



“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”

Verónica Alexandra Granda Paz

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.

INTRODUCCIÓN

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).

METODOLOGÍA

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 121°C,

para eliminar la humedad y posibles micotoxinas presentes.

Tratamiento húmedo: se agregó agua a 40 °C 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. Después se sometió 1.5 horas a cocción en un horno a 121°C, se dejó reposar, se eliminó el sobrenadante y se dejó secar a 100°C 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. Después se tapó, se dejó reposar, se retiró el etanol sobrenadante y se secó en la estufa a 74°C.

Molienda de la pasta residual

Antes de elaborar las dietas experimentales se molió la pasta residual de piñón detoxificada para: reducir la dimensión de partícula y alcanzar un tamaño mayor a 700 micras. Además, obtener una granulometría uniforme, favorecer la mezcla y disminuir la segregación al trasladarse (Aguirre, 2011).

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 1. Materia primas utilizadas en la formulación

<i>Materia prima</i>	<i>Tratamiento A</i>	<i>Tratamiento B</i>	<i>Tratamiento C</i>
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 tenía 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 todas las dietas preparadas.

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.

Programa de manejo

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). 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.

Administración de alimento y agua

Las dietas experimentales y el agua fueron provistas por 21 días, el consumo fue a voluntad.

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. 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

Recolección, pesado y secado de las heces

Para la recolección y pesado de las heces 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 (Aguirre, 2011).

Las heces fueron ubicadas en la estufa para su secado a 115°C (Pronaca, 2009) durante 3 días 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.

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, la sangre se depositó en un tubo sin anticoagulante, posteriormente las muestras fueron analizadas mediante las pruebas de: AST (aspartato aminotransferasa), ALT (alanina aminotransferasa) (Vijeya 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.

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*.

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 (AOAC, 1995).

Energía metabolizable

La determinación de energía metabolizable se realizó con la bomba calorimétrica siguiendo el protocolo de Pronaca (2009).

RESULTADOS

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. Tamaño en micras de las dietas experimentales

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

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coficiente de variación

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

Peso semanal

Se tomó el peso de los pollos semanalmente. En la tabla 4 se presenta el promedio de peso semanal con el resultado de ANOVA y la prueba de Tukey.

Tabla 4. Peso promedio semanal

Tratamiento	Peso 7 días (g)	Peso 14 días (g)	Peso 21 días (g)
A	144 ^a	417 ^a	680 ^a
B	142 ^a	399 ^a	662 ^{ab}
C	139 ^a	390 ^a	637 ^b
D	141 ^a	407 ^a	680 ^a
E	140 ^a	391 ^a	655 ^{ab}
p-valor ANOVA	0,65	0,04	0,03
Coefficiente de Variación (CV)	5,54	4,63	4,49

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coefficiente de variación

En el análisis ANOVA (Anexo 2) y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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.

Ganancia de peso final

El análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$ 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 5.

Tabla 5. Promedio de ganancia de peso final

Tratamiento	Medias de peso (g)	CV	p-valor ANOVA
D	737,23 ^a	4,38	0,0053
A	733,41 ^a		
B	710,76 ^{ab}		
E	703,02 ^{ab}		
C	679,94 ^b		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coefficiente de variación

Consumo total de alimento

El análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 6.

Tabla 6. Consumo de alimento total de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Medias de consumo total (g)	CV	p-valor ANOVA
D	545,43 ^a	5,18	0,5302
E	533,40 ^a		
B	530,34 ^a		
A	529,61 ^a		
C	521,24 ^a		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coeficiente de variación

Consumo total de alimento por ave

El análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 7).

Tabla 7. Consumo total de alimento por ave de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Medias de consumo (g)	CV	p-valor ANOVA
D	54,54 ^a	3,82	0,9421
B	54,34 ^a		
C	54,15 ^a		
E	54,09 ^a		
A	53,69 ^a		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coeficiente de variación

Índice de conversión alimenticia

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 8).

Tabla 8. Promedio de conversión alimenticia de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Medias de conversión	CV	p-valor ANOVA
C	1,56 ^a	4,29	0,014
E	1,51 ^{ab}		
B	1,50 ^{ab}		
A	1,46 ^b		
D	1,46 ^b		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coeficiente de variación

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. Se registró un porcentaje total de

mortalidad del -1,75% correspondiente a 7/400 pollos. Los resultados se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de mortalidad de los diferentes tratamientos

Tratamiento	Vedias de % mortalidad	CV	p-valor (ANOVA)
C	3,75 ^a	252,54	0,5149
B	2,5 ^a		
E	1,25 ^a		
A	1,25 ^a		
D	0 ^a		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coefficiente de variación

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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.

Necropsia

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 10. Mientras que, para el resto de variables de necropsia evaluadas no se obtuvo diferencia significativa.

Tabla 10. 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

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coefficiente de variación

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.

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.

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.

En el análisis ANOVA la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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.

Tabla 11. Porcentaje de digestibilidad de cenizas de los tratamientos

Tratamiento	Medias de % dig. cenizas	CV	p-valor (ANOVA)
A	55,03 ^a	6,31	<0,0001
D	52,82 ^a		
B	51,69 ^{ab}		
C	47,41 ^{bc}		
E	45,70 ^c		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coeficiente de variación

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 12).

Tabla 12. Porcentaje de digestibilidad de grasa de los tratamientos

Tratamiento	Medias de % dig. de grasa	CV	p-valor (ANOVA)
D	95,32 ^a	1	0,0058
A	95,30 ^a		
B	94,47 ^{ab}		
C	94,33 ^{ab}		
E	93,65 ^b		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coeficiente de variación

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 13.

Tabla 13. Porcentaje de digestibilidad de proteína de los tratamientos

Tratamiento	Medias de proteína (en %)	CV	p-valor (ANOVA)
E	78,63 ^a	3,53	<0,0001
C	76,45 ^{ab}		
D	73,32 ^{bc}		
B	72,98 ^{bc}		
A	69,84 ^c		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coficiente de variación

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 14. Porcentaje de digestibilidad del fósforo de los tratamientos

Tratamiento	Medias de fósforo (en %)	CV	p-valor (ANOVA)
B	3,01 ^a	2	<0,0001
D	2,98 ^b		
C	2,89 ^b		
E	2,89 ^b		
A	2,85 ^b		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coficiente de variación

Energía metabolizable

En el análisis ANOVA y la prueba de Tukey, con un $\alpha=0,05$, 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 15).

Tabla 15. Energía metabolizable (kcal/kg) por tratamiento

Tratamiento	Medias de peso (g)	Coficiente de variación (CV)	p-valor ANOVA Modelo
B	3294,52 ^a	0,55	<0,0001
D	3286,86 ^a		
A	3155,73 ^b		
C	3052,57 ^c		
E	3047,14 ^c		

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima. CV=Coficiente de variación

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 16.

Tabla 16. Relación costo beneficio de los tratamientos

	TRATAMIENTO				
	A	B	C	D	E
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

A=0% de pasta y 0 de enzima; B=10% de pasta y 0 de enzima; C=20% de pasta y 0 de enzima; D= 10% de pasta y 50 g/TM de enzima; E=20% de pasta y 50 g/TM de enzima.

DISCUSIÓN

Si se comparan los tratamientos en la primera semana (Tabla 4) 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 5) 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 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 mayor ganancia de peso (Tabla 5).

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) 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.

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 digeribles 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.

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 Agrobot (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 m² valor que se encuentra dentro del rango permitido que es 34,2 aves por m² (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.

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 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.

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, 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 ($p > 0,05$), 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 de 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 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 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, 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 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 13).

La digestibilidad del calcio no presentó diferencia significativa. 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 14), 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 Poultry (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.

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 15), 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%) 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 15). 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.

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 relación beneficio/costo en dólares (Tabla 16). 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 reemplace 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.

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 más 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 añada 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.

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 Official Analytical Chemists Official Methods. Vol.2. 16th Edition. Arlington USA.
4. AACC (2001). American Association Of Cereal Chemists Report. Dietary Fiber Definition Committee. The definition of dietary fiber. [Cereal Food World '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/Nutritivospecificationbroiler.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/publika ce/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 maíz 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-aece.es/aece_imgs_docs/mejor_uso_enzimas_dieta_aves_m_ceccantini.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/BroilerGui deSPAN.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://jatrofachile.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_104_7.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/jiap/jiap2/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 field procedures and diseases of birds. Division Information and Technology Report 1999-001 US. Department 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.midiotecavipec.com/avicultura/avicultur_a100804.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.fmz.unam.mx/fmvz/centros/ceie/pav/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. MAKAR, 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. MIDIDIGITAL, 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://idrinfor.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/ppgm/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 POLETO, 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 futuro. 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/foodrug/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 enzyme 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>