datos obtenidos el modelo matemático de la línea de tendencia posee un coeficiente de determinación (R^2) del 99,39%.

En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos al aplicar los modelos matemáticos respectivos tanto para la réplica 1 como para la réplica 2.

Cuadro 3. Tiempo en horas necesario para obtener diferentes contenidos de humedad en la cáscara de plátano dominico hartón, según modelos matemáticos generados para una temperatura de secado de 60°C.

Contenido de humedad (%)	# Réplica	Tiempo (h)
10%	1	6,36
	2	6,39
	Promedio General	6,38
	Desviación estándar	0,01
9,50%	1	6,40
	2	6,43
	Promedio General	6,41
	Desviación estándar	0,02
9%	1	6,43
	2	6,47
	Promedio General	6,45
	Desviación estándar	0,02
8,50%	1	6,46
	2	6,51
	Promedio General	6,49
	Desviación estándar	0,03
8%	1	6,49
	2	6,55
	Promedio General	6,52
	Desviación estándar	0,03
Fuente: Autores		

4.2 RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP)

En la figura 31 se muestra la harina de cáscara de plátano obtenida, mientras que en la tabla 6 se muestran los parámetros de producción de la HCP.

Figura 31. Harina de cáscara de plátano obtenida.



Fuente: Autores.

Tabla 6. Rendimiento de la HCP

Cáscara de plátano antes de deshidratación (kg)	55,60
Cáscara de plátano después de deshidratación (kg)	6,30
HCP obtenida (kg)	5,70
Rendimiento Molienda	90,5%
Rendimiento en harina	10,3%

4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE, DE LA HCP Y DE LAS RACIONES EXPERIMENTALES

En el cuadro 4 se muestra el resultado del análisis bromatológico tanto de la cáscara de plátano dominico hartón en estado verde como de la HCP obtenida y de los diferentes niveles de inclusion de HCP. En este cuadro los valores nutricionales tanto del concentrado comercial de levante como el de engorde estan expresados en % y fueron suministrados por la casa comercial que los elabora; los valores nutricionales de la cáscara de plátano verde, la HCP y los diferentes niveles de inclusión están expresados en g/100g de materia seca y son los resultados de laboratorio obtenidos en el laboratorio de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

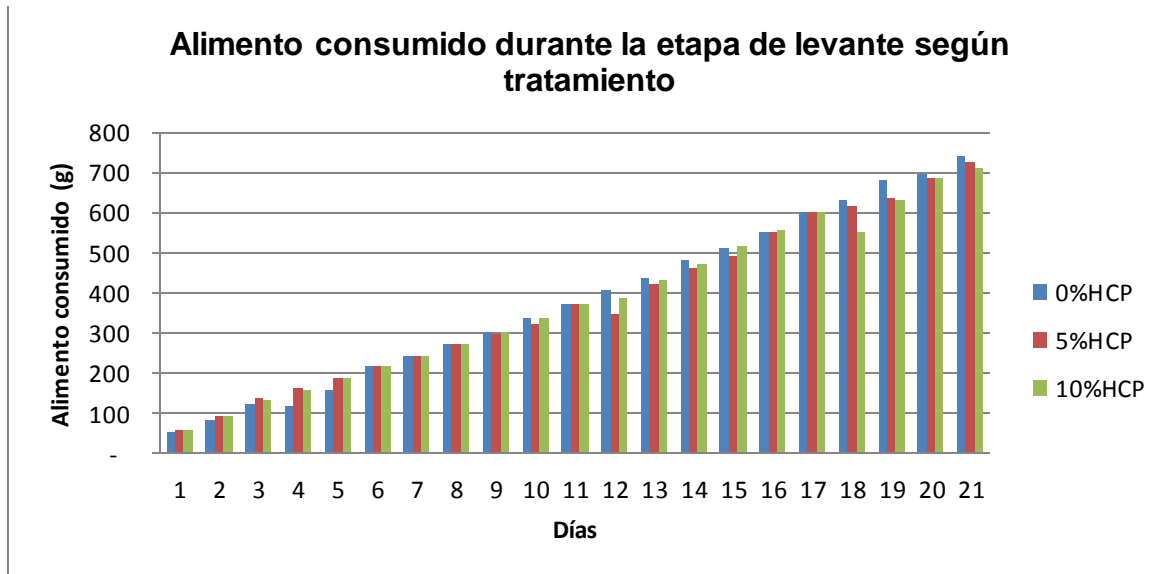
Cuadro 4. Análisis bromatológico de los diferentes materiales utilizados en el experimento.

Tipo de Alimento	Cenizas	Humedad	Grasas y/o aceites	Proteína	Fibra Cruda
Concentrado comercial de levante	8%	13%	3%	20%	5%
Concentrado comercial de engorde	8%	13%	3%	19%	5%
Cáscara de Plátano Verde	9,3	86,1	2,72	2,88	0,78
HCP	10,15	3,9	4,73	3,63	4,33
Mezcla con 5% Adición HCP	6	6,1	7,87	5,51	0
Mezcla con 10% Adición HCP	6,22	5,7	8,2	5,94	0,48
Fuente: Autores					

4.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.

En la figura 32 se muestra el alimento consumido por los pollos durante la etapa de levante y según los tratamientos establecidos.

Figura 32. Consumo diario de alimento durante la etapa de levante según los niveles de inclusión de HCP.

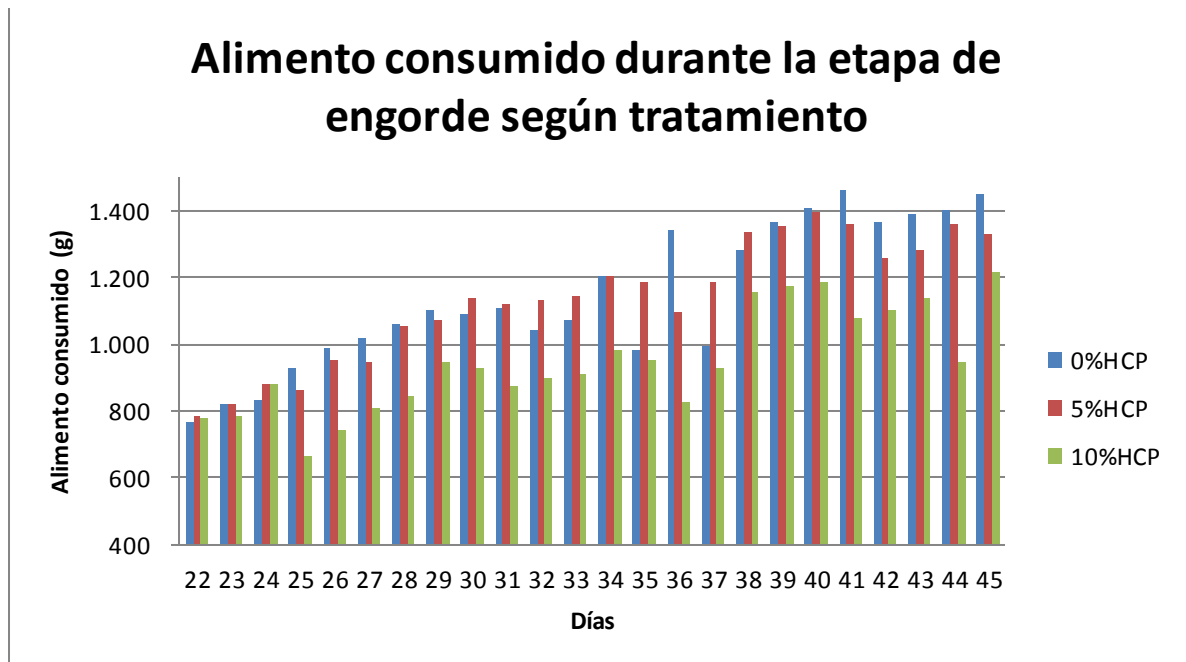


Fuente: Autores

Durante la etapa de levante, para el tratamiento T1 (0% adición de HCP) se suministraron en total 8.288 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 8.027 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 3,15%; para el tratamiento T2 (5% adición de HCP) se suministraron en total 8.288 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 7.918 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 4,46%; y para el tratamiento T3 (10% adición de HCP) se suministraron en total 8.288 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 7.918 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 4,46%.

En la figura 33 se muestra el alimento consumido por los pollos durante la etapa de engorde y según los tratamientos establecidos.

Figura 33. Consumo diario de alimento durante la etapa de engorde según los niveles de inclusión de HCP.



Fuente: Autores.

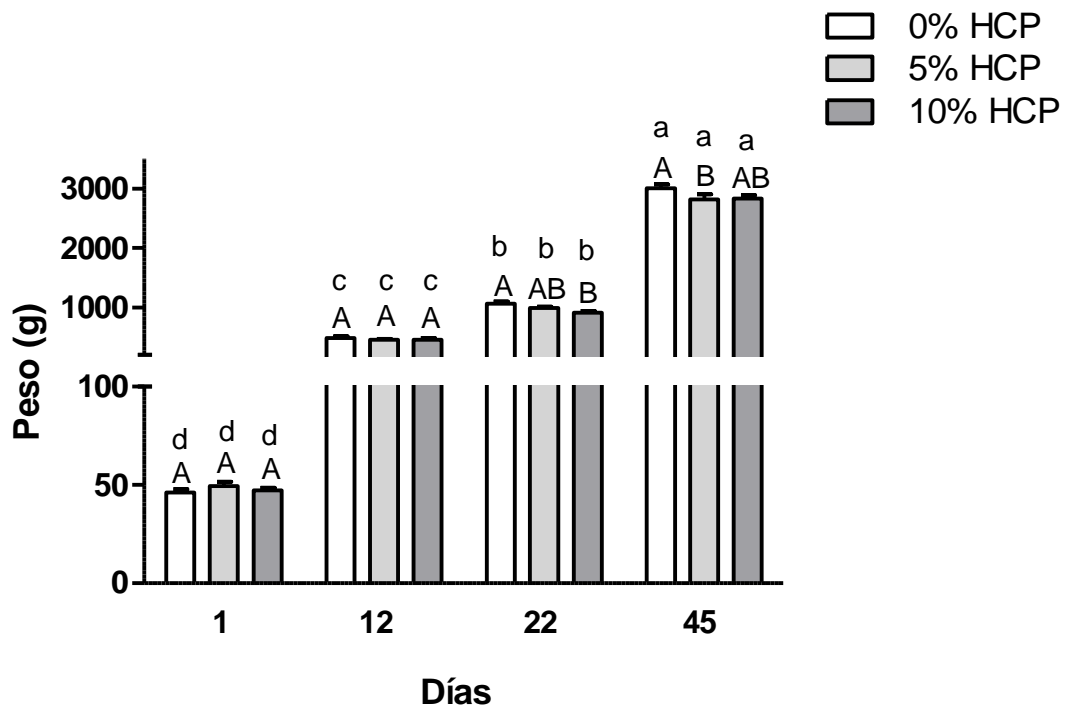
Durante la etapa de engorde, para el tratamiento T1 (0% adición de HCP) se suministraron en total 29.694 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 27.504 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 7,38%; para el tratamiento T2 (5% adición de HCP) se suministraron en total 29.694 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 27.303 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 8,05%; y para el tratamiento T3 (10% adición de HCP) se suministraron en total 25.820 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 22.792 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 11,73%.

Durante todo el ciclo productivo, para el tratamiento T1 (0% adición de HCP) se suministraron en total 37.982 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 35.531 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 6,45%; para el tratamiento T2 (5% adición de HCP) se suministraron en total 37.982 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 35.221 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 7,27%; y para el tratamiento T3 (10% adición de HCP) se suministraron en total 34.108 gramos de alimento, de los cuales se consumieron 30.710 gramos para un porcentaje de alimento no consumido del 9,96%.

Cabe resaltar que durante la etapa de engorde, en el tratamiento T3 se murió un pollo el día 24 del experimento, razón por la cual se ajustaron los suministros de alimento para este tratamiento.

En la figura 34 se muestra la evolución de la variable peso de los animales durante el desarrollo del experimento.

Figura 34. Evolución de la variable peso de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.

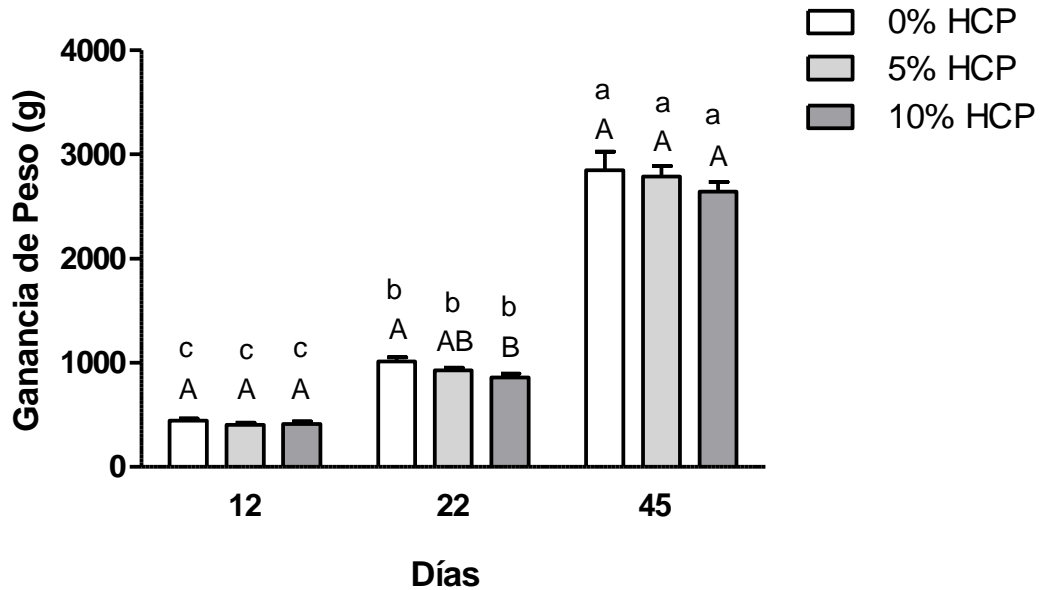


Fuente: Autores.

En la figura anterior, las letras mayúsculas comparan los pesos de los animales entre los 3 tratamientos en cada momento de pesaje, mientras que las letras minúsculas comparan el peso de cada grupo experimental a lo largo del tiempo. Se puede observar que para los días 1 y 12 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para el día 22 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa y para el día 45 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa.

En la figura 35 se muestra la evolución de la variable ganancia de peso de los animales durante el desarrollo del experimento.

Figura 35. Evolución de la variable ganancia de peso de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.

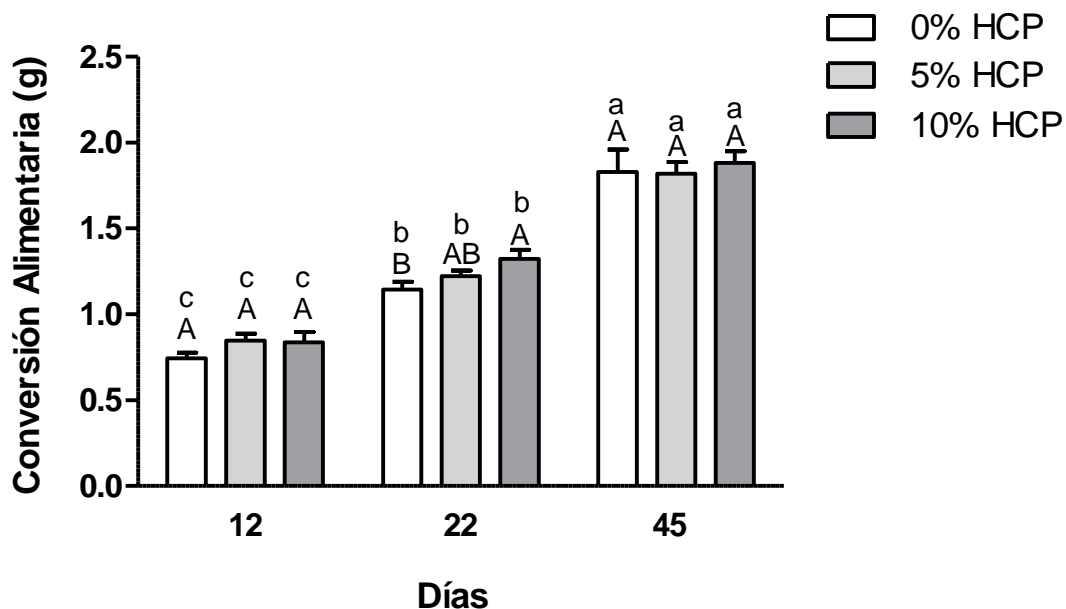


Fuente: Autores.

En la figura anterior, las letras mayúsculas comparan la ganancia de peso de los animales entre los 3 tratamientos en cada momento de pesaje, mientras que las letras minúsculas comparan la ganancia de peso de cada grupo experimental a lo largo del tiempo. Se puede observar que para el día 12 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para el día 22 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa y para el día 45 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

En la figura 36 se muestra la evolución de la variable conversión alimentaria de los animales durante el desarrollo del experimento.

Figura 36. Evolución de la variable conversión alimentaria de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.

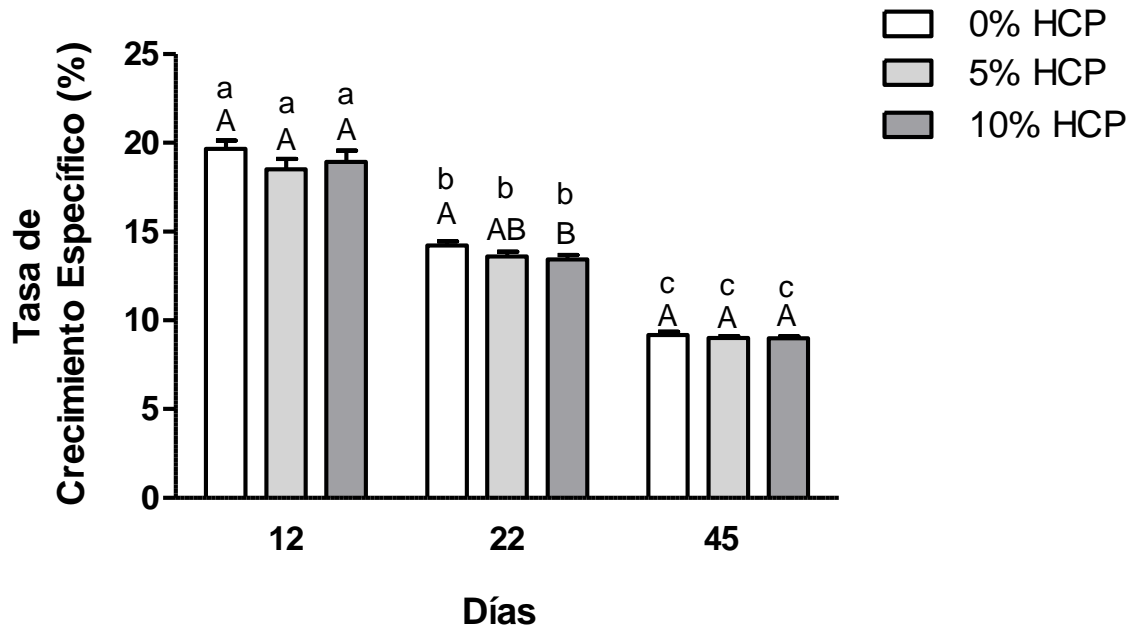


Fuente: Autores.

En la figura anterior, las letras mayúsculas comparan la conversión alimentaria de los animales entre los 3 tratamientos en cada momento de pesaje, mientras que las letras minúsculas comparan la conversión alimentaria de cada grupo experimental a lo largo del tiempo. Se puede observar que para el día 12 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para el día 22 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa y para el día 45 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos

En la figura 37 se muestra la evolución de la variable tasa de crecimiento específico de los animales durante el desarrollo del experimento.

Figura 37. Evolución de la variable tasa de crecimiento específico de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.

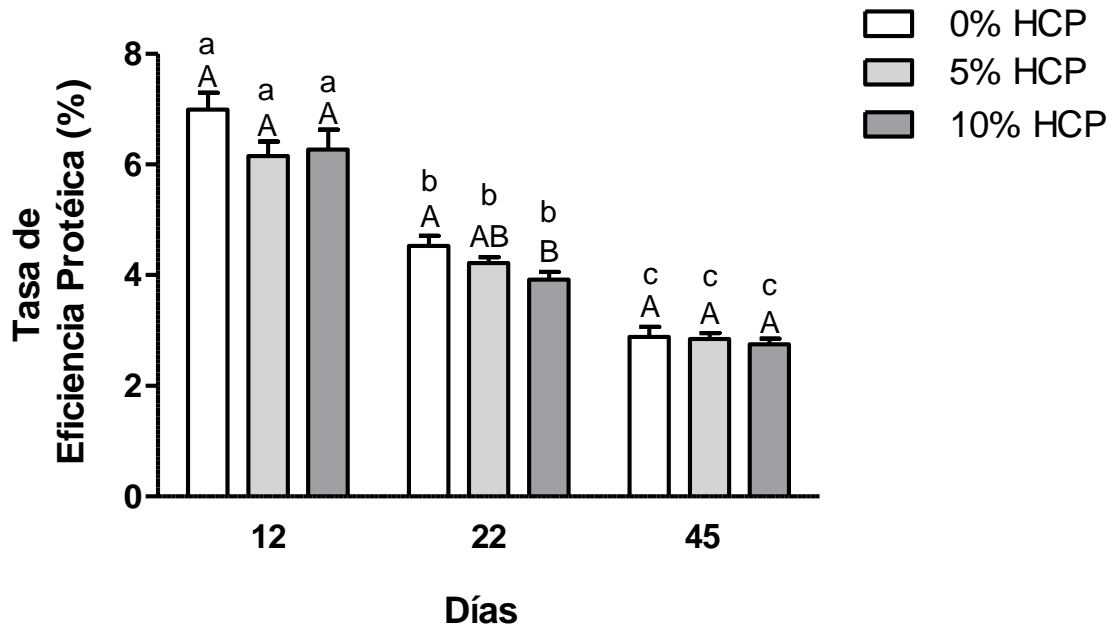


Fuente: Autores.

En la figura anterior, las letras mayúsculas comparan la tasa de crecimiento específico de los animales entre los 3 tratamientos en cada momento de pesaje, mientras que las letras minúsculas comparan la tasa de crecimiento específico de cada grupo experimental a lo largo del tiempo. Se puede observar que para el día 12 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para el día 22 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa y para el día 45 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos

En la figura 38 se muestra la evolución de la variable tasa de crecimiento específico de los animales durante el desarrollo del experimento.

Figura 38. Evolución de la variable tasa de eficiencia protéica de los animales alimentados durante 45 días según los tratamientos.



Fuente: Autores.

En la figura anterior, las letras mayúsculas comparan la tasa de eficiencia protéica de los animales entre los 3 tratamientos en cada momento de pesaje, mientras que las letras minúsculas comparan la tasa de eficiencia protéica de cada grupo experimental a lo largo del tiempo. Se puede observar que para el día 12 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos, para el día 22 los tratamientos 1 y 3 presentan una diferencia estadística significativa y para el día 45 los datos no presentan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos

En el cuadro 5 se muestra el resumen de los valores obtenidos para cada variable dependiente según el tratamiento evaluado para las colectas realizadas

Cuadro 5. Resultados obtenidos de las variables estudiadas según tratamiento y colecta.

Variable	Tratamiento	Colecta 1 (Día 12)	Colecta 2 (Día 22)	Colecta 3 (Día 45)
Ganancia de peso GP (g)	T1	444,00	1.011,71	2.847,90
	T2	405,71	928,57	2.787,70
	T3	413,43	861,71	2.643,70
	Error estándar (%)	2,27%	3,79%	1,79%
	Valor P (5%)	0,40	0,01	0,58
Conversión Alimenticia aparente CAA (g/g)	T1	0,74	1,14	1,83
	T2	0,85	1,22	1,82
	T3	0,84	1,32	1,88
	Error estándar (%)	3,32%	3,46%	0,84%
	Valor P (5%)	0,24	0,03	0,32
Tasa de crecimiento específico TCE (%)	T1	19,66	14,22	9,17
	T2	18,51	13,59	9,00
	T3	18,92	13,43	8,99
	Error estándar (%)	1,44%	1,44%	0,52%
	Valor P (5%)	0,25	0,09	0,64
Tasa de eficiencia protéica TEP (%)	T1	6,99	4,53	2,88
	T2	6,15	4,22	2,85
	T3	6,27	3,91	2,75
	Error estándar (%)	3,30%	3,46%	1,15%
	Valor P (5%)	0,13	0,02	0,79
Fuente: Autores				

4.5 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)

4.5.1 Costos de producción de la harina de cáscara de plátano. En el cuadro 6 se muestran los costos de producción de la HCP.

Cuadro 6. Costos de producción de la HCP

Etapa	Ítem	Unidad de medida	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
Materia prima	Cáscara plátano	kg	55,6	\$ 0	\$ 0
Lavado	Hipoclorito sodio al 13,5%	gal	5,4	\$ 8.400	\$ 45.696
	Ácido cítrico	g	83,4	\$ 7,2	\$ 600
	Metabisulfito de sodio	g	83,4	\$ 8	\$ 692
	Agua	l	201,6	\$ 2,48	\$ 500
	Mano de obra	hora	7,0	\$ 3.255	\$ 22.785
Deshidratación	Servicio de deshidratación	kg	5,7	\$ 15.789	\$ 90.000
Molienda	Consumo eléctrico del motor	kWh	1,1	\$ 341	\$ 384
	Mano de obra	hora	1,0	\$ 3.255	\$ 3.255
Costo total producción HCP					\$ 163.912
Cantidad HCP producida (kg)					5,70
Costo Unitario producción HCP					\$ 28.757
Fuente: Autores					

4.5.2 Resultados de la Evaluación económica de la inclusión de HCP. En los cuadros 7, 8 y 9 se muestran los resultados de la evaluación económica de la inclusión de HCP en la alimentación de pollos de engorde.

Cuadro 7. Análisis económico tratamiento 1 (grupo control 0% adición HCP).

Etapa	Levante	Engorde	Total
Concentrado Consumido (kg)	8,027	27,504	35,531
Costo Concentrado (COP/kg)	\$ 1.375	\$ 1.625	
Costo Total (COP)	\$ 11.037	\$ 44.694	\$ 55.731
Ganancia de Peso (kg)	7,082	12,853	19,935
Relación costo/GP (COP/kg)	\$ 1.558	\$ 3.477	\$ 2.796
Fuente: Autor			

Cuadro 8. Análisis económico tratamiento 2 (5% adición HCP).

Etapa	Levante	Engorde	Total
Concentrado Consumido (kg)	7,522	25,938	33,460
Costo Concentrado (COP/kg)	\$ 1.375	\$ 1.625	
Costo Total concentrado (COP)	\$ 10.343	\$ 42.149	\$ 52.492
HCP Consumida (kg)	0,396	1,365	1,761
Costo HCP (COP/kg)	\$ 28.757	\$ 28.757	\$ 28.757
Costo Total HCP (COP)	\$ 11.385	\$ 39.257	\$ 50.642
Consumo Total alimento (kg)	7,918	27,303	35,221
Costo Total Alimento (COP)	\$ 21.728	\$ 81.406	\$ 103.134
Ganancia de Peso (kg)	6,5	13,014	19,514
Relación costo/GP (COP/kg)	\$ 3.343	\$ 6.255	\$ 5.285
Fuente: Autores			

Cuadro 9. Análisis económico tratamiento 3 (10% adición HCP).

Etapa	Levante	Engorde	Total
Concentrado Consumido (kg)	7,1262	20,5128	27,639
Costo Concentrado (COP/kg)	\$ 1.375	\$ 1.625	
Costo Total concentrado (COP)	\$ 9.799	\$ 33.333	\$ 43.132
HCP Consumida (kg)	0,7918	2,2792	3,071
Costo HCP (COP/kg)	\$ 28.757	\$ 28.757	\$ 28.757
Costo Total HCP (COP)	\$ 22.769	\$ 65.542	\$ 88.311
Consumo Total alimento (kg)	7,918	22,792	30,71
Costo Total Alimento (COP)	\$ 32.568	\$ 98.875	\$ 131.443
Ganancia de Peso (kg)	6,032	9,781	15,813
Relación costo/GP (COP/kg)	\$ 5.399	\$ 10.109	\$ 8.312
Fuente: Autores.			

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 OBTENCIÓN DE LA CURVA DE RÉGIMEN DE SECADO PARA LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN EN ESTADO VERDE

Después de analizar los datos obtenidos en las réplicas 1 y 2, se observó que para alcanzar un contenido de humedad del 10% en la cáscara de plátano dominico hartón durante un proceso de secado a 60°C, el tiempo arrojado por los modelos matemáticos de las réplicas 1 y 2 son similares (6,36 y 6,39 horas respectivamente). El tiempo promedio para alcanzar el contenido de humedad del 10% fue de 6,38 horas.

A medida que se quiere obtener contenidos de humedad más bajos, la diferencia entre los tiempos calculados con los modelos matemáticos obtenidos de las réplicas 1 y 2 es levemente mayor.

Los tiempos obtenidos con los modelos matemáticos son muy inferiores a los reportados en otras investigaciones similares: BOTERO L. y MAZZEO M. recomiendan para harina de raquis de plátano un secado a 60°C durante 11 horas⁵⁵, mientras que MOREIRA CARRIÓN recomienda un secado a 50°C por 9 horas para la obtención de harina de cáscara de plátano.⁵⁶

5.2 OBTENCIÓN DE HARINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN DESHIDRATADA (HCP)

El proceso de obtención de la HCP tuvo un rendimiento de la harina respecto a la cáscara de 10,3%. Este valor es inferior al reportado en otras investigaciones⁵⁷, donde estipulan que el rendimiento de la harina respecto a la cáscara es del 14,3%; esto se pudo presentar debido al bajo contenido de humedad de la cáscara al final del proceso de secado. Con respecto al rendimiento en la molienda, éste fue de 90,5%, un valor levemente superior al reportado en otras investigaciones⁵⁸,

⁵⁵ BOTERO L., Juan D. y MAZZEO M., Miguel H. Obtención de harina de ráquis del plátano Dominico Hartón, y evaluación de su calidad con fines de industrialización. *En: Revista Vector* [En línea]. 2009, Vol. 4, p. 83-94. [Citado el 15 julio 2017]. Disponible en : http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector4_10.pdf.

⁵⁶ MOREIRA CARRIÓN, Karina. *Reutilización De Residuos De La Cáscara De Bananos (Musa Paradisiaca) Y Plátanos (Musa Sapientum) Para La Produccion De Alimentos Destinados Al Consumo Humano*. Guayaquil, Ecuador : Universidad de Guayaquil, 2013.

⁵⁷ SENA. *Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano*. Bogotá, Colombia, 2002. p. 18.

⁵⁸ AYALA TORRES, Claudia Erica, RIVAS CORTEZ, Georgina Maria y ZAMBRANA RODRIGUEZ, Carmen Bernarda. *Estudio proximal comparativo de la cáscara y pulpa del plátano (musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal*. San Salvador : Universidad de El Salvador, 2003. p. 55

donde reportan un rendimiento en la molienda de 90,2%. Esto significa que el molino utilizado es de gran rendimiento y con una humedad final de la cáscara mayor se pueden obtener mejores rendimientos de molienda.

Es preciso señalar que para el proceso de obtención de la HCP no se pudo aplicar los parámetros de tiempo y temperatura obtenidos en el experimento de determinación de curvas de secado, ya que el equipo de secado utilizado inicialmente fue insuficiente para secar la cantidad de cáscara requerida. Por esta razón, fue necesario contratar el servicio de secado en una empresa donde por políticas internas no fue posible modificar la temperatura ni controlar adecuadamente los tiempos de secado; debido a esto, la cáscara salió con un contenido de humedad muy bajo.

5.3 ESTUDIO BROMATOLÓGICO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN OBTENIDA (HCP)

Según los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de la cáscara de plátano dominico hartón en estado verde proveniente de la planta procesadora PASABOCAS PATTY, se puede observar que su contenido de proteína (2,88%) y fibra (0,78%) es muy inferior a los valores de referencia obtenidos en otras investigaciones⁵⁹ (8,81% de proteína y 7,7% de fibra respectivamente). Además, los valores de contenido de grasas (2,72%) y cenizas (9,3%) son muy superiores a los reportados en otras investigaciones⁶⁰ (0,1% de grasas y 2,23% de cenizas respectivamente). Lo anterior indica que la cáscara de plátano dominico hartón proveniente de la planta procesadora mencionada no cumple con los características bromatológicas necesarias para elaborar una harina de excelentes propiedades nutricionales; esto se puede presentar debido a la mala nutrición que reciben las plantas en los lugares de producción de donde se obtiene el plátano.

Con respecto a los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de la HCP obtenida, se puede observar que su contenido de proteína (3,63%) y fibra (4,33%) es muy inferior a los valores de referencia obtenidos en otras investigaciones⁶¹ (9,34% de proteína y 6,2% de fibra respectivamente). Además, el contenido de

⁵⁹ BOTERO L., Juan D. y MAZZEO M., Miguel H. Obtención de harina de ráquis del plátano Dominico Har tón, y evaluación de su calidad con fines de industrialización. *En: Revista Vector* [En línea]. 2009, Vol. 4, p. 83-94. [Citado el 15 julio 2017]. Disponible en : http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector4_10.pdf. p. 4-5

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 4-5.

⁶¹ VALVERDE CHINGUA, María Verónica. *Aprovechamiento de la cáscara de banano Musa paradisíaca Cavendish- musaceae y plátano dominico- hartón Mussa aab simonds maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde* [En línea]. Ibarra - Ecuador : UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2016. [Citado el 29 noviembre 2018]. Disponible en : <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5970/1/03 EIA 416 TRABAJO DE GRADO.pdf>. p. 71.

cenizas (10,15%) es levemente inferior al reportado en otras investigaciones⁶² (11,18% de cenizas respectivamente).

El contenido de humedad de la harina fue del 3,9%, un valor muy inferior al valor de referencia (entre 10% y 13%); por esta razón se obtuvo un rendimiento de harina tan bajo y un contenido nutricional tan precario.

Respecto a los resultados obtenidos en el análisis bromatológico de las inclusiones de HCP en el concentrado comercial, se puede observar que ninguno de los dos tratamientos cumple con la demanda mínima de proteína de los pollos. Los pollos de engorde necesitan un alimento concentrado con contenidos mínimos de proteína del 20%, mientras que ambos tratamientos no superaron el 6% en contenido de proteína. Además, presentaron niveles de contenido de humedad inferiores a los valores de referencia (6,1% para el tratamiento 2 y 5,7% para el tratamiento 3).

Los resultados anteriores refuerzan la teoría de que los proveedores de plátano de la empresa PASABOCAS PATTY no realizan el proceso de nutrición de las plantas de forma eficiente.

5.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP) SOBRE EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODA SU FASE PRODUCTIVA.

Los animales del tratamiento 1 (grupo de control) presentaron mayor peso así como mayor ganancia de peso tanto en la fase de levante como en la fase de engorde, mientras que los animales del tratamiento 3 presentaron menor peso y menor ganancia de peso tanto en la fase de levante como en la fase de engorde. Esto se debe al bajo contenido nutricional de la HCP obtenida, así como al porcentaje de alimento no consumido el cual se incrementó a medida que aumentaba los niveles de inclusión de HCP.

En cuanto a conversión alimentaria, el tratamiento 1 fue el que presentó los menores valores tanto en la etapa de levante como en la etapa de engorde, A su vez, el tratamiento 1 presentó mayores valores de tasa de crecimiento específico y tasa de eficiencia protéica. El grupo con 5% de inclusión de HCP no presentó diferencias significativas respecto al grupo control, mientras que el grupo con 10%

⁶² VALVERDE CHINGUA, María Verónica. *Aprovechamiento de la cáscara de banano Musa paradisíaca Cavendish- musaceae y plátano dominico- hartón Mussa aab simonds maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde* [En línea]. Ibarra - Ecuador : UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2016. [Citado el 29 noviembre 2018]. Disponible en : <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5970/1/03 EIA 416 TRABAJO DE GRADO.pdf>. p. 71.

de inclusión de HCP presento diferencias significativas respecto al grupo control sólo al final de la etapa de levante. Esto se pudo presentar debido a que en esta etapa los animales demandan más proteína que en la etapa de engorde, y dicha demanda no fue suplida por el tratamiento con el 10% de inclusión de HCP.

La tasa de sobrevivencia para los tratamientos 1 y 2 fueron del 100% tanto en la etapa de levante como en la etapa de engorde, mientras que para el tratamiento 3 la tasa de sobrevivencia para la etapa de levante fue del 100% mientras que para la etapa de engorde fue del 85,7%.

Durante desarrollo del experimento, los pollos que consumieron el tratamiento 3 (10% adición de HCP), presentaron un aumento de las deposiciones siendo éstas más blandas y líquidas; esto pudo presentarse debido al alto nivel de taninos que contiene la cáscara de plátano en estado verde. Esta situación sumada a los bajos resultados en cuanto a ganancia de peso y costos, hace que la inclusión de 10% de HCP no sea beneficiosa para el desarrollo de las aves.

Tanto en la fase de levante como en la fase de engorde se presentó normalidad en el consumo de alimentos; éstos fueron consumidos de forma rápida y se notaba alta palatabilidad de la mezcla. Durante la etapa de engorde se presentaron dificultades climatológicas, en especial fuertes lluvias y tormentas eléctricas, las cuales en algunos días afectaron en forma notoria a las aves en cuanto al consumo de alimento.

Durante el proceso de preparación de las raciones experimentales se notó que la harina de cáscara de plátano se mezcla muy bien con el concentrado, haciendo que al momento del alimentar las aves estas no sean selectivas, consumiendo por igual el suplemento y el concentrado.

5.5 REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LOS DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE HARINA DE CÁSCARA DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (HCP)

Respecto a la evaluación económica de los niveles de inclusión, el tratamiento 1 fue el más económico con un costo de \$1.558 por kilogramo de pollo obtenido para la etapa de levante, \$3.477 por kilogramo de pollo obtenido para la etapa de engorde y \$2.796 por kilogramo de pollo obtenido para el ciclo productivo total.

El tratamiento 2 presentó un costo de \$3.343 por kilogramo de pollo obtenido para la etapa de levante, \$6.255 por kilogramo de pollo obtenido para la etapa de engorde y \$5.285 por kilogramo de pollo obtenido para el ciclo productivo total. El tratamiento 3 fue el más costoso con un valor de \$5.399 por kilogramo de pollo obtenido para la etapa de levante, \$10.109 por kilogramo de pollo obtenido para la

etapa de engorde y \$8.312 por kilogramo de pollo obtenido para el ciclo productivo total.

Los costos para los tratamientos 2 y 3 se dispararon debido al enorme costo de elaboración de la harina, ya que un kilogramo de HCP costó \$28.757, muy por encima de los \$1.375/kg que cuesta el concentrado comercial de levante y los \$1.625/kg que cuesta el concentrado comercial de engorde. Esta situación se presentó debido a la necesidad que surgió de subcontratar el proceso de secado de la cáscara, el cual fue muy costoso desde el punto de vista logístico y operacional.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La cáscara de plátano Dominic Hartón utilizada para el experimento no cumple con las características nutricionales requeridas para la alimentación de los pollos de engorde. Por esto se recomienda hacer seguimiento del proceso productivo de los proveedores de plátano de la empresa, al fin de evaluar la calidad de nutrición de las plantas.

Según los resultados del experimento, tanto a nivel económico como nutricional, no es viable la inclusión de harina de cáscara de plátano dominico hartón proveniente de la planta procesadora PASABOCAS PATTY en la alimentación de pollos de engorde. Esto debido a los bajos niveles nutritivos de la harina y a los altos costos de producción de la misma, de los cuales solo el proceso de secado representó el 54,9%.

Sin embargo, inclusiones del 5% de HCP en la dieta de los pollos de engorde serían viables si se lograra disminuir los costos de la HCP. Según información suministrada por el ingeniero Jose Gabriel Soler de la empresa Compañía Ambiental de Tecnologías Limpias COAMTEL de la ciudad de Bogotá, es posible obtener harina de cáscara de plátano con un contenido de proteína entre el 8 y el 9%, con un costo de producción de \$300/kg y un precio de venta de \$450/kg. Esto se logra gracias a la implementación de un sistema de secado continuo con inyección de aire a 130°C, lo que permite rendimientos entre 300 y 500 kg por hora. Asumiendo dichos costos, es muy factible que el proceso de alimentación de pollos de engorde con inclusión de HCP sea más beneficioso que solo utilizando el concentrado comercial; de ahí la importancia de plantear un nuevo experimento utilizando la HCP elaborada por COAMTEL y considerando otros niveles de inclusión (2%, 4% y 6%).

Se recomienda además estudiar el impacto que tiene la temperatura en el contenido nutricional de la harina de cáscara de plátano, así como involucrar la variable velocidad del aire dentro de la construcción de las curvas de secado para analizar también su impacto dentro del proceso.

Otra forma de que podría ser viable la utilización de la harina de cáscara de plátano dominico hartón en la alimentación de pollos de engorde es realizar el proceso de elaboración de la harina 100% artesanal, con secado solar y a bajos niveles de producción, algo que beneficie a los pequeños productores y permita optimizar un desperdicio industrial como lo es la cáscara de plátano.

Finalmente se recomienda realizar estudios de inclusión de HCP en otras especies, tales como bovinos, donde según estudios y experiencias de productores puede impactar positivamente en la nutrición de los animales.

BIBLIOGRAFÍA

AVIAGEN. *ROSS 308 BROILER: Performance Objectives*. México : AVIAGEN, 2014

ÁVILA, Fernando. Balance Avícola 2015 y expectativas 2016. *En: Avicultores. Febrero* [En línea]. 2016, p. 6-22. [Citado el 13 febrero 2017]. Disponible en: [http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234_Balance \(1\).pdf](http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234_Balance (1).pdf)

AYALA TORRES, Claudia Erica, RIVAS CORTEZ, Georgina Maria y ZAMBRANA RODRIGUEZ, Carmen Bernarda. *Estudio proximal comparativo de la cascara y pulpa del plátano (musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal*. San Salvador : Universidad de El Salvador, 2003

BOHÓRQUEZ ARÉVALO, Victor David. *Perspectiva de la producción avícola en Colombia*. Bogotá, Colombia : Universidad Militar Nueva Granada, 2014

BOTERO L., Juan D. y MAZZEO M., Miguel H. Obtención de harina de ráquis del plátano Dominic Hartón, y evaluación de su calidad con fines de industrialización. *En: Revista Vector* [En línea]. 2009, Vol. 4, p. 83-94. [Citado el 15 julio 2017]. Disponible en: http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector4_10.pdf

CIFUENTES WCHIMA, Ximena et al. *Métodos de análisis para la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de procesos agrícolas y agroindustriales*. 1.^a ed. Armenia, Quindío : Universidad La Gran Colombia Seccional Armenia. Dirección de Investigaciones. Departamento de comunicaciones, mercadeo y publicaciones - Editorial Universitaria, 2016.

ECONOMÍA. ¿Cuáles son las monedas más vulnerables frente al dólar? *En: Revista Dinero* [En línea]. 2015. [Citado el 27 abril 2017]. Disponible en: <http://www.dinero.com/economia/articulo/cuales-monedas-mas-vulnerables-frente-dolar-2015/212264>

FAO. FAOSTAT. *En: Food and Agriculture Organization of the United Nations* [En línea]. 2018. [Citado el 15 febrero 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>

FENAVI. Boletín Fenaviquín. *FENAVIQUÍN* [En línea]. 2018, Vol. 277, p. 15. [Citado el 19 febrero 2019]. Disponible en: https://fenavi.org/wp-content/uploads/2018/12/Fenaviquin_ed2772018-2.pdf

FENAVI. *Boletín informativo Eje Cafetero y Norte del Valle*. Pereira : FENAVI, 2015

FENAVI. Consumo Per Cápita. *En: FENAVI* [En línea]. 2016. [Citado el 13 febrero 2017]. Disponible en: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2160&Itemid

d=556

FENAVI. Estadísticas público en general. En: *FENAVI* [En línea]. 2019. [Citado el 10 marzo 2019]. Disponible en: <https://fenavi.org/estadisticas/informacion-estadistica-publica/>

GARCÍA M., Carlos, DUSSÁN S., Saul y GUTIÉRREZ G., Nelson. Uso del microondas en la determinación de Contenido de Humedad: Yuca , Ñame Y Plátano. En: *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2012, Vol. 10, n.º 1, p. 60-66

GÓMEZ, N.I et al. Comportamiento productivo de pollos parrilleros alimentados con Moringa oleifera en Formosa, Argentina. En: *Revista Veterinaria*. 2015, Vol. 27, n.º 1, p. 7-10

GÓMEZ HENAO, Jairo de Jesús y MORALES OSORNO, Hernando. *Informe de coyuntura sector agropecuario y acuícola 2014-2013*. Pereira, Risaralda: Gobernación de Risaralda, 2014

IICA. *Manual de capacitación: agregación de valor a productos de origen agropecuario: elementos para la formulación e implementación de políticas públicas*. San José, Costa Rica : IICA, 2014

ITZÁ ORTIZ, Mateo Fabián. Evaluación de la harina de hoja de morera (Morus alba) en la alimentación de pollos de engorda. En: *Zootecnia Tropical*. 2010, Vol. 28, n.º 4, p. 477-487.

LEYVA CAMBAR, Laercis, OLMO GONZÁLEZ, Carlos y LEÓN ÁLVAREZ, Exequiel. Inclusión de harina deshidratada de follaje de morera (Morus alba L.) en la alimentación del pollo campero. En: *Revista Científica UDO Agrícola*. 2012, Vol. 12, n.º 3, p. 653-659

LÓPEZ RODRÍGUEZ, Carlos Wilmar. Costos de producción avícola crecieron 25% por devaluación La Crónica del Quindío: Diario Regional Armenia Quindío Colombia - noticias, clasificados, edictos, reportajes, información, periodico. En: *Cronicadelquindio.com* [En línea]. 2015. [Citado el 12 febrero 2017]. Disponible en: http://www.cronicadelquindio.com/noticia-completa-titulo-costos_de_produccion_avicola_crecieron_25_por_devaluacion-seccion-la_economia-nota-88212.htm

MADR. *Indicadores del Sector Avícola 2017* [En línea]. Bogotá, Colombia, 2017. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002> - Cifras Sectoriales/Bullet Ministro Mayo 2017.pdf

MAZZEO MENESES, Miguel et al. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. En: *Revista Educación en Ingeniería*. Julio. 2010, n.º 9, p. 128-139.

MOREIRA CARRIÓN, Karina. *Reutilización De Residuos De La Cáscara De Bananos (Musa Paradisiaca) Y Plátanos (Musa Sapientum) Para La Produccion De Alimentos Destinados Al Consumo Humano*. Guayaquil, Ecuador : Universidad de Guayaquil, 2013

MOSQUERA, Mari L., PORTILLA, Sandra y LÓPEZ, Fredy J. Evaluación del efecto nutricional de quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*) con diferentes niveles de inclusión en dietas para pollos de engorde. *En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2009, Vol. 7, n.º 1, p. 76-90.

OLMOS SOLER, Angélica María. *Cadena productiva del plátano departamento de Casanare*. Yopal : Secretaria de Agricultura Ganadería y Medio Ambiente, 2015

OROZCO CAMPO, Rafael, MELEÁN ROMERO, Rosana y RODRÍGUEZ MEDINA, Guillermo. Costos de producción en la cría de pollos de engorde. *En: Revista Venezolana de Gerencia*. 2004, Vol. 9, n.º 28, p. 27

PENZ JUNIOR, Antônio Mário y GIANFELICI, Mario. *Desafío del uso de ingredientes en la nutrición de aves*. Maracaibo : Asociación Española de Ciencia Avícola, 2008

PÉREZ VELASCO, Didier Edgardo. *Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con dietas formuladas en base a dos fuentes de requerimientos nutricionales*. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México : UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, 2015

PROEXPORT. *Sector Agroindustrial Colombiano*. Bogotá, Colombia : Sociedad de Agricultores de Colombia, 2012

QUINTERO SAAVEDRA, Jorge Iván. *Práctica de Laboratorio de secado - Procesos Físicos Químicos y Bioquímicos Aplicados en Agroindustria*. Pereira, Risaralda : Maestría en Desarrollo Agroindustrial - Universidad Tecnológica de Pereira, 2016

RIVAS HERNÁNDEZ, Francisco Oscar. Efecto de la inclusión de harinas de maíz, yuca y quinchoncho en la alimentación de pollos de ceba en sistema de producción familiar. *En: CD de Monografías*. 2014, p. 1-30.

RUIZ PALACIOS, Nathalia et al. *Caracterización de la Producción de Pollo de engorde en el Municipio de Dosquebradas, Risaralda, Colombia 2017* [En línea]. Pereira, Risaralda, 2017. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/8886>

SENA. *Poscosecha, industrialización y uso de subproductos del plátano*. Bogotá, Colombia, 2002

SILVA BASTIDAS, Alberto Hernán. *Consumo voluntario y rendimiento a la canal en pollos de engorde alimentados con residuos pos cosecha de theobroma cacao*

L. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016

SOLANO S, Gutberto, SALCEDO CEDEÑO, Mary Luz y RAMÍREZ, R. Dietas para pollos en ceba a base de subproductos de la agroindustria local. *En: Revista REDVET*. 2005, Vol. 6, n.º 2, p. 1-7

SOLER F., Diana Milena y FONSECA C., Jorge Armando. Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. *En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental (RIAA)*. 2011, Vol. 2, n.º 1, p. 29-43

TRÓMPIZ, Jacqueline et al. Dietas con follaje de yuca y su efecto sobre las características al sacrificio y rendimiento en canal y en cortes de pollos de engorde. *En: Revista Científica FCV-LUZ*. 2010, Vol. 20, n.º 3, p. 293-299

TRÓMPIZ, Jacqueline et al. Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. *En: Revista Científica FCV-LUZ*. 2007, Vol. 17, n.º 2, p. 143-149.

VALENCIA, Andrés. Avicultura colombiana, negocio de \$8,5 billones. *En: El Colombiano* [En línea]. 2015. [Citado el 11 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/negocios/la-produccion-avicola-colombiana-alcanzara-los-8-5-billones-este-ano-JH2328821>

VALVERDE CHINGUA, María Verónica. *Aprovechamiento de la cáscara de banana Musa paradisíaca Cavendish- musaceae y plátano dominico- hartón Mussa aab simonds maduros para la elaboración de alimento balanceado en pollos broiler de engorde* [En línea]. Ibarra - Ecuador: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, 2016. [Citado el 29 noviembre 2018]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5970/1/03_EIA_416_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

VANDEPLAS, Sabrina y BODIN, Jean-Christophe. Acción de una xilanasa producida por bacillus subtilis. Efectos sobre la flora intestinal y el estado sanitario en las aves. *En: Selecciones avícolas. Noviembre*. 2012, Vol. 54, n.º 11, p. 19-22