ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

TITULO DEL PROYECTO

"FORMULACIÓN DE UNA DIETA ÓPTIMA PARA POLLOS BROILER EN FASE DE ENGORDE, BASADA EN LA BIOCONVERSIÓN DE LA PASTA RESIDUAL DE PIÑÓN *(JATROPHA CURCAS)* CON ENZIMAS FIBROLÍTICAS"

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO ACADÉMICO O TÍTULO DE:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

ELABORADO POR:

VERÓNICA ALEXANDRA GRANDA PAZ

SANGOLQUÍ, OCTUBRE 2012

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR:

_____

Srta. Verónica Granda

COORDINADOR DE LA CARRERA:

_____

Ing. Tatiana Páez

SECRETARIO ACADÉMICO:

_____

Dr. Carlos Orozco

Lugar y fecha: _____

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la Srta. Verónica Alexandra Granda Paz como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología

Octubre, 2012

_____ _____

María Augusta Chávez M.Sc. Rodrigo Ávalos

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi madre que con su sacrificio y esfuerzo me ha brindado el apoyo para alcanzar mi meta.

A mi padre por inculcar en mí el valor de la perseverancia.

A Giovanni por su apoyo y paciencia.

VERÓNICA GRANDA

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por ser el amigo fiel que nunca falla y mi fuerza para luchar**.**

A la Escuela Politécnica del Ejército junto a todos los docentes que me formaron no solamente como profesional sino como ser humano. De forma especial a la Ing. Lucía Jiménez, Dr. Rodrigo Ávalos, Dra. María Augusta Chávez, Dr. Juan Giacometti.

A Pronaca y a toda la gente que de alguna u otra manera colaboró con este proyecto de forma especial al Dr. Antonio Kalinowski por confiarme este proyecto y permitirme sacarlo adelante.

Y a todas las personas que siempre me han dado su apoyo incondicional, amistad y cariño: Geovanni Paz, Juan Pablo, María, Leito, Cristhian, Pablo, Erika, Milagros, María Fernanda y Geomita.

VERÓNICA GRANDA

ÍNDICE DE CONTENIDO

NOMENCLATURA UTILIZADA 17

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 18

1.1Formulación del Problema 18

1.2 Justificación del problema 19

1.3 Objetivos de la investigación 20

1.3.1 Objetivo general 20

1.3.2 Objetivos específicos 20

1.4 El piñón (*Jatropha curcas)* 20

1.4.1 Generalidades 20

1.4.2 Descripción botánica 21

1.4.3 Nombres comunes del piñón 22

1.4.4 Usos del piñón como fuente de combustible 22

1.4.5 Composición nutricional del piñón 22

1.4.6 El piñón (*Jatropha curcas*) en la alimentación animal 23

1.4.7 Pasta residual del piñón y su uso 24

1.4.8 Compuestos tóxicos y detoxificación de la pasta residual 24

1.5 La fibra vegetal 25

1.5.1 Importancia de la fibra en la alimentación animal 25

1.5.2 Composición de la fibra 25

1.5.3 Tipos de fibra alimentaria 26

1.5.4 Polisacáridos no amiláceos (PNA) 27

1.5.5 Polisacáridos no amiláceos (PNA) en la alimentación de las aves 28

1.6 Enzimas 28

1.6.1 Generalidades 28

1.6.2 Enzimas endógenas y exógenas 29

1.6.3 Importancia de las enzimas exógenas en la alimentación animal 29

1.6.4 Importancia de la suplementación de enzimas 30
1.6.5 Desventajas del uso de enzimas 32
1.6.6 Limitaciones del uso de enzimas 32
1.6.7 Rovabio Excel AP®- Addiseo 34
1.7 Formulación de la dieta animal..... 35
1.7.1 Energía 36
1.7.2 Proteína 37
1.7.3 Vitaminas y minerales..... 38
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS 39
2.1 Zona de estudio..... 39
2.1.1 Animales 39
2.1.2 Galpón experimental..... 40
2.1.3 Laboratorio..... 40
2.2 Dietas experimentales 41
2.2.1 Recolección y detoxificación de la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) 41
2.2.2 Molienda de la pasta residual 41
2.2.3. Elaboración de dietas experimentales 42
2.2.4 Determinación del tamaño de partícula del alimento 43
2.3 Diseño experimental..... 44
2.3.1 Variables de estudio 46
2.3.2 Pruebas estadísticas utilizadas..... 46
2.4 Programa de manejo 47
2.4.1 Pesaje de recepción 47
2.4.2 Administración de alimento..... 51
2.4.3 Administración de agua 52
2.4.4 Pesaje semanal 53

2.4.5 Pesaje final 53
2.4.6 Control de mortalidad..... 53
2.4.7 Control de consumo de alimento 53
2.5 Programa de luz, temperatura y ventilación 54
2.6 Recolección, pesado y secado de las heces..... 54
2.7 Toma de muestras de sangre..... 55
2.8 Necropsia 56
2.9 Análisis bromatológico..... 57
2.9.1 Determinación de humedad (AOAC, 1995) 58
2.9.2 Determinación de ceniza (AOAC, 1995) 58
2.9.3 Determinación de fibra (Pronaca, 2009) 59
2.9.4 Determinación de grasa (AOAC, 1995) 61
2.9.5 Determinación de proteína (Pronaca, 2009) 62
2.9.6 Determinación de calcio (Pronaca, 2009) 63
2.9.7 Determinación de fósforo (Pronaca, 2009) 64
2.10 Determinación de energía bruta (Pronaca, 2009) 65
2.11 Relación Beneficio/Costo (B/C) 67
2.12 Variables de respuesta..... 68
CAPITULO 3: RESULTADOS 69
3.1 Granulometría de las dietas experimentales 69
3.2 Peso semanal..... 70
3.3 Ganancia de peso final..... 71
3.4 Consumo total de alimento..... 72
3.5 Consumo total de alimento por ave 72
3.6 Índice de conversión alimenticia..... 73
3.7 Porcentaje de mortalidad..... 74
3.8 Necropsia 75

3.9 Porcentaje de digestibilidad 77
3.9.1 Humedad 77
3.9.2 Cenizas 78
3.9.3 Fibra 79
3.9.4 Grasa 80
3.9.5 Proteína 81
3.9.6 Calcio 82
3.9.7 Fósforo 83
3.10 Energía metabolizable 84
3.11 Relación beneficio/costo 85
CAPITULO 4: DISCUSIÓN 87
4.1 Ganancia de peso 87
4.2 Consumo de alimento 88
4.3 Índice de conversión alimenticia 90
4.4 Mortalidad 90
4.5 Variables de necropsia 92
4.6 Porcentaje de digestibilidad 93
4.7 Energía metabolizable 97
4.8 Relación costo/beneficio 97
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES 100
CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES 102
CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA 103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tipo de enzimas alimenticias, sustrato y materia prima (Ravindran, 2010). 30

Tabla 1.2: Promedio de actividad de las diferentes enzimas que tiene Rovabio Excel AP® (Bioferm, 2003a) 35

Tabla 2.1: Materia primas utilizadas en la formulación..... 42

Tabla 2.2: Concentración de *Jatropha curcas* detoxificada y de Rovabio Excel AP® para cada tratamiento 45

Tabla 2.3: Rangos de peso de pollos broiler machos de 0 días de edad 48

Tabla 2.4: Rangos de peso de pollos broiler hembras de 0 días de edad..... 48

Tabla 2.5: Peso inicial en gramos de los pollos por jaula y ubicación de los tratamientos por bloques al azar (DCBA) 50

Tabla 2.6: Cantidad de alimento suministrada a los pollos a lo largo del experimento..... 52

Tabla 2.7: Programa de temperatura establecido para la crianza de pollos (Pronaca, 2009)..... 54

Tabla 2.8: Variables de respuesta utilizadas en la experimentación 68

Tabla 3.1: Tamaño en micras de las dietas experimentales 69

Tabla 3.2: Peso promedio semanal..... 70

Tabla 3.3: Promedio de ganancia de peso final 71

Tabla 3.4: Consumo de alimento total de los diferentes tratamientos..... 72

Tabla 3.5: Consumo total de alimento por ave de los diferentes tratamientos 73

Tabla 3.6: Promedio de conversión alimenticia de los diferentes tratamientos 74

Tabla 3.7: Porcentaje de mortalidad de los diferentes tratamientos..... 75

Tabla 3.8: Prueba cualitativa de Cochran para la variable con diferencia significativa en la necropsia..... 76

Tabla 3.9: Porcentaje de digestibilidad de humedad de los tratamientos..... 77

Tabla 3.10: Porcentaje de digestibilidad de cenizas de los tratamientos 78

Tabla 3.11: Porcentaje de digestibilidad de fibra de los tratamientos..... 79

Tabla 3.12: Porcentaje de digestibilidad de grasa de los tratamientos..... 80

Tabla 3.13: Porcentaje de digestibilidad de proteína de los tratamientos 82

Tabla 3.14: Porcentaje de digestibilidad de calcio de los tratamientos 83

Tabla 3.15: Porcentaje de digestibilidad del fósforo de los tratamientos..... 84

Tabla 3.16: Energía metabolizable (kcal/kg) por tratamiento 85

Tabla 3.17: Relación costo beneficio de los tratamientos 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Galpón experimental y laboratorio..... 39

Figura 2.2: Batería experimental 40

Figura 2.3: Esquema de la elaboración de las dietas experimentales junto de la preparación previa de la premezcla enzimática 43

Figura 2.4: Pesaje de recepción y clasificación por rangos de peso……..……47

Figura 2.5: Secado de heces en bandejas de aluminio..... 55

Figura 2.6: Recopilación de una muestra sanguínea de vena alar en un pollo de 22 días de edad..... 56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de los carbohidratos según el grado de polimerización (DP*) según la FAO-OMS 117

Anexo 2: ANOVA-Peso a los 7 días 118

Anexo 3: ANOVA-Peso a los 14 días 118

Anexo 4: ANOVA-Peso a los 21 días 119

Anexo 5: ANOVA-Ganancia de peso final 119

Anexo 6: ANOVA-Consumo total de alimento 120

Anexo 7: ANOVA-Consumo total de alimento por ave 120

Anexo 8: ANOVA-Conversión alimenticia 121

Anexo 9: ANOVA- Porcentaje de mortalidad 121

Anexo 10: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad humedad 122

Anexo 11: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de cenizas 122

Anexo 12: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de fibra 123

Anexo 13: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de grasa 123

Anexo 14: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de proteína 124

Anexo 15: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de calcio 124

Anexo 16: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de fósforo 125

Anexo 17: Registro de mortalidad y sus causas 126

Anexo 18: Resultados del análisis bromatológico realizado a las dietas experimentales y pasta residual de piñón 127

Anexo 19: Balance para el cálculo de coeficiente de digestibilidad 128

Anexo 20: Análisis toxicológico de sangre realizado en 40 machos al día 22 129

Anexo 21: Prueba y fórmula de Cochran 130

Anexo 22: Prueba cualitativa de Cochran para variables no paramétricas de necropsia 131

Anexo 23: Prueba cuantitativa de Friedman para la variable no paramétrica erosión de molleja 132

Anexo 24: ANOVA- Energía metabolizable 133

Anexo 25: Glosario 134

RESUMEN

La pasta residual de *Jatropha curcas* (piñón), subproducto de la extracción de aceite, constituye un desecho al que no se le está tratando ni dando ningún uso, a pesar de que contiene un elevado valor nutritivo fibra (15-20%) y proteína (45-55%), para aprovechar su valor nutricional se planteó el uso de un coctel multienzimático comercial Rovabio Excel AP ®.

Se formularon cinco tratamientos para evaluar cual de ellos era el más óptimo para pollos broiler en fase de engorde de 0 a 21 días de edad, para ello se probaron diferentes concentraciones de pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) 10 y 20%, manteniendo la misma concentración de enzimas 50 g/ TM.

El tratamiento D (10% de pasta residual más enzima) fue el más óptimo en cuanto a ganancia de peso final y porcentaje de digestibilidad de grasa al ser comparado con el resto de tratamientos; logró igualar al tratamiento control A (dieta maíz-soya) en el índice de conversión alimenticia y la relación beneficio/costo en dólares.

Palabras claves: enzimas fibrolíticas, piñón, pollos.

ABSTRACT

The residual pulp of *Jatropha curcas* (pinion), a byproduct of oil extraction, is a waste with no post treatment or use, in despite of contain a high fiber nutritional value (15-20%) and protein (45-55%). In order to enhance their nutritional value a commercial multienzyme cocktail Rovabio AP ® Excel was raised.

Five treatments were formulated to evaluate which of them was the most optimal for broiler chicken's fattening phase of 0-21 days of age, so different concentrations of residual pulp pinion (*Jatropha curcas*) 10 and 20% were tested, keeping the enzymes same concentration of 50 g / MT.

Treatment D (10% more pulp residual enzyme) was the most optimal in terms of final weight gain and percentage of fat digestibility compared to other treatments, matching with control treatment A (corn-soybean diet) in feed conversion ratio and benefit / cost in dollars.

Keywords: fibrolytic enzymes, pinion, chickens.

NOMENCLATURA UTILIZADA

AACC	American Association of Cereal Chemists Report
ADL	Lignina Detergente Ácida
AOAC	Association of Ofificial Analytical Chemists Official Methods
FAO	Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación
FDN	Fibra detergente Neutra
PNA	Polisacáridos no amiláceos
PRONACA	Procesadora Nacional de Alimentos

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Formulación del Problema

La pasta residual de *Jatropha curcas* (piñón), subproducto de la extracción de aceite, constituye un desecho al que no se le está tratando ni dando ningún uso, a pesar de que contiene un elevado valor nutritivo.

El contenido de fibra (15-20%) y proteína (45-55%) en la pasta residual la convierten en una alternativa para la alimentación animal, incluyéndola en el balanceado formulado (pienso) de las aves. La utilización de la pasta residual fue evaluada por Aguirre (2011), quien al incluir niveles de 10% y 20% de pasta residual detoxificada en la dieta de pollos broilers machos en fase de engorde de 0 a 21 días, demostró que el proceso de detoxificación de la pasta residual fue exitoso pero todavía no se había aprovechado todo el valor nutritivo de esta materia prima, puesto que el tratamiento control (al cual no se agregó *Jatropha*) tenía mejores resultados en términos de parámetros productivos como: ganancia de peso y conversión alimenticia que los tratamientos a los cuales se incluyó pasta residual.

Se planteó como problema un mejor aprovechamiento de los componentes nutritivos que la pasta posee, por ello se propuso el uso de enzimas fibrolíticas con el fin de ayudar a digerir previamente la pasta residual de piñón, integrada en el balanceado, favoreciendo la absorción animal de sus principales componentes nutritivos (fibra y proteína).

Las enzimas fibrolíticas además de permitir ganancia de peso, al facilitar el aprovechamiento de los nutrientes, ofrecen la reducción de costos de producción debido a que, su uso disminuye el índice de conversión alimenticia, es

decir se necesita menos cantidad de alimento para que el animal produzca un kilogramo de peso vivo (De Paz, 2007; Pinto de Toledo *et al.,* 2007).

1.2 Justificación del problema

La pasta residual de piñón (*Jatropha curcas)* al tener un elevado valor de proteína (45-55%) y fibra (15-20%) (Torral *et al.,* 2008; Martínez, 2010; Aguirre, 2011) constituye una nueva alternativa para la alimentación animal. Sin embargo, a pesar de su riqueza nutritiva el animal no puede aprovecharla completamente, es por ello que la inclusión de enzimas fibrolíticas permitirá su bioconversión facilitando la absorción de sus nutrientes y su mejor beneficio.

El uso de enzimas fibrolíticas exógenas facilita la absorción de nutrientes, porque compensa la incapacidad que tienen las aves para degradar la fibra compuesta de polisacáridos no amiláceos (PNA o NSP en inglés) por tener enzimas endógenas fibrolíticas insuficientes en el tracto digestivo. Las enzimas fibrolíticas exógenas adicionadas a la dieta, permiten la absorción de los PNA hidrolizándolos, reduciendo su viscosidad y facilitando la digestión (Cortés y Ávila, 1997), de esta manera se incrementa la disponibilidad de carbohidratos para el animal.

El uso de enzimas representa una mejora en el valor nutricional de los alimentos, lo que permite incrementar las posibilidades sobre el uso de las materias primas, ofreciendo una mayor flexibilidad en la formulación de balanceado, reduciendo el costo de la formulación y mejorando los parámetros productivos.

En la presente investigación se utilizó los desechos provenientes de la extracción del aceite obtenido de las semillas del piñón, mediante la bioconversión de este utilizando un complejo multienzimático comercial con el fin de formular la dieta más eficiente para pollos machos broiler en fase de engorde, para aprovechar su contenido de fibra y proteína.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Formular una dieta óptima para pollos machos broiler en fase de engorde, basada en la bioconversión de la pasta residual de piñón *(Jatropha curcas)* con enzimas fibrolíticas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el coeficiente de digestibilidad por medio de un análisis proximal de las dietas experimentales y las heces.
- Valorar los parámetros productivos: ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y energía metabolizable de las dietas experimentales administradas.
- Establecer la relación costo/beneficio de cada dieta experimental.
- Evaluar posibles lesiones en órganos por medio de la aplicación de una necropsia.

1.4 El piñón (*Jatropha curcas)*

1.4.1 Generalidades

La *Jatropha* o piñón, es originaria de México y Centroamérica. En el Ecuador se encuentra en las provincias de Manabí, Guayas, sur de Esmeraldas, Santa Elena, Loja e Imbabura; principalmente en valles secos de escasas precipitaciones (Andrade, 2009).

La *Jatropha* es una planta perenne cuyo ciclo productivo se extiende de 50 a 60 años y no se requiere un tipo de suelo especial, pues crece casi en cualquier parte (suelos arenosos, pedregosos, ácidos) y soporta bajas temperaturas y heladas. Su requerimiento de agua es sumamente bajo y puede

soportar períodos largos de sequía; además puede desarrollarse a partir de 350 a 400 milímetros de lluvias anuales (SAG, 2011).

1.4.2 Descripción botánica

Es un árbol perenne pequeño de madera suave con un crecimiento rápido y vigoroso, llega a medir hasta 6 m de altura, su sabia es amarillenta y translúcida, sus flores son de color amarillo en forma de campana, presenta frutos en cápsulas de color verde cuando son inmaduras, que se tornan negras al madurar llegando a producirlos antes del año, posee un sistema radicular profundo por lo que tolera muy bien a la sequía (Andrade, 2009).

Los frutos son cápsulas drupáceas de 2 cm de diámetro, como una pelota de ping-pong de color café claro, donde se encuentran de dos a tres semillas del tamaño, forma y apariencia de una almendra, aunque más blancuzca, rodeadas por un material en forma de pulpa y la cáscara del fruto, que se convierte en un material pergaminoso al secarse (Andrade, 2009). La siguiente figura detalla el árbol y los frutos del piñón.

Figura 1.1: Arból y frutos del piñón (*Jatrophas curcas*)(Andrade, 2009)

1.4.3 Nombres comunes del piñón

Los nombres comunes más usados en las diferentes regiones donde se cultiva esta planta son: en Cuba, piñón botija, piñón de cercas, piñón de leche, piñón purgante (Bisse, 1988). Es llamada piñoncillo en México; piñol en Perú; tempate en Costa Rica; physic nut en países angloparlantes; coquillo en España; cotoncillo en Honduras; piñón en Guatemala y Nicaragua, y también tempate. Otros nombres son: coquito, capate, higo del duende, barbasco, higo de infierno, purga de fraile, tua tua, pinhao manso, etc. (Torres, 2007).

1.4.4 Usos del piñón como fuente de combustible

La aplicación más prometedora de esta planta es la obtención de aceite para biodiesel, el aceite se extrae de las semillas de los frutos del piñón y es fácilmente transformado a biodiesel. De una hectárea de plantas maduras (en 4 a 5 años) se producen de 1.500 a 2.000 litros de aceite (SAG, 2011). El rendimiento por hectárea es de 5 toneladas de semilla, de la cual 2 toneladas son de aceite y 1 tonelada es de pasta residual (Martinez, 2012).

Una de las principales ventajas del piñón, es que su utilización no compite con los aceites de uso humano como: girasol, canola, soya, entre otros, pues su aceite es tóxico y es exclusivo para uso en maquinarias (biodiesel) (SAG, 2011).

1.4.5 Composición nutricional del piñón

La composición química de la variedad *Jatropha* se ha estudiado por separado:

Semilla: Está compuesta principalmente de lípidos (57%) y proteínas (26%), con muy poca humedad (<6%) y cenizas (3.4%). Se ha calculado que 2 a

3 toneladas de semillas, podrían transformarse en 1 800 litros de aceite por hectárea, las cuales se convertirían en 1 680 litros de biodiesel (Hoy, 2009).

Fruto: El fruto es de importancia como fertilizante y para un uso eventual en la nutrición animal, debido a que en él se han encontrado fibra, proteína y minerales como: fósforo, calcio, magnesio, sodio y potasio. (Makkar y Becker, 1998). Una hectárea de cultivo de *Jatropha curcas* (en base a 400 árboles/ha) puede producir 3 500 kg de frutos (con un peso promedio por fruto de 3,3 g) (Sotolongo *et al.,* 2011).

Cáscara del fruto: Se compone principalmente de fibras (>83% fibra detergente neutra, FDN) y lignina (>45% de lignina detergente ácida, ADL) y muy bajo contenido de proteína (<5%). La cáscara tiene alta energía bruta por lo que puede ser una buena fuente de combustible y tiene un valor calórico de aproximadamente 2 651 kcal/kg (15% de humedad) (Makkar y Becker, 1998; Sotolongo *et al.,* 2011).

La cáscara puede transformarse, mediante un proceso de digestión anaerobia, en biogás y biofertilizante (efluente del digestor), también puede pasarse por un molino de bola y convertirse en biofertilizante después de convertirla con compost, lo que podría optimizar los rendimientos energéticos. La producción de cáscara del fruto es de 1 000 kg/ha (30% del peso del fruto) (Sotolongo *et al.,* 2011).

1.4.6 El piñón (*Jatropha curcas*) en la alimentación animal

El piñón se usa en la alimentación animal por su contenido nutritivo, se aprovechan el fruto, la harina de su semilla y la pasta residual (Torral *et al.,* 2008).

1.4.7 Pasta residual del piñón y su uso

La pasta residual consiste en una mezcla de grasa, carbohidratos, fibra, y proteína que quedan como subproducto de la extracción del aceite Es obtenida después de prensada la semilla y puede ser empleada para consumo humano ó animal, para alimentar vacunos, cerdos y aves. La pasta contiene el 50 y 60% de proteína cruda (Torral *et al.,* 2008; Martínez, 2010).

La pasta residual contiene muchos de los componentes tóxicos residuales presentes en las semillas y los frutos por ello es necesario un proceso de detoxificación previo a su utilización como alimento (López, 2008).

Otro de los usos de la pasta residual de piñón es su uso en la agricultura como abono orgánico por tener un alto contenido en nitrógeno, similar al estiércol de gallina (Martínez, 2010; Torral *et al.,* 2008).

1.4.8 Compuestos tóxicos y detoxificación de la pasta residual

Los compuestos tóxicos hallados en la pasta residual se encuentran en el fruto y la semilla de la planta. Algunos autores como: Schultes y Raffauf (1990); López (2008) afirman que en el fruto están presentes compuestos como: alcaloides, sapogeninas, taninos, toxoalbúminas, ésteres y compuestos cianogénicos de los cuales se han reportado propiedades contraceptivas. Además, la semilla tiene ésteres de forbol y alcaloides como la curcina (lectina) que es una albúmina tóxica termolábil (Anon, 2001; FAO, 2008).

Existen algunas variedades de origen mexicano que no son consideradas tóxicas pues no presentan ésteres de forbol (Martinez, 2012). Para el proceso de detoxificación de las variedades que si presentan ésteres de forbol se realiza la

detoxificación física y química que tiene como fin eliminar estos compuestos y además anti nutrientes, lectinas e inhibidores de tripsina. La detoxificación física consiste en la aplicación de calor (121 ºC en horno), mientras que la detoxificación química se fundamenta en la aplicación de: metanol, etanol, hidróxido de sodio ó hipoclorito de sodio (De la Vela, 2008; López, 2008).

1.5 La fibra vegetal

Las fibras alimentarias son largas moléculas químicas principalmente de polisacáridos que pertenecen principalmente a las paredes de las células vegetales.

1.5.1 Importancia de la fibra en la alimentación animal

La fibra cruda, cumple diferentes funciones dentro del organismo del pollo broiler como: estimular los procesos en el tracto digestivo, disminuir la velocidad de tránsito del alimento hacia el duodeno, reducir el consumo de antibióticos vía oral como factores de crecimiento, brindar la sensación de saciedad que fomenta el bienestar animal e incrementar la secreción de ácido clorhídrico (HCl) que causa: la disminución del pH, la mejora de la solubilidad de minerales, proteínas y la protección de los pollos contra infecciones entéricas. (Caravaca, 2011; Mateos *et al*., 2006; Pujol, 2011).

1.5.2 Composición de la fibra

Las fibra esta constituida por almidón y polisacáridos no almidonosos (PNA). Dentro del almidón se encuentra la amilopectina y la amilosa mientras que los PNA tienen una fracción soluble (β-glucanos, arabinoxilanos, glucosinolatos y oligosacáridos) e insoluble (celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina) (Barroeta *et al.,* 2009).

La cantidad de lignina afecta la disponibilidad biológica de la celulosa y hemicelulosa para los microorganismos y de esta manera afecta el valor nutritivo de las sustancias vegetales para los animales. En monogástricos la hemicelulosa cumple más un papel de laxante, facilita los movimientos peristálticos del intestino (Quispe, 2003).

1.5.3 Tipos de fibra alimentaria

La fibra alimentaria considerada como un carbohidrato complejo, se ha dividido en dos grupos: fibra soluble e insoluble, según sus características químicas y sus efectos en el organismo (Prosky *et al.,* 1998).

Fibra insoluble: está formada por celulosa, lignina, hemicelulosa y almidón no digerible que retienen poca agua e incrementan poco su volumen. Los componentes de este tipo de fibra son poco fermentables y resisten a la acción de microorganismos (AACC, 2001).

Su función es limpiar las paredes del intestino desprendiendo los desechos adheridos y promoviendo la laxación de los residuos del organismo. Se encuentra en: tallos, cáscaras de grano y frutas, hojas, etc. (AACC, 2001; Surigez, 2004).

Fibra soluble: está formada por pectina, mucílagos y gomas que retienen mucha agua y son capaces de formar geles viscosos. Es muy fermentable por los organismos intestinales, por ello produce gran cantidad de gas en el intestino y aumenta el volumen de las heces disminuyendo su consistencia, además decrementa y ralentiza la absorción de grasas y azúcares porque atrapa estos componentes en geles (AACC, 2001).

1.5.4 Polisacáridos no amiláceos (PNA)

La fibra se encuentra compuesta parcialmente por polisacáridos no amiláceos o no almidonosos (PNA). Estos representan por su cantidad e implicaciones nutricionales, el grupo más importante dentro de los carbohidratos no amiláceos presentes en las dietas destinadas a monogástricos (Maynard *et al.,* 1981).

Dentro de los PNA más importantes se tiene: β-glucanos, arabinoxilanos, glucosinolatos, pectinas, oligosacáridos, celulosa, hemicelulosa y ligninas (Barroeta *et al.,* 2009). Desde el punto de vista estructural los más simples son los β-glucanos y los más complejos arabinoxilanos (Ríos, 2009).

Los enlaces de los β-glucanos y arabinoxilanos se caracterizan por su resistencia a la acción de enzimas endógenas, y por tener una estructura que les confiere una solubilidad parcial en soluciones acuosas que aumentan la viscosidad del medio (García, 2000).

La resistencia a las enzimas endógenas se fundamenta en que los monogástricos son incapaces de sintetizar enzimas que hidrolicen el enlace β, tan sólo la flora microbiana sintetiza enzimas adaptadas a este tipo de enlace (Carré y Lacassagne, 1992).

Mientras que la solubilidad parcial se basa en que los PNA tienen una fracción soluble (β-glucanos, arabinoxilanos, glucosinolatos y oligosacáridos) e insoluble (celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina). Su fracción soluble tienen capacidad de formar geles de elevada viscosidad debido a su estructura y engloba otros nutrientes como: colesterol y azúcares, disminuyendo por tanto el

coeficiente de digestibilidad de las aves ya que carecen de enzimas apropiadas para hidrolizarlos (Barroeta *et al.,* 2009).

1.5.5 Polisacáridos no amiláceos (PNA) en la alimentación de las aves

Las aves son animales que aprovechan muy poco los productos fibrosos debido a su baja capacidad de fermentación. La fibra no es totalmente digerida y absorbida en los primeros tramos del tracto digestivo, cuando llega al intestino grueso es susceptible de fermentar, causando en el animal diarreas no específicas y la creación de gases. Cuando se emplea enzimas fibrolíticas esta fibra es absorbida en el tracto digestivo y se evitan estos síntomas (Barroeta *et al.,* 2009).

1.6 Enzimas

1.6.1 Generalidades

Las enzimas son proteínas que se producen en el interior de los organismos vivos y que están especializadas en favorecer o hacer posible reacciones específicas del metabolismo. Su función principal es acelerar ciertas reacciones bioquímicas específicas que forman parte del proceso metabólico de las células, en ausencia de las enzimas las reacciones sólo tendrían lugar muy lentamente o no se producirían en absoluto.

En general, según Eroski (2003) las enzimas se pueden clasificar en tres grupos, según la función que desempeñan en el organismo:

- Digestivas: permiten que el organismo aproveche eficazmente los nutrientes de los alimentos que conforman la dieta. Estas enzimas son secretadas a lo largo del tubo digestivo.

- Metabólicas. Se producen en el interior de las células del cuerpo y contribuyen a la eliminación de sustancias de desecho y toxinas, intervienen en procesos de obtención de energía, la regeneración de las células y en el buen funcionamiento del sistema inmunológico.

- Dietéticas o enzimas de los alimentos. Forman parte de la composición de alimentos crudos; la mayor parte de las enzimas se destruyen por la acción del calor. Favorecen los procesos digestivos y el funcionamiento de las otras enzimas.

1.6.2 Enzimas endógenas y exógenas

Las enzimas endógenas son producidas por el animal en diferentes partes del tracto intestinal, su cantidad depende de la especie y la edad. Mientras que, las enzimas exógenas son suplementadas en el alimento, su origen es fúngico ó bacteriano. Estas enzimas son bien aceptadas por el consumidor, ya que no se absorben y no dejan residuos en los productos animales (Biovet, 2008).

1.6.3 Importancia de las enzimas exógenas en la alimentación animal

En las últimas dos décadas, se ha comprendido mejor la química de los sustratos y se ha producido enzimas específicas para los mismos. El potencial de las enzimas exógenas para mejorar la utilización de los nutrientes y los resultados productivos en aves se conoce desde hace muchos años; es la industria avícola el mayor consumidor de enzimas, mientras que en la industria porcina existe una tendencia creciente a usar enzimas, especialmente fitasas (Ravindran, 2010).

El uso de las enzimas como aditivos se ha hecho necesario debido a que el valor nutritivo potencial de las materias primas no es aprovechado completamente por la presencia de factores anti nutritivos y la falta o insuficiencia de enzimas endógenas que permitan la liberación de los nutrientes. La utilización de enzimas exógenas persigue la mejora de la digestibilidad de los nutrientes y la eficiencia de utilización de los mismos. La utilización global tiende a optimizar el

rendimiento de los animales a través de mejoras en el consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia (Ravindran, 2010).

Entre las enzimas exógenas utilizadas en la alimentación animal se tiene a las carbohidrasas y proteasas. Las carbohidrasas (amilasas, β-glucanasas y xilanasas) son enzimas indicadas para mejorar la digestibilidad de los almidones y de la fracción PNA (polisacáridos no amiláceos) de los cereales. Las proteasas mejoran la digestibilidad de las proteínas (Biovet, 2008).

Existe una amplia gama de enzimas disponibles para alimentación animal orientadas a diferentes sustratos, tal como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 1.1: Tipo de enzimas alimenticias, sustrato y materia prima (Ravindran, 2010).

Enzima	Sustrato	Materia prima
β-glucanasas	β-glucanos	Cebada, avena y centeno
xilanasas	arabinoxilanos	Trigo,centeno,triticale, cebada, fibra vegetal
α-galactosidasas	Oligosacáridos	Harina de soja y leguminosas de grano
Fitasas	Ácido fítico	Todos los alimentos de origen vegetal
Proteasas	Proteínas	Todos las fuentes de proteína vegetal
Amilasas	Almidón	Granos de cereales y leguminosas
Lipasas	Lípidos	Suplementos lipídicos y lípidos
Manosas, celulasas, hemicelulasas y pectinasas	Pared celular (compuestos fibrosos)	Materia primas de origen vegetal

1.6.4 Importancia de la suplementación de enzimas

Los complejos enzimáticos producidos naturalmente, usados solos o en combinación, incrementan la digestibilidad de los nutrientes y contribuyen a la reducción de los costos de alimentación (Schang, 2008).

Los beneficios de adicionar enzimas en la dieta de las aves son los siguientes (Ceccantini, 2008):

- Ruptura de las moléculas de factores anti-nutricionales: β-glucanos y arabinoxilanos (enlaces beta).
- Aumento en la disponibilidad de nutrientes existentes.
- Permiten que el organismo tenga más disposición de aminoácidos para la síntesis de otras proteínas, debido a que la inclusión de enzimas digestivas exógenas reduce la síntesis de enzimas digestivas endógenas.
- Variabilidad de los ingredientes de la dieta.
- Permiten la búsqueda de ingredientes alternativos.
- Mejora de la calidad de la cama.
- Reducción de la contaminación ambiental: fósforo, nitrógeno, cobre y zinc.
- Permiten cumplir con la restricción internacional de no usar anti-microbianos.
- Permiten cumplir con la restricción internacional de no usar en la alimentación productos de origen animal.
- Aceleran las reacciones químicas que tienen lugar durante la digestión y permiten al animal aprovechar en un 15-25% más el alimento.
- Refuerzan el sistema enzimático inmaduro de los animales jóvenes.
- Las dietas con mayores cantidades de proteína bruta requieren una mayor capacidad enzimática para su total aprovechamiento.
- Evitan la aparición de úlceras gástricas que las dietas con gran proporción de trigo causan en algunas especies.
- Ayudan a digerir la fibra (polisacáridos no amiláceos), reduciendo la viscosidad del bolo alimenticio, incrementan la biodisponibilidad de los nutrientes, facilitan el ataque de las enzimas endógenas a los nutrientes.

- Permiten utilizar mejor el valor energético de los cereales, lo que supone un ahorro económico.
- Permiten reducir la variabilidad en la calidad de nutrientes de los ingredientes.
- Reducen la excreción o las pérdidas de ciertos compuestos, como el fósforo o el nitrógeno, y su liberación al medio ambiente, por tanto, disminuyen el impacto ambiental de las explotaciones.
- Reducen la humedad de la cama, producida por la alimentación con cebada, avena y trigo.

1.6.5 Desventajas del uso de enzimas

El uso comercial de enzimas en la alimentación animal, sigue siendo limitado por la variabilidad de las respuestas observadas entre estudios y los costos relativamente altos de inclusión. Sin embargo, el costo de la inclusión de las enzimas en las dietas de aves de corral es bajo (Ravindran, 2010).

1.6.6 Limitaciones del uso de enzimas

Está suficientemente demostrado que las respuestas de los animales a la suplementación enzimática en las dietas no es completamente predecible. Dichas respuestas son variables y las inconsistencias observadas pueden atribuirse a diferentes factores como: densidad nutritiva, diferencia entre especies, edad de los animales, calidad de las dietas, nivel de inclusión del ingrediente objetivo, nivel del rendimiento del animal, tipo de enzimas, dosis aplicada, actividades colaterales de otras enzimas, variaciones en la composición de las dietas y en los animales (Ravindran, 2010). A continuación se explica a detalle la influencia de estos factores:

La densidad nutritiva en la dieta debe ser baja para que el empleo de las enzimas exógenas sea beneficioso, es decir la formulación de las dietas debe ser

modificada para crear las condiciones que garanticen respuestas máximas a las enzimas añadidas Esto se debe a que un alimento que tiene alta densidad nutritiva, es aquel que provee cantidades significativas de nutrientes por un número de calorías relativamente bajo (Reardon, 2012) y las enzimas deben tener disponible una cierta cantidad de sustrato para que puedan ejercer su papel catalizador de mejor forma.

La diferencia entre especies se evidencia cuando se compara los cerdos y las aves, puesto que las diferencia en el tiempo de tránsito del alimento, la capacidad del sistema digestivo y la anatomía gastrointestinal, parecen contribuir a las respuestas más bajas obtenidas con ganado porcino. El tiempo de tránsito digestivo en aves es aproximadamente dos horas, mientras que en cerdos es mayor; la capacidad del aparato digestivo es mayor en cerdos por lo que no les afecta la viscosidad de la digesta; en anatomía gastrointestinal, la existencia del buche y la molleja en aves les da un beneficio sobre los cerdos puesto que el buche proporciona un ambiente equilibrado antes de que el alimento alcance el medio ácido del proventrículo y la molleja cuando está bien desarrollada mejora la respuesta a la suplementación enzimática (Ravindran, 2010).

La edad de los animales influye debido a que los beneficios potenciales de la adición de enzimas será mayor cuando el sistema digestivo sea más simple, como ocurre en animales jóvenes. Los animales jóvenes tienen una capacidad enzimática digestiva menos desarrollada que los adultos (Mateos *et al.,* 2006; Knight, *et al.,* 2008). Estudios con cerdos y aves han demostrado que los beneficios de la suplementación enzimática de las dietas disminuyen con la edad, las respuestas son mayores en broilers en fase inicial de engorde y en cerdos cuando son lechones.

La calidad de la dieta está relacionada con el nivel de factores anti nutritivos de los ingredientes (García, 2000). La respuesta a las enzimas es

dependiente de la calidad del ingrediente, a menor calidad, mayor la magnitud de la mejora por la suplementación enzimática.

El nivel de inclusión del ingrediente objetivo de la enzima está relacionado con la suplementación enzimática puesto que a mayor nivel de inclusión mayor respuesta a la enzima, dado que el contenido de los anti nutrientes que están causando el problema aumentará proporcionalmente (Ravindran, 2010).

El grado de respuesta está determinado por el nivel de rendimiento de los animales y este a su vez depende de la genética y la fisiología del animal (Freire y Berrones, 2008)

1.6.7 Rovabio Excel AP®- Addiseo

Rovabio Excel AP® - Adisseo es un compuesto multienzimático proveniente del hongo microscópico *Penicillium funiculosum* (MidiaDigital, 2010).

Rovabio® es una combinación natural de enzimas provenientes del hongo cuenta con más de cinco grupos de enzimas: xilanasas, β-glucanasas, celulasas, pectinasas y proteasas, dentro del grupo se encuentran enzimas que por su actividad enzimática son especificas como por ejemplo dentro de las xilanasas se tiene: β-xilosidasa, endo-1,4 β-xilanasa, entre otras. (MidiaDigital, 2010). En la Tabla 1.2 se encuentra los grupos con sus respectivas enzimas y la actividad correspondiente.

Tabla 1.2: Promedio de actividad de las diferentes enzimas que tiene Rovabio Excel AP® (Bioferm, 2003a)

GRUPO	NOMBRE DE LA ENZIMAS	NIVEL (umol/min/mg proteína)
Xilanasas	Endo-1,4 β-xilanasa	30000
	α-arabinofuranosidasa	50
	β-xilosidasa	100
	Feruloil esterasa	<10
	Endo-1,5 α-arabinasa	150
β-glucanasas	Endo-1,3 (4)β-glucanasas	40000
	Laminarinasa	1500
Celulasas	Endo-1,4 glucanasa	20000
	Celobiohidrolasa	200
	β-glucosidasa	2000
Pectinasas	Pectinasa	1000
	Poligalacturonasa	1000
	Pectin esterasa	80
Proteasas	Aspartico proteasa	15
	Metalo proteasa	15
Otras	Endo-1,4 manasa	200
	β-manosidasa	20

Rovabio Excel AP® se recomienda usar para alimentos en harina en forma de peletizados a una temperatura menor en todo su proceso de 85°C, la dosificación del complejo es única: 50 g / TM (MidiaDigital, 2010).

1.7 Formulación de la dieta animal

El alimento tiene gran importancia como componente del costo total de producción del pollo de engorde. Las raciones para estos animales se deben formular a fin de proporcionarles el balance correcto de energía, proteína, aminoácidos, minerales, vitaminas y ácidos grasos esenciales, para permitir un crecimiento y rendimiento óptimos (Aviagen, 2002).

La disponibilidad de la materia prima en los mercados locales, el valor del producto y las variaciones de costo, son factores que deben ser considerados en las especificaciones de la ración, de tal manera que se satisfagan el requerimiento económico para el productor y nutricional para el animal (Aviagen, 2002).

1.7.1 Energía

La energía, como principal necesidad dietética del animal, se requiere para mantención y producción, la energía ingerida por el animal es utilizada en: las actividades físicas vitales, el desarrollo de tejidos corporales, el mantenimiento de la temperatura corporal y la producción de huevos (Lesson y Summers, 2001).

Según Barroeta *et al. (*2009) se conoce que aunque el animal no esté en un estado fisiológico de producción siempre tendrá requerimiento de energía. De otra parte, Lesson y Summers (2001) afirman que la energía de la dieta consumida por un animal puede ser utilizada para la actividad, convertida en calor o almacenada como tejido corporal.

Los pollos de engorde regulan su consumo por el aporte energético de la dieta. El consumo de alimento aumentará conforme disminuye el contenido energético de la dieta hasta que sea limitado ya sea porque se llenó el intestino, o por otros límites fisiológicos. Debido a que la conversión de alimento es económicamente importante en la producción de pollos de engorde, es poco práctico estimular un mayor consumo de alimento reduciendo la densidad calórica. Las limitaciones en el consumo de alimento casi siempre están asociadas con factores distintos al contenido energético de la dieta (Barroeta *et al.,* 2009).

Si se trata sobre el contenido energético de la dieta, se conoce que los alimentos que aportan este nutriente son: el maíz, la cebada, el trigo, el centeno,

la avena, la melaza, las grasas animales, las grasas vegetales y los subproductos de molinería por contener carbohidratos y lípidos (Barbados, 2004).

El maíz es la principal fuente de energía en los alimentos de aves, por ser un grano rico en grasas y carbohidratos, gran generador de calor, pero tiene como inconveniente poseer niveles bajos de proteína y sales minerales (Barbados, 2004). Además casi toda su producción se usa para consumo humano, tornándose escaso para el consumo animal (Munene, 2006).

1.7.2 Proteína

Las aves utilizan aminoácidos formados por el desdoblamiento de las proteínas para la construcción de tejido corporal como músculos, nervios, piel y plumas. Es necesario que el nivel de proteína de la ración sea suficiente para asegurar que se satisfagan los requerimientos de todos los aminoácidos esenciales y no esenciales. Los niveles de aminoácidos de las raciones se deben considerar en conjunto con los niveles de energía. Es necesario usar fuentes de proteína de alta calidad, especialmente en circunstancias en que los pollos tengan probabilidades de sufrir estrés por calor u otros factores (Aviagen, 2002).

Las fuentes de proteína utilizadas son: harina de carne, harina de hueso, harina de pescado, forrajes de leguminosas y pasta de soya. La harina de soya es el suplemento proteico mas empleado por contener cerca del 45% de proteína, dependiendo su porcentaje de inclusión del nivel de elaboración de la dieta (Barbados, 2004).

Cuando por disminuir costos no se usa una adecuada fuente proteíca esto desemboca en un desequilibrio de aminoácidos, estos desequilibrios también pueden presentarse debido una mala formulación del alimento o por una mala digestibilidad de los ingredientes que causa una disminución en el consumo de

alimento y pérdidas en la eficacia de conversión alimenticia. Sin embargo, el contenido de aminoácidos tiene más un efecto indirecto sobre el consumo de alimento y a diferencia del efecto de la energía de la dieta, las aves de engorde no modulan su consumo de alimento para satisfacer sus requerimientos de aminoácidos, a menos que haya una leve deficiencia en el primer aminoácido limitante (Barroeta *et al.,* 2009).

1.7.3 Vitaminas y minerales

Los minerales traza y las vitaminas son necesarios para todas las funciones metabólicas, debido a que estos funcionan principalmente como cofactores. La suplementación apropiada depende de los ingredientes alimenticios, la fabricación y las circunstancias o condiciones locales (Urresta, 2010)

Dentro de los minerales debemos considerar los micro y macro nutrientes, los micronutrientes como: zinc y selenio mejoran el plumaje y la respuesta inmunológica de las aves. Y los macronutrientes como: calcio, fósforo y magnesio, sirven como componentes estructurales del cuerpo (Aviagen, 2002).

Las vitaminas y minerales influyen en el consumo de alimento solo cuando los niveles de la dieta son deficientes o muy por encima del requerimiento. Los niveles deficientes de la dieta causan trastornos metabólicos que causan un efecto adverso indirecto sobre el consumo de alimento (Barroeta *et al.,* 2009).

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Zona de estudio

La parte experimental del proyecto se realizó en el galpón experimental de la planta de alimentos de Pronaca Quevedo, ubicada en el Km. 26, vía Santo Domingo, cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. La parte de análisis de muestras se realizó en el laboratorio de control de calidad de la misma empresa.

Figura 2.1: Galpón experimental y laboratorio

La presente investigación fue financiada por PRONACA que además brindó la asesoría técnica en la: planificación, ejecución y análisis de los datos obtenidos.

2.1.1 Animales

Se utilizaron 400 pollitos broiler (200 machos y 200 hembras) de la línea Ross x Ross 308, de 0 días de edad provenientes de la incubadora de aves AVEPICA de Santo Domingo, vacunados contra Marek, Gumboro y con el antibiótico Excenel- Avinew®.

2.1.2 Galpón experimental

Para la investigación se utilizó un galpón experimental de 5 m x 3.5 m. En el cual se adecuaron cuatro baterías experimentales idénticas de 1,58 m de largo y 91 cm de ancho como se muestra en la Figura N°2.2.

Figura 2.2: Batería experimental

Cada batería estuvo provista de 10 jaulas metálicas con capacidad de 10 pollos (5 machos y 5 hembras) , es decir 100 pollitos por batería. Cada jaula contaba con: un criador eléctrico, un comedero lateral, un bebedero frontal, una bandeja para recolección de heces. Las dimensiones de la jaula fueron 33 cm de largo x 46 cm de ancho x 89 cm de profundidad.

2.1.3 Laboratorio

El análisis proximal de las dietas así como de la pasta residual del piñón (*Jatropha curcas*) se realizó en el laboratorio de control de calidad de la Planta de alimentos balanceados de Pronaca-Quevedo.

2.2 Dietas experimentales

2.2.1 Recolección y detoxificación de la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*)

Se recolectó la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) de la columna de extracción de aceite de semilla de piñón.

El tratamiento de detoxificación de la pasta de piñón se realizó en tres etapas siguiendo el protocolo de López (2008), la primera etapa consistió en un tratamiento seco, luego en un tratamiento húmedo y al final un tratamiento químico con el objetivo de reducir niveles de anti nutrientes termolábiles, ésteres de forbol y actividad de lecitina.

- **Tratamiento seco:** se colocó la pasta residual de piñón en la estufa por 20 minutos a 121ºC, para eliminar la humedad y posibles micotoxinas presentes.

- **Tratamiento húmedo:** se agregó agua a 40 ºC a la pasta de piñón en proporción 1:2 (pasta:solvente), se realizó tres lavados para eliminar compuestos tóxicos solubles y reducir la actividad de lectina. Despúes se sometió 1.5 horas a cocción en un horno a 121ºC, se dejó reposar, se eliminó el sobrenadante y se dejó secar a 100ºC en la estufa.

- **Tratamiento químico:** se añadió etanol al 92% en proporción 1:10 (pasta:solvente), y se realizó tres lavados, mediante agitación y decantación.Despúes se tapó, se dejó reposar, se retiró el etanol sobrenadante y se secó en la estufa a 74ºC.

2.2.2 Molienda de la pasta residual

Antes de elaborar las dietas experimentales se molió la pasta residual de piñon detoxificada para: reducir la dimensión de particula y alcanzar un tamaño

mayor a 700 micras. Además, obtener una granulometria uniforme, favorecer la mezcla y disminuir la segregación al transladarse (Aguirre, 2011).

2.2.3. Elaboración de dietas experimentales

Para la elaboración del alimento balanceado que tenía como base maíz y pasta de soya más los diferentes niveles de inclusión de pasta residual de piñón, se añadieron micro ingredientes, macro ingredientes y líquidos, esto se realizó en coordinación con el nutricionista de la empresa, el pesaje como la mezcla se verificó mediante una lista de chequeo (check list). La siguiente tabla resume las materias primas utilizadas en la formulación:

Tabla 2.1: Materia primas utilizadas en la formulación

Materia prima	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C
Maíz	53,61	54,7	55,8
Aceite Palma	3,83	4,3	4,78
Pasta Soya	38,03	26,3	14,57
***Jatropha* Detoxificada**	0	10	20
Otros	4,53	4,7	4,85

Se definieron los tratamientos a formular con la pasta residual del piñón con 0, 10 y 20% de inclusión. Para ello se preparó 270 kg. de las tres dietas que tuvieron como macro ingrediente la pasta residual del piñón con 0, 10 y 20% de inclusión. A las dietas que contenían 10% (B) y 20% (C) de inclusión de la pasta residual se dividió en dos grupos de 100 kg (B1, B2, C1, C2) correspondientemente.

Pre mezcla de la enzima: Con el fin de asegurar una mejor integración del complejo multienzimático Rovabio Excel AP® a la dieta se hizo una pre mezcla. Para ello se tomó 500 g. del primer grupo de 100 kg. (B1) y del segundo grupo de 100 kg. (C1) y se agregó 5 g. del complejo multienzimático, respetando la

proporción especificada por la casa comercial del producto (50 g/Tn), se agitó manualmente durante 10 minutos. Luego los 500 g. de pre mezcla enzimática fueron devueltos, a los grupos originales (B1 y C1) y se agitó por 7 minutos en una mini mezcladora industrial. El subgrupo B1 preparado originó el tratamiento D y el subgrupo C1 al tratamiento E.

A los tratamientos que no llevaban enzimas (B2 y C2) y al que tenia 0% de *Jatropha* (tratamiento control A), se agitó por 7 minutos en una mini mezcladora industrial, con el fin de mantener un proceso uniforme de mezclado en todos dietas preparadas.

La siguiente figura resume la elaboración de las dietas experimentales.

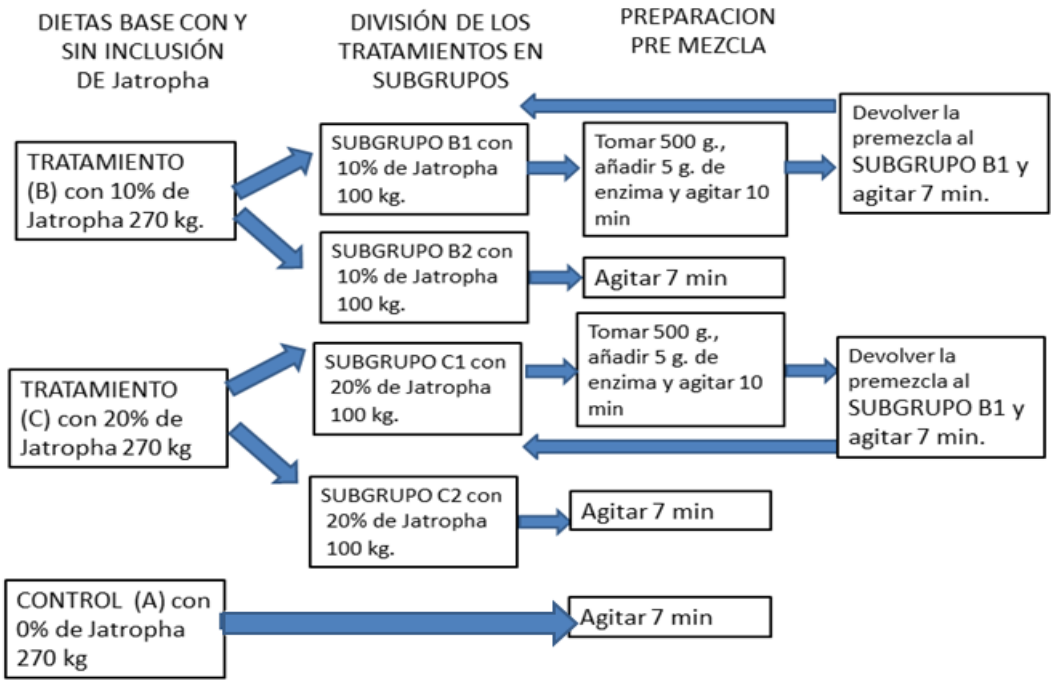

Figura 2.3: Esquema de la elaboración de las dietas experimentales junto de la preparación previa de la premezcla enzimática

2.2.4 Determinación del tamaño de partícula del alimento

Como todo proceso de nutrición avícola, el tamaño de partícula del balanceado es un factor importante para su aprovechamiento, se determinó el tamaño de partícula de las dietas elaboradas y de la pasta residual molida para asegurar que

se cumpla con el tamaño requerido para pollos broilers (mayor a 700 micras) para ello se cernió 100 g de la muestra en tamices número de malla (Mesh): 7, 8, 12, 18, 25, 40, 60, 100 y 200.

2.3 Diseño experimental

Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DCBA), con cinco tratamientos (bloques), 8 repeticiones por cada tratamiento, resultando 40 unidades experimentales (jaulas) que tienen 10 pollos cada una (5 machos y 5 hembras). En el DCBA se usó el modelo lineal:

$$Yij = \mu + \tau i + \beta j + \varepsilon ij \quad con\ i = 1, \ldots, a$$

Donde:

μ=media general

τj=efecto del i-ésimo tratamiento

βj=efecto del i-ésimo bloque

εij=error aleatorio asociado a la observación Yij

En la siguiente tabla se resume los tratamientos usados en el experimento.

Tabla 2.2: Concentración de *Jatropha curcas* detoxificada y de Rovabio Excel AP® para cada tratamiento

Tratamiento	Dietas	Número de pollos por jaula	Réplica (jaulas)	Número total de pollos
A (control)	Engorde 0 (0% de pasta de *Jatropha curcas* y 0% Rovabio Excel AP®)	10	8	80
B	Engorde 0 (10% de pasta de *Jatropha curcas* y 0% Rovabio Excel AP®)	10	8	80
C	Engorde 0 (20% de pasta de *Jatropha curcas* y 0% Rovabio Excel AP®)	10	8	80
D	Engorde 0 (10% de pasta de *Jatropha curcas* y Rovabio Excel AP®) (50 g/TM)	10	8	80
E	Engorde 0 (20% de pasta de *Jatropha curcas* y Rovabio Excel AP®) (50 g/TM)	10	8	80

La concentración de enzima 50 g/TM fue la sugerida por la casa comercial Adisseo y las concentraciones de *Jatropha curcas* fueron diseñados tomando como antecedente el estudio realizado por Aguirre (2011) y la cantidad de proteína y fibra que requiere el pollo de engorde dentro del margen que le ofrece el piñón (*Jatropha curcas).*

2.3.1 Variables de estudio

Las variables a evaluar fueron: ganancia de peso final, ganancia de peso semanal, índice de conversión alimenticia, coeficiente de digestibilidad y energía metabolizable; estas variables permitieron verificar cuál dieta es la más eficiente en términos de rendimiento productivo.

Además, se tomó como variables de respuesta el consumo diario de alimento y consumo total de alimento por ave, que permitió conocer la preferencia del animal por determinada dieta.

También, se evaluó las variables de respuesta mortalidad y necropsia, que indicaron si las dietas administradas producen algún daño en el organismo del pollo.

2.3.2 Pruebas estadísticas utilizadas

Se realizó una comparación de medias calculando los promedios de cada uno de los parámetros productivos para cada réplica.

Los datos se analizaron mediante ANOVA (Análisis de varianza) de mediciones repetidas del promedio de cada réplica para estimar mejor el tratamiento. Para comparar la diferencia entre medias se aplicó la Prueba de Tukey, a un nivel de significancia del 95%. Para estas evaluaciones se empleó el software Infostat versión estudiantil para su resolución de todos los datos excepto para la prueba de Cochran (Anexo 21).

Para analizar si existe significancia estadística entre las lesiones halladas, se utilizo la prueba cualitativa no paramétrica de Cochran, que es una técnica estadística que se utiliza en los modelos experimentales con tres o más muestras

dependientes o relacionadas entre sí, en la que el tipo de escala es nominal. Para aplicar la prueba se reportó dos valores: 1 presencia y 0 ausencia de lesión. Esta escala se usó en las lesiones: irritación traqueal, moco en la tráquea, lesiones en los sacos aéreos torácicos y abdominales, hígado pálido, hígado friable, retención del saco vitelino, inflamación proventrículo, irritación intestino, presencia de *Eimer acervulina*, presencia de *Eimeria máxima*, presencia de *Eimeria tenela,* moco en heces, descamación, partículas en heces, exceso de bilis y pared delgada.

Para el tamaño de Bolsa de Fabricio se tomó como normal el valor de 4 a 5 cm, siendo 1 normal y 0 fuera de lo normal.

2.4 Programa de manejo

2.4.1 Pesaje de recepción

El pesaje de los 400 pollos de 0 días de edad, se realizó de forma individual en la recepción, donde primero se clasificó a los pollos por su sexo (200 machos y 200 hembras) y luego se formó grupos según el rango de peso de los animales, la metodología usada fue la citada por Kasue y Rostagno (2007). La siguiente figura muestra el pesaje de recepción y clasificación de los pollos.

Figura 2.4: Pesaje de recepción y clasificación por rangos de peso

En la Tabla 2.3 y 2.4 se muestra los rangos de peso formados en machos y hembras y el número de pollos de cada rango usado por jaula.

Tabla 2.3: Rangos de peso de pollos broiler machos de 0 días de edad

Rango de peso (g)	Numero de Pollitos	Pollitos por jaula	Sobrantes
Menor a 34	2	0	2
34 a 36.99	4	0	4
37 a 39.99	26	2	6
40 a 42.99	74	7	4
43 a 45.99	57	5	7
46 a 48.99	31	3	1
Mayor a 49	6	0	6
TOTAL	200		30

Tabla 2.4: Rangos de peso de pollos broiler hembras de 0 días de edad

Rango de peso (g)	Numero de Pollitos	Pollitos por jaula	Sobrantes
Menor a 34	0	0	0
34 a 36.99	9	0	9
37 a 39.99	36	2	6
40 a 42.99	54	7	4
43 a 45.99	61	5	1
46 a 48.99	25	3	5
Mayor a 49	15	0	5
TOTAL	200		30

En cada jaula se colocó 5 machos y 5 hembras, es decir 10 pollos por jaula (unidad experimental), se tomó de cada uno de los rangos el número de pollitos por jaula indicados en el cuadro anterior.

Cuando se terminó el número de pollitos por jaula, se usaron los sobrantes (que se indican en la Tablas 2.3 y 2.4) para completar el límite de peso fijado por jaula que fue de 412-447 g. En la Tabla 2.5 se muestra el peso total inicial de los pollitos en cada jaula por batería.

Tabla 2.5: Peso inicial en gramos de los pollos por jaula y ubicación de los tratamientos por bloques al azar (DCBA)

Batería N°	Jaula N°	Tratamiento	Peso de 10 pollos (g)	Batería N°	Jaula N°	Tratamiento	Peso de 10 pollos (g)
1	1	A	428	3	21	A	447
	2	B	418		22	C	446
	3	D	427		23	B	431
	4	A	427		24	D	434
	5	B	421		25	E	428
	6	C	421		26	B	428
	7	E	417		27	A	413
	8	C	416		28	C	420
	9	D	419		29	E	433
	10	E	417		30	D	420
2	11	C	421	4	31	A	426
	12	A	428		32	E	421
	13	D	427		33	E	417
	14	B	424		34	B	427
	15	C	437		35	D	415
	16	B	436		36	C	415
	17	E	425		37	B	412
	18	D	439		38	A	417
	19	E	438		39	D	433
	20	A	439		40	C	375

2.4.2 Administración de alimento

Las dietas experimentales fueron provistas por 21 días, debido a que se conoce que los efectos benéficos de las enzimas alimenticias son mayores en aves jóvenes que en adultas (Mateos *et al.,* 2006).

El consumo de alimento fue *ad-libitum* y se pesó la cantidad suministrada y rechazada de forma diaria. La cantidad de alimento se incrementó conforme pasaron los días, debido a que el requerimiento diario de un pollo, va aumentando cuando este crece. La cantidad de alimento que se incrementaba a diario se fijó de acuerdo al rechazo del día anterior (Tabla 2.5).

Tabla 2.6: Cantidad de alimento suministrada a los pollos a lo largo del experimento

Día	Cantidad de alimento (g)	Día	Cantidad de alimento (g)
1	100	**11**	600
2	100	**12**	650
3	150	**13**	700
4	200	**14**	750
5	250	**15**	800
6	300	**16**	900
7	300	**17**	900
8	400	**18**	950
9	500	**19**	950
10	600	**20**	1000
		21	1100

Durante el tiempo que duró el ensayo se administró el alimento a la misma hora (7:30 a. m.).

2.4.3 Administración de agua

Todos los días por la mañana se controló la disponibilidad de agua, se vació, limpió y llenó con agua limpia cada bebedero.

2.4.4 Pesaje semanal

El pesaje fue por jaula, el peso obtenido se registró de forma semanal.

2.4.5 Pesaje final

El peso final de las aves se registró a los 21 días de edad y fue por jaula.

2.4.6 Control de mortalidad

Diariamente fue el control y registro del número de pollitos que murieron y el peso de los mismos.

2.4.7 Control de consumo de alimento

El alimento sobrante se retiró del comedero al día siguiente de su suministro, el mismo fue pesado y registrado, para poder calcular las variables: consumo alimenticio, consumo total de alimento por ave y conversión alimenticia.

El consumo alimenticio se obtuvo de la diferencia entre el alimento suministrado y el alimento sobrante. La variable consumo total de alimento por ave fue calculada de la división del consumo total para el número de aves vivas por jaula al final del experimento y la conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de alimento para ganancia de peso final de los pollos vivos (incremento de peso vivo).

2.5 Programa de luz, temperatura y ventilación

El ensayo se realizó en la región costa, las horas de luz artificial se mantuvieron las 24 horas durante todo el experimento, mientras que el programa de temperatura fue el establecido por la empresa según la siguiente tabla.

Tabla 2.7: Programa de temperatura establecido para la crianza de pollos (Pronaca, 2009)

Edad del pollo (días)	Temperatura (° C)
1-7	30
8-14	28
15-21	28

Los siete primeros días la temperatura se controló por el sistema conocido como criadoras eléctricas, este fue monitoreado mediante un pulsador digital que se encontró en la parte lateral de la batería. El resto del experimento se reguló la temperatura ambiente con el ventilador y con la apertura de las cortinas del galpón.

2.6 Recolección, pesado y secado de las heces

Para la recolección y pesado de las heces se siguió el protocolo establecido por Aguirre (2011) el procedimiento a seguir fue el siguiente: el día 20 en la mañana se limpió las bandejas de las heces y se colocó nueva cubierta para la colecta de las heces a generarse, se suministró al igual que todo el experimento

alimento y agua. Al día siguiente se recolectó las heces, se las colocó en bolsas plásticas y se registró su peso.

Las heces fueron ubicadas en la estufa para su secado a 115ºC (Pronaca, 2009) durante 3 días en bandejas de aluminio, tal como lo muestra la siguiente figura.

Figura 2.5: Secado de heces en bandejas de aluminio

Las muestras secas fueron trituradas en un molino eléctrico, se selló y etiquetó las muestras en frascos estériles para su posterior análisis bromatológico.

2.7 Toma de muestras de sangre

En el día 22, se recolectó una muestra de un pollo tomado al azar por las ocho repeticiones de los cinco tratamientos, es decir 40 aves en total, para ello se realizó una punción en la vena radial (Figura 2.6) la sangre se depositó en un tubo sin anticoagulante, posteriormente las muestras fueron analizadas mediante las

pruebas de: AST (aspartato aminotransferasa), ALT (alanina aminotransferasa) (Vijeyta et al, 2010), glucosa, creatinina, colesterol y proteínas totales (Neves, 2004) en un laboratorio externo, con el fin de evaluar restos toxicológicos del alimento en el organismo animal.

Los resultados de las muestras de sangre se detallan en el Anexo 20.

Figura 2.6: Recopilación de una muestra sanguínea de vena alar en un pollo de 22 días de edad

2.8 Necropsia

Con el fin de observar las lesiones de algunos órganos asociadas a varios factores como: mal manejo de condiciones ambientales, cambio en la alimentación, estrés y un bajo control de posibles plagas y enfermedades se realizó una disección anatómica o necropsia (Aguirre, 2011). Para ello el día 22, con la supervisión del veterinario de la empresa, se sacrificó al azar 1 pollo macho por cada una de las ocho repeticiones de los cinco tratamientos, es decir 40 aves en total.

Se usó el método de dislocación cervical para sacrificar las aves y con la ayuda de tijeras quirúrgicas se procedió a realizar la necropsia.

Siguiendo lo planteado por Aguirre (2011) se recopiló información sobre lesiones observadas en órganos como: tracto digestivo, tracto respiratorio, hígado, molleja y bolsa de Fabricio. Además la presencia de parásitos como: *Eimeria acervulina*, *Eimeria máxima*, *Eimeria tenela*.

Se registró con el valor de 1 cuando existió lesión y 0 cuando no la hubo.

2.9 Análisis bromatológico

Se realizó el análisis bromatológico de: la materia prima (*Jatropha curcas*), así como de las dietas experimentales A, B y C correspondientes a los tres tratamientos que contienen 0, 10 y 20% de *Jatropha* y las heces recolectadas el día 22.

El análisis bromatológico incluyó la determinación de**:** humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra, calcio y fósforo; con el fin de determinar el porcentaje de digestibilidad de cada nutriente con la aplicación de la fórmula (Bondi, 1989):

$$D= [(NI-NH)/NI]*100$$

Donde:

D=*% de digestibilidad de la muestra seca*

NI=*Nutriente ingerido*

NH= *Nutriente en las heces*

2.9.1 Determinación de humedad (AOAC, 1995)

Procedimiento:

- En un plato de aluminio tarado y pesado se añadió 2 g de la muestra previamente molida y homogenizada.
- Luego, el plato se colocó en la estufa por 4 horas a 105°C, al cabo de este tiempo se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente y después se registró su peso.
- El porcentaje de humedad se determinará con la siguiente fórmula (AOAC, 1995):

$$\%humedad = [(Pi-Pf)/Pi] x\ 100$$

Donde:

Pi= *peso de la muestra en gramos antes de ser desecada=peso del recipiente + peso de la muestra-peso del recipiente.*

Pf= *peso de la muestra en gramos después de ser desecada= peso del recipiente con la muestra seca -peso del recipiente.*

2.9.2 Determinación de ceniza (AOAC, 1995)

Procedimiento:

- En un crisol de porcelana tarado y pesado se añadió 2 g de la muestra previamente molida y homogenizada.
- Luego, el crisol se colocó en la mufla por 2 horas a 600°C, al cabo de este tiempo se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente y después se registró su peso.

- El porcentaje de ceniza se determinó con la siguiente fórmula (AOAC, 1995):

%ceniza= (P residuo/Pr)*100

Donde:

P residuo*=peso del residuo en gramos después de la incineración (peso del crisol más residuo-peso del crisol vacío)*

Pr*=peso inicial en gramos, antes de la incineración (peso del crisol más muestra-peso del crisol vacío).*

2.9.3 Determinación de fibra (Pronaca, 2009)

Procedimiento:

- En un vaso de precipitación de 600 ml, se colocó 1 g de muestra previamente desengrasada se adicionó 200 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1,25% (P/V).
- Se acopló al digestor de fibra cruda y se calentó hasta el punto de ebullición para que posteriormente hierva por 30 minutos.
- Al cabo de este tiempo, se añadió 50 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 11% y se llevó a digestión por 30 minutos.
- Se retiró los vasos del aparto de digestión y se filtró el contenido del vaso a través de un crisol Gooch provisto de una capa de lana de vidrio de aproximadamente 1 cm de espesor, con la ayuda de una bomba de vacío.
- Se lavó el residuo del vaso con agua destilada caliente (aproximadamente a 80° C) para remover los compuestos que se precipitaron en el fondo del vaso.
- Se secó el crisol y su contenido en la estufa por 16 horas a 110°C, al cabo de este tiempo se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente y después se registró su peso.

- Posteriormente se incineró el contenido del crisol en una mufla a 550°C durante 2 horas, al cabo de este tiempo se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente y después se registró su peso.
- El porcentaje de fibra cruda se determinó con la siguiente fórmula (Pronaca, 2009):

%fibra cruda= [(P1-P2)/Pm] x (100-% de humedad- % de grasa cruda)

Donde:

P1*=peso del crisol y el residuo seco en gramos*

P2*=peso del crisol y el residuo incinerado en gramos*

Pm*= peso de la muestra en gramos*

La siguiente figura indica el equipo y bomba de vacío usados para la determinación de fibra.

Figura 2.7: Equipo y bomba de vacío usados para la determinación de fibra

2.9.4 Determinación de grasa (AOAC, 1995)

Procedimiento:

- Se pesó 2 g. de la muestra previamente secada. Luego se envolvió en papel filtro de 11x11 cm. El paquete se introdujo en un dedal de celulosa y este a su vez, en el tubo porta dedal.
- Después se adicionó 50 ml de n-hexano en el vaso de vidrio para extracción de grasa previamente tarado y pesado (P1).
- Se montó el equipo de extracción ajustando el vaso a su respectivo porta dedal, asegurando cierre hermético. Se extrajo la grasa por 4 horas.
- Luego de la extracción se cambió el tubo porta dedal con la muestra por un tubo recolector de n-hexano, se evaporó y recuperó con precaución el solvente con el extractor de gases encendido.
- El vaso retirado del equipo se dejó enfriar en un desecador a temperatura ambiente, se pesó y registró su peso (P2).
- El porcentaje de grasa se determinará con la siguiente fórmula (AOAC, 1995):

$$\%grasa = [(P2-P1)/Pm]*100$$

Donde:

P1*= peso del vaso vacío en gramos, antes de la extracción*

P2*= peso del vaso con extracto graso en gramos, después de la extracción*

Pm*=peso de la muestra en gramos*

2.9.5 Determinación de proteína (Pronaca, 2009)

Procedimiento:

- En un tubo de Kjeldahl de 250 ml. se colocó 0,5 g de la muestra molida y homogenizada.
- Luego se añadió 20 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado al 98% y una tableta catalizadora Kjeldahl.
- Dentro de la sorbona, se calentó la muestra hasta ebullición del ácido regulando la temperatura a 400°C por aproximadamente por 1 hora y media, se mantuvo el calentamiento 15 minutos más hasta que el digestado tomó un color claro, cuando la muestra no tomó un color claro la ebullición se extendió 30 minutos más.
- Se enfrió y añadió cuidadosamente 100 ml de agua destilada libre de nitrógeno, se acopló el tubo digestado en el equipo de destilación.
- En uno de los tanques del destilador se colocó hidróxido de sodio (NaOH) al 30% y en el otro tanque agua destilada en suficiente cantidad para la operación del destilador.
- En un Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml de solución de ácido bórico al 4% se recogió el condensado, por aproximadamente 3 minutos, hasta obtener 100 ml del mismo.
- Después de retirar el Erlenmeyer del destilador, se colocaron 2 gotas de indicador mixto y se tituló con ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N, hasta que el color vire de verde a violeta.
- Se registró el volumen gastado de la bureta por la titulación.
- El porcentaje de proteína se determinará con la siguiente fórmula (Pronaca, 2009):

$$\%Proteína = [(V*N*0,014007*6,25*)/Pm] \times 100$$

Donde:

V= *volumen de HCl 0,1 N consumido, en mililitros*

N=*Normalidad exacta de HCl*

Pm= *Peso de la muestra, en gramos*

0,014007=*Peso en miliequivalentes del nitrógeno*

6,25=*factor de conversión del nitrógeno a proteína*

2.9.6 Determinación de calcio (Pronaca, 2009)

Procedimiento:

- En un balón Hach de 100 ml, se añadió 0,25 g. de muestra molida y se agregó 5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%.
- Se calentó hasta alcanzar la ebullición y el cambio de color a negro intenso.
- Después, de colocar una columna de destilación en la boca del balón, se añadió 1,5 ml de peróxido der hidrógeno (H_2O_2) concentrado.
- Cuando la muestra se aclaró hasta color amarillo, se suspendió el calentamiento de la muestra.
- La muestra se enfrió a temperatura ambiente y luego se aforó la misma hasta los 100 ml con agua destilada.
- Se homogenizó la muestra por agitación y se colocó en un vaso desechable 1000 ul de la misma.
- A la alícuota tomada se agregó 46 ml de solución Hach de Calmagita y 2 ml de buffer Hach Masking se dejó reaccionar a la muestra por 3 minutos.
- Al cabo de este tiempo, se leyó la absorbancia de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el espectrofotómetro a una longitud de onda (λ) de 522 nm y se registró este resultado.
- Luego se añadió a la muestra 2 gotas de reactivo Hach EGTA y se leyó la absorbancia de magnesio (Mg) a λ=522 nm, se resto la segunda lectura de la primera para obtener la absorbancia de calcio (Ca).

- La concentración de calcio se obtuvo aplicando la siguiente fórmula (Pronaca, 2009):

%(XCa)=YCa(aCa)/bCa*(0,250/Pm)

Donde:

XCa*=Concentración de calcio en porcentaje*

YCa*= Absorbancia de calcio en la solución muestra= (Absorbancia del Ca y Mg-Absorbancia Mg)*

aCa*= Valor de intersección obtenido en la regresión lineal de la curva de calibración del calcio*

bCa*= Valor de la pendiente obtenido en la regresión lineal de la curva de calibración del calcio*

0,250*=Factor de corrección del peso de la muestra*

Pm*= Peso de la muestra en gramos*

2.9.7 Determinación de fósforo (Pronaca, 2009)

Procedimiento:

- En un balón Hach de 100 ml, se añadió 0,25 g. de muestra molida y se agregó 5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98%.
- Se calentó hasta alcanzar la ebullición y el cambio de color a negro intenso.
- Después, de colocar una columna de destilación en la boca del balón, se añadió 1,5 ml de peróxido der hidrógeno (H_2O_2) concentrado.
- Cuando la muestra se aclaró hasta color amarillo, se suspendió el calentamiento de la muestra.
- La muestra se enfrió a temperatura ambiente y luego se aforó la misma hasta los 100 ml con agua destilada.
- Se homogenizó la muestra por agitación y se colocó en un vaso desechable 500 ul de la misma.

- A la alícuota tomada se agregó 23,6 ml de agua destilada, 1 ml de reactivo Hach P1 (fosfito) y 1 ml de reactivo Hach P2 (fosfato), se dejó reaccionar a la muestra por 3 minutos.
- Se leyó la absorbancia de fósforo (P) a λ=de 890 nm y se registró este resultado.
- La concentración de fósforo se obtuvo aplicando la siguiente fórmula (Pronaca, 2009):

$$\%(XP)= YP(aP)/bP*(0,250/Pm)$$

Donde:

XP=*Concentración de fósforo en porcentaje*

YP*= Absorbancia de fósforo en la solución muestra*

aP*= Valor de intersección obtenido en la regresión lineal de la curva de calibración del fósforo*

bP*= Valor de la pendiente obtenido en la regresión lineal de la curva de calibración del fósforo*

0,250*=Factor de corrección del peso de la muestra*

Pm*= Peso de la muestra en gramos*

2.10 Determinación de energía bruta (Pronaca, 2009)

La energía bruta (EB) se define como “la energía liberada en forma de calor cuando un alimento, heces o tejido animal se oxida completamente, quemando totalmente una muestra en una bomba calorimétrica” (Bondi, 1989).

Procedimiento:

- En una cápsula metálica previamente secada y tarada, se pesó 0,5 g de la muestra molida.
- Se colocó la cápsula que contiene la muestra en el compartimiento de la tapa del cilindro de la bomba y se la puso en contacto el alambre de aluminio (10 cm) con la muestra.

- Se cerró de forma hermética la tapa del cilindro y se colocó 30 PSI de oxigeno al mismo para luego introducirlo en la cubeta del equipo que contenía 2 litros de agua destilada previamente refrigerada.
- Se conectó los electrodos de la bomba calorimétrica al cilindro y se cerró la misma.
- Tras colocar la banda agitadora, se midió la temperatura inicial a los cinco minutos, de agitación.
- Se realizó la ignición la muestra durante 15 segundos y luego de 5 minutos se registró la temperatura final.
- Se destapó el cilindro y se lavó con 100 ml agua destilada para recoger los restos de alambre fundido dejando caer estos en un vaso de precipitación.
- Se agregó 5 gotas de rojo de metilo y se tituló con solución de carbonato de sodio al 0,072 N, hasta que el color vire de rosado a amarillo.
- La energía bruta se calculó aplicando la siguiente fórmula (Pronaca, 2009):

$$EB\ (kcal/kg) = (a-b)/Pm$$

Donde:

a=*(Consumo de alambre en mm*2,3)+consumo del bicarbonato en ml*

b=*(Temperatura final-Temperatura inicial en °C)*(2419,72)*

Pm= *Peso de la muestra en gramos*

2,3= *factor de corrección del alambre de aluminio*

2419,72=*energía bruta de una pastilla de ácido benzoico en kcal/kg.*

El dato de energía bruta sirvió para poder calcular la energía metabolizable con la siguiente fórmula:

$$EM=C-((E*F)/D)$$

Donde:

C*=Energía bruta del alimento en kcal/kg*

E= *Energía bruta de las excretas en kcal/kg*

F= *Cantidad de excretas producidas en g.*

D= *Cantidad de alimento ingerido en g.*

2.11 Relación Beneficio/Costo (B/C)

La relación Beneficio/Costo también llamado índice de rendimiento, ayudó a evaluar cuál dieta experimental resulta más rentable para la empresa. Consistió en dividir el valor presente de los ingresos entre el valor presente de los egresos. Se usó la siguiente fórmula para su cálculo (Barros, 2009):

B/C= (Ingresos totales en dólares) / (Egresos totales en dólares)

2.12 Variables de respuesta

Las variables de respuesta se calculan con las siguientes fórmulas:

Tabla 2.8: Variables de respuesta utilizadas en la experimentación

Variable	Fórmula	Descripción
Ganancia de peso final	GP=PF-PI	PI= Peso de los pollos el día de su recepción a la granja PF= Peso de los pollos a los 21 días de edad
Ganancia de peso semanal	$[IP_7] = P_7 - P_0$	Po= Peso inicial en gramos de los pollos el día de su recepción a la granja P= Peso en gramos a los 7, 14 y 21 días de edad
Consumo diario de alimento	CDA=Pr-Re	Pr =gramos del alimento provisto Re= gramos del alimento rechazado
Consumo total de alimento por ave	$[Cons.Total] = \frac{\sum CDA}{\#\ de\ pollitos\ vivos\ en\ cada\ jaula}$	CDA= Consumo diario de alimento
Índice de conversión alimenticia	$[ICA] = \frac{Cons.Total}{[PF - PI]}$	PI= Peso de los pollos el día de su recepción a la granja PF= Peso de los pollos a los 21 días de edad
Porcentaje de mortalidad	$[M] = \left(\frac{\#\ de\ pollos\ muertos}{Total\ de\ pollitos\ en\ cada\ jaula}\right)(100)$	

CAPITULO 3: RESULTADOS

Para obtener una mejor comprensión de este capítulo cabe mencionar que el tratamiento control no tenía inclusión de pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*) ni de enzimas. Mientras que el resto de tratamientos tenían la inclusión de pasta residual en diferentes proporciones 10% (Tratamiento B) y 20% (Tratamiento C) y los dos tratamientos restantes tenían además de la pasta residual en las dos proporciones mencionadas: 10% (tratamiento D) y 20% (Tratamiento E) la inclusión del complejo multienzimático Rovabio Excel AP ® (50 g/TM).

3.1 Granulometría de las dietas experimentales

El tamaño de partícula del balanceado es un factor importante para su aprovechamiento, por ello se determinó en las dietas elaboradas y los resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3.1: Tamaño en micras de las dietas experimentales

Tratamiento	Descripción	Tamaño en micras
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	993,35
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	858,20
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	774,74
Pasta residual molida		583,00

Todos los tratamientos cumplieron con el rango de tamaño deseado mayor a 700 micras requerido para pollos broilers (Javierre, 2008; Juncos, 2010).

3.2 Peso semanal

Se tomó el peso de los pollos semanalmente. En la tabla 3.2 presenta el promedio de peso semanal con el resultado de ANOVA y la prueba de Tukey.

Tabla 3.2: Peso promedio semanal

Tratamiento	Descripción	Peso 7 días (g)	Peso 14 días (g)	Peso 21 días (g)
A	0%*Jatropha*, 0% enzima	144[a]	417[a]	680[a]
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	142[a]	399[a]	662[ab]
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	139[a]	390[a]	637[b]
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	141[a]	407[a]	680[a]
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	140[a]	391[a]	655[ab]
p-valor ANOVA		0,65	0,04	0,03
Coeficiente de Variación (CV)		5,54	4,63	4,49

Prueba de Tukey con alfa=0,95%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

En el análisis ANOVA (Anexo 2) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, no se observa una diferencia significativa (p=0,65), esto quiere decir que no existió una diferencia entre tratamientos en cuanto a la ganancia de peso en la primera semana. Mientras que en la segunda (p=0,04) y tercera semana (p=0,03), se observó una diferencia significativa entre tratamientos (Anexos: 2 y 3).

3.3 Ganancia de peso final

El análisis ANOVA (Anexo 5) y la prueba de Tukey, con un α=0,05 se observa una diferencia significativa (p=0,0053), es decir el peso final alcanzado por los pollos broiler difiere entre tratamientos, los resultados se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Promedio de ganancia de peso final

Tratamiento	Descripción	Medias de peso (g)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA
D	10%*Jatropha*,50 g/tn enzima	737,23 [a]	4,38	0,0053
A	0%*Jatropha*, 0% enzima	733,41 [a]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	710,76 [ab]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	703,02 [ab]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	679,94 [b]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=45,10838;Error: 974,9013;gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.4 Consumo total de alimento

El análisis ANOVA (Anexos 6) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, indica que a lo largo del experimento no se observa una diferencia significativa (p=0,5302), es decir entre tratamientos no existió diferencia en el consumo de alimento, los resultados se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4: Consumo de alimento total de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de consumo total (g)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA
D	10%*Jatropha*,50 g/tn enzima	545,43 [a]	5,18	0,5302
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	533,40 [a]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	530,34 [a]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	529,61 [a]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	521,24 [a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95; DMS=39,82855; Error: 760,0379 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.5 Consumo total de alimento por ave

El análisis ANOVA (Anexo 7) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, permite evidenciar que a lo largo del experimento no se observa una diferencia significativa (p=0,9421), esto expresa que entre tratamientos no existió diferencia en el consumo total de alimento por ave (Tabla 3.5).

Tabla 3.5: Consumo total de alimento por ave de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de consumo (g)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	54,54 [a]	3,82	0,9421
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	54,34 [a]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	54,15 [a]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	54,09 [a]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	53,69 [a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=2,99104; Error: 4,2864; gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.6 Índice de conversión alimenticia

En el análisis ANOVA (Anexo 8) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa (p=0,014) en cuanto al índice de conversión alimenticia entre los tratamientos. El índice de conversión alimenticia indica la cantidad de alimento en kilogramos que necesita el ave para ganar un kilogramo de peso vivo, son mejores aquellos tratamientos que tienen un índice bajo. El tratamiento D (10% de pasta de piñón más enzima) y el tratamiento A (0% de pasta de piñón sin enzima), son los que mejor índice de conversión alimenticia tienen (Tabla 3.6).

Tabla 3.6: Promedio de conversión alimenticia de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de conversión	Coeficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	1,56 [a]	4,29	0,014
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	1,51 [ab]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	1,50 [ab]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	1,46 [b]		
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	1,46 [b]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=0,09274; Error: 0,0041 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.7 Porcentaje de mortalidad

La mortalidad se registró durante todo el experimento en todos los tratamientos. Las causas de mortalidad fueron: caídas desde la jaula, muerte súbita, sacrificados por viruela y canibalismo (Anexo 17).

Se registró un porcentaje total de mortalidad del -1,75% correspondiente a 7/400 pollos. Los resultados se resumen en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7: Porcentaje de mortalidad de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de % mortalidad	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	3,75 [a]	252,54	0,5149
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	2,5 [a]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	1,25 [a]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	1,25 [a]		
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	0 [a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=6,38472; Error: 19,5313 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

En el análisis ANOVA (Anexo 9) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, no se observa una diferencia significativa (p=0,5149) entre los tratamientos, esto quiere decir que no hubo diferencia significativa en cuanto al porcentaje de mortalidad entre los tratamientos utilizados.

3.8 Necropsia

Con la finalidad de evaluar posibles lesiones en órganos se realizó la necropsia de 40 pollos machos, 8 por cada tratamiento.

Las lesiones evaluadas fueron: irritación traqueal, moco en la tráquea, lesiones en los sacos aéreos torácicos y abdominales, hígado pálido, hígado friable, retención del saco vitelino, erosión en la molleja, inflamación proventrículo, irritación intestino, presencia de *Eimeria acervulina*, presencia de *Eimeria máxima,* presencia de *Eimeria tenela,* moco en heces, descamación, partículas en heces, exceso de bilis, pared delgada. Para la variable partículas en heces se observó diferencia significativa (X^2<12), es decir hubo diferencia en la presencia de partículas entre tratamientos, como se puede apreciar en la Tabla 3.8. Mientras que, para el resto de variables de necropsia evaluadas no se obtuvo diferencia significativa (Anexos: 22 y 23).

Tabla 3.8: Prueba cualitativa de Cochran para la variable con diferencia significativa en la necropsia

Posibles lesiones	Ji cuadrado de Cochran (X^2Q)	Nivel de significación
Partículas en heces	12,00	ds

Valor crítico observado en la en la tabla Ji cuadrada $X^2 = 9,49$ con 4 grados de libertad (K-1) y una probabilidad de 0,05 sd: sin diferencia significativa; ds: Diferencia significativa

Para el tamaño de bolsa de Fabricio en la que se tomó como normal el valor de 4 a 5 cm, se encontraron solo valores normales en todos los tratamientos.

3.9 Porcentaje de digestibilidad

Esta variable se analizó con el propósito de obtener los niveles de aprovechamiento de nutrientes. Se consideraron los porcentajes de digestibilidad de humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína, calcio y fósforo.

Esta variable se calculó de forma individual para ello se comparó la cantidad del nutriente ingerido (en porcentaje) presente en la dieta experimental reportada como el consumo individual del día 20 con la cantidad del nutriente excretado (en porcentaje) presente en la proporción individual de heces recolectadas el día 21.

Los datos del balance realizado para obtener el porcentaje de digestibilidad de los nutrientes se detallan en el Anexo 19.

3.9.1 Humedad

En el análisis ANOVA (Anexo 10) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, no se observa una diferencia significativa (p=0.5096) entre los tratamientos, esto quiere decir que no existió una diferencia en cuanto al porcentaje de digestibilidad de humedad (Tabla 3.9).

Tabla 3.9: Porcentaje de digestibilidad de humedad de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de % dig. humedad	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	97,58 [a]	2,95	0,5096
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	97,03 [a]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	96,78 [a]		
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	95,58 [a]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	95,49 [a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=4,10596; Error: 8,0775 ;gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.9.2 Cenizas

Las cenizas son el conjunto de minerales que no arden ni se evaporan. En la tabla 3.10 presenta el porcentaje de digestibilidad de cenizas con el resultado de ANOVA y la prueba de Tukey.

Tabla 3.10: Porcentaje de digestibilidad de cenizas de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de % dig. cenizas	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	55,03 [a]	6,31	<0,0001
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	52,82 [a]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	51,69 [ab]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	47,41 [bc]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	45,70 [c]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=4,60502; Error: 10,1604 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

En el análisis ANOVA (Anexo 11) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa (p=0,0001) entre los tratamientos, esto quiere decir que hubo diferencia significativa en cuanto al porcentaje de digestibilidad de cenizas.

3.9.3 Fibra

En el análisis ANOVA (Anexo 12) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, no se observa una diferencia significativa (p=0,22) entre los tratamientos, esto quiere decir que no hubo diferencia en cuanto al porcentaje de digestibilidad de fibra (Tabla N° 3.11).

Tabla 3.11: Porcentaje de digestibilidad de fibra de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de % dig. de fibra	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	78,59 [a]	5,9	0,22
D	10%*Jatropha,* 50 g/tn enzima	77,01 [a]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	75,24 [a]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	74,48 [a]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	73,82 [a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=6,46781; Error: 20,0429 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.9.4 Grasa

En el análisis ANOVA (Anexo 13) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa (p=0,0058) entre los tratamientos, esto quiere decir que los animales aprovecharon de forma diferente este nutriente en los diferentes tratamientos (Tabla 3.12).

Tabla 3.12: Porcentaje de digestibilidad de grasa de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de % dig. de grasa	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
D	10%Jatropha,50 g/tn enzima	95,32 [a]	1	0,0058
A	0%Jatropha, 0% enzima	95,30 [a]		
B	10%Jatropha, 0% enzima	94,47 [ab]		
C	20%Jatropha, 0% enzima	94,33 [ab]		
E	20%Jatropha,50 g/tn enzima	93,65 [b]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=1,36919; Error: 0,8982; gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.9.5 Proteína

En el análisis ANOVA (Anexo 14) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa (p=0,0001), esto quiere decir que hubo diferencia significativa en cuanto a la digestibilidad de la proteína entre tratamientos, como se observa en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13: Porcentaje de digestibilidad de proteína de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de proteína (en %)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	78,63 [a]	3,53	<0,0001
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	76,45 [ab]		
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	73,32 [bc]		
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	72,98 [bc]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	69,84 [c]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=3,79016; Error: 6,8827; gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.9.6 Calcio

En el análisis ANOVA (Anexo 15) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, no se observa una diferencia significativa (p=0,9614), esto quiere decir que no hubo diferencia en cuanto al porcentaje de digestibilidad del calcio entre los tratamientos, como se puede apreciar en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14: Porcentaje de digestibilidad de calcio de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de calcio (en %)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	92,80 [a]	0,99	0,9614
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	92,61 [a]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	92,60 [a]		
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	92,57 [a]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	92,45[a]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=1,10600; Error: 0,8332 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.9.7 Fósforo

En el análisis ANOVA (Anexo 16) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa (p=0,0001) entre los tratamientos, esto quiere decir que hubo diferencia en cuanto al porcentaje de digestibilidad de este nutriente.

Tabla 3.15: Porcentaje de digestibilidad del fósforo de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Medias de fósforo (en %)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor (ANOVA)
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	3,01 [a]	2	<0,0001
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	2,98 [b]		
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	2,89 [b]		
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	2,89 [b]		
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	2,85 [b]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=0,07067; Error: 0,0034 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.10 Energía metabolizable

La energía metabolizable representa la porción de energía de los alimentos que queda disponible para los procesos metabólicos del animal. Por consiguiente la energía metabolizable proporciona una medida adecuada del valor nutritivo de los alimentos (Bondi 1989).

En el análisis ANOVA (Anexo 24) y la prueba de Tukey, con un α=0,05, se observa una diferencia significativa entre los tratamientos de acuerdo al valor observado en el modelo (p=0,0001) esto quiere decir que hubo diferencia en la

energía que el animal pudo aprovechar para los procesos de su organismo (Tabla 3.16).

Tabla 3.16: Energía metabolizable (kcal/kg) por tratamiento

Tratamiento	Descripción	Medias de peso (g)	Coeficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA Modelo
B	10%Jatropha, 0% enzima	3294,52 [a]	0,55	<0,0001
D	10%Jatropha,50 g/tn enzima	3286,86 [a]		
A	0%Jatropha, 0% enzima	3155,73 [b]		
C	20%Jatropha, 0% enzima	3052,57 [c]		
E	20%Jatropha,50 g/tn enzima	3047,14 [c]		

Prueba de Tukey con alfa=0,95%; DMS=25,30721; Error: 306,8561 gl: 32
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.11 Relación beneficio/costo

Para calcular esta relación se toma en cuenta el total de egresos conformado por: el precio del alimento consumido, la mano de obra, costo consumo de luz y agua y el costo por ave. Mientras que para calcular el total de ingresos se debe tomar en cuenta: el número de pollos vivos, el peso del pollo en kilogramos corregido la mortalidad y el precio del kilogramo. Los resultados se pueden apreciar en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17: Relación costo beneficio de los tratamientos

	TRATAMIENTO				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**
	0%Jatropha, 0% enzima	**10% Jatropha**	**20% Jatropha**	**10%Jatropha y enzima**	**20% Jatropha y enzima**
Total de ingresos	164,28	159,21	152,31	165,14	157,48
Total de egresos	347,62	347,57	347,47	347,80	347,69
Relación Beneficio/Costo (B/C)	0,47	0,46	0,44	0,47	0,45

CAPITULO 4: DISCUSIÓN

4.1 Ganancia de peso

Si se comparan los tratamientos en la primera semana (Tabla 3.2) no se observan diferencia significativa en cuanto a la ganancia de peso. Sin embargo, en la segunda y tercera semana se presenta una diferencia significativa; observándose que en la segunda semana el tratamiento A tiene mayor ganancia de peso pero en la última semana el tratamiento D (10% de pasta residual más 50 g/TM de enzima) iguala al tratamiento control. Si se analiza por otra parte la ganancia de peso final (Tabla 3.3) se puede apreciar que existe una diferencia significativa ($p<0,05$), siendo el tratamiento D aquel que mayor peso final registró en el experimento, superando al control.

Este resultado demuestra que la adición de enzimas junto con la pasta residual de piñón, permite un aumento en la ganancia de peso, lo que coincide con lo reportado por García (2000), Camiruaga *et al.* (2001) y Knight *et al.* (2008) quienes adicionaron enzimas como: β –glucanasas, xilanas, amilasas, fitasas, celulasas, galactosidasas, pectinasas y proteasas, en dietas de pollos de engorde y constataron un incremento en la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

Además, si se contrasta el presente trabajo con el de Aguirre (2011) se puede apreciar que las dietas con diferente nivel de inclusión de pasta (10, 20 y 0%) pero sin ningún complejo multienzimático, no logran igualar ni superar al

tratamiento control A (pasta de soya y maíz) que reporta mejores resultados en ganancia de peso y conversión alimenticia. Mientras que, cuando se utiliza enzimas con la pasta residual de piñón (tratamiento D: 10% de pasta residual más 50 g/TM de enzima) se logra superar en términos de ganancia de peso final al tratamiento control.

El resultado de la ganancia de peso estaría muy relacionado con la digestibilidad de la grasa pues tal como se puede apreciar en la Tabla 3.12 es el tratamiento D (10% de pasta residual más 50 g/TM de enzima) quien muestra una mayor digestibilidad de grasa y por ende mayora ganancia de peso (Tabla 3.3).

4.2 Consumo de alimento

Mediante el análisis de varianza de los tratamientos, no se observa una diferencia significativa en cuanto al consumo de alimento. Este parámetro es un indicador del rendimiento del animal (Cobb, 2008) y se ve influenciado por: la formulación de la dieta, la forma física del balanceado y las condiciones de temperatura y luminosidad del galpón (Aviagen, 2002). Además de la cantidad de energía que contiene (Germat, 2007).

La formulación de la dieta, en este estudio aseguró el consumo homogéneo de las mismas, puesto que el porcentaje de nutrientes fue equilibrado y no hubo deficiencia en cuanto a la cantidad de energía, proteínas, vitaminas y minerales (Tabla 2.1) debido a que la formulación tenía como objeto satisfacer las necesidades nutritivas del animal.

El consumo de alimento esta relacionado con el tamaño de partícula, debido a que las aves tienen en el pico mecano –receptores que permite regulen su consumo alimentario (Pupa y Hannas, 2003), en el experimento todas las dietas cumplieron el requerimiento fijado para pollos de engorde (mayor a 700 micras) (Javierre, 2008; Juncos, 2010). Además, si se analiza la presentación del pienso este fue en polvo en todos los tratamientos utilizados, por estas razones el animal no tuvo predilección por un tratamiento en especial y presentó un consumo similar.

La iluminación está relacionada con el consumo de alimento debido a que el sentido del olfato del animal es bajo pero su sentido visual es más agudo (Aviagen, 2002), todos los animales tuvieron las mismas condiciones 24 horas de luz al día con el fin de estimular el consumo, debido a esto tampoco se observa diferencia entre tratamientos.

El nivel de consumo de alimento está determinado por el contenido energético de la dieta de las aves de engorde, puesto que las aves intentarán consumir más alimento para cubrir su requerimiento de energía metabólica (Germat, 2007). El nivel de energía en la ración parece ser el factor más importante en el consumo del pienso en relación al sentido del gusto en los pollos que parece tener un papel relativamente menor en el mismo (Scott *et al.,* 1973; Lesson *et al.,*2000).

Dentro de la energía que contiene el pienso se puede analizar su composición en grasa, puesto que según Freire y Berrones (2008) las grasas son estimuladoras del apetito, por sus efectos extracalóricos mejoran la palatabilidad y la textura de la ración y los pollos consumen mejor el pienso.

4.3 Índice de conversión alimenticia

El tratamiento D (10% de pasta residual más 50 g/TM de enzima) presentó mejor índice de conversión junto al tratamiento control A (Tabla 3.6). Este resultado confirmó lo enunciado por Beudeker (1996), así como Baas y Thacker (1996) quienes afirmaron que los aditivos como las enzimas mejoran el índice de conversión alimenticia.

Lo observado sugiere que la acción del complejo multienzimático permitió una mejor digestión que se reflejó en la disminución del índice de conversión Según Cortes y Ávila (1997), la acción fisiológica de las enzimas es hidrolizar los enlaces de los polisacáridos no digestibles evitando la formación de geles que producen viscosidad en el lumen intestinal y dificultan la absorción de nutrientes.

La mejora en el índice de conversión alimenticia alcanzado tras adicionar el complejo multienzimático concuerda con lo enunciado por Pinto de Toledo *et al.,* (2007), quienes confirmaron que la utilización de Rovabio Excel AP ® (50 g/ TM) mejora el rendimiento de las aves, traducido como conversión alimenticia. Además, concuerda con lo reportado por De Paz (2007) quien evaluó la combinación natural de más de 17 enzimas producidas por *Penicillium funiculosum* (microorganismo que origina las enzimas utilizadas) y reportó que la utilización de este complejo optimiza el índice de conversión.

4.4 Mortalidad

Un factor influyente en la mortalidad del pollo es su manejo dentro del galpón, puesto que si el animal tiene las condiciones adecuadas de luz, temperatura, agua, alimento y limpieza no contrae ninguna enfermedad que puede causar su muerte. Mediante el análisis de varianza de los tratamientos, no se observa una diferencia significativa ($p>0,05$) en cuanto al porcentaje de

mortalidad que se registró durante todo el experimento. La causa de muerte no se debió a la ingestión de los tratamientos sino a causas externas como: caída desde la jaula, muerte súbita, sacrificados por viruela y canibalismo. Existieron solamente 7 pollos muertos en total, de los 400 pollos que se estudiaron, lo que corresponde al 1,75% de mortalidad total.

Si se analiza de forma independiente cada causa de muerte se puede hablar en primer lugar del síndrome de muerte súbita, conocida también por infarto cardiaco o muerte repentina, esta se registra según Freire y Berrones (2008), a los 3 a 4 días de edad, tal cual como sucedió en el presente investigación y es atribuida a un origen metabólico en el que un desbalance de electrolitos origina fibrilación ventricular izquierda. Algunas investigaciones señalan que las dietas que contienen glucosa como única fuente energética ocasionan una incidencia mayor del síndrome de muerte súbita, comparadas con dietas que contienen almidón o grasa (Lesson *et al.,* 2000) la dieta usada en la presente investigación no era deficiente en fuentes energéticas y este síndrome no se presentó en más de un animal.

Si se analiza la viruela como otra causa de muerte, se puede afirmar que se presentó en los últimos días de experimentación y que el animal que presentaba los síntomas fue sacrificado de forma inmediata para evitar la propagación de la enfermedad mediante contacto. La viruela pudo presentarse porque las aves no estaban vacunadas contra este virus, solo se les administró vacunas contra Marek, Gumboro y con el antibiótico Excenel- Avinew®; como la experimentación se llevó a cabo en un clima caluroso pudo existir la presencia de vectores transmisores de la enfermedad como: zancudos u otros mosquitos que facilitaron su presencia (Hansen, 2001).

En el presente estudio otra causa de mortalidad fue el canibalismo, ocasionado por dominancia debido a que en el galpón se colocaron jaulas mixtas observándose que los animales tenían diferencia en cuanto al tamaño y plumaje.

Se descartaron las otras causas del canibalismo citadas por Phillip (2010) y Agrobit (2012) como: insuficiencia de nutrientes metionina y sal debido a que en las otras jaulas que contenían el mismo tratamiento no se presentó canibalismo; sobrepoblación del galpón, puesto que había 10 pollos en una jaula de 0,1518 m^2 valor que se encuentra dentro del rango permitido que es 34,2 aves por m^2 (Aviagen, 2002); influencia de alimento y agua puesto que la administración de los mismos era diaria; cambios abruptos en el espacio o en las prácticas del manejo, ya que los animales estuvieron en las mismas jaulas y el manejo fue el mismo a lo largo del experimento; intensidad de la luz y temperatura, pues se controló estas variables de acuerdo a parámetros utilizados en la empresa por medio de las luminarias artificiales y las cortinas del galpón.

El porcentaje de mortalidad total registrado en el presente estudio fue del 1.75%, resultado similar al alcanzado por Camiragua *et al.*, (2001), quienes al suplementar enzimas como: celulasas, proteasas, fitasas y beta glucanasas obtuvieron 1,25% en pollos de 0 a 28 días, en las muertes no hubo signos clínicos de enfermedad. Además, concuerda con lo enunciado por Mohamed y Hamza (1991) quienes afirman que los animales alimentados con dietas basadas en maíz amarillo, soya centeno, harina de pescado y harina de hueso pueden presentar porcentajes de mortalidad inferior a 5,56% con suplementación enzimática o sin ella, sin atribuir directamente esta mortalidad a los efectos de las enzimas.

4.5 Variables de necropsia

En las lesiones evaluadas tanto en el tracto respiratorio como en el digestivo no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que permite afirmar que las dietas no afectaron los órganos internos del animal, es

decir que el proceso de detoxificación sugerido por López (2008) utilizado en el presente estudio fue efectivo. Esto se confirmó al aplicar la prueba toxicológica en sangre en la que se evaluaron varias enzimas y metabolitos como: AST (aspartato aminotransferasa), ALT (alanina aminotransferasa), glucosa, creatinina, colesterol y proteínas totales en los que se encontraron niveles dentro del rango normal en el pollo.

Según resultados (Anexo 22) no existió presencia de lesiones en los órganos, lo que concuerda con lo reportado por Aguirre (2011) quien utilizó dietas a base de pasta residual de piñón sin enzimas y no halló diferencias significativas.

Se observan diferencias significativas ($p<0,05$) en cuanto a la presencia de partículas en heces, lo que indica excreción del alimento. Según Hoerr (2005) la presencia de partículas en las heces significa una menor eficiencia de digestión con consecuencias económicas (conversión alimenticia, crecimiento, rendimiento de la canal y costos de producción), pero si se compara los parámetros productivos se puede encontrar que estos no se encuentran afectados en los tratamientos. La presencia de partículas en heces puede deberse en gran parte por la ubicación de las jaulas experimentales que al estar sobrepuestas facilitan que el alimento caiga sobre la jaula inferior, además dentro de la misma jaula los animales al comer derraman parte del alimento que consumen sobre las heces que producen.

4.6 Porcentaje de digestibilidad

Esta variable sirve para obtener los niveles de aprovechamiento de nutrientes y se refiere a la cantidad de alimento que se ha absorbido por la pared intestinal (Barroeta *et al.,* 2009).

Se consideraron los porcentajes de digestibilidad de humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína, calcio y fósforo.

Mediante el análisis de varianza de los tratamientos, no se observó una diferencia significativa ($p>0,05$) en cuanto al porcentaje de digestibilidad de: humedad, fibra y calcio, pero si se observó diferencia significativa en la digestibilidad de: ceniza, grasa, proteína y fósforo.

La ausencia de una diferencia significativa en el porcentaje de digestibilidad de humedad (Tabla 3.9), significa que los pollos consumieron una cantidad similar de agua, al estar expuestos a las mismas condiciones de temperatura en el galpón, el consumo de agua en climas cálidos, como en el caso del experimento, reduce la temperatura corporal, además de ayudar a transportar los nutrientes y los desechos del cuerpo (Nilpour, 2010).

En el análisis del porcentaje de digestibilidad de cenizas, se observó una diferencia significativa entre los tratamientos ($p<0,05$) (Tabla 3.10), siendo el tratamiento control A (0% de pasta sin enzima) el que presentó mayor cantidad de digestibilidad, seguido del tratamiento D (10% de *Jatropha* con enzima), las cenizas constituyen aquellos minerales que no arden ni se evaporan (Pronaca, 2007) y la dieta control presenta mayor digestibilidad de las mismas.

En cuanto al porcentaje de digestibilidad de fibra, mediante el análisis de varianza de los tratamientos no se observó una diferencia significativa ($p>0,05$), (Tabla 3.11) ello indicaría que la digestibilidad de la fibra por acción de las enzimas fibrolíticas no causó diferencia entre tratamientos, esto puede deberse a

que: todas las dietas tenían como ingrediente base el maíz-pasta de soya y los pollos digieren mejor el alto porcentaje de fibra soluble que contiene estas materia primas, puesto que su organismo está adaptado fisiológicamente (Botanical, 1999).

Además, en la pasta residual existe como segundo elemento nutritivo: la fibra, pero las enzimas están ejerciendo mayor acción sobre la proteína, principal componente de la pasta, por ello para la variable digestibilidad de proteína, si se observó una diferencia significativa. Sin embargo, si se compara las medias del porcentaje de digestibilidad del los tratamientos, se puede apreciar que aquellos que presentan enzimas y pasta residual (tratamientos D y E) tienen mayor porcentaje de digestibilidad que aquellos que no contienen enzimas (tratamiento B y C).

En cuanto al porcentaje de digestibilidad de grasa, mediante el análisis de varianza de los tratamientos, se observó una diferencia significativa ($p<0,05$) (Tabla 3.12) entre tratamientos, resultado que concuerda con Aguirre (2011) quien evaluó dietas con la inclusión de pasta residual de piñón al 10 y 20% pero sin enzimas. Si se comparan los tratamientos analizando la Tabla 3.12, se puede afirmar que la mayor digestibilidad de grasa fue en el tratamiento D (10% de pasta residual más enzima) el mismo que arrojó la mayor ganancia de peso registrada en el experimento (Tabla 3.3). Este resultado concuerda con la composición en grasa del tratamiento D que fue originado del tratamiento B (Anexo18), puesto que este tiene mayor porcentaje de grasa que el tratamiento control al poseer maíz pasta de soya y la pasta residual de piñón rica en lípidos por tener restos de aceite y parte de la semilla.

Con respecto al porcentaje de digestibilidad de proteína (Tabla 3.13), mediante el análisis de varianza de los tratamientos, se observó una diferencia significativa ($p<0,05$), resultado que concuerda con Aguirre (2011) que encontró diferencia significativa en cuanto al porcentaje de digestibilidad de proteína, entre tratamientos y el control. Las enzimas actúan frente al substrato correspondiente (Schneiderova, 1997) la pasta residual de piñón, está formada en su mayor parte por proteína (51,43%) lo que indicaría que las proteasas están actuando de mejor manera sobre él. Si se compara el tratamiento E (20% de pasta residual con enzimas) con el C (20% de pasta residual sin enzimas) se confirma que aquel que tiene enzimas presenta un mayor porcentaje de digestibilidad de proteína (Tabla 3.13).

La digestibilidad del calcio no presentó diferencia significativa (Tabla 3.14). si se relaciona este nutriente con el pollo se conoce que el calcio influye en el desarrollo de órganos y células del sistema inmunológico, como la bolsa de Fabricio, que no presentó diferencia significativa en cuanto a su tamaño. Además, el nivel de calcio en la dieta se relaciona con el crecimiento normal, eficiencia alimentaria, salud en las patas y desarrollo óseo (Aviagen, 2002); en la presente investigación estos parámetros fueron normales en las dietas.

En el porcentaje de digestibilidad de fósforo se apreció una diferencia significativa ($p<0,05$) entre tratamientos (Tabla 3.15), siendo el tratamiento B (10% de *Jatropha* sin enzima) el que mayor digestibilidad de este mineral presenta, seguido del tratamiento D (10% de *Jatropha* con enzima), lo que indica que estas dietas pueden volverse una alternativa para incrementar la disponibilidad de fósforo, ya que según Nutrient Requirements of Pountry (1994), el maíz y la soya son materias primas usadas comúnmente en la dieta de pollos de engorde que no logran cumplir los requerimientos del ave.

4.7 Energía metabolizable

Mediante el análisis de varianza aplicado, se evidenció que el tratamiento B (10% de pasta residual sin enzima) es aquel que presenta mayor valor de energía metabolizable (Tabla 3.16), valor que concuerda con los datos obtenidos en el análisis bromatológico en el que este tratamiento presenta el mayor nivel de energía bruta (4088,99 kcal/kg) y de grasa (6,91%) (Anexo 18) concordando con lo enunciado por Matiello (2012) la energía esta disponible en la dieta a través de las grasas, carbohidratos y proteínas.

Según Bondi (1989) la energía metabólica es aquella que dispone el animal para sus funciones metabólicas, se aprecia que el tratamiento B (10% de *Jatropha* sin enzima) es aquel que tiene mayor aporte energético para las funciones metabólicas del animal (Tabla 3.16). Si se comparan las dietas experimentales, el tratamiento D (10% de *Jatropha* con enzima), es el que ocupa el segundo lugar de energía metabolizable, lo que confirma la eficiencia de la enzima en términos de rendimientos energéticos. Esto puede sugerir que los tratamientos B y D cubren de mejor forma los requerimientos energéticos del ave, estos requerimientos según Freire y Berrones (2008) se presentan de acuerdo a la etapa de engorde del animal, su sexo, desempeño productivo, genética y demanda de proteína.

4.8 Relación costo/beneficio

Con lo que se refiere al análisis Beneficio/Costo, Barros (2009) menciona que los beneficios (ingresos) son mayores que los egresos, en consecuencia, el proyecto genera riqueza y es factible ponerlo en marcha. Los tratamientos A (control: maíz y pasta de soya) y D (10% de pasta residual con enzima) son aquellos que generan el mayor valor de relacion beneficio/costo en dólares (Tabla 3.17). Se podría decir que por lo tanto, el tratamiento D sería una buena alternativa de alimentación que logre disminuir los costos de producción, puesto que según Cuca *et al.* (1996) los costos de producción corresponde al: 72% el

alimento, el pollo 18,1%, gas 3,2 %, mano de obra 3,1% y otros 4,5%. Encontrando que, el rubro que tiene mayor influencia en el costo de producción es el alimento.

Además, a pesar de que el tratamiento D (10% de pasta residual con enzima) tiene igual relación beneficio/costo que el tratamiento control A (maíz-pasta de soya) el tratamiento D tiene la ventaja que puede reemplazar de forma parcial a la soya porque cuenta con un elevado porcentaje de proteína y es una materia prima nacional que no se necesita importar a diferencia de la soya.

El resultado del costo/ beneficio concuerda con lo que afirma Ravindran (2010), el uso comercial de enzimas en dietas para aves de corral no es limitado puesto que los costos de inclusión no son altos para esta especie. Es por esta razón que la inclusión del coctel multienzimático junto con la pasta residual, ofrecen ser un elemento un sustituto alimenticio que remplace a la pasta de soya o la harina de pescado, que cada vez se encarecen.

Según Shimada (2003) la alimentación y la nutrición son, sin duda, los aspectos más importantes a considerar, ya que representan cerca del 80% de los costos de producción. Si se compara el costo del tratamiento que contiene 10% de pasta residual de piñón: 0,47 centavos de dólar con el costo de otras materias primas se puede hallar diferentes alternativas detalladas junto con su costo/beneficio: vinaza con 0,16 centavos de dólar (Barrros, 2009); 15% de gallinaza con 1,43 dólares; maíz con 1,45 dólares (Reyes, 2010); torta de palmiste sin enzimas al 6% con 0,60 centavos de dólar (Bermeo *et al.,* 2012), encontrándose mayores y menores relaciones costo/beneficio que la pasta residual. De esto se puede afirmar que depende del productor escoger una

adecuada materia prima basándose en el costo y la disponibilidad que se tenga de la misma y tomando en cuenta que son las materias primas con mayor cantidad de proteína las que reflejan un mayor costo.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

- El tratamiento D con un 10% de inclusión de pasta residual de piñón más el complejo multienzimático Rovabio Excel AP ® presentó mayor porcentaje de digestibilidad de grasa y ocupó el segundo lugar en cuanto a la digestibilidad de ceniza y fósforo.

- El tratamiento D con un 10% de inclusión de pasta residual de piñón más el complejo multienzimático Rovabio Excel AP ® presentó mayor ganancia de peso final.

- El tratamiento D (10% de inclusión de pasta residual de piñón más el complejo multienzimático Rovabio Excel AP ®) logró igualar al tratamiento control A (dieta maíz-soya) en el índice de conversión alimenticia y ocupó el segundo lugar en cuanto a la energía metabolizable.

- El tratamiento D (10% de inclusión de pasta residual de piñón más el complejo multienzimático Rovabio Excel AP ®) y el tratamiento control A (dieta maíz-soya) fueron los mas óptimos en la relación costo/beneficio.

- No se presentaron lesiones en órganos tras la aplicación de una necropsia en los pollos alimentados con los diferentes tratamientos.

- La pasta residual de piñón es una buena fuente de nutrientes como fibra y proteína, sin embargo para su mejor aprovechamiento se añadir el coctel multienzimático.

- La inclusión de la pasta residual de piñón usada junto a enzimas fibrolíticas puede volverse una alternativa para reemplazar la pasta de soya puesto que las enzimas permiten una mejor digestibilidad de los componentes nutritivos como la proteína.

CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

- Se recomienda en futuras investigaciones utilizar un mayor número de animales e incrementar el tiempo de experimentación hasta la edad de 42 días.

- Evaluar los mismos parámetros productivos en un sistema a mayor escala, en galpón comercial.

- Realizar el mismo experimento pero bajo las condiciones ambientales de la región Sierra.

- Se podría realizar el estudio usando un modelo factorial de 3x2 de manera que se aumente un tratamiento control que esté formado por la dieta convencional pasta de soya más maíz con la adición del coctel multienzimático. Sería conveniente evaluar las mismas variables de respuesta, pero con diferentes cantidades de enzima.

- Se podría evaluar las variables de respuesta que se usaron en esta investigación, por sexos separados: machos y hembras.

CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE, R. (2011). Reutilización de la pasta residual de piñón (*Jatropha curcas*), resultante de la extracción de aceite, destinado para la mejora de alimentación de pollos broilers de 0-21 días en la empresa PRONACA S.A. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial y alimentos. Consultado el 10 de Diciembre del 2011. Disponible en: http://dspace.udla.edu.ec/handle/123456789/135

2. AGROBIT (2012). Causa del picoteo y canibalismo. Consultado el 12 de Agosto del 2012. Disponible en: http://www.agrobit.com.ar/Info_tecnica/alternativos/avicultura/AL_000009av.htm

3. AOAC. (1995). Association of Ofificial Analytical Chemists Official Methods. Vol.2. 16 th Edition. Arlington USA.

4. AACC (2001). American Association Of Cereal Chemists Report. Dietary Fiber Definition Committee. The definition of dietary fiber. Cereal Food Wolrd '46' (3): 112-126

5. ANDRADE, V. (2009). Presente y futuro de las oleaginosas en el Ecuador. Centro Iberoamericano de Investigación y Transferencia de Tecnología en

Oleaginosas. PUCE-SI. http://pucesi.edu.ec/files/bookcultivosenergeticos09.pdf

6. ANON. 2001. The Potential of *Jatropha curcas* in rural development and environment protection An Exploration. Concept paper. In: Workshop sponsored by Rockefeller Foundation and Scientific & Industrial Research & Development Centre. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.jatropha.de/ zimbabwe/rf-conf1.htm

7. AVIAGEN. (2002). Manual Ross especificaciones nutricionales. Consultado el 15 de Febrero del 2012. Disponible en: http://www.avicol.com.co/descargas2/Nutritionspecificationbroiler.pdf

8. AVIPUNTA. (2005). Manual de parámetros técnicos: Conversiones y eficiencias. Consultado el 7 de Agosto del 2012. Disponible en: www.avipunta.com/Conversiones_pollos_de_engorde-avipunta.com.htm

9. BAAS, T. & THACKER, A. (1996). Impact of gastric pH on dietary enzyme activity and survivability in swine fed beta- glucanase supplemented diets. Canadian Journal of Animal Science. Department of Animal Science. University of Saskatchewan. Saskatchewan S7N OWO. Canada. 76 : 245-252.

10. BARBADOS, J. (2004). Cría de aves, gallinas ponedoras y pollos parilleros, micro emprendimientos. Buenos Aires, Albatros. pp.34

11. BARROETA, A. IZQUIERDO, D y PÉREZ, J. (2009). Manual de avicultura. UAB. Consultado el 18 de Febrero del 2011. Disponible en: http://minnie.uab.es/~veteri/102629/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf

12. BARROS, V. (2009). Evaluación de un subproducto de destilería de alcohol (vinaza) como aditivo en la alimentación de pollos de engorde. Tesis de grado previo a la obtención de Ingeniero Zootecnista. Consultado el 24 de Abril del 2012. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/63/1/17T0921.pdf

13. BERMEO, M; CABEZAS, R y MAZÓN, E. (2012). Efecto de una enzima en dietas a base en maíz –torta de palmiste en la cría y engorde de los pollos de carne. Consultado el 24 de Abril del 2012. Disponible en: http://www.uteq.edu.ec/facultades/pecuarias/archivos/ensima_palmiste.pdf

14. BEUDEKER, R. (1996). The benefits of enzymes in poultry nutrition. International poultry production. 4: 13-15.

15. BIOVET (2008). Uso de las enzimas en la alimentación animal. Consultado 21 de Noviembre del 2011. Disponible en http://www.biovet-alquermes.com/uploads/434935226ff0299.pdf

16. BIOFERM (2003). Hoja informativa: Rovabio™ Excel: 1 product, 2 commercial presentations. Consultado el 10 de Diciembre del 2011. Disponible en: http://www.bioferm.com/downloads/publikace/Rovabio_Info_2.pdf

17. BISSE, J. (1988) . Árboles de Cuba. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 154.

18. BONDI, A. (1989). Nutrición Animal. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza, España. 546 pp.

19. BOTANICAL. (1999). El maíz como alimento. Consultado el: 27 de Abril del 2012. Disponible en: www.botanical-online.com/maizpropiedades.htm

20. CAMIRUAGA, M; GARCIA, F; ELERA, R.; SIMONETTI, C. (2001). Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maiz o triticale. Departamento de Zootecnia. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. *Cien. Inv. Agr.* 28*(1): 23-36.*

21. CARAVACA, F. (2011). Introducción a la Alimentación y Racionamiento Animal. EUITA. Sevilla. Consultado 13 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Bases_para_la_Alimentaci%C3%B3n_Animal.pdf

22. CARRÉ, B y LACASSAGNE, L. (1992). En: First European Conf. On grain Legumes. Angers, Francia. pp: 479

23. CECCANTINI, M. (2008). Mejor uso de enzimas en dietas de aves. Amevea 2008. Maracibo-Venezuela. Consultado 15 de Noviembre del 2011.

Disponible en http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/mejor_uso_enzimas_dieta_aves_m_ceccanttini.pdf

24. COBB. (2008). Guía del manejo del pollo de engorde. Consultado el: 7 de Agosto del 2012. Disponible en: www.cobb-vantress.com/contactus/brochures/BroilerGuideSPAN.pdf

25. CORTÉS, C y ÁVILA, G. (1997). Evaluación de un complejo enzimático en dietas sorgo – soya para pollos de engorde. In: Memorias del XV Congreso Latinoamericano de Avicultura, del 23 al 26 de Septiembre. Cancún, Quintana Roo. México. pp: 66 - 67.

26. CUCA, M; ÁVILA, E y PRO, M. (1996). Alimentación de las aves. Universidad Autónoma de Chapingo 2da ed. Estado de México. Edit. Montecillo. pp.3, 4, 11, 75.

27. DE LA VELA, J. (2008) *Jatropha*. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en:http://jatrophachile.blogspot.com/2008/08/la-jatropha-curcas-por-jorge-alejandro.html

28. DE PAZ, M. (2007). Evaluación de dos complejos enzimáticos en el comportamiento productivo de pollos de engorde alimentados con una dieta a base de maíz y pastas de soya bajo condiciones comerciales. Tesis de grado para optar al título de Zootecnista. Consultado el 10 de Diciembre del 2011. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/10/10_1047.pdf

29. EROSKI. (2003). Enzimas de los alimentos, sustancias que ayudan a la digestión. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentacion_alternativa/2003/08/22/64658.php

30. FAO. (2008). Cultivo de las plantas medicinales. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.fao.org/Ag/AGL/agll/rla128/iiap/iiap2/CapituloIII-35.htm

31. FREIRE, M y BERRONES, A. (2008). Efecto de diferentes relaciones lisina: energía sobre parámetros zootécnicos en pollos de engorde en altura. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Consultado el 12 de Agosto del 2012. Disponible en: http://www. repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2506

32. GARCÍA, M. (2000). Evaluación de complejos enzimáticos en alimentación de pollos de engorde. Tesis de grado para optar al título de Doctor Ingeniero Agrónomo. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://oa.upm.es/837/1/02200009.pdf

33. GERNAT, A. (2007). Energía en la dieta de pollos de engorde. Ergonomix. Consultado el 12 de Agosto del 2012. Disponible en: www.ergomix.com

34. HANSEN, W. (2001). Avian pox in field manual of wildlife diseases. General fiel procedures and diseases of birds. Division Information and Technology Report 1999-001 US. Departament of the interior and U.S Geological Survey, Washigton D.C. pp.163-169

35. HOERR, F. (2005). El impacto de la destrucción de la integridad intestinal. Consultado el 23 de Abril del 2012. Disponible en: www.midiatecavipec.com/avicultura/avicultura100804.htm

36. HOY. (2009, Octubre 22). Biocombustibles en el país requieren más terrenos. Consultado el 11 de Enero del 2012. Disponible en: http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/biocombustibles-en-el-pais-requieren-mas-terrenos-374190.html

37. JAVIERRE, J. (2010). Granulometría en el alimento balanceado para parilleros. Consultado el 18 de Agosto del 2012. Disponible en: http://www.ergonomix.com

38. JUNCOS, R. (2010). Sitio argentino de producción animal. Memorias del X Congreso Nacional de Producción Porcina. Consultado el 22 de Agosto del 2012. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/libros_on_line/15-ecosistemico.pdf

39. KAZUE, N y ROSTAGNO, H. (2007). Métodos de pesquisa em nutricao de monogástricos. FUNEP. pp.3-16

40. KNIGHT, C.; VÁZQUEZ, M; BRINKHAUS, F.; LÓPEZ, C.; ÁVILA, G.; ARCE, M. (2008). Efecto de la suplementación de enzimas en dietas multigranos sobre el desempeño de pollos de engorda. Consultado 21 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/centros/ceiepav/archivos/aneca_09/Daniel_Camacho.pdf

41. LEESON, S & SUMMERS, J (2001). Nutrition of the chicken. 4th Edition. Published by University Books. Departament of Animal & Poultry Science. University of Guelph, Ontano Canadá. pp. 39.

42. LEESON, S; SUMMERS, J y DIAZ, G. (2000). Nutrición aviar comercial. Primera edición. Editorial Le Print Club Express. Bogotá. Pp.43,213,220,227,229,240,241,248,251.

43. LOPÉZ, P. (2008). Alternativa para la detoxificación de tortas de *Jatropha curcas* a escala laboratorio para su empleo en alimentación animal. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero de procesos. Medellín. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/TRABAJO_DE_GRADO.pdf

44. MAKKAR, H.& BECKER,K. (1998). Potential of *Jatropha curcas* seed meal as a protein supplement to livestock feed, constraints to its utilisation and possible strategies to overcome Biofuel and Industrial Products from *Jatropha curcas.* Dbv-Verlag Univ. Graz, p. 190-205.

45. MARTÍNEZ J.; MARTÍNEZ, A.; DÁVILA, G. (2010). El piñón mexicano (*Jatropha curcas l.)* fuente de energía renovable. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EO/CBO-18.pdf

46. MARTINEZ, J (2012). El piñón una planta nativa de México con potencial alimentario y agroindustrial. Consultado el 16 de Septiembre del 2012. Disponible en: http://hypatia.morelos.gob.mx./No12/pinon.html

47. MATEOS, G.; LAZARO, R; GONZALEZ-ALVARADO, J.M; JIMENEZ, E; VICENTE, B. (2006). Efectos de la fibra dietética en piensos de iniciación para pollitos y lechones, XXI curso de especialización FEDNA., Universidad Politécnica de Madrid. Consultado 13 de Noviembre del 2011. Disponible en http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/06CAP_III.pdf

48. MATIELLO, R. (2012). Alimentación y nutrición en aves de jaula. Facultad de Ciencias Veterinarias. Consultado el 24 de Abril del 2012. Disponible en: www.grupo-inn.net/Nutricion.pdf

49. MAYNARD, L.; LOOSLI, J.; HINTZ, H. y WARNER, R. (1981). Nutrición Animal. México. Mc Graw-Hill. Séptima edición. pp 640.

50. MÉNDEZ, A; CORTÉS, A; FUENTE, B; LÓPEZ, C; ÁVILA, E. (2009). Complejo enzimático en dietas sorgo+soya sobre la digestibilidad ileal de aminoácidos, energía metabolizable y productividad en pollos. Técnica Pecuaria en México, 47 (1): 15-25.

51. MIDIADIGITAL, S.C. (2010). Rovabio: una breve descripción de sus múltiples ventajas. Consultado 10 de Diciembre del 2011. Disponible en (MidiaDigital, 2010). http://www.midiatecavipec.com/avicultura/avicultura010305.htm

52. MOHAMED, M. & HAMZA, A. (1991). Using enzyme preparations in corn-soybean meal broiler rations. Egyptian Journal of Animal Production 28: 245-254.

53. MUNENE, F. (2006). Nuevos alimentos para pollos. Consultado 15 de Julio del 2012. Disponible en: http://idrinfo.idrc.ca/archive/reportsintra/pdfs/v13n2s/115035.pdf

54. NEVES, P. (2004). Perfil bioquímico de frangos de corte experimentalmente intoxicados com aflatoxina com e sem a adicao de montmorilonita sódica na dieta alimentar. Tesis de grado para optar al título de Máster en Medicina Veterinaria, Brasil. Consultado 28 de Febrero del 2011. Disponible en: http://coralx.usfm.br/ppgmv/Patricia%20Neves%20Batina.pdf

55. NILPUR, A. (2010). Conceptos de la cría del pollo: agua. El sitio avícola. Consultado 12 de Agosto. Disponible en: http://www.elsitioavicola.com/articles/1793/conceptos-de-la-craa-del-pollo-agua

56. PHILLIP, J. (2010). Cannibalism: Prevention and Treatment. Poultry Extension Specialis, Animal and poultry sciences. Consultado el 12 de Agosto del 2012. Disponible en: http://pubs.ext.vt.edu/2902/2902-1095/2902-1095.html

57. PINTO DE TOLEDO, G; TABAJARA, P.; SILVA, J.; CECCANTINI, M.; y POLETTO, C. (2007). Pollos alimentados con dietas con diferentes densidades de nutrientes complementadas con las enzimas. Ciencia Rural. Vol 37: 2.

58. PRONACA. (2009). Protocolos modificados de la AOAC usados en el Laboratorio de Aseguramiento de la calidad Planta de Quevedo.

59. PROSKY L, ASP NG, SCHWEIZER, T F, DEVRIES, J W, FURDA I. (1988). Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of Association of Official Analytical Chemists* **71** (5): 1017-1023

60. PUJOL, S. (2011). La fibra vegetal. Consultado 13 de Noviembre del 2011. Disponible en: www.pujoltorguet.cat/en/Veterinarians-from.../La-fibra-vegetal.html.

61. PUPA, J y HANNAS. (2003). Reduciendo el costo de producción animal a través de la adecuación de la granulometría de los alimentos balanceados. Consultado 13 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.allnutri.com.br/informativoE/informativo2_espanhol.PDF

62. QUISPE, E. (2003). La fibra. Consultado el 15 de febrero del 2012. Disponible en: http://elmerq.pe.tripod.com/aliment.htm

63. RAVINDRAN, V. (2010). Aditivos en la alimentación animal: presente y fututo. Institute of Food, Nutrition and Human Health. Curso de especialización FEDNA. Consultado el 14 de Julio del 2012. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/44-10CAP_I.pdf

64. REARDON, J (2012). Densidad nutritiva de los alimentos. FDA. Consultado el 12 de Agosto del 2012. Disponible en: www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/DensidadNutritivadelosAlimentos.pdf

65. REYES, J. (2010). Incorporación de gallinaza como un ingrediente para dietas alimenticias de gallinas ponedoras Isa Brown (*Gallus gallus*). Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Consultado 12 de Agosto del 2012. Disponible en:http://www.bibdigital.epn.ec/bitstream/15000/2321/1/CD-3064.pdf

66. RÍOS, S. (2009). Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de complejos enzimáticos en dietas basadas en maíz y soya. Tesis para la obtención del título de medico Veterinario. Consultado el 14 de Julio del 2012. Disponible en: http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/692/1/93544.pdf

67. SAG. (2011). Fortalezas del piñón como fuente para la producción de combustible. Consultado el 15 de febrero del 2012. Disponible en: http://www.sag.gob.hn/index.php?Itemid=116&id=1786&option=com_content&task=view

68. SCHANG, M. (2008). La calidad de los alimentos, la reducción de costos y el empleo de enzimas. Alltech. Primer Pre-Congreso de enzimas. Maracaibo-Venezuela. 21 de Mayo del 2008.

69. SCHULTES,R & RAFFAUF, R. (1990).The healing forest: Medicinal and toxic plant of the Northwest Amazonia (Historical, Ethno-& Economic Botany. Discorides Press, Portland, Oregon, USA. Vol.2: 484.

70. SCOTT, M; NESHEIM, M y YOUNG, R. (1973). Alimentación en las aves. Primera edición. Editorial GEA. Barcelona. pp.24, 50, 379-383.

71. SHIMADA, A. (2003). Nutrición animal. 1 ra edición. Editorial Trillas. México D.F. pp.17-361.

72. SOTOLONGO, J.; BEATÓN, P; DÍAZ, A.; MONTES, S.; DEL VALLE, Y.; GARCÍA, S. (2011). Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* l en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de guantánamo. *Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible (CATEDES), Cuba.* Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar18/HTML/articulo04.htm

73. SURIGUEZ, M. (2004). Factoría Virtual de Proyectos, S.L. Dietas.NET - Canal Nutrición - La fibra alimentaria. Consultado el 15 de Abril. Disponible en: http://www.dietas.net/nutricion/los-carbohidratos/la-fibra-alimentaria.html

74. THACKER, P., CAMPBELL,G.: GROOTWASSINK, J. (1991). The effect of enzime supplementation on the nutritive value of rye-based diets for swine. Canadian Journal of Animal Science 71: 489-496.

75. TORAL, O; IGLESIAS, J.M.; MONTES DE OCA, S.; SOTOLONGO, J.A.; GARCÍA, S.; TORSTI, M. (2008). *Jatropha curcas L.,* una especie arbórea con potencial energético en Cuba. Pastos y Forrajes Pastos y Forrajes. 31(3):191-207. ISSN 0864-0394. Consultado el 19 de Noviembre del 2011. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000300001

76. TORRES, C. (2007). *Jatropha curcas*: desarrollo fisiológico y técnico. En: Boletín CUBAENERGÍA. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. La Habana, Cuba. 7 p. Disponible en: http://www.cubaenergia.cu/. Consulta: mayo 2008

77. URRESTA, B. (2010). Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) en dietas para pollos de engorde. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. pp. 17-21.

78. VIJEYTA, A., VADLAMUDI, V., KOLEY, K., AWASTHY, B. & SINGH, K. (2010). Biochemical changes after short-term oral exposure of *Jatropha curcas* seeds in Wistar rats. Toxicol International 17(2): 67-70.

79. ZONADIET. (1999). Fibras Alimentarias. Consultado el 17 de febrero del 2011. Disponible en: http://www.zonadiet.com/alimentacion/l-fibras.htm

ANEXOS

Anexo 1: Clasificación de los carbohidratos según el grado de polimerización (DP*) según la FAO-OMS

Clase (DP*)	Subgrupo	Componentes
Azúcares (1-2)	Monosacáridos, Disacáridos, Polioles	Glucosa, galactosa, fructosa, sacarosa, lactosa, trehalosa, sorbitol, manitol
Oligosacáridos (3-9)	Malto-oligosacáridos	Maltodextrinas
	Otros oligosacáridos	Rafinosa, esquiosa, fruto-oligosacáridos
Polisacáridos	Almidón	Amilosa, amilopectina, almidones modificados.
	Polisacáridos no amiláceos	Celulosa, hemicelulosa, pectina, hidrocoloides

Fuente: Unidad de nutrición dietética e investigación. http://www.clinicaindautxu.com/nutricion/pdfs/Hidratos.pdf

Anexo 2: ANOVA-Peso a los 7 días

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	411,88	7	58,84	0,96	0,4747	40	0,17	0	5,54
Batería	258,5	3	86,17	1,41	0,2581				
Tratamiento	153,1	4	38,28	0,63	0,6474				
Error	1956,64	32	61,14						
Total	2368,52	39							

Anexo 3: ANOVA-Peso a los 14 días

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	5089,57	7	727,08	2,11	0,0715	40	0,32	0,17	4,63
Batería	1151,96	3	383,99	1,11	0,3584				
Tratamiento	3769,38	4	942,35	2,73	0,0462				
Error	11043,28	32	345,10						

Anexo 4: ANOVA-Peso a los 21 días

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	985155,12	7	140736,45	158,7	<0,0001	40	0,97	0,97	4,49
Tratamiento	10759,11	4	2689,78	3,03	0,0315				
Batería	974415,3	3	324805,1	366,3	<0,0001				
Error	28373,25	32	886,66						
Total	1013528,38	39							

Anexo 5: ANOVA-Ganancia de peso final

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	22205,31	7	3172,19	3,25	0,0101	40	0,42	0,29	4,38
Tratamiento	17587,37	4	4396,84	4,51	0,0053				
Batería	4665,03	3	1555,01	1,6	0,2099				
Error	31196,84	32	974,9						
Total	53402,15	39							

Anexo 6: ANOVA-Consumo total de alimento

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	5842,99	7	834,71	1,1	0,3878	40	0,19	0,02	5,18
Batería	3391,03	3	1130,34	1,49	0,2366				
Tratamiento	2451,97	4	612,99	0,81	0,5302				
Error	24321,21	32	760,04						
Total	30164,21	39							

Anexo 7: ANOVA-Consumo total de alimento por ave

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	13,01	7	1,86	0,43	0,8737	40	0,09	0	3,82
Tratamiento	3,25	4	0,81	0,19	0,9421				
Batería	9,76	3	3,25	0,76	0,5253				
Error	137,16	32	4,29						
Total	150,18	39							

Anexo 8: ANOVA-Conversión alimenticia

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	0,08	7	0,01	2,91	0,0179	40	0,39	0,26	4,29
Tratamiento	0,06	4	0,02	3,69	0,014				
Batería	0,02	3	0,01	1,87	0,1548				
Error	0,13	32	4,10E-03						
Total	0,22	39							

Anexo 9: ANOVA- Porcentaje de mortalidad

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	152,5	7	21,79	1,12	0,3777	40	0,2	0,02	253
Tratamiento	65	4	16,25	0,83	0,5149				
Batería	87,5	3	29,17	1,49	0,235				
Error	625	32	1,95E+01						
Total	777,5	39							

Anexo 10: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad humedad

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	35,96	7	5,14	0,64	0,7228	40	0,12	0	2,95
Batería	8,78	3	2,93	0,36	0,7806				
Tratamiento	27,18	4	6,79	0,84	0,5094				
Error	258,48	32	8,08E+00						
Total	294,44	39							

Anexo 11: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de cenizas

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	514,89	7	73,56	7,24	<0,0001	40	0,61	0,53	6,31
Batería	35,63	3	11,88	1,17	0,3368				
Tratamiento	479,26	4	119,81	11,79	<0,0001				
Error	325,13	32	1,02E+01						
Total	840,02	39							

Anexo 12: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de fibra

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	210,46	7	30,07	1,5	0,2027	40	0,25	0,08	5,9
Batería	88,67	3	29,56	1,47	0,24				
Tratamiento	121,79	4	30,45	1,52	0,22				
Error	641,37	32	2,00E+01						
Total	851,83	39							

Anexo 13: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de grasa

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	18,76	7	2,68	2,98	0,0158	40	0,39	0,26	1
Batería	2,84	3	0,95	1,05	0,3821				
Tratamiento	15,92	4	3,98	4,43	0,0058				
Error	28,74	32	9,00E-01						
Total	47,5	39							

Anexo 14: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de proteína

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	375,43	7	53,63	7,79	<0,0001	40	0,63	0,55	3,53
Tratamiento	367,46	4	91,87	13,35	<0,0001				
Batería	7,97	3	2,66	0,39	0,7638				
Error	220,25	32	6,88E+00						
Total	595,68	39							

Anexo 15: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de calcio

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	5,12	7	0,73	0,88	0,5341	40	0,16	0	0,99
Tratamiento	0,5	4	0,13	0,15	0,9614				
Batería	4,62	3	1,54	1,85	0,1581				
Error	26,66	32	8,30E-01						
Total	31,79	39							

Anexo 16: ANOVA- Porcentaje de digestibilidad de fósforo

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	0,2	7	0,03	8,42	<0,0001	40	0,65	0,57	2
Tratamiento	0,16	4	0,04	11,74	<0,0001				
Batería	0,04	3	0,01	3,98	0,0162				
Error	0,11	32	3,40E-03						
Total	0,31	39							

Anexo 17: Registro de mortalidad y sus causas

Día	Jaula	N° pollos	Causa
1	40-C	1	Muerte súbita
2			
3	4-A	1	Muerte súbita
	36-C	1	Muerte súbita
4	5-B	1	Muerte súbita
	5-B	1	Sacrificado por canibalismo
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18	25-E	1	Sacrificado por viruela
19	6-C	1	Caída desde la jaula
20			
21			
	TOTAL	7	

Anexo 18: Resultados del análisis bromatológico realizado a las dietas experimentales y pasta residual de piñón

Tratamiento	Humedad en %	Grasa en %	Ceniza en %	Proteina Kjeldahl en %	Fibra cruda en %	Calcio Hach en %	Fósforo Hach en %	Energia (kcal/kg)
A (0% pasta residual de piñón)	11,63	6,16	5,33	22,57	2,16	0,96	0,61	3967,59
B (10% pasta residual de piñón)	11,63	6,91	6,32	23,06	2,38	1,06	0,67	4088,99
C (20% pasta residual de piñón)	11,62	7,16	5,94	23,62	2,59	1,04	0,66	4076,97
Pasta residual de piñón	7,86	0,39	11,4	50,38	9,52	0,78	1,35	3863,19

Anexo 19: Balance para el cálculo de coeficiente de digestibilidad

Batería	Tratamiento	Peso consumo individual (g)	% del nut. en el alimento	Ingesta nutriente	Peso de heces individual corregido mortalidad (g)	% de nut. en heces	Excreción nutriente	% de digestibilidad
1	A	75,90	0,96	0,73	15,18	0,40	0,06	91,73

Anexo 20: Análisis toxicológico de sangre realizado en 40 machos al día 22

Tratamiento	Glucosa (mg/dl)		Creatinina (mg/dl)		Colesterol (mg/dl)	
	Valor promedio	**Valor de referencia**	**Valor promedio**	**Valor de referencia**	**Valor promedio**	**Valor de referencia**
A	177,9	164-345	0,8	0,1-0,5	117,7	76-296
B	182,3	164-345	0,9	0,1-0,5	99,3	76-296
C	166,3	164-345	1,5	0,1-0,5	108,2	76-296
D	217,0	164-345	0,8	0,1-0,5	90,9	76-296
E	204,4	164-345	0,79	0,1-0,5	90,4	76-296
Tratamiento	**ALT (U/L)**		**AST (U/L)**		**Proteínas totales (mg/dl)**	
	Valor promedio	**Valor de referencia**	**Valor promedio**	**Valor de referencia**	**Valor promedio**	**Valor de referencia**
A	4,0	0-12	151,1	111-299	3,5	2,6-7,3
B	4,6	0-12	176,3	111-299	3,5	2,6-7,3
C	6,4	0-12	165,7	111-299	3,6	2,6-7,3
D	4,6	0-12	167,4	111-299	3,6	2,6-7,3
E	4,6	0-12	179,5	111-299	3,8	2,6-7,3

Fuente: *Análisis realizado por Lab Vet, 2012*

Anexo 21: Prueba y fórmula de Cochran

La prueba Q de Cochran es una técnica estadística, extensión de la prueba de McNemar, que se utiliza en los modelos experimentales con tres o más muestras dependientes o relacionadas entre sí, es decir, esta población sirve como su propio control, en el que existe un período previo y otro ulterior; además, el tipo de escala debe ser nominal.

El valor calculado en la prueba Q de Chochran se distribuye igual que la ji cuadrada, por lo cual el símbolo utilizado será X^2_Q. La ecuación es la siguiente:

$$X^2_Q = \frac{(K-1)\,[K\,\Sigma\,Gn^2 - (\Sigma\,Gn)^2]}{K\,\Sigma\,Lc - \Sigma\,Lc^2}$$

Donde:
X^2_Q = estadístico ji cuadrada de la prueba Q de Cochran.
K = número de tratamientos.
Gn = número total de respuestas de cambio de cada tratamiento o columna.
Lc = número total de respuestas de cambio por individuo de la muestra o hileras

Pasos:

1. Arreglar la muestra individualmente con sus respuestas de cambio.
2. Efectuar las sumatorias de cambios por cada tratamiento o columna (Gn y S Gn).
3. Efectuar la sumatoria de cambios por cada hilera y elevarla al cuadrado y, a su vez, las sumatorias de éstas (S Lc y S Lc^2).
4. Aplicar la fórmula de la prueba Q de Cochran, de modo que se obtenga el valor X^2_Q.
5. Calcular los grados de libertad (gl) con K tratamientos -1.
6. Comparar el estadístico X^2_Q obtenido con respecto a los gl en la distribución de ji cuadrada.
7. Decidir si se acepta o rechaza la hipótesis.

Fuente: *http://members.fortunecity.com/bucker4/estadística/pruebaqc3md.htm*

Anexo 22: Prueba cualitativa de Cochran para variables no paramétricas de necropsia

Posibles lesiones	Ji cuadrado de Cochran (X^2Q)	Nivel de significación
Irritación en tráquea	3,69	sd
Lesión en sacos aéreos abdominales	3,00	sd
Hígado pálido	4,00	sd
Hígado friable	8,50	sd
Inflamación proventrículo	3,78	sd
Irritación intestino	8,57	sd
Descamación	8,00	sd
Pared delgada	5,00	sd
Retención saco vitelino	6,67	sd
Partículas en heces	12,00	ds

Valor crítico observado en la en la tabla Ji cuadrada $X^2 = 9,49$ con 4 grados de libertad (K-1) y una probabilidad de 0,05 sd: sin diferencia significativa; ds: Diferencia significativa

Anexo 23: Prueba cuantitativa de Friedman para la variable no paramétrica erosión de molleja

Tratamiento	Descripción	Suma de rangos	Media de rangos	p
B	10%*Jatropha,* 0% enzima	19,5	2,44 [a]	0,602
D	10%*Jatropha,*50 g/tn enzima	23	2,88 [a]	
E	20%*Jatropha,*50 g/tn enzima	25	3,13 [a]	
A	0%*Jatropha,* 0% enzima	26	3,25 [a]	
C	20%*Jatropha,* 0% enzima	26,5	3,31 [a]	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,050)

Anexo 24: ANOVA- Energía metabolizable

Fuente de variación (F.V)	Suma de cuadrados (SC)	Grado de libertad (gl)	Cuadrado medio (CM)	F	p-valor	N	R^2	R^2 Aj	CV
Modelo.	466821,66	7	66688,81	217,33	<0,0001	40	0,98	0,97	0,55
Tratamiento	1108,96	3	369,65	1,2	0,3238				
Batería	465712,69	4	116428,17	379,42	<0,0001				
Error	9819,4	32	3,07E+02						
Total	476641,05	39							

Anexo 25: Glosario

Alcaloide: metabolito secundario de las plantas sintetizados a partir de aminoácidos.

Arabinoxilanos: polisacáridos formados por xilosa y arabinosa.

Beta-glucanos: polisacáridos que componen la celulosa que forma parte de las paredes celular vegetal.

Biodiesel: biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales.

Celulosa: polisacárido que constituye las células vegetales.

Compuestos cianogénicos: son glucósidos que al ser hidrolizados pueden liberar ácido cianhídrico o cianógeno.

Digestible: que se puede digerir.

Duodeno: parte inicial del intestino delgado que lo une con el estómago y donde vierten sus jugos el hígado y el páncreas.

Enzimas endógenas: enzimas producidas por el animal en diferentes partes del tracto intestinal, su cantidad depende de la especie y la edad.

Enzimas exógenas: enzimas suplementadas en el alimento, su origen es fúngico ó bacteriano.

Energía metabolizable: energía que el animal usa para sus funciones metabólicas.

Ésteres de forbol: alcaloides potentes promotores tumorales que causan una variedad de cambios fisiológicos y provocan un efecto purgante.

Glucosinolatos: glucósidos metabolitos secundarios de las plantas.

Hidrolizar: dícese del proceso que sufren las sustancias cuando interactúan con el agua, bien descomponiéndose, disolviéndose o modificando su estructura.

Hemicelulosa: heterosacárido formado por xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucorónico.

Infecciones entéricas: infección causada por un grupo de bacterias gran negativas que viven en el intestino de los animales.

Inhibidor de tripsina: péptido que inhibe o enmascara el lugar activo de la molécula de tripsina.

Lectina: proteína que se unen en forma multivalente a hidratos de carbono.

Lignina: polímero presente en las paredes celulares de plantas y algunos protistas.

Monogástricos: aquel que tiene un solo estómago.

Oligosacáridos: polímero formado a base de monosacáridos unidos por enlaces O-glucosídicos, con un numero de unidades monoméricas entre 2 y 10.

Pectinas: polisacárido componente de la pared celular de frutas y verduras

Pienso: balanceado formulado.

Ralentizar: hacer más lento un proceso o una actividad, lentificar.

Sapogeninas: aglicona que se obtiene después de la hidrolisis de una saponina.

Taninos: metabolito secundario de las planta, fenólico no nitrogenado, hidrosoluble.

Toxoalbúminas: fitotoxina altamente tóxica, presente en las semillas.

Xilano: polisacárido líneal que compone hemicelulosa que forma parte de las paredes de las celular de frutas, tallos de plantas y las cáscaras de granos