

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
(IASA I)**

**“EFECTO DE DOS TIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL  
ALIMENTO BALANCEADO EN EL DESEMPEÑO EN POLLOS DE  
ENGORDE”**

**Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**ELABORADO POR:**

**ROBERTO GONZALO MORALES ALBUJA****SANGOLQUI, 30 de Noviembre del 2011****EXTRACTO**

La presente investigación se realizó en el cantón Quevedo (Km 78 de la vía Santo Domingo Quevedo), con la finalidad de evaluar el desempeño de pollos de engorde a los 21 días, a partir de dos tipos de acondicionamiento, se ocuparon 250 pollos broiler BB distribuidos en bloques completamente al azar, donde se suministró alimento normal en forma de polvo (T1), alimento acondicionado con altas temperaturas (T2), alimento migajado formulado con procesos de acondicionado a altas temperaturas (T3), alimento sometido al proceso de expandido (T4) y alimento migajado formulado con procesos de expandido (T5) con 5 repeticiones y 10 aves por unidad experimental. Donde se procedió a evaluar el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y factor de eficiencia europeo. El consumo de alimento fue menor en T1 y T2, mientras que en T3 y T5 fue mayor. Las ganancias de peso fueron superiores en T3 y T5 y menores en T1. Para la conversión alimenticia, T3 y T5 fueron las más altas mientras que T1 y T4 fueron más bajas. Con el migajado de los alimentos sometidos tanto al proceso de acondicionado como al proceso de expandido se obtuvieron los factores de eficiencia europeo más elevados, resultando el T3 y T5 los más eficientes económicamente.

## ABSTRACT

This research was conducted in the canton Quevedo (Km 78, via Santo Domingo Quevedo), in order to evaluate the performance of broilers at 21 days, from two types of conditioning, it took 250 broilers BB distributed in randomized complete block, where normal food was supplied in powder form (T1), feed conditioning temperature (T2), migajead food formulated with conditioning processes at high temperature (T3), food subjected to the process of expanded (T4) and migajead food formulated with expanded processes (T5) with 5 repetitions and 10 birds per experimental unit. Where was evaluated feed intake, weight gain, feed conversion and European efficiency factor. Feed intake was lower in T1 and T2, while T3 and T5 was higher. Weight gains were higher in T3 and T5 and lowest in T1. Feed conversion, T3 and T5 were the highest whereas T1 and T4 were lower. With food migajead under both the process of conditioning and the process of expanding factors were obtained European higher efficiency, resulting in the T3 and T5 the most economically efficient.

**CERTIFICACION**

Ing. Mario Ortiz  
DIRECTOR

Ing. Julio Pazmiño  
CODIRECTOR

**Certifican:**

Que el trabajo titulado “EFECTO DE DOS TIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL ALIMENTO BALANCEADO EN EL DESEMPEÑO DE POLLOS DE ENGORDE”, realizado por ROBERTO GONZALO MORALES ALBUJA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

El mencionado trabajo consta de 2 documento empastado y dos disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan al Sr. Morales Albuja Roberto Gonzalo que lo entregue a la Ing. Patricia Falconí, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

SANGOLQUI, 21 de Marzo del 2012

---

**Ing. Mario Ortiz**  
DIRECTOR

---

**Ing. Julio Pazmiño**  
CODIRECTOR

## **DECLARACION DE RESPONSABILIDAD**

MORALES ALBUJA ROBERTO GONZALO

### **Declaro que:**

El proyecto de grado denominado “EFECTO DE DOS TIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL ALIMENTO BALANCEADO EN EL DESEMPEÑO EN POLLOS DE ENGORDE”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mí autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

SANGOLQUI, 21 de marzo del 2012

---

**MORALES ALBUJA ROBERTO GONZALO**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, MORALES ALBUJA ROBERTO GONZALO

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “EFECTO DE DOS TIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL ALIMENTO BALANCEADO EN EL DESEMPEÑO EN POLLOS DE ENGORDE”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

SANGOLQUI, 22 de Marzo del 2012

---

**MORALES ALBUJA ROBERTO GONZALO**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, ejemplo fundamental de apoyo y unidad.

A los compañeros y amigos que han hecho posible esto.

**ROBERTO GONZALO MORALES ALBUJA**

## **AGRADECIMIENTO**

Doy gracias a Dios guía y luz de mi vida.

A la Empresa PRONACA que hizo posible la actual tesis.

A los docentes Ing. Ortiz e Ing. Pazmiño que supieron aconsejar y dirigir acertadamente la realización de esta investigación.

A la Doctora Cintia López y al Doctor Diego Camacho, quienes colaboraron de una forma fundamental en esta investigación.

**ROBERTO GONZALO MORALES ALBUJA**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

| CONTENIDO  | Pág       |
|--|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN  | 1         |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA   | 4         |
| 2.1. GENERALIDADES SECTOR AVÍCOLA MUNDILA  | 4         |
| 2.2. ALIMENTOS BALANCEADOS   | 5         |
| 2.2.1. <u>Peletizado y Acondicionamiento</u>                                     | 6         |
| 2.2.2. <u>Proceso de Peletización</u>  | 7         |
| 2.2.2.1. <u>Beneficios del Peletizado</u>  | 9         |
| 2.2.2.2. <u>Factores que Afectan la Calidad del Pellet</u>                       | 11        |
| 2.3. ACONDICIONAMIENTO   | 12        |
| 2.3.1. <u>Acondicionamiento con Altas Temperaturas</u>                           | 14        |
| 2.3.2. <b><u>Tiempo de Permanencia en Cámara de Acondicionamiento</u></b>        | <b>16</b> |
| 2.4. PROCESO DE EXPANDIDO (EXPANDER)   | 17        |
| 2.5. EFECTO DEL ALIMENTO ACONDICIONADO EN AVES                                   | 19        |
| 2.5.1. <u>Características del Alimento según la Edad del Ave</u>                 | 20        |
| 2.5.2. <u>Efectos del Alimento Acondicionado sobre el Consumo</u>                | 22        |
| 2.5.3. <u>Efectos del Alimento Acondicionado sobre la Ganancia de Peso</u>       | 23        |
| 2.5.4. <u>Efectos del Alimento Acondicionado sobre la Conversión Alimenticia</u> | 26        |

|      |   |    |    |
|------|---|----|----|
| III. | MATERIALES Y MÉTODOS  | 27 |    |
| 3.1. | UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN                        | 27 |    |
|      | 3.1.1. <u>Ubicación Política.</u>                           | 27 |    |
|      | 3.1.2. <u>Ubicación Geográfica</u>                          | 27 |    |
| 3.2. | MATERIALES  |    | 28 |
|      | 3.2.1. <u>Materiales de Campo</u>                           | 28 |    |
|      | 3.2.2. <u>Equipos</u>                                       | 29 |    |
| 3.3. | MÉTODOS   |    | 29 |
|      | 3.3.1. <u>Diseño Experimental</u>                           | 29 |    |
|      | 3.3.1.1. <u>Tratamientos a comparar</u>                     | 29 |    |
|      | 3.3.1.2. <u>Tipo de diseño</u>                              | 30 |    |
|      | 3.3.1.3. <u>Repeticiones o bloques</u>                      | 30 |    |
|      | 3.3.1.4. <u>Características de las UE</u>                   | 30 |    |
|      | 3.3.1.5. <u>Croquis del diseño</u>                          | 30 |    |
|      | 3.3.2. <u>Análisis Estadístico</u>                          | 31 |    |
|      | 3.3.2.1. <u>Esquema de Análisis de Varianza</u>             | 31 |    |
|      | 3.3.2.2. <u>Coefficiente de Variación</u>                   | 31 |    |
|      | 3.3.3. <u>Análisis Funcional</u>                            | 31 |    |
|      | 3.3.4. <u>Variables a Medir</u>                             | 32 |    |
|      | 3.3.5. <u>Métodos Específicos de Manejo del Experimento</u> | 32 |    |
| IV.  | RESULTADOS Y DISCUSIÓN                                      | 34 |    |
| 4.1. | SEMANA 1  |    | 34 |
|      | 4.1.1. <u>Consumo de alimento (g)</u>                       | 34 |    |

|        |                                     |    |    |
|--------|-------------------------------------|----|----|
| 4.1.2. | <u>Ganancia de Peso (g)</u>         | 36 |    |
| 4.1.3. | <u>Conversión Alimenticia</u>       | 38 |    |
| 4.2.   | SEMANA 2                            |    | 40 |
| 4.2.1. | <u>Consumo de alimento (g)</u>      | 40 |    |
| 4.2.2. | <u>Ganancia de Peso (g)</u>         | 42 |    |
| 4.2.3. | <u>Conversión Alimenticia</u>       | 44 |    |
| 4.3.   | SEMANA 3                            |    | 46 |
| 4.3.1. | <u>Consumo de alimento (g)</u>      | 46 |    |
| 4.3.2. | <u>Ganancia de Peso (g)</u>         | 49 |    |
| 4.3.3. | <u>Conversión Alimenticia</u>       | 52 |    |
| 4.3.4. | <u>Factor de Eficiencia Europeo</u> | 55 |    |
| 4.4    | ANÁLISIS ECONÓMICO                  | 57 |    |
| V.     | CONCLUSIONES                        | 59 |    |
| VI.    | RECOMENDACIONES                     | 60 |    |
| VII.   | BIBLIOGRAFÍA                        | 61 |    |
| VIII.  | ANEXOS                              | 66 |    |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>CUADRO N°</b>  | <b>Pág</b> |
|---|------------|
| CUADRO 1. Efecto del peletizado y el expansor en la del Pellet  | 18         |
| CUADRO 2. Efecto de la presión del expansor en la durabilidad del Pellet  | 19         |
| CUADRO 3. Resultados por semana de la Conversión Alimenticia en el pollo de engorda                               | 26         |
| CUADRO 4. Programa de Alimentación de las Aves  | 33         |
| CUADRO 5. Análisis de Variancia para el consumo de alimento promedio (g) en la primera semana                     | 34         |
| CUADRO 6. Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento promedio (g) en la primera semana Duncan al 5%  | 35         |
| CUADRO 7. Análisis de Variancia para ganancia de peso promedio (g) en la primera semana                           | 36         |
| CUADRO 8. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la primera semana Duncan al 5%     | 37         |
| CUADRO 9. Análisis de Variancia para la conversión alimenticia en la primera semana                               | 38         |
| CUADRO 10. Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la primera semana Duncan al 5%           | 39         |
| CUADRO 11. Análisis de Variancia para el consumo de alimento promedio (g) en la segunda semana                    | 40         |
| CUADRO 12. Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento Promedio (g) en la segunda semana Duncan al 5% | 41         |
| CUADRO 13. Análisis de Variancia para ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana                          | 42         |
| CUADRO 14. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana Duncan al 5%    | 43         |
| CUADRO 15. Análisis de Variancia para la conversión alimenticia en la segunda semana                              | 44         |
| CUADRO 16. Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la segunda semana Duncan al 5%           | 45         |
| CUADRO 17. Análisis de Variancia para el consumo de alimento promedio (g) en la tercera semana                    | 47         |
| CUADRO 18. Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento promedio (g) en la tercera semana Duncan al 5% | 47         |
| CUADRO 19. Resumen del consumo de alimento promedio hasta la Tercera semana                                       | 48         |
| CUADRO 20. Análisis de Variancia para ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana                          | 49         |
| CUADRO 21. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana Duncan al 5%    | 50         |
| CUADRO 22. Resumen de la ganancia de peso promedio hasta la tercera Semana  | 51         |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| CUADRO 23. | Análisis de Variancia para la conversión alimenticia en la tercera semana                       | 52 |
| CUADRO 24. | Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la tercera semana Duncan al 5%    | 53 |
| CUADRO 25. | Resumen de la conversión alimenticia hasta la tercera Semana                                    | 54 |
| CUADRO 26. | Análisis de Variancia para factor de eficiencia europeo en la tercera semana                    | 55 |
| CUADRO 27. | Efecto de los tratamientos sobre factor de eficiencia europeo en la tercera semana Duncan al 5% | 56 |
| CUADRO 28. | Beneficio bruto, costo variable y beneficio neto de los tratamiento en estudio                  | 57 |
| CUADRO 29. | Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio   | 58 |
| CUADRO 30. | Análisis marginal de los tratamientos no dominados  | 68 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| <b>FIGURA N°</b>  | <b>Pág</b> |
|---|------------|
| FIGURA 1. Algunas industrias de alimento productoras de Pellet                                | 8          |
| FIGURA 2. Esquema de producción general de pellet alimenticio                                 | 9          |
| FIGURA 3. Factores que influncian la calidad del Pellet                                       | 12         |
| FIGURA 4. Etapa de acondicionamiento del peletizado   | 13         |
| FIGURA 5. Efecto de la temperatura de acondicionamiento sobre la durabilidad del pellet       | 16         |
| FIGURA 6. Tamaño del alimento en fase I   | 21         |
| FIGURA 7. Tamaño de alimento en fase III  | 22         |
| FIGURA 8. Foto satelital de la Planta PRONACA Quevedo   | 28         |
| FIGURA 9. Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la primera semana       | 35         |
| FIGURA 10. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio en la primera semana | 37         |
| FIGURA 11. Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la primera semana    | 39         |
| FIGURA 12. Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la segunda semana      | 42         |
| FIGURA 13. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio en la segunda semana | 44         |
| FIGURA 14. Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la segunda semana    | 46         |
| FIGURA 15. Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la tercera semana      | 48         |
| FIGURA 16. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio en la tercera semana | 51         |
| FIGURA 17. Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la tercera semana    | 54         |
| FIGURA 18. Efecto de los tratamientos sobre factor de eficiencia europeo en la tercera semana | 56         |

**ÍNDICE DE ANEXOS**

| <b>ANEXOS N°</b> |  | <b>Pág</b> |
|------------------|--|------------|
| ANEXOS 1.        | Fotografías de la investigación llevada a cavo | 66         |
| ANEXOS 2.        | Datos obtenidos en campo                       | 68         |

**NOMENCLATURA UTILIZADA**

|             |  |
|-------------|--|
| AFABA       | Asociación de fabricantes de alimentos balanceados |
| CME         | Cuadrado medio del error                           |
| C.A.        | Conversión Alimenticia                             |
| CV          | Coefficiente de variación                          |
| FAO         | Food Agricultural Organization                     |
| FEEP        | Factor de eficiencia europeo                       |
| Gl          | Grados de libertad                                 |
| Gr          | Gramos   |
| Kg          | Kilogramos   |
| Mg          | Miligramos   |
| T           | Tratamientos                                       |
| TIRM        | Tasa interna de retorno marginal                   |
| UE          | Unidad Experimental                                |
| Vs          | Versus   |
| X           | Media  |
| $\Delta$ BN | Incremento del beneficio neto                      |
| $\Delta$ CV | incremento de los costos variables                 |



## I. INTRODUCCIÓN

El alimento actualmente constituye del 60 al 65% del coste total de la producción de pollos de engorde. Los pellets son la forma de alimentación principal de pollos criados comercialmente. (MAGAP, 2010). La comprensión de cómo optimizar la calidad del pellet a través de diferentes procesos de precisión tanto térmicos como mecánicos puede afectar el rendimiento de los pollos de engorde debido a la disponibilidad de nutrientes, y por lo tanto el costo de producción (Amerah, 2008).

El interés por los efectos del tamaño y calidad de partícula de los alimentos (pellets) se ha incrementado en los últimos años, la industria se encuentra en la búsqueda de formas de optimizar los procesos para la utilización de los alimentos y mejorar la eficiencia de la producción.

Así la reducción de partículas finas aumenta el tamaño de los pellets, y por lo tanto, la superficie total por unidad de volumen, que puede permitir un mayor acceso a las enzimas digestivas y aumentar la eficiencia digestiva en las aves.(Goodband et al. 2002). Otros beneficios de la reducción del tamaño de las partículas finas incluyen generalmente mayor facilidad de manejo y de la mezcla de ingredientes (Koch, 1996).

El broiler moderno requiere una ingesta adecuada de pienso con el fin de mantener un crecimiento óptimo y eficaz. La presentación física del alimento tiene una gran

importancia en la optimización de la ingesta y por tanto en los resultados económicos. Existen numerosos factores que afectan a la calidad del pellet; la formulación, el acondicionamiento y la molienda del alimento se pueden considerar los más significativos. Se puede mejorar significativamente la calidad del pellet con un pequeño coste, con la mejora de los procesos de producción, de manera especial en el acondicionamiento.

El alimento peletizado es una excelente alternativa en la producción animal, ya que su proceso cuenta con una serie de ventajas en comparación al típico alimento en polvo o harina; nutricionalmente, la peletización posibilita un aumento natural de la energía líquida de las dietas, debido a la gelatinización de los carbohidratos, reduce el gasto energético en la prehensión de los alimentos e incrementa considerablemente la digestibilidad del contenido proteico y por ende de los aminoácidos y demás nutrientes de la ración (McKinney, 2004).

El presente ensayo se realizó para evaluar el desempeño zootécnico de los alimentos elaborados con dos sistemas de acondicionamiento en pollo de engorde en la fase inicial para lo cual se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar los parámetros zootécnicos en esta etapa fisiológica.
- Evaluar la calidad física del alimento engorde 1 producidos bajo dos procesos térmicos.
- Determinar la viabilidad económica de la utilización de equipos de peletizado High Temp sobre la producción avícola.

- Determinar la relación costo-beneficio de las diferentes temperaturas de peletizado y perfiles nutricionales.
- Difundir los resultados a través de un boletín técnico y también por los sistemas de información técnica de la empresa.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2. 1.GENERALIDADES SECTOR AVÍCOLA MUNDIAL

Actualmente la industria avícola mundial se encuentra recuperándose de la crisis económica que se sufrió el mundo en general en el año 2009. Datos de la FAO (2009), revelan que “Estados Unidos, el mayor productor de carne de pollo fue el más afectado, reduciendo su producción en un 1% por primera vez desde 1973, debido a los altos costos de alimentación y energía.”

A nivel mundial según la FAO, en el 2010 se produjeron 286.2 millones de toneladas de carne. Para finales del 2011 se estima una producción aproximada de 290 millones de toneladas de carne. (FAO, 2010).

La industria avícola se destaca por el mayor crecimiento entre las industrias cárnicas. La producción de carne de ave registra un crecimiento continuo hasta el año 2008. Un año después, el 2009, se evidencia un menor crecimiento en comparación a los años anteriores. En el 2010 la industria avícola mostró indicios de recuperación aumentando su producción en 2.2%. Para el presente año se proyecta una producción mundial de 98.3 millones de toneladas de carne de ave en general. Se debe tomar en cuenta, a la producción mundial de carne de pollos broiler, la cual representa el 77.5 % de la producción total de carne de ave a nivel mundial. Para finales del 2011 se espera una producción de 76,2 millones de toneladas. (USDA, 2010)

Los principales productores de carne de pollo en el mundo son: Estados Unidos, China, Brasil, Unión Europea.

En cuanto a la producción mundial de huevos de gallina, la FAO ( 2009) la situó para el año 2007, en 67.8 millones de toneladas. El continente asiático es el mayor productor de huevos de gallina, dentro de este continente se encuentra China, la misma que aporta con 30.1 millones de toneladas, es decir el 44.4 % total de la producción mundial, convirtiéndose en el principal productor. Europa ocupa el segundo lugar a nivel continental, por otro lado, Estados Unidos aporta con 5,3 millones de toneladas, ocupando así el tercer lugar. (FAO, 2009)

Es necesario aclarar que China llegó a producir 1607 millones de cajas de huevos, el segundo lugar y tercer lugar lo ocupan la Unión Europea y Estados Unidos respectivamente con una menor producción.

## **2.2 ALIMENTOS BALANCEADOS**

Según AFABA (2010) y el mercado de balanceados, en nuestro país existen 3 procesos diferentes para elaborar alimentos balanceados, estos son:

- Harina
- Peletización.
- Extrusión.

Los alimentos balanceados del tipo harina, se obtienen de la molienda de varias fuentes alimenticias como granos, cereales, carne, huesos, sangre, plumas, etc. Todos estos están sujetos a regulaciones. Los alimentos balanceados peletizados se obtienen a través de un acondicionamiento con vapor y alta presión. (Travez, 2010).

Es necesario aclarar que todos estos tipos de alimento pasan por los siguientes procesos químicos:

- Gelatinización de los almidones
- Plastificación de las proteínas
- Acondicionamiento
- Peletización

### **2.2.1. Peletizado y Acondicionamiento**

Pellet es una denominación que se refiere a pequeñas porciones de material aglomerado o altamente densificado mediante procesos de acondicionamiento en los que se somete al producto a altas temperaturas y presiones. (Moran, 1989)

Usualmente, los pellets son mezclas compactadas hasta una forma cilíndrica, con un diámetro dictado por un orificio por el cual se comprime y forma, y su longitud está determinada por el corte de una cuchilla o algún dispositivo que rompa la continuidad del flujo del material. (Mommer, 1991).

La manufactura de estos puede comprender diferentes etapas de compresión y adición de calor y humedad por medio de agua o vapor, buscando obtener las mejores propiedades respecto a la calidad del producto, medidas como la durabilidad y la dureza. (Mommer, 1991).

Para la industria del alimento, este proceso busca transformar las materias primas alimenticias en forma de harina en productos compactados para producir alimentos más balanceados, con un poder energético más alto y con mayor eficiencia productiva.

A través del tiempo, con ayuda de investigaciones multidisciplinarias, el entendimiento de la fisiología y la nutrición de los animales ha llevado a la industria productora a formular mezclas apropiadas para la producción segura de aves de corral que servirán de alimento para la población mundial. Esta responsabilidad exige un entendimiento de las propiedades físicas y químicas del producto para darle las cantidades mínimas de proteínas, vitaminas y calorías necesarias para que se alcance un nivel nutricional adecuado que el animal no podría encontrar mediante otros métodos de alimentación. (Jensen, 2000).

### **2.2.2 Proceso de Peletización**

En el área del alimento, es un proceso de producción donde se busca transformar una materia prima en forma de harina, mediante la acción de procesos de mezclado homogéneo, adición de calor y humedad, y la aplicación de presión necesaria para hacer fluir plásticamente la mezcla hasta adquirir una forma deseada por el manufacturer, que dependerá de la finalidad del producto, esta forma está ligada a factores diversos como el tipo de animal a alimentar, su edad y hasta la composición de la fórmula. (Moran, 1989).

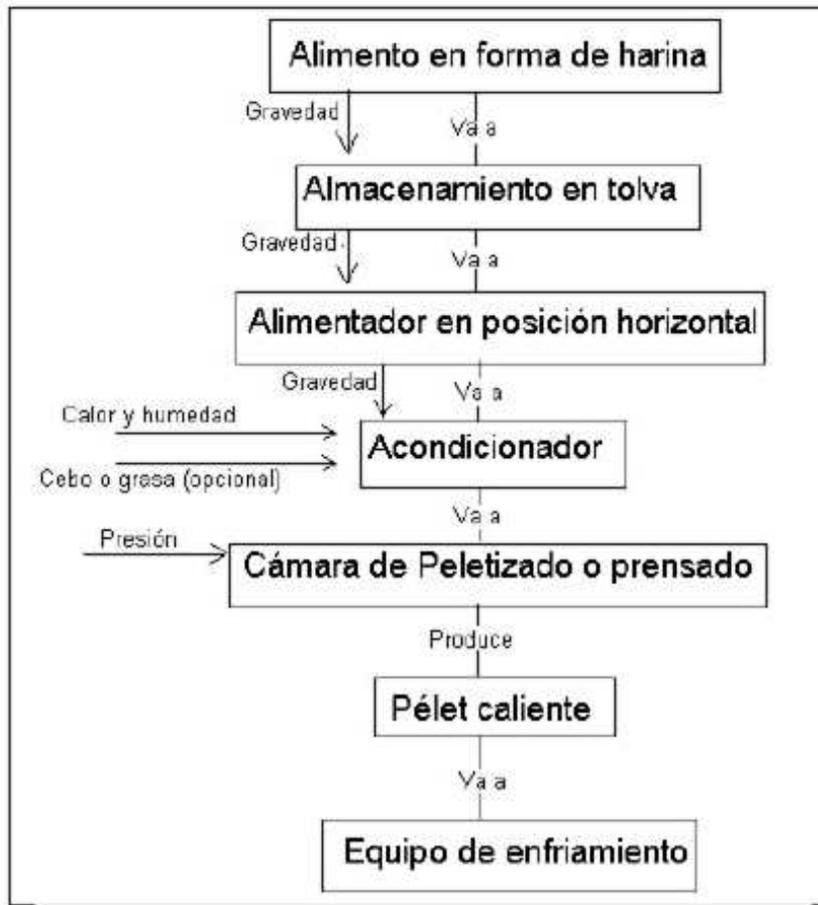
Gracias a la versatilidad de este proceso, muchas de las industrias productoras de alimento para animales han adaptado sus procesos y maquinaria para entrar a este mercado creciente en el mundo. Algunos de las industrias envueltas en esta tendencia van desde la avícola y porcina hasta la ganadera. A continuación en la figura 1 se muestra un esquema de las industrias de alimento pertinentes. (Jensen, 2000)



**Fig. 1: Algunas industrias de alimento productoras de Pellet**

**Fuente: (Jensen, 2000)**

En todas las industrias de alimentos, el proceso de Peletizado sigue unos lineamientos básicos, mencionados anteriormente, compuestos por etapas de alimentación, acondicionamiento y peletizado principalmente. Aunque para cada industria la formulación del alimento cambia, y por tanto las condiciones físico químicas del producto exigen diferentes variables de producción como temperaturas, presiones y tiempos de permanencia en el proceso, la mayoría de estas siguen unos lineamientos semejantes al esquema mostrado en la figura2.



**Fig. 2: Esquema de producción general de pellet alimenticio**

**Fuente: (Castaldo, 1998)**

### **2.2.2.1 Beneficios del Peletizado**

Incorporar este tipo de productos al mercado trae consigo una serie de ventajas e inconvenientes que deben ser analizados por cada fabricante para evaluar la pertinencia de su utilización, ya que el peletizado involucra un mayor conocimiento y entendimiento de varios tipos de sub procesos que terminen en la comercialización de un producto responsable ambiental y nutricionalmente, rentable y económico. (Faik, 1985).

Según Maier, 1993 algunas de las ventajas e inconvenientes que tiene el alimento en forma de Pellet se muestran a continuación:

- **Ventajas:**

- ✓ Mezcla los ingredientes evitando la selección del animal y la preferencia del mismo por ciertos componentes, balanceando su dieta
- ✓ Evita la segregación del producto en el transporte
- ✓ Menores desperdicios y menor pérdida con el viento
- ✓ Mayor productividad y eficiencia alimenticia
- ✓ Mayor durabilidad del producto
- ✓ Menor espacio ocupado en el almacenamiento
- ✓ Se produce un grado de gelatinización de los almidones, mejorando la conversión del alimento, esta ventaja es particularmente evidente en la industria avícola.
- ✓ Pellets cilíndricos y densificados permiten un fácil manejo a granel.

- **Inconvenientes**

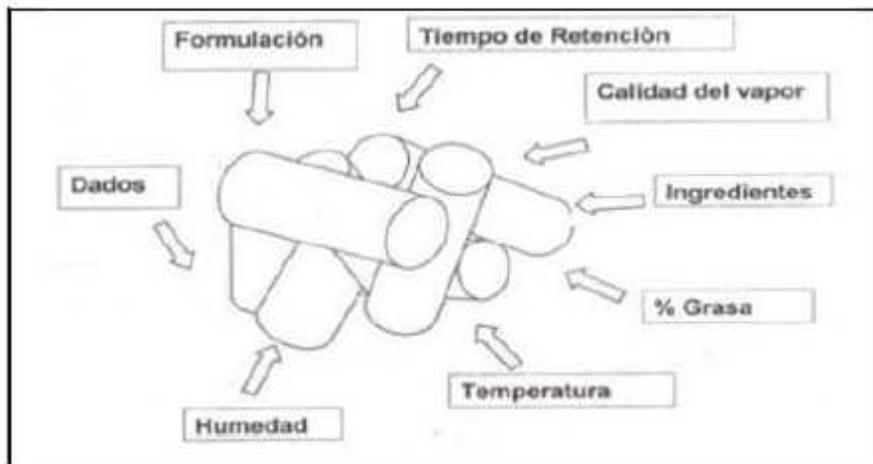
- ✓ Alto consumo de energía en procesamiento
- ✓ Mantenimiento de maquinaria delicada
- ✓ Uso de sistemas de vapor o calentamiento de aguas
- ✓ Alta inversión inicial

En el caso de alimentación de los pollos, un animal come aproximadamente 4.9 kg de alimento peletizado durante toda su vida llegando a pesar 2.75 kg al momento de su venta. Si el animal se alimentara con harina, comería 10% más de alimento y demoraría más tiempo en desarrollarse (debe considerarse también el costo del proceso de peletizado). (Axe, 2003)

#### **2.2.2.2 Factores que Afectan la Calidad del Pellet**

La calidad del Pellet se mide de acuerdo a varios estándares como la dureza y la durabilidad, estas dependen de cómo se lleve a cabo la manufactura del producto, puesto que factores como la selección de parámetros en el acondicionador, los ingredientes hasta el tipo de dados para la peletización tienen un efecto sobre la calidad de pellet. (Mommer, 1991).

En la figura 3 se muestra un esquema de los factores principales que afectan de manera directa la calidad del producto, entre los cuales se destacan la formulación, el tiempo de retención en el proceso de acondicionado, la calidad del vapor de acondicionamiento, los ingredientes usados, el contenido de grasa, la temperatura de acondicionamiento, la humedad agregada, el tipo de dado extrusor, entre otros.



**Fig. 3. Factores que influyen en la calidad del Pellet**

Fuente: (Behnke, 2003)

### **2.3 ACONDICIONAMIENTO**

El acondicionamiento del alimento es un proceso que busca convertir la mezcla molida con el uso de factores como calor, agua, presión y tiempo a un estado físico que facilita la compactación del alimento molido (Hancock, 2001).

Aunque se ha presentado este gran auge industrial y un gran cambio en la industria alimentaria animal, pasando de alimento en harina a alimento concentrado en forma de pellet, el entendimiento de los fenómenos antes, durante y luego de la manufactura son pobremente entendidos. En 2003 se realizó una investigación de 88 molinos de alimento en USA y encontraron que sólo 20 fábricas tenían sistemas de producción funcionando apropiadamente, 44 molinos de pelletizado experimentaron problemas con la regulación del vapor, 7 problemas con el acondicionador antes del

peletizado, entre otros problemas. Finalmente, sólo 23% de los molinos producían Pellet satisfactorio.(Axe, 2003)

El alimento apropiadamente acondicionado ayudará al manufacturador a alcanzar los estándares de dureza, durabilidad e higiene (Jensen, 2000) mientras retiene o mejora el valor nutricional del alimento. En la figura 4 se muestra un esquema básico del funcionamiento de la etapa de acondicionamiento.



**Fig.4 Etapa de acondicionamiento del peletizado**

**Fuente: (Allen, 1990)**

El acondicionamiento incrementa la capacidad de producción y simultáneamente afecta la calidad física, nutricional e higiénica del alimento producido. La adición de agua y calor alterará componentes como el almidón y las proteínas en el alimento molido, de una forma que las propiedades de aglomeración se ven afectadas. (Maier, 1993).

La escogencia de equipos de acondicionamiento depende de muchos factores, entre los cuales está el tipo de alimento a producir, ya que cada formulación trae consigo diferentes tipos de problema como la densidad, la viscosidad e incluso la capacidad de desgaste sobre los componentes de la máquina, también el rango necesario para las variables de procesamiento y de sistemas en la empresa ya que el empleo de vapor exige componentes extra y las cantidades a procesar sobreponen problemas de alto desgaste en los dados de peletizado. Finalmente, el uso de equipos de acondicionamiento que requieren una gran cantidad de espacio puede ser limitado e incluso, algunas máquinas omiten esta etapa a expensas de problemas de higiene en el producto. (Axe, 2003).

Algunos autores (Maier, *et al*, 1993) tienen en cuenta los siguientes datos para el funcionamiento correcto del acondicionador. Para los parámetros de calidad del Pellet se recomienda que debe ser calentado hasta calentar hasta 80 °C durante un rango de tiempo de 45-90 seg, con el fin de lograr una cocción del alimento de manera saludable. A continuación se hablará más en detalle de cada etapa del acondicionamiento.

### **2.3.1. Acondicionamiento con Altas Temperaturas**

Durante el acondicionamiento a altas temperaturas el agua o vapor facilita los enlaces entre las partículas, además el calor genera un amplio rango de cambios físicos y químicos, incluyendo el ablandamiento térmico del alimento la desnaturalización de las proteínas y gelatinización del almidón (Lund, 1984).

Las altas temperaturas para el acondicionamiento se logran con presiones de vapor que varían desde 241Kpa a 345KPa (Moran, 1989).

Un cierto incremento en la cantidad de vapor adicionado a la mezcla de alimento generalmente mejora la dureza y la durabilidad del Pélet. Incrementar la cantidad de potencia disipada en la mezcla por medio de fuerzas de compresión en una o varias etapas del procesamiento generalmente tiene un favorable efecto en la calidad. El aumento en la durabilidad y la dureza sin embargo depende de la formulación y de otros parámetros como la temperatura de la mezcla y las características del enfriamiento en el aire (Castaldo, 1998).

A bajas presiones el vapor y agua facilitan la gelatinización del almidón, el cual es un proceso dependiente del agua. También, altas presiones y temperaturas entre 80 y 140°C se utilizan para desnaturalizar proteínas. (Jensen, 2000).

Como se muestra en la figura 5. la aplicación de altas temperaturas en la manufactura de la comida animal ha tenido un gran reconocimiento como facilitador de la producción de Pellets de buena calidad especialmente en su durabilidad. (Hancock, 2001).

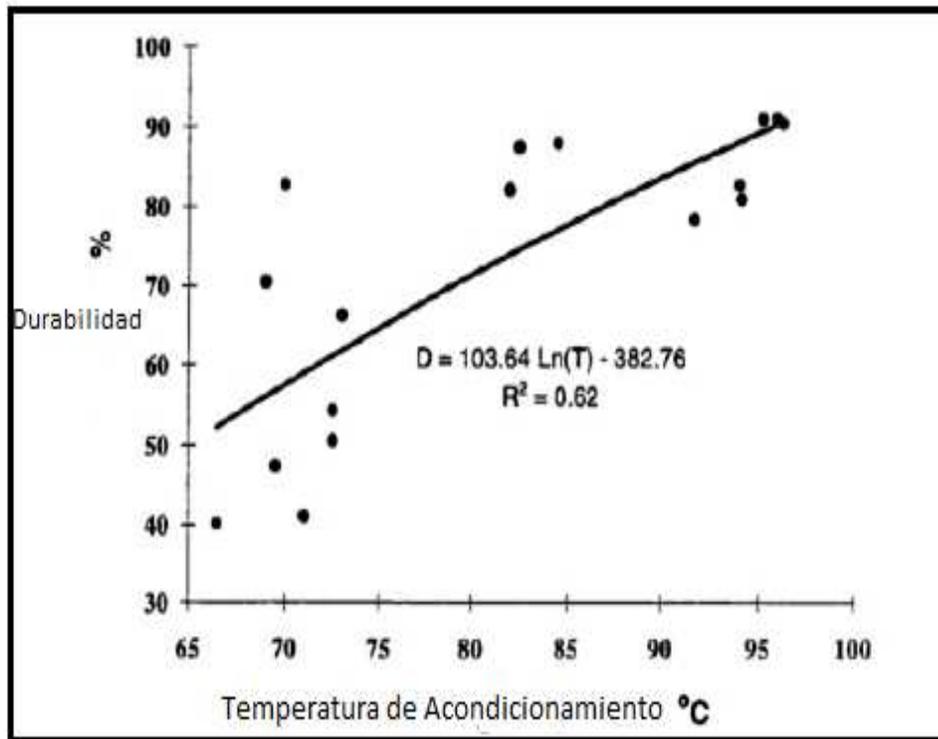


Fig. 5. Efecto de la temperatura del acondicionamiento sobre la durabilidad de pellet

Fuente: (Hancock, 2001)

### 2.3.2. Tiempo de Permanencia en la Cámara de Acondicionamiento

El tiempo de permanencia de la mezcla en el acondicionamiento depende de la velocidad a la que la mezcla de alimento pase por esta etapa. Este sostenimiento en la cámara de acondicionamiento define en gran medida la calidad del Pélet y su sanidad, dependiendo de si durante este tiempo se agrega o no vapor, calor y agua.

Usualmente, los fabricantes varían este tiempo entre unos pocos segundos hasta varios minutos, dependiendo del tipo de alimento y de las características de calidad que deseen.

Luego de unos 30 segundos, el efecto que tiene este tiempo se centra en la esterilización de la carga bacteriana más que en dar calidad al alimento (Castaldo, 1998).

Algunos autores (Maier, *et al*, 1993) utilizan 75°C y 60S con un nivel de humedad de 106g/kg y 144g/kg en el acondicionamiento de alimentos peletizados para el consumo de aves de engorde.

#### **2.4. PROCESO DE EXPANDIDO (EXPANDER)**

En el peletizado los acondicionadores presurizados son usados para evacuar el aire del alimento mediante la pre-compactación del mismo, logrando que en la etapa de peletizado se logre un decrecimiento en la energía consumida por presión en el dado extrusor. Además, se disminuye en gran medida la susceptibilidad a la porosidad debida al aumento en enlaces que pueden ser formados en el Pélet y mejorara la dureza del mismo. (Mommer, 1991)

Recientemente, un nuevo equipo se introduce en la industria de la comida animal, llamado el expansor que consiste en un tornillo con paletas mezcladoras montado en el barril. La diferencia entre el expansor y el extrusor simple de tornillo es el dado móvil instalado en la salida del expansor, creando un dado de forma anular. La densificación de la mezcla y el mezclado se alteran en la estructura donde la unión entre partículas de alimento se mejora. (Hancock, 2001).

**Cuadro.1. Efecto del peletizado y el expansor en la durabilidad y el consumo específico de energía**

| TRATAMIENTOS            | MATERIAL | % Durabilidad | Consumo de energía (KW/H) |        |       |
|-------------------------|----------|---------------|---------------------------|--------|-------|
|                         |          |               | Expander                  | Prensa | Total |
| <b>Pellet</b>           | Maíz     | 66            | 0                         | 11     | 11    |
| <b>Pellet Expandido</b> |          |               |                           |        |       |
| 20 bar                  |          | 85            | 15                        | 8      | 23    |
| 30 bar                  |          | 89            | 22                        | 8      | 30    |
| <b>Pellet</b>           | Trigo    | 92            | 0                         | 14     | 14    |
| <b>Pellet Expandido</b> |          |               |                           |        |       |
| 20 bar                  |          | 91            | 17                        | 8      | 25    |
| 35 bar                  |          | 93            | 23                        | 7      | 30    |

Fuente: Adaptado de Hancock, 2001.

Especialmente en el caso de materias primas que tienen problemas de calidad respecto a durabilidad y dureza, el uso de expansores incrementa la calidad del. Para materias primas que tienen una buena habilidad de peletizado como el trigo, el consumo adicional de energía durante la peletización con expansor no se justifica. Se reduce el consumo de energía en la prensa cuando se conecta en serie con el expansor comparada respecto a cuando no se usa, sin embargo, el consumo total de energía fue significativamente incrementado debido al uso del expansor (Hancock, 2001).

En el cuadro 2. se muestra el efecto de la presión del expansor en la durabilidad del pellet para alimento de las aves

**Cuadro 2. Efecto de la presión del expansor en la durabilidad del Pellet para alimento de las aves**

|                     | NIVELES DE GRASA EN DIETA<br>(g/kg) | CRITERIOS DE PRODUCCIÓN |                  | DURABILIDAD<br>% |
|---------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
|                     |                                     | Presión (Bar)           | Temperatura (°C) |                  |
| Alimento de Broiler | 60                                  | 40                      | 70               | 99,6             |
|                     | 90                                  | 40                      | 70               | 99,1             |
|                     | 120                                 | 40                      | 70               | 98,3             |
|                     | 60                                  | 80                      | 70               | 99,4             |
|                     | 90                                  | 80                      | 70               | 98,8             |
|                     | 120                                 | 80                      | 70               | 98,2             |
| Alimento de Broiler | 70                                  | 40                      | 70               | 99,3             |
|                     | 100                                 | 40                      | 70               | 98,9             |
|                     | 130                                 | 40                      | 70               | 98,4             |
|                     | 70                                  | 80                      | 70               | 99,2             |
|                     | 100                                 | 80                      | 70               | 98,8             |
|                     | 130                                 | 80                      | 70               | 98,4             |

**Adaptado de Hancock, 2001.**

Es posible observar también que aunque se use una etapa de expansor, la temperatura de procesamiento es semejante a las que no utilizan pre compresión. Finalmente, el uso de presión con expansor en términos del aumento de contenido de grasa son muy notables, llegando incluso a calidad cercana al 99.4%, sin embargo debe tenerse presente la mayor contribución energética necesaria. (Hancock, 2001).

## **2.5. EFECTO DEL ALIMENTO ACONDICIONADO EN AVES**

El sistema digestivo de las aves es anatómica y funcionalmente diferente al de otras especies animales. Incluso existen diferencias entre especies de aves, especialmente en tamaño, que en gran parte depende del tipo de alimento que consumen. Por ejemplo, aves que se alimentan de granos tienen un tracto digestivo de mayor tamaño que las carnívoras, y aquellas consumidoras de fibra poseen ciegos más

desarrollados. El largo del sistema digestivo, en proporción al cuerpo, es inferior al de los mamíferos. (Koutsos, 2006).

El alimento acondicionado para convertirlo en pellet tiene varias ventajas sobre el alimento en forma de harina, ya que los nutrientes están homogéneamente dispersos y tienen las mismas propiedades para cada producción y formulación de alimento, dando lugar a menores desperdicios por transporte, contaminación o vientos, y minimizando las preferencias del animal por algunos ingredientes específicos. (McKinney, 2004)

Al suministrar alimento en forma de pellet se deben cumplir ciertas restricciones en cuanto a la especificación del tamaño del mismo, según el animal a alimentar y su edad.

La edad y el tamaño del ave influyen en el tamaño del alimento en forma de pellet, la experiencia avícola clasifica el alimento para este animal según la etapa de desarrollo en la que se encuentre el ave y en su uso comercial.

### **2.5.1 Características del Alimento Según la Edad del Ave**

Según sea la fase en que se encuentre el ave, la preparación de los componentes del pellet debe cumplir una serie de tamaños adecuados de partícula seleccionados así:

#### **- Alimento Fase I**

El 60% de tamaño de Pélet será menor de 2.36 mm debido a que el animal aun no se ha desarrollado y no podrá ingerir alimentos con tamaños muy grandes. En la figura.6, el color rojo indica el tamaño que no debe ser suministrado, mientras que el color verde muestra cual es el indicado para esta edad (Jensen, 2000).

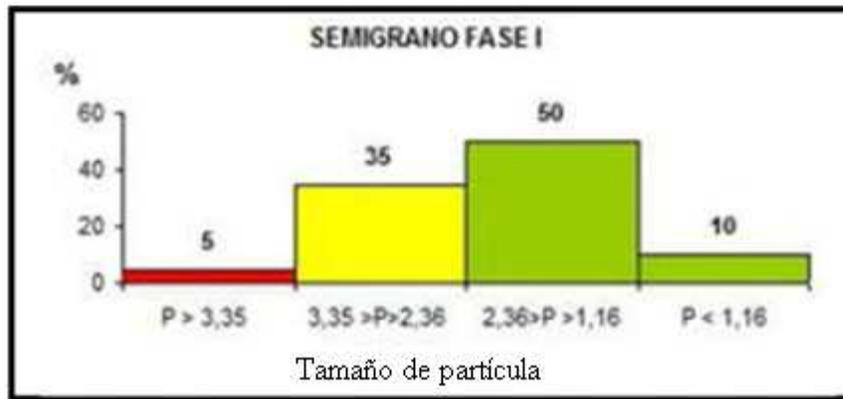


Fig..6. Tamaño de alimento en fase I

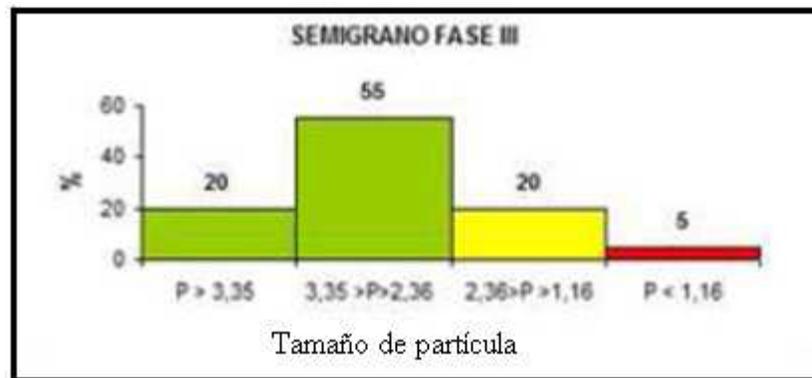
Fuente: McKinney, 2004

### - Alimento Fase II

El 60% del alimento será de un tamaño mayor de 2.36 ya que el ave está en una etapa de desarrollo en la que puede ingerir partículas más grandes sin problema, y puede rechazar las más pequeñas (Jensen, 2000).

### - Alimento Fase III

En este alimento hay un desplazamiento a partícula gruesa mayor de 2.36mm de un 75% ya que el ave es apta para comer el alimento más grande. En la fase de crecimiento de las aves de corral, de 12 a 18 semanas de edad, se consume el 50% del alimento total de la etapa de recría. Es necesario entonces proveer adecuada cantidad y calidad de alimento al ave para obtener los mejores resultados. En la figura 7 se muestra la distribución del tamaño del alimento (McKinney, 2004)..



**Fig. 7. Distribución de tamaño fase III**

**Fuente: Mckinney, 2004**

Aunque sería ideal garantizar un tamaño de pellet para cada etapa de crecimiento del animal, muchas veces esto no es económicamente viable, considerando que la vida de aves de engorde usualmente no sobrepasa los 40 días, por lo tanto un alimento intermedio entre las tres fases de crecimiento del ave puede ser una elección que cubra las necesidades nutricionales. (McKinney, 2004).

### **2.5.2 Efectos del Alimento Acondicionado Sobre el Consumo de las Aves**

La observación del ritmo de alimentación en las aves de engorde ha permitido explicar las diferencias de consumo entre alimentos de diferente presentación física (harina o pellets) y ha mostrado que las aves responden ante las diferencias de su entorno, principalmente con una adaptación de su comportamiento. (Savoy, 1988).

La presencia de dietas peletizadas en lugar de polvos tienden a aumentar con la edad de las aves, sugiriendo que las aves más maduras desean un alimento en forma de partícula que acompañe los cambios en la cavidad oral (Moran, 1989).

El mezclado de los ingredientes es un proceso importante y complejo en la producción de alimentos. Mezclar ingredientes con propiedades físicas y químicas diferentes no es tarea fácil, se debe seguir todos los detalles de elaboración: un pesaje correcto, ajustándose al orden adecuado y hacer la mezcla en el tiempo adecuado; mezclar por mucho tiempo los ingredientes pueden producir un desmezclado. Además el tiempo de mezclado varía de una mezcladora a otra. (Rosales, 2001)

El proceso de peletizado está definido como la aglomeración de partículas pequeñas en partículas más grandes por medio de un proceso mecánico en combinación con humedad, calor y presión. El proceso no ha sufrido mayores cambios tecnológicos en los últimos 50 años, desde la introducción del proceso de peletizado, el desarrollo se ha centrado principalmente en el mejoramiento de la calidad de los gránulos o pellets a tiempo de que se mantiene una producción aceptable. (Faik, 1985).

### **2.5.3. Efecto del Alimento Acondicionado Sobre la Ganancia de Peso**

Se sabe que al acondicionar las raciones de las aves aumenta la ganancia de peso y mejora la eficiencia alimenticia comparada con dietas en forma de harina, no procesadas. (Jensen, 2000).

Si bien se ha aceptado que la mejora del desempeño resulta del aumento de digestibilidad de la dieta, la investigación ha demostrado que cuando las dietas peletizadas son molidas nuevamente hasta la consistencia de harina, la respuesta en crecimiento al peletizado desaparece (Hussar, 1962).

La mezcla de los pellets puede comprimirse con un equipo especializado para formar pellets de diferentes tamaños. Estas máquinas peletizadoras están compuestas de un troquel con decenas de orificios en un diámetro específico, a través de los cuales el alimento es forzado a pasar bajo presión. Con los pellets las aves no pueden escoger otras partes del alimento, se lo deben comer todo. (North, 1983).

Para la producción de pellets más firmes se agrega vapor a la mezcla durante el proceso de peletizado. Esta humedad más el calor generado bajo el proceso de peletizado, aumenta la gelatinización de la mezcla por lo tanto se forman los pellets más firmes. (North, 1983).

El proceso de peletizado ofrece muchos beneficios a la industria avícola, entre las ventajas que ofrece, en comparación con los alimentos en harina se incluye un aumento en la facilidad de manejo, disminución en la segregación de ingredientes y la oportunidad de destruir cualquier salmonela que pudiese encontrarse en los ingredientes durante el proceso. (Campabandal, 1993).

Los diferentes procesos de acondicionamiento en la fabricación de piensos, produce cambios físicos y químicos en los ingredientes, incluyendo la gelatinización del almidón. El efecto de almidón gelatinizado sobre el metabolismo de los animales y los posteriores resultados no han sido investigados consistentemente. En estudios actuales, el alimento fue procesado a través de diferentes procedimientos (granulación y extrusión) y sustituido por maíz sin procesar en distintos niveles (un tercio, dos tercios, y tres tercios) en dietas completas (Thomas, 1998).

Según Hoover (1995), la dieta de pollos de engorde en EE.UU. contienen altos porcentajes de maíz y, por tanto, una gran proporción de almidón. Los procesos de

acondicionamiento con calor y humedad, ayudan a los almidones a gelatinizar y ligar sus partículas. Hoover define la gelatinización del almidón como un reordenamiento de la fase de transición que incluye la difusión de agua en un gránulo, la hidratación y la inflamación, la absorción de calor, pérdida de cristalinidad, y la lixiviación de la amilosa.

Lund (1984) afirma que el almidón gelatinizado por sí puede afectar al rendimiento de pollos de engorde, aparte de su contribución a la unión de pellets. Gelatinizar el almidón de cereales en general ha sido pensado para mejorar el acceso a enzimas glucosídicas con el objetivo de mejorar la digestibilidad, reportando una mejoría significativa en el aumento de peso y la conversión alimenticia en los pollos alimentados con maíz granulado y rectificado que se incorporó en una dieta total sobre los pollos alimentados con dietas similares con el maíz sin procesar.

Una estrategia para la producción de pellets de alta calidad ha sido gelatinizar el almidón los ingredientes tanto como sea posible. Pellets de alta calidad se correlaciona con la mejora en el rendimiento de pollos de engorde. Sin embargo, la mejora de calidad de pellet a través de la gelatinización del almidón puede afectar negativamente la utilización de nutrientes, por lo tanto mejoras en el rendimiento pueden ser antagonizadas con la granulación (Mommer, 1991).

### **2.5.5 Efecto del Alimento Acondicionado Sobre la Conversión Alimenticia**

La forma física del alimento pudiera tener un efecto estimulador en el tracto digestivo, que mejora la utilización de los nutrientes de pellet. Una conversión alimenticia más baja es principalmente el resultado de un consumo de alimento incrementado o a la desaparición del alimento asociado con pellet de baja calidad (Lucatero, 2010).

En estudios recientes (Lucatero, 2010), se analizan los resultados de las conversiones alimenticias en pollos de engorde hasta las 6 semanas (Cuadro 3.) y se encuentran diferencias estadísticas entre las conversiones alimenticias de aves alimentadas con harina vs aves alimentadas con pellets desde la primera hasta la sexta semana.

**Cuadro 3. Resultados por semana de la conversión Alimenticia en el pollo de engorda**

|                     | <b>1</b>      | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> |
|---------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Tratamientos</b> | <b>Semana</b> |          |          |          |          |          |
| Harina              | 1,34 b        | 1,60 b   | 1,63 b   | 1,61 b   | 1,69 b   | 1,80 b   |
| Pellets             | 1,23 a        | 1,45 a   | 1,46 a   | 1,41 a   | 1,58 a   | 1,67 a   |
| Probabilidad        | (P<0.01)      | (P<0.01) | (P<0.01) | (P<0.01) | (P<0.01) | (P<0.01) |

Adaptado de Lucatero, 2010

## **III.MATERIALES Y MÉTODOS**

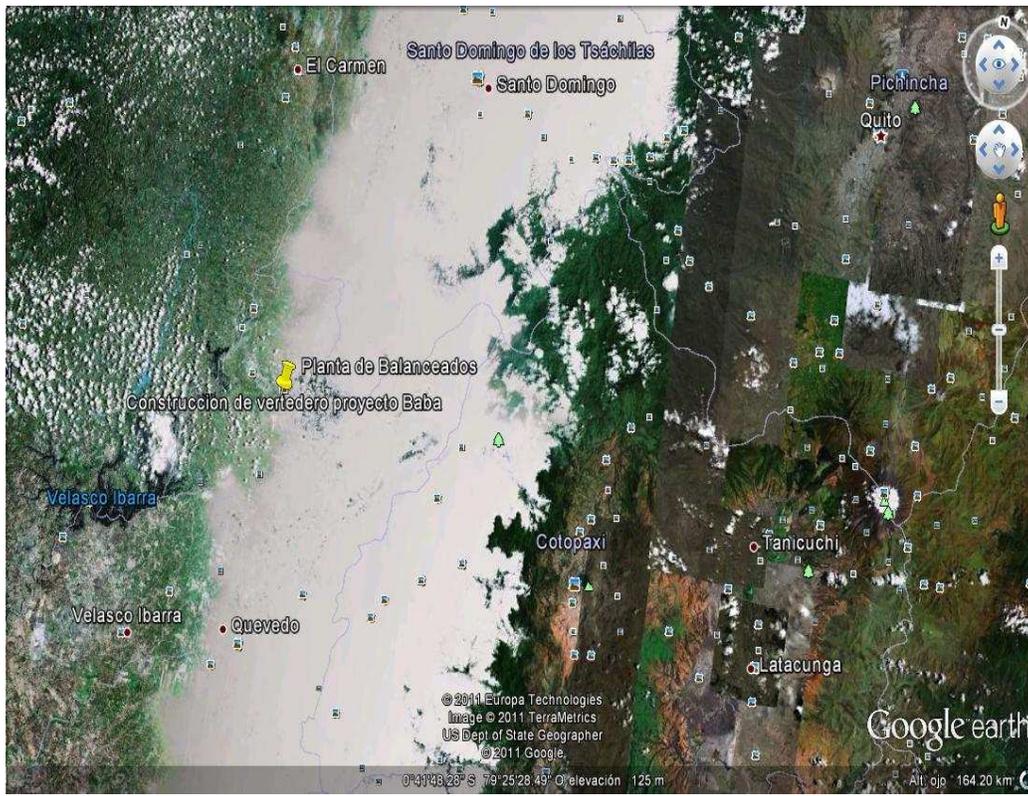
### **3.1 UBICACIÓN DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.1. Ubicación Política**

La presente investigación se llevó a cabo en la Provincia de Los Ríos, Cantón Quevedo, Km 78 vía Santo Domingo - Quevedo, en la Planta de Alimentos Balanceados perteneciente al grupo PRONACA.

#### **3.1.2. Ubicación Geográfica**

La Planta de Balanceados de Pronaca Quevedo se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas: latitud  $0^{\circ} 41' 46''$  y longitud  $79^{\circ} 25' 28$ , altitud media de 74 m.s.n.m., temperatura promedio de  $25,58^{\circ}\text{C}$  y una precipitación media anual de 2,355.38 mm (Figura 8).



**Figura 8.-** Foto satelital de la Planta de Balanceados Pronaca Quevedo

## 3.2. MATERIALES.

### 3.2.1 Materiales de Campo

En la fase de campo se utilizó 250 Broilers BB machos de 1 día de edad de la línea Ross, los tipos de alimento que se usó fueron:

- polvo (control negativo),
- acondicionado de la planta de Quevedo
- acondicionado de la planta de Durán
- migajeado de la planta de Quevedo
- migajeado de la planta de Durán.

### **3.2.2. Equipos**

- Balanza
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Computadora portátil.
- Sistema de Ventilación
- Termómetro
- Sistema de baterías
- Equipo de limpieza

## **3.3. MÉTODOS**

### **3.3.1 Diseño experimental**

#### **3.3.1.1 Tratamientos a comparar**

Se realizaron los siguientes tratamientos:

- T1 Control negativo (polvo).
- T2 Acondicionado Durán.
- T3 Migajeado de Durán.
- T4 Expandido de Quevedo.
- T5 Migajeado de Quevedo.

### 3.3.1.2 Tipo de diseño

El diseño empleado fue de bloques completamente al azar (DBCA)

### 3.3.1.3 Repeticiones o bloques

Se dispuso cinco repeticiones para cada tratamiento en las tres etapas que fueron evaluadas

### 3.3.1.4 Características de las UE

El ensayo contó con 25 unidades experimentales que corresponden a cada réplica por tratamiento por bloque; el tamaño de la UE fue de 10 aves por jaula.

### 3.3.1.5. Esquema del diseño:

|          | Bateria 1 |    | Bateria 2 |    | Bateria 3 |    |    |    |    |    |
|----------|-----------|----|-----------|----|-----------|----|----|----|----|----|
| Bloque 1 | 5         | T1 | T3        | 10 | 15        | T4 | T5 | 20 | 25 | T2 |
| Bloque 2 | 4         | T2 | T5        | 9  | 14        | T1 | T3 | 19 | 24 | T4 |
| Bloque 3 | 3         | T4 | T1        | 8  | 13        | T2 | T3 | 18 | 23 | T5 |
| Bloque 4 | 2         | T5 | T2        | 7  | 12        | T4 | T1 | 17 | 22 | T3 |
| Bloque 5 | 1         | T3 | T1        | 6  | 11        | T5 | T2 | 16 | 21 | T4 |

### 3.3.2 Análisis Estadístico

#### 3.3.2.1 Esquema de análisis de varianza

| <b>F de V</b>       | <b>gl</b> |
|---------------------|-----------|
| <b>Total</b>        | 24        |
| <b>Tratamientos</b> | (4)       |
| <b>Bloques</b>      | 4         |
| <b>Error</b>        | 16        |

#### 3.3.2.2 Coefficiente de variación

$$CV\% = \frac{\sqrt{CME}}{X} * 100$$

En donde:

CV= Coeficiente de variación

CME= cuadrado medio del error

X= media

### 3.3.3 Análisis funcional

En la siguiente investigación se realizó la prueba de Duncan al 5% para tratamientos y repeticiones.

### **3.3.4 Variables a medir**

- Consumo de alimento (semana 1, semana 2 y semana 3)
- Pesos de las aves (semana 1, semana 2 y semana 3)
- Conversión alimenticia (semana 1, semana 2 y semana 3)
- Factor de eficiencia europeo (FEEP) (semana 1, semana 2 y semana 3)

### **3.3.5 Métodos Específicos de Manejo del Experimento**

Para la realización del presente experimento se elaboró cinco tratamientos que incluyen:

- tratamiento 1: alimento normal (polvo o harina)
- tratamiento 2: polvo sometido al primer proceso de acondicionamiento Hi Term
- tratamiento 3: polvo procesado por el método Hi Term terminado llamado migajeado (Planta Durán)
- tratamiento 4: polvo sometido al primer proceso de expandido Sprout
- tratamiento 5: polvo procesado por el método Sprout terminado llamado migajeado (Quevedo).

Se distribuyeron 10 aves por jaula. Cada batería incluyó un total de 10 jaulas, así se emplearon un total de 2 baterías y medio sumando así las 250 aves.

Durante el periodo de tiempo que duró el ensayo se suministró el alimento para cada tratamiento a las 7:30 a.m.

Se procedió a pesar el sobrante del alimento el siguiente día para calcular el consumo de alimento diario.

El alimento fue pesado previamente, todos los días, a la misma hora de la mañana y este peso fue registrado en la planilla correspondiente.

Agua y alimento se suministraron ad-libitum

El programa de alimentación que emplea la empresa es el siguiente:

**Cuadro 4. Programa de alimentación de las aves**

| <b>Alimento</b> | <b>Programa (días)</b> |
|-----------------|------------------------|
| Engorde 1       | 1-21                   |
| Engorde 2       | 22-28                  |
| Engorde 3       | 29-35                  |
| Engorde 4       | 36-42                  |

En el experimento en mención se trabajó tan solo con la Fase Inicial E1, con una duración de 21 días.

Se realizó el pesaje de las aves en la primera, segunda y tercera semana para registrar la ganancia de peso, conversión alimenticia y factor de eficiencia europeo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Semana 1

#### 4.1.1. Consumo de alimento.

Al establecer el análisis de varianza para consumo de alimento promedio (g) en la primera semana (Cuadro 5) no se encontró diferencias estadísticas para tratamientos ni tampoco para los bloques.

**CUADRO 5: Análisis de varianza para el consumo de alimento promedio (g) en la primera semana**

| <b>F. de V.</b> | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b>  | <b>P</b> |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Trat            | 4         | 3282      | 820       | 4,42 n.s. | 0,013    |
| Bloque          | 4         | 2280      | 570       | 3,07 n.s. | 0,047    |
| Error           | 16        | 2968      | 185       |           |          |
| Total           | 24        |           |           |           |          |
| $\bar{X}$ (g)   | 129,4     |           |           |           |          |
| CV(%)           | 15,38     |           |           |           |          |

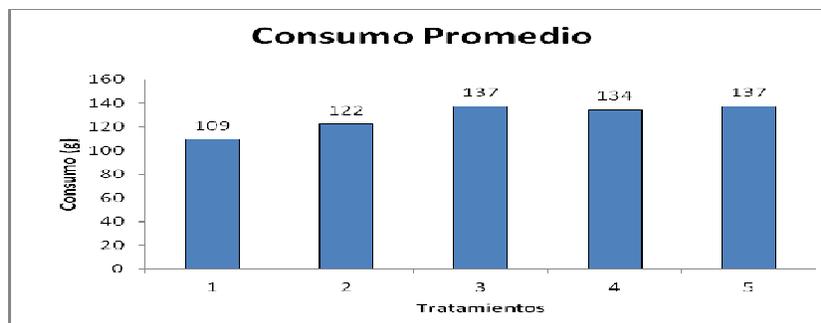
En el Cuadro 5 se puede observar que el promedio general fue de 129,4 g con un coeficiente de variación entre de 15,38 %.

En el cuadro 6 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento, los tratamientos 3, 4 y 5 son equivalentes y presentaron diferencias significativas frente al tratamiento 1, el tratamiento 2 es intermedio entre los tratamientos 3,4 y 5 y el tratamiento 1.

**CUADRO 6: Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento promedio (g) en la primera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Consumo (g)          |
|------------------------|----------------------|
| 1                      | <sup>b</sup><br>109  |
| 2                      | <sup>ab</sup><br>122 |
| 4                      | <sup>a</sup><br>134  |
| 5                      | <sup>a</sup><br>137  |
| 3                      | <sup>a</sup><br>137  |
| Nivel de significancia | <b>0,01</b>          |

En la figura 9 se puede apreciar que el consumo más bajo de alimento se presentó en el testigo (tratamiento 1) que fue de 109 g promedio, en la primera semana, en relación a los tratamientos 3 y 5 que alcanzaron 137 g promedio de consumo, según Koutsos (2006) existen diferencias en el consumo de alimento de las aves, que en gran parte depende del tipo de alimento que consumen.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 9: Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la primera semana.**

#### 4.1.1. Peso de las aves (g)

Al establecer el análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) en la primera semana (Cuadro 7), se encontró diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos, no se encontraron diferencias para los bloques.

**CUADRO 7: Análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) de las aves en la primera semana**

| <b>F. de V.</b> | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b>  | <b>P</b> |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Trat            | 4         | 5639      | 1409      | 10,95 * * | 0,000    |
| Bloque          | 4         | 1607      | 401       | 3,12 n.s. | 0,045    |
| Error           | 16        | 2059      | 128       |           |          |
| Total           | 24        |           |           |           |          |
| X (g)           | 117,86    |           |           |           |          |
| CV(%)           | 17,44     |           |           |           |          |

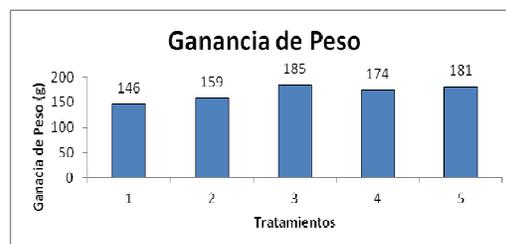
En el Cuadro 7 se puede observar que el promedio general fue de 117,86g con un coeficiente de variación entre de 17,44%

En el cuadro 8 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio, los tratamientos 3 (185g) y 5 (181g) son equivalentes y presentan diferencias significativas frente a los demás tratamientos y el tratamiento uno presenta diferencias frente al resto.

**CUADRO 8: Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la primera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Peso (g)                    |
|------------------------|-----------------------------|
| 3                      | <sup>a</sup><br><b>185</b>  |
| 5                      | <sup>a</sup><br><b>181</b>  |
| 4                      | <sup>ab</sup><br><b>174</b> |
| 2                      | <sup>bc</sup><br><b>159</b> |
| 1                      | <sup>c</sup><br><b>146</b>  |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>            |

En la figura 10 se puede apreciar que el tratamiento que alcanzó el mayor ganancia de peso fue el tratamiento 3, con 185 g promedio, mientras que el tratamiento que obtuvo las menores ganancias de peso fue el testigo (tratamiento 1), con 146 g, según Jensen(2000), al acondicionar los alimentos de aves de engorda, aumenta la ganancia de peso, comparada con dietas no procesadas, ya que los procesos de acondicionamiento producen cambios físicos y químicos en los ingredientes, incluyendo la gelatinización del almidón, que mejora la digestibilidad en las aves de engorde.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 10: Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la primera semana.**

### 4.1.3 Conversión Alimenticia

Al establecer el análisis de varianza para conversión alimenticia en la primera semana (Cuadro 9), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, no se encontró diferencias estadísticas para los bloques.

**CUADRO 9: Análisis de varianza para conversión alimenticia en la primera semana**

| <b>F. de V.</b> | <b>GL</b> | <b>SC</b> | <b>CM</b> | <b>F</b>  | <b>P</b> |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Trat            | 4         | 0,048     | 0,012     | 12,87 * * | 0,000    |
| Bloque          | 4         | 0,003     | 0,0009    | 0,96 n.s. | 0,454    |
| Error           | 16        | 0,014     | 0,0009    |           |          |
| Total           | 24        |           |           |           |          |
| X               | 1,105     |           |           |           |          |
| CV(%)           | 11,14     |           |           |           |          |

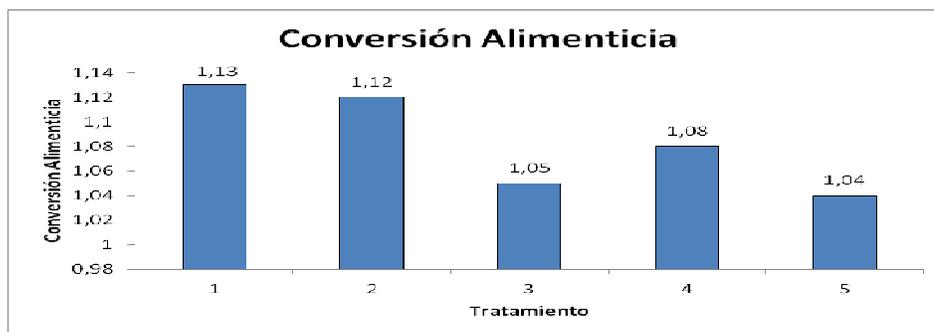
En el Cuadro 9 se puede observar que el promedio general fue de 1,105 con un coeficiente de variación entre de 11,14%,

En el cuadro 10 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia promedio, encontrando diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento 5 frente a los tratamientos 1, 2 y 3. El tratamiento 4 es intermedio entre los demás tratamientos, sin existir diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2.

**CUADRO 10: Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la primera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Conversión Alimenticia        |
|------------------------|-------------------------------|
| 5                      | <sup>a</sup><br><b>1,04</b>   |
| 3                      | <sup>b</sup><br><b>1,05</b>   |
| 4                      | <sup>abc</sup><br><b>1,08</b> |
| 2                      | <sup>c</sup><br><b>1,12</b>   |
| 1                      | <sup>c</sup><br><b>1,13</b>   |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>              |

En la figura 11 se puede apreciar que el tratamiento que presentó las conversiones alimenticias más altas fue el tratamiento 5, con valores de 1.04, en comparación con el testigo con 1.13 de conversión alimenticia, según Lucatero (2010), una conversión alimenticia más baja es resultado de un consumo de alimento incrementado, asociado con la utilización de pellets en lugar de harinas.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 11: Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la primera semana**

## 4.2. Semana 2

### 4.2.1. Consumo de alimento.

Al establecer el análisis de varianza para consumo de alimento promedio (g) en la segunda semana (Cuadro 11) se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos, no se encontraron diferencias entre los bloques.

**CUADRO 11: Análisis de varianza para el consumo de alimento promedio (g) en la segunda semana**

| F. de V. | GL     | SC    | CM   | F       | P     |
|----------|--------|-------|------|---------|-------|
| Trat     | 4      | 20828 | 5207 | 6,78 ** | 0,002 |
| Bloque   | 4      | 6186  | 1546 | 2,01    | 0,141 |
| Error    | 16     | 12292 | 768  |         |       |
| Total    | 24     |       |      |         |       |
| X (g)    | 523,86 |       |      |         |       |
| CV(%)    | 8,12   |       |      |         |       |

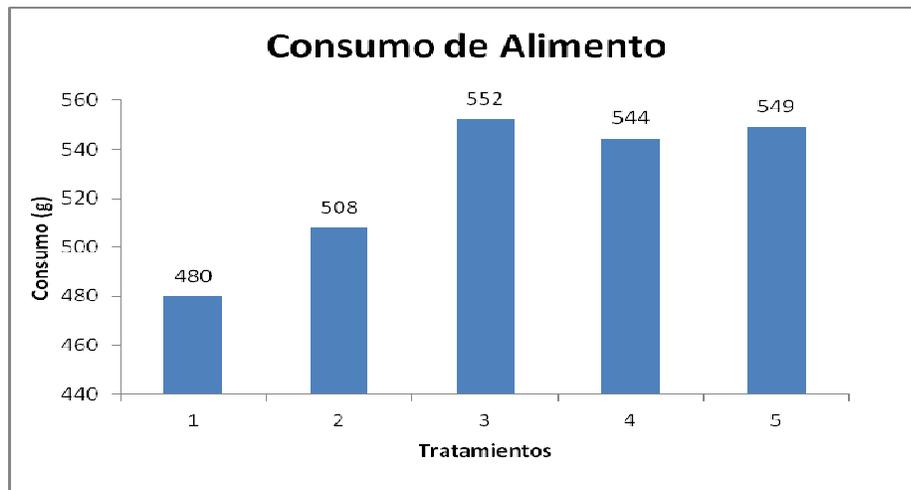
En el Cuadro 11 se puede observar que el promedio general fue de 523,86g con un coeficiente de variación entre de 8,12 %.

En el cuadro 12 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento, los tratamientos 3, 4 y 5 son equivalentes, el tratamiento 1 presenta diferencias frente a los demás tratamientos, el tratamiento 2 es intermedio entre los tratamientos.

**CUADRO 12: Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento promedio (g) en la segunda semana Duncan al 5%**

| <b>TRATAMIENTO</b>     | <b>Consumo (g)</b>      |
|------------------------|-------------------------|
| 1                      | <b>480<sup>b</sup></b>  |
| 2                      | <b>508<sup>ab</sup></b> |
| 4                      | <b>544<sup>a</sup></b>  |
| 5                      | <b>549<sup>a</sup></b>  |
| 3                      | <b>552<sup>a</sup></b>  |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>        |

En la figura 12 se puede apreciar que el consumo más bajo de alimento se presentó en el testigo, con 480 g promedio para la segunda semana mientras que el consumo más elevado se presentó en el tratamientos 3 con 552 g promedio, según Koutsos (2006) existen diferencias en el consumo de alimento de las aves, que en gran parte depende del tipo de alimento que consumen; aunque según Axe (2003) un ave alimentada con harina, comería 10% más de alimento que un ave alimentada con alimento acondicionado, y demoraría más tiempo en desarrollarse.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 12:** Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la segunda semana

#### 4.2.2 Peso de las aves (g)

Al establecer el análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana (Cuadro 13), se encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos no se encontró diferencia entre los bloques.

**CUADRO 13:** Análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana

| F. de V. | GL     | SC    | CM   | F         | P     |
|----------|--------|-------|------|-----------|-------|
| Trat     | 4      | 32713 | 8178 | 13,31 **  | 0,000 |
| Bloque   | 4      | 1531  | 383  | 0,62 n.s. | 0,653 |
| Error    | 16     | 9831  | 614  |           |       |
| Total    | 24     |       |      |           |       |
| X (g)    | 399,18 |       |      |           |       |
| CV(%)    | 11,01  |       |      |           |       |

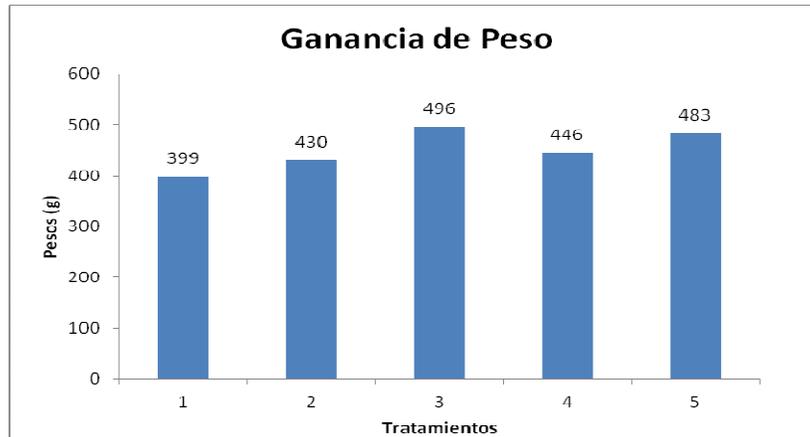
En el Cuadro 13 se puede observar que el promedio general fue de 399,18g con un coeficiente de variación entre de 11,01% .

En el cuadro 14 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio, el tratamiento 3 presentó diferencias significativas frente a los demás tratamientos, los tratamientos 5 y 4 son intermedios y el tratamiento 1 es equivalente al tratamiento 2.

**CUADRO 14: Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Peso (g)                    |
|------------------------|-----------------------------|
| 3                      | <sup>a</sup><br><b>496</b>  |
| 5                      | <sup>ab</sup><br><b>483</b> |
| 4                      | <sup>ac</sup><br><b>446</b> |
| 2                      | <sup>c</sup><br><b>430</b>  |
| 1                      | <sup>c</sup><br><b>399</b>  |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>            |

En la figura 13 se puede apreciar que el tratamiento que alcanzó el mayor peso fue el tratamiento 3, con 496 g promedio en la segunda semana mientras que el tratamiento que obtuvo los menores pesos fue el testigo con 399 g promedio, según Jensen(2000), al acondicionar los alimentos de aves de engorda, aumenta la ganancia de peso, comparada con dietas en forma de polvos no procesadas, ya que los procesos de acondicionamiento producen cambios físicos y químicos en los ingredientes, incluyendo la gelatinización del almidón, que mejora la digestibilidad en las aves de engorde.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 13:** Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la segunda semana

#### **4.2.3 Conversión Alimenticia**

Al establecer el análisis de varianza para conversión alimenticia en la segunda semana (Cuadro 15), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos.

**CUADRO 15:** Análisis de varianza para conversión alimenticia en la segunda semana

| F. de V. | GL    | SC     | CM    | F     | P     |
|----------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Trat     | 4     | 0,0719 | 0,017 | 11,25 | 0,000 |
| Bloque   | 4     | 0,006  | 0,001 | 0,95  | 0,462 |
| Error    | 16    | 0,0255 | 0,001 |       |       |
| Total    | 24    |        |       |       |       |
| X        | 1,317 |        |       |       |       |
| CV(%)    | 5,15  |        |       |       |       |

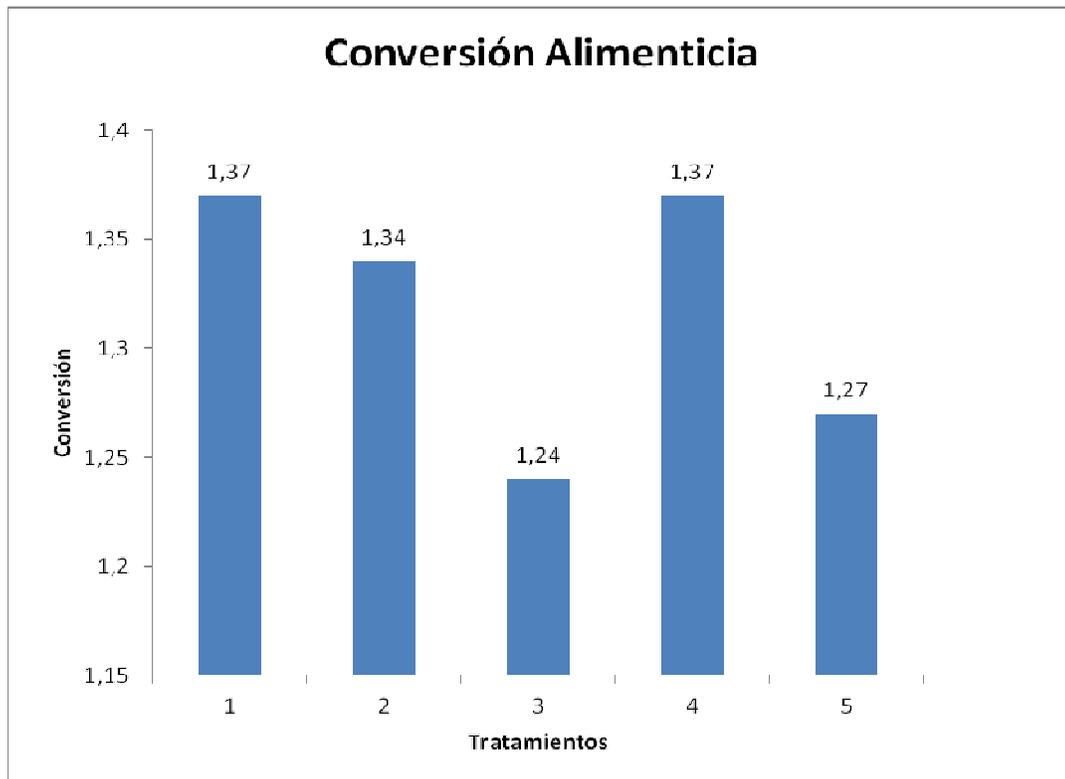
En el Cuadro 15 se puede observar que el promedio general fue de 1,317 con un coeficiente de variación entre de 5,15%.

En el cuadro 16 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia promedio, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 1, 2 y 4 frente a los tratamientos 3 y 5 que son equivalentes.

**CUADRO 16: Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la segunda semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Conversión Alimenticia |
|------------------------|------------------------|
| 3                      | <sup>b</sup><br>1,24   |
| 5                      | <sup>b</sup><br>1,27   |
| 2                      | <sup>a</sup><br>1,34   |
| 1                      | <sup>a</sup><br>1,37   |
| 4                      | <sup>a</sup><br>1,37   |
| Nivel de significancia | < 0,01                 |

En la figura 14 se puede apreciar que el tratamiento que presentó las conversiones alimenticias más bajas fue el tratamiento 3, con 1.24 en la segunda semana mientras que el tratamiento que presentó las conversiones alimenticias más altas fue el testigo con 1.37, según Lucatero (2010), una conversión alimenticia más baja es resultado de un consumo de alimento incrementado, asociado con la utilización de pellets en lugar de harinas.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 14:** Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la segunda semana

### 4.3. Semana 3

#### 4.3.1. Consumo de alimento.

Al establecer el análisis de varianza para consumo de alimento promedio (g) en la tercera semana (Cuadro 17) encontraron diferencias significativas para los tratamientos no se encontraron diferencias para los bloques.

**CUADRO 17: Análisis de varianza para el consumo de alimento promedio (g) en la tercera semana**

| F. de V.      | GL   | SC    | CM   | F        | P     |
|---------------|------|-------|------|----------|-------|
| Trat          | 4    | 30248 | 7562 | 3,11 *   | 0,045 |
| Bloque        | 4    | 4447  | 1112 | 0,46 n.s | 0,766 |
| Error         | 16   | 38904 | 2431 |          |       |
| Total         | 24   |       |      |          |       |
| $\bar{X}$ (g) | 1121 |       |      |          |       |
| CV(%)         | 5,05 |       |      |          |       |

En el Cuadro 17 se puede observar que el promedio general fue de 1121g con un coeficiente de variación entre de 5,05%.

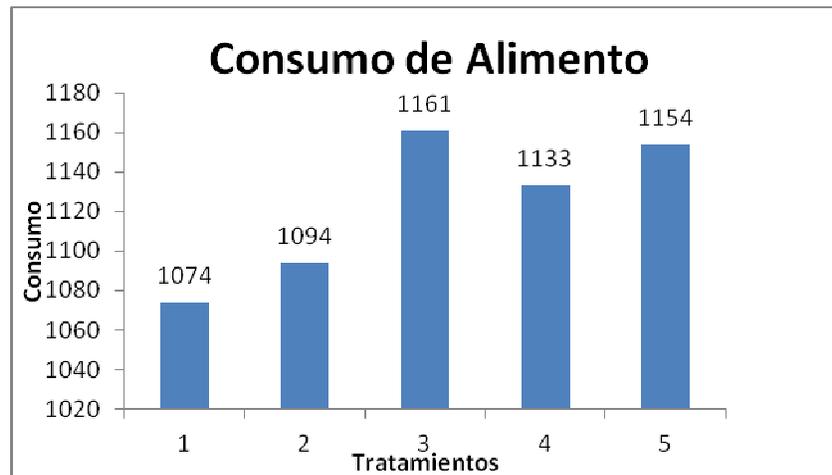
En el cuadro 18 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento, el tratamiento 3 presentó diferencias significativas entre frente a los demás, los tratamientos 2, 4 y 5 son intermedios el tratamiento 1 también presentó diferencias frente al resto.

**CUADRO 18: Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento promedio (g) en la tercera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO | Consumo (g)              |
|-------------|--------------------------|
| 1           | <b>1074<sup>b</sup></b>  |
| 2           | <b>1094<sup>ab</sup></b> |
| 4           | <b>1133<sup>ab</sup></b> |
| 5           | <b>1154<sup>ab</sup></b> |
| 3           | <b>1161<sup>a</sup></b>  |

|                        |             |
|------------------------|-------------|
| Nivel de significancia | <b>0,05</b> |
|------------------------|-------------|

En la figura 15 se puede apreciar que el consumo más bajo de alimento se presentó en el tratamiento 1 (testigo) con 1074 g promedio en la tercera semana, mientras que el consumo más elevado se presentó en el tratamientos 3 con 1161 g, según Koutsos (2006) existen diferencias en el consumo de alimento de las aves, que en gran parte depende del tipo de alimento que consumen; aunque según Axe (2003) un ave alimentada con harina, comería 10% más de alimento que un ave alimentada con alimento acondicionado, y demoraría más tiempo en desarrollarse.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 15:** Efecto de los tratamientos sobre el consumo promedio (g) en la tercera semana

**CUADRO 19.** Resumen de el consumo de alimento promedio hasta la tercera semana.

| Tratamiento | Consumo Promedio (g) |          |          |
|-------------|----------------------|----------|----------|
|             | Semana 1             | Semana 2 | Semana 3 |
| T 1         | 109                  | 480      | 1074     |
| T2          | 122                  | 508      | 1094     |
| T3          | 137                  | 552      | 1161     |
| T4          | 134                  | 544      | 1133     |
| T5          | 137                  | 541      | 1154     |

### 4.3.2 Peso de las aves (g)

Al establecer el análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana (Cuadro 20), encontró diferencias significativas para los tratamientos no se encontraron diferencias entre los bloques.

**CUADRO 20: Análisis de varianza para ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana**

| F. de V. | GL   | SC    | CM    | F        | P     |
|----------|------|-------|-------|----------|-------|
| Trat     | 4    | 63808 | 15952 | 13,38 *  | 0,013 |
| Bloque   | 4    | 3830  | 958   | 0,8 n.s. | 0,541 |
| Error    | 16   | 19082 | 1193  |          |       |
| Total    | 24   |       |       |          |       |
| X (g)    | 764  |       |       |          |       |
| CV(%)    | 7,89 |       |       |          |       |

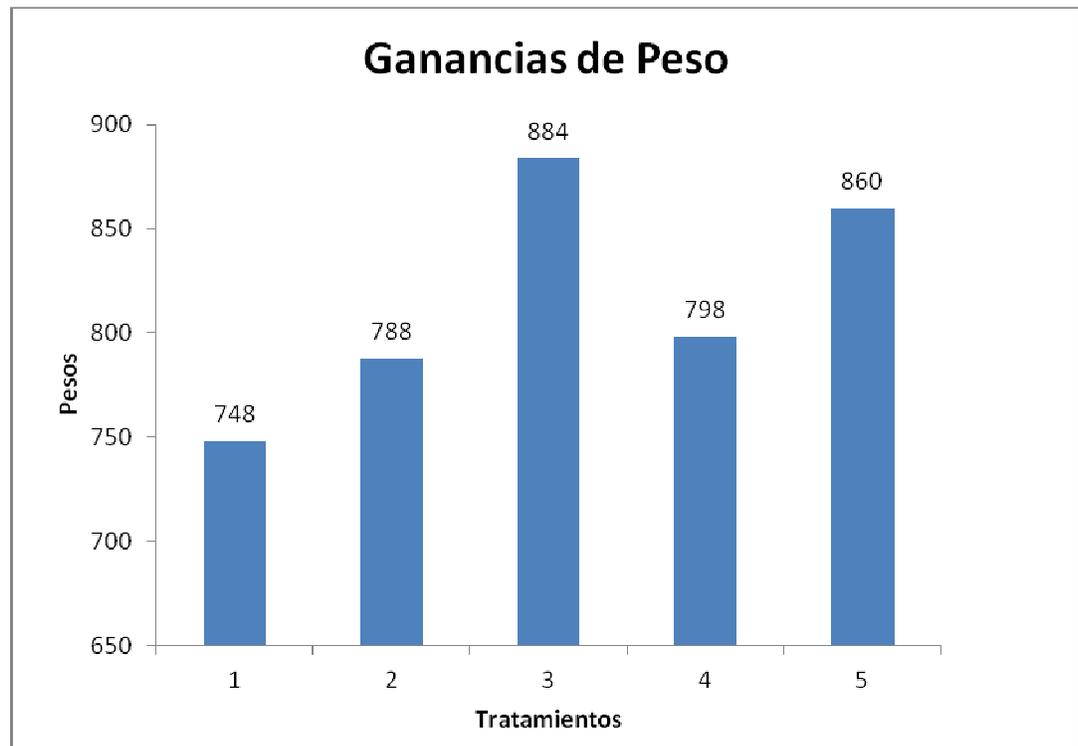
En el Cuadro 20 se puede observar que el promedio general fue de 764g con un coeficiente de variación entre de 7,89%.

En el cuadro 21 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio, los tratamientos 3 y 5 son equivalentes y presentaron diferencias significativas frente a los demás tratamientos, el tratamiento 1 y 2 no presentaron diferencias significativas el tratamiento 4 es intermedio.

**CUADRO 21: Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana Duncan al 5%**

| <b>TRATAMIENTO</b>     | <b>Peso (g)</b>         |
|------------------------|-------------------------|
| 3                      | <b>884<sup>a</sup></b>  |
| 5                      | <b>860<sup>a</sup></b>  |
| 4                      | <b>798<sup>ab</sup></b> |
| 2                      | <b>788<sup>b</sup></b>  |
| 1                      | <b>748<sup>b</sup></b>  |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>        |

En la figura 16 se puede apreciar que el tratamiento que alcanzó la mayor ganancia de peso fue el tratamiento 3 con 884 g en la tercera semana, mientras que el tratamiento que obtuvo los menores pesos fue el testigo con 784 g, según Jensen(2000), al acondicionar los alimentos de aves de engorda, aumenta la ganancia de peso, comparada con dietas no procesadas, ya que los procesos de acondicionamiento producen cambios físicos y químicos en los ingredientes, incluyendo la gelatinización del almidón, que mejora la digestibilidad en las aves de engorde.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 16:** Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso promedio (g) en la tercera semana.

**CUADRO 22.** Resumen de la ganancia de peso promedio hasta la tercera semana.

| Tratamiento | Ganancia de Peso (g) |          |          |
|-------------|----------------------|----------|----------|
|             | Semana 1             | Semana 2 | Semana 3 |
| T 1         | 146                  | 399      | 748      |
| T2          | 159                  | 430      | 788      |
| T3          | 185                  | 496      | 884      |
| T4          | 174                  | 446      | 798      |
| T5          | 181                  | 483      | 860      |

### 4.3.3 Conversión Alimenticia

Al establecer el análisis de varianza para conversión alimenticia en la tercera semana (Cuadro 23), se encontraron diferencias altamente significativas para los tratamientos no se encontraron diferencias entre los bloques.

**CUADRO 23: Análisis de varianza para conversión alimenticia de las aves en la tercera semana**

| F. de V. | GL    | SC    | CM    | F         | P     |
|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| Trat     | 4     | 0,071 | 0,017 | 5,43 **   | 0,006 |
| Bloque   | 4     | 0,025 | 0,006 | 1,96 n.s. | 0,149 |
| Error    | 16    | 0,052 | 0,003 |           |       |
| Total    | 24    |       |       |           |       |
| X        | 1,471 |       |       |           |       |
| CV(%)    | 5,45  |       |       |           |       |

En el Cuadro 23 se puede observar que el promedio general fue de 1,471 con un coeficiente de variación entre de 5,45%.

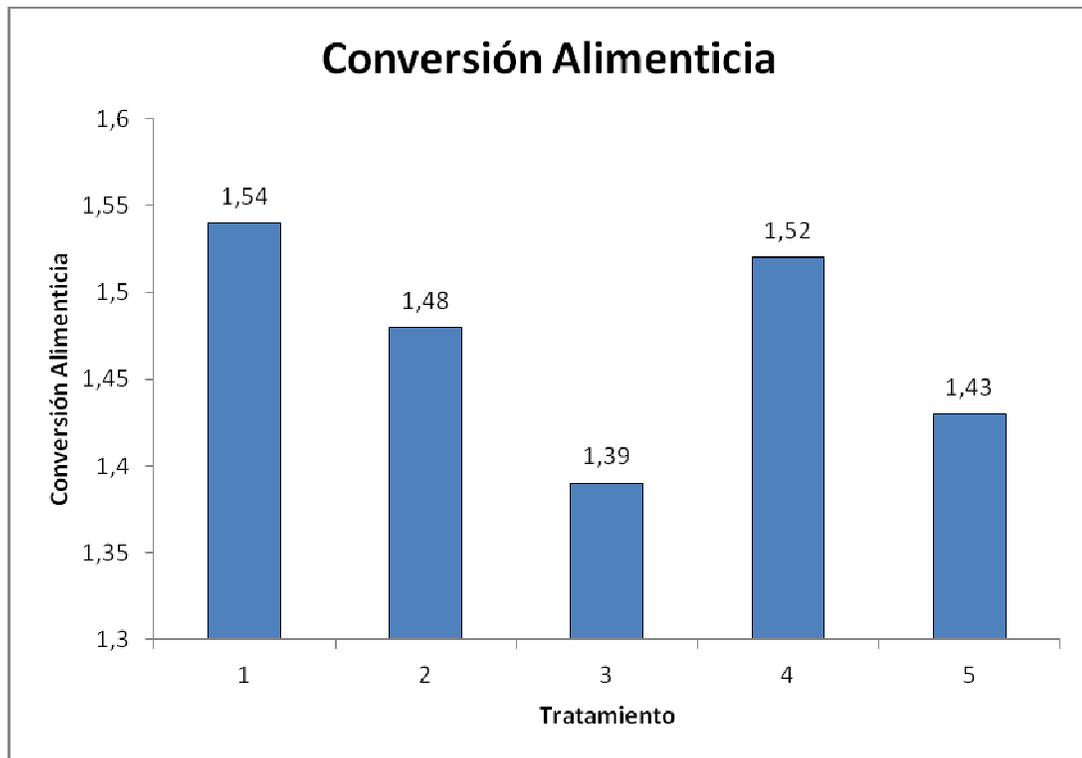
En el cuadro 24 se presenta el efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia promedio, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 1, y 4 que son equivalentes frente a los demás tratamientos, el tratamiento

3 también presentó diferencias frente a los demás tratamientos los tratamientos 5 y 2 son intermedios.

**CUADRO 24: Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la tercera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | Conversión Alimenticia       |
|------------------------|------------------------------|
| 3                      | <sup>b</sup><br><b>1,39</b>  |
| 5                      | <sup>ab</sup><br><b>1,43</b> |
| 2                      | <sup>ab</sup><br><b>1,48</b> |
| 4                      | <sup>a</sup><br><b>1,52</b>  |
| 1                      | <sup>a</sup><br><b>1,54</b>  |
| Nivel de significancia | <b>&lt; 0,01</b>             |

En la figura 17 se puede apreciar que el tratamiento que presentó las conversiones alimenticias más bajas fue el tratamiento 3 con 1.39 en comparación con el testigo que alcanzó 1.54 de conversión, según Lucatero (2010), una conversión alimenticia más baja es resultado de un consumo de alimento incrementado, asociado con la utilización de pellets en lugar de harinas. En anteriores investigaciones, Lucatero (2010) obtuvo conversiones de 1.46 en aves de engorde alimentadas con pellets en la tercera semana, en comparación con conversiones de 1.63 obtenidos al alimentar a las aves solo con polvo.



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 17:** Efecto de los tratamientos sobre la conversión alimenticia en la tercera semana.

**CUADRO 25:** Resumen de la Conversión Alimenticia hasta la tercera semana

| Tratamiento | Conversión Alimenticia |          |          |
|-------------|------------------------|----------|----------|
|             | Semana 1               | Semana 2 | Semana 3 |
| T 1         | 1,13                   | 1,37     | 1,54     |
| T2          | 1,12                   | 1,34     | 1,48     |
| T3          | 1,05                   | 1,24     | 1,39     |
| T4          | 1,08                   | 1,37     | 1,52     |
| T5          | 1,04                   | 1,27     | 1,43     |

#### 4.3.4 Factor de Eficiencia Europeo

Al establecer el análisis de varianza para factor de eficiencia europeo en la tercera semana (Cuadro 26), se encontró diferencias altamente significativas para los tratamientos y se encontraron diferencias significativas entre los bloques.

**CUADRO 26: Análisis de varianza para factor de eficiencia europeo de las aves en la tercera semana**

| F. de V. | GL     | SC    | CM   | F     | P     |
|----------|--------|-------|------|-------|-------|
| Trat     | 4      | 16698 | 4174 | 10,56 | 0,000 |
| Bloque   | 4      | 6986  | 1746 | 4,42  | 0,014 |
| Error    | 16     | 6323  | 395  |       |       |
| Total    | 24     |       |      |       |       |
| X (%)    | 235,58 |       |      |       |       |
| CV(%)    | 15,01  |       |      |       |       |

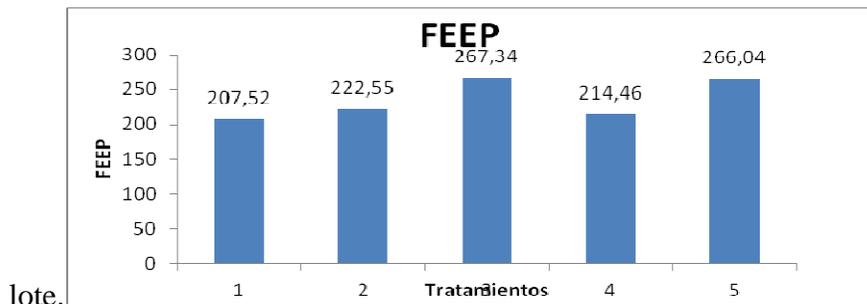
En el Cuadro 26 se puede observar que el promedio general fue de 235,58 con un coeficiente de variación entre de 15,01%.

En el cuadro 27 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el factor de eficiencia europea, encontramos diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 3 y 5 frente a los tratamientos 1, 2 y 4. También existen diferencias significativas del tratamiento 1 frente a los demás tratamientos.

**CUADRO 27: Efecto de los tratamientos sobre el FEEP en la tercera semana Duncan al 5%**

| TRATAMIENTO            | FEEP    |
|------------------------|---------|
| 3                      | 267,34a |
| 5                      | 266,04a |
| 2                      | 222,55b |
| 4                      | 214,46b |
| 1                      | 207,52c |
| Nivel de significancia | < 0,01  |

En la figura 20 se puede apreciar que los tratamientos que presentaron el factor de eficiencia europeo más alto fue los tratamientos 3 y 5 con 267.34 y 266.04 respectivamente, mientras que el tratamiento que presentó el factor de eficiencia europeo más bajo fue el testigo con 207.52, según Jensen (2000), el número mínimo esperado para definir si un lote tiene buen comportamiento es de 200, por lo que cualquier resultado por debajo de 200 se estima que no fue un lote eficiente en cuanto a rendimiento. En la presente investigación, todos los tratamientos fueron superiores a 200 lo que indica un manejo adecuado del



Fuente: Morales. 2012

**FIGURA 18: Efecto de los tratamientos sobre el factor de eficiencia europeo en la tercera semana.**

#### 4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Siguiendo la metodología de análisis de presupuesto parcial, según Perrín et al. 1981, se procedió a obtener el beneficio bruto que corresponde al precio de las aves por su valor en el mercado. Por otro lado se obtuvieron los costos variables que corresponden a los tratamientos en estudio.

De la diferencia del beneficio bruto menos los costos variables se obtuvo el beneficio neto (cuadro 29)

**CUADRO 28: Beneficio bruto, costo variable y beneficio neto de los tratamientos en estudio**

| TRATAMIENTOS | BENEFICIO BRUTO | COSTO VARIABLE | BENEFICIO NETO |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| T1           | 1,15            | 0,45167        | 0,70025        |
| T2           | 1,21            | 0,45167        | 0,76185        |
| T3           | 1,36            | 0,45827        | 0,90309        |
| T4           | 1,23            | 0,45612        | 0,7728         |
| T5           | 1,32            | 0,45843        | 0,86597        |

Colocando los beneficios netos en orden decreciente acompañado de sus costos variables se procedió a realizar el análisis de dominancia donde: tratamiento dominado es aquel que a igual o menor beneficio neto presenta un mayor costo variable. De este análisis se determinó que los tratamientos no dominados fueron:

**CUADRO 29: Análisis de dominancia de los tratamientos en estudio**

| <b>TRATAMIENTOS</b> | <b>BENEFICIO NETO</b> | <b>COSTO VARIABLE</b> |   |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| T3                  | 0.903                 | 0,45827               |   |
| T5                  | 0.865                 | 0,45843               | * |
| T2                  | 0.772                 | 0,45167               |   |
| T4                  | 0.761                 | 0,45612               | * |
| T1                  | 0.700                 | 0,45167               | * |

\* Tratamientos dominados

Con los tratamientos no dominados se procedió a realizar el análisis marginal determinando que la mejor opción económica constituyó el suministro del tratamiento 3 (migajeado Durán) pues con un incremento del costo variable de 0.0066\$, para pasar del testigo (T1) al tratamiento 3 se obtuvo un incremento del beneficio neto de 0.131\$ por lo tanto por cada dólar invertido se presentó un retorno de 19.848\$ (Cuadro 31).

**CUADRO 30: Análisis marginal de los tratamientos no dominados**

| <b>tratamientos</b> | <b>beneficio neto</b> | <b>costo variable</b> | <b><math>\Delta</math> BN</b> | <b><math>\Delta</math> CV</b> | <b>TIR M</b> |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|
| T3                  | 0.903                 | 0.45827               | 0.131                         | 0.0066                        | 19.848       |
| T2                  | 0.772                 | 0.45167               |                               |                               |              |

## V. CONCLUSIONES

- El alimento en forma de polvo (T 1) fue el que presentó los valores más bajos respecto al consumo de las aves en las tres semanas, aunque en la primera semana no se presentaron valores significativos. En la tercera semana, los consumos promedio fue de 1074 g/ave, en contraste, el alimento en forma de migajado procedente de la planta de Durán (T 3) alcanzó en las tres semanas el mayor consumo, llegando a un valor promedio de 1161 g/ave para la última semana.
- Al analizar las ganancias de peso, observamos que el migajado de la planta Durán (T 3) arrojó los pesos más altos en las aves, alcanzando un promedio de 884 g / ave frente a los 748 g / ave que se alcanzó como promedio con el polvo (T 1) para la última semana.
- La conversión alimenticia más alta en la tercera semana fue de 1,39 para el caso del migajado de Durán (T 3), mientras que la conversión más baja fue de 1,54 para el caso del alimento en forma de polvo (T 1).
- Finalmente, tenemos el factor de eficiencia europeo, siendo el más alto de 267,34 para el migajado de Durán (T 3) frente al más bajo que fue de 207,52 en el caso del polvo (T 1) en la tercera semana.
- Al analizar todas las variables en estudio, concluimos que el tipo de alimento que obtuvo los mejores resultados fue el migajado sometido al acondicionamiento con altas temperaturas (T 3), siendo el equipo más conveniente en Hi Therm

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el uso del tratamiento 3 (migajeado Durán) por presentar las mejores ganancias de peso, mejor conversión alimenticia, mejor factor de eficiencia europeo y resultó ser el más económico
- Como alternativa se recomienda al tratamiento 5 (migajeado Quevedo) por presentar similar tendencia que el tratamiento 3.
- Seguir evaluando los sistemas de acondicionamiento del alimento

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- AFABA. (2010). *Asociación Ecuatoriana de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales*.
- AMERAH, A. M., V. Ravindran, R. G. Lentle, and D. G. Thomas. 2007a. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poult. Sci. J.* 63:439–451.
- ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA ANIMAL. (7 de 06 de 2010). *ANATFISIO*.
- BAYLEY, H. S., J. D. Summers, and S. J. Slinger. 1968. The effect of steam pelleting feed ingredients on chick performance: Effect on phosphorous availability, metabolizable energy value and carcass composition. *Poult. Sci.* 47:1140–1148.
- BEHNKE, K. C., 2003, Factors Affecting Pellet Quality, Maryland Nutrition Conference.
- BORTONE, E. (2005). *MIDIATECAVIPEC*. Recuperado el 16 de enero de 2011, de Portal Avícola Porcícola y Alimento Balanceado: <http://www.midiatecavipec.com/alibal/alibal090605.htm>
- CAMPABANDAL, C.M. 1993. Factores que afectan la elaboración eficiente y la utilización de alimentos balanceados para animales en la Asociación Americana de Soya. ASA/ México. AN N 131
- CASTALDO, D. 1998. Elaboración de mejores pellets: harina bajo presión. *Industria Avícola*, 45(10): 29.

- CHANG, S., VEDEZOTO, A., & ESTRADA, L. (2009). *ANALISIS DE LA AVICULTURA ECUATORIANA.*, Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/743/1/1392.pdf>, consultado el 19 de diciembre de 2010.
- CONAVE. (diciembre de 2010). Disponible en: <http://www.conave.org/informacionlistall.php> , consultado el 15 de enero de 2011.
- CONAVE. (2008). *Evidencias Médico-Científicas sobre el Huevo.* Quito: ANAVIH.
- DIARIO EL HOY. (4 de junio de 2009). La producción Avicola Alimenta a Todo el Ecuador. *Diario Negocios Hoy* , pág. 1.
- FAIK, D. 1985. Control de costos de peletización en: Feed manufacturins technology III . Ed. American Feed Industry Assa Arlington, V.A.
- FAO. (2006). *World Agriculture Towars 2030 – 2050.* Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/Interim\\_report\\_AT2050web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf) Consultado el 15 de diciembre de 2010, de
- GÜRTLER et al. (1987). *FISIOLOGIA VETERINARIA.* Zaragoza- España: Acribia.
- HANCOCK, J. D. and K. C. BEHNKE. 2001. Use of ingredient and diet technologies (grinding, mixing, pelleting, and extruding) to produce quality

feeds for pigs. Pages 469–492 in *Swine Nutrition*. 2nd ed. A. J. Lewis and L. L. Southern, ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

- HOOVER, R. 1995. Starch retrogradation. *Food Rev. Int.* 11:331–346.
- HUSSAR, N. 1962. Efecto del peletizado en la utilización del alimento. en pollas de crecimiento. *Poultry Slip.* 41: 1489.
- JENSEN, L. 2000. Influence of pelleting on the utilization needs of poultry. *Asian – Aust. J. of Animal. Sci.* 13: 35-48
- JUNCOS, R. (2010). *SITIO ARGENTINO DE PRODUCCIÓN ANIMAL*. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_porcina/00-X\\_congreso/10-fallas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_porcina/00-X_congreso/10-fallas.pdf). Consultado el 17 de enero de 2011,
- KOUTSOS, E. 2006. North Carolina poultry nutrition conference. N:C:, p 29, 33.
- LEÓN, X., & YUMBLA, M. (junio de 2010). *ACCIÓN ECOLÓGICA*. Recuperado el 12 de octubre de 2010, de <http://www.accionecologica.org/images/2005/soberania/libroagronegocio.pdf>
- LUND, D. 1984. Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 20:249–273.
- MACHADO, G. 2005. Simposio internacional sobre exigencias nutricionales de aves y cerdos. *Vicoa*, p 75- 95.

- MCKINNEY, L.J. 2004. *Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones*. Poultry Science.
- MAIER, D. E., and J. Gardecki. 1993. Evaluation of pellet conditioning: Understanding steam. *Feed Manage.* 44:15.
- MEDINA, L. (23 de febrero de 2011). Sistemas de producción de pollos de engorde en la empresa Pronaca. (R. AGUIRRE, Entrevistador)
- MOMMER, R. P., and D. K. Ballantyne. 1991. Reasons for pelleting. Pages 3–6 in *A Guide To Feed Pelleting Technology*. Hess and Clark, Inc., Ashland, OH.
- MORAN, E. 1989. Effect of pellet quality on the performance of meta birds. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*. Ed. W. Haresing and D. J. A. Cole. Butterworths, London p. 87-108.
- MORITZ, J. S., R. S. Beyer, K. J. Wilson, and K. R. Cramer. 2001. Effect of moisture addition at the mixer to a corn-soybean-based diet on broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.* 10:347–353.
- NORTH, O., & BELL, D. (1993). *MANUAL DE PRODUCCIÓN AVICOLA*. México D.F: El Manual Moderno S.A.
- ORELLANA, J. (23 de febrero de 2011). Sistemas de Producción de Pollos de Engorde en el Ecuador "Corporacion nacional de avicultores". 1. (R. AGUIRRE, Entrevistador) Quito, Pichincha, Ecuador.

- PRONACA. (2010). *PRONACA*. Disponible en <http://www.pronaca.com/site/principal.jsp?arb=8>. Consultado el 8 de octubre de 2010
- ROSALES, R. 2001 Cómo producir un alimento de calidad. *Industria Avícola*, 48 (10): 28-29
- ROSS. (2009). Especificaciones de Nutrición. En ROSS, *MANUAL ROSS* (págs. 4,5,6). Huntsville, Alabama: Aviagen.
- SAVOY, C. 1988. 1988. Meal occurrence in Japanese quail in relation to particle size and nutrient density. *Animal Behaviour* 28: 160-171.
- SIGAGRO-AFABA. (noviembre de 2009). *Sistema de Información Geográfica Agr.* Recuperado el 10 de noviembre de 2010, de [http://sigagro.flunal.com/swf/soya\\_nov09.swf](http://sigagro.flunal.com/swf/soya_nov09.swf)
- THOMAS, M., T. Van VLIET, and A. F. B. VAN DER POEL. 1998. Physical quality of pelleted animal feed 3. Contribution of feedstuff components. *Anim. Feed Sci. Technol.* 70:59–78.
- USDA. (15 de octubre de 2010). *Live Stock and Poultry: World Markets and Trade*. Disponible en: [http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock\\_poultryfull101510.pdf](http://www.fas.usda.gov/dlp/circular/2010/livestock_poultryfull101510.pdf). Consultado el 4 de noviembre de 2010
- WRIGHT, C., & AHO, P. (enero de 2010). *Industria Avícola*. Recuperado . Recuperado el 10 de octubre de 2010, de <http://www.industriaavicola-digital.com/industriaavicola/201001/?pg=15#pg14>

