

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**“DENSIDAD DE NUTRIENTES Y SU EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO Y PARTICIÓN DE ENERGIA EN POLLOS COBB 500®”**

**ESTUDIANTES:**

**MARELISSA M. ACOSTA P. 4-807-1605**

**ALBA C. BERROA J. 4-797-1123**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

**DENSIDAD DE NUTRIENTES Y SU EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO Y PARTICIÓN DE ENERGIA EN POLLOS COBB 500®**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO A EVALUACIÓN PARA OPTAR POR  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
DEBE SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**APROBADO POR:**

**Ing. Mario Arjona S. M. Sc. (Director) \_\_\_\_\_**

**Ing. Richard Mudarra M. Sc. (Miembro) \_\_\_\_\_**

**Ing. Alex Samudio M. Sc. (Miembro) \_\_\_\_\_**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2023**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por habernos otorgado una familia maravillosa quienes han creído en nosotras siempre, dándonos ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándonos a valorar todo lo que tenemos y haber contribuido en la consecución de este logro. A nuestros padres gracias por su paciencia y comprensión, esperamos contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

A nuestro asesor de tesis el profesor Mario Arjona gracias por brindarnos su tiempo, apoyo y sabiduría para el desarrollo y elaboración de este trabajo y llegar a la culminación del mismo. También agradecemos infinitamente al Doctor Audino Melgar, encargado del laboratorio de bromatología del IDIAP-Gualaca y Reynier Santana por habernos ayudado a realizar los análisis bromatológicos de las muestras para terminar con éxito nuestro trabajo.

*Marelissa Acosta y Alba Berroa*

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios por habernos dado la vida y permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional. A nuestros padres por ser el pilar más importante y brindarnos a cada instante su cariño y apoyo incondicional durante la vida universitaria y así llegar a culminar nuestra carrera.

A todas las personas que siempre nos estuvieron alentando y apoyando en todos los momentos difíciles que nos tocó vivir en el transcurso de este tiempo en la elaboración de este trabajo de grado.

*Marelissa Acosta y Alba Berroa*

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Provincia de Chiriquí, República de Panamá, entre los meses de marzo y abril de 2022; con el objetivo de evaluar los niveles de densidad de nutrientes y su efecto sobre el comportamiento productivo y la partición de energía en pollos de carne Cobb 500. Se utilizaron 60 pollos de un día de nacidos y se mantuvieron hasta el día 42 de edad en batería de crianza, distribuidos en un total de 3 tratamientos con niveles de (2900 Kcal/Kg, 3100 Kcal/Kg, 3300 Kcal/Kg), donde fueron asignados a razón de 4 repeticiones por tratamiento con 5 animales cada uno, en un diseño de bloque completo al azar, tomando como bloque los pisos, considerando el efecto de la ubicación para las unidades experimentales dentro de las baterías metálicas. Dichos tratamientos fueron formulados para la etapa de inicio (1 - 21 días) y crecimiento (22 – 42 días) según la NRC (1994).

Para la parte estadística se realizaron análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey al 5%, los cuales arrojaron que en la etapa de inicio las variables peso vivo y ganancia de peso mostraron diferencias estadísticamente significativas, mientras que para consumo de alimento y conversión alimenticia no se mostró diferencias. En cuanto a la etapa de crecimiento se encontró diferencias significativas para las variables peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia, por otra parte, para consumo de alimento y rendimiento de carcasa no mostraron diferencias. En referencia a la utilización de la energía, la grasa retenida presentó un incremento con respecto al aumento de los niveles de densidad de nutrientes de la dieta para la etapa de inicio y crecimiento, mientras que el

porcentaje de energía retenida como proteína mostró una pequeña variación, pero, mantiene una relación constante entre la retención proteica con respecto al consumo de energía. La energía retenida total no mostró una tendencia clara con referencia al incremento de la densidad de nutrientes para ambas etapas.

**Palabras claves:** partición de energía, comportamiento productivo, conversión alimenticia, energía retenida, retención proteica.

## **ABSTRACT**

This research was carried out at the Faculty of Agricultural Sciences, Province of Chiriquí, Republic of Panama, between the months of March and April 2022; with the objective of evaluating the levels of nutrient density and its effect on productive performance and energy partitioning in Cobb 500 broilers. 60 day-old chickens were used and were kept until day 42 of age in battery of breeding, distributed in a total of 3 treatments with levels of (2900 Kcal/Kg, 3100 Kcal/Kg, 3300 Kcal/Kg), where they were assigned at a rate of 4 repetitions per treatment with 5 animals each, in a design of complete block at random, taking the floors as the block, considering the effect of the location for the experimental units within the metal batteries. These treatments were formulated for the initiation stage (1 - 21 days) and growth (22 - 42 days) according to the NRC (1994).

For the statistical part, analysis of variance and comparison of means test by Tukey at 5% were carried out, which showed that in the initial stage the variables live weight and weight gain showed statistically significant differences, while for food consumption and feed conversion did not show differences. Regarding the growth stage, significant differences were found for the variables live weight, weight gain and feed conversion, on the other hand, for feed consumption and carcass yield they did not show differences. In reference to the use of energy, the retained fat presented an increase with respect to the increase in the levels of nutrient density of the diet for the start and growth stage, while the percentage of retained energy as protein showed a small variation. , but, maintains a constant relationship between protein

retention with respect to energy consumption. The total retained energy did not show a clear trend with reference to the increase in nutrient density for both stages.

**Keywords:** energy partition, productive behavior, feed conversion, retained energy, protein retention.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	3
1.1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	Alimentación de pollos de engorde.....	4
2.2	Requerimientos nutricionales en pollos de engorde.....	4
2.2.1	Proteínas.....	5
2.2.2	Carbohidratos y grasas (Energía).....	5
2.2.3	Minerales y Vitaminas.....	6
2.3	Proteína ideal.....	6
2.4	Partición de la energía.....	8
2.4.1	Energía bruta.....	9
2.4.2	Energía digestible.....	10
2.4.3	Energía metabolizable.....	10
2.4.4	Energía neta.....	11
2.4.4.1	Energía neta de mantenimiento (ENm).....	12
2.4.4.2	Energía neta de producción o retenida (ENp).....	13
2.5	Relación energía / proteína.....	14
2.6	Densidad nutricional y su efecto sobre el comportamiento productivo de pollos de engorde.....	15
2.6.1	Dietas con altas densidades de nutrientes.....	16
2.6.2	Dietas con bajas densidades de nutrientes.....	17
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1	Ubicación geográfica.....	18
3.2	Unidades experimentales.....	18
3.3	Alojamiento y alimentación.....	18
3.4	Etapas experimentales.....	18
3.5	Tratamientos.....	19

3.5.1 Dietas.....	19
3.6 Evaluación de parámetros zootécnicos.....	24
3.7 Diseño estadístico.....	27
3.8 Análisis estadísticos.....	27
3.9 Recolección de muestras y Análisis de laboratorio.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Efecto de la densidad de nutrientes sobre los parámetros productivos de los pollos Cobb 500.....	29
4.1.1 Fase de Inicio.....	29
4.1.2 Etapa de Crecimiento.....	33
4.1.3 Ciclo Completo.....	39
4.2. Efecto de los diferentes niveles de densidad de nutrientes en la utilización de la energía.....	43
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES.....	50
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	51
VIII. ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales para la etapa de Inicio (1-21 días).....	20
Cuadro 2. Valor nutricional determinado para la etapa de inicio .....	21
Cuadro 3. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales para la etapa de crecimiento (22 – 42 días).....	22
Cuadro 4. Valor nutricional determinado para la etapa de crecimiento .....	23
Cuadro 5. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 1 a 21 días. ....	30
Cuadro 6. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 22 a 42 días. ....	34
Cuadro 7. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de canes de 1 a 42 días.....	39
Cuadro 8. Utilización de la energía en la etapa de inicio.....	44
Cuadro 9. Utilización de la energía en la etapa de crecimiento.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partición de la energía ingerida en el ave. ....	9
Figura 2. Relación entre peso vivo y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.....	30
Figura 3. Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.....	31
Figura 4. Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.....	32
Figura 5. Relación entre la conversión alimenticia y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.....	33
Figura 6. Relación entre peso vivo y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.....	34
Figura 7. Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.....	35
Figura 8. Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.....	37
Figura 9. Relación entre conversión alimenticia y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.....	38
Figura 10. Relación entre rendimiento de carcasa y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.....	38
Figura 11. Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42).....	40
Figura 12. Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42).....	41
Figura 13. Relación entre conversión y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42). ....	42

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Preparación de la jaula y distribución de los tratamientos.....	57
Anexo 2. Preparación de las dietas (Inicio y Crecimiento). ....	57
Anexo 3. Llegada y distribución de los pollitos. ....	58
Anexo 4. Suministro de vitaminas y antibióticos.....	58
Anexo 5. Aplicación de vacunas (New Castle y Viruela Aviar). ....	59
Anexo 6. Recolecta de excretas para muestreo (Inicio: día 21 y Crecimiento: día 24).....	59
Anexo 7. Sacrificio de 12 pollos a los 21 días para su análisis. ....	60
Anexo 8. Pesaje y sacrificio de 6 pollos a los 42 días para su análisis. ....	60
Anexo 9. Picado y secado de los pollos por etapa y tratamiento para su conversión en harina. ....	61
Anexo 10. Conversión de los pollos en harina y su empaque identificado por etapa y tratamiento.....	61
Anexo 11. Trituración y pesaje del concentrado y las excretas para determinar Fibra Cruda, Proteína, Extracto Etéreo y Materia Seca.....	62
Anexo 12. Pesaje de las harinas de los pollos para determinar Materia Seca, Proteína y Extracto Etéreo. ....	62
Anexo 13. Determinación de Fibra Cruda y Extracto Etéreo de las muestras.....	63

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la avicultura crece aceleradamente debido a la alta demanda de carne de pollo, la cual constituye una fuente importante de proteínas y energía para la población. El corto ciclo de producción de los pollos de carne ha permitido el avance científico y tecnológico en esta especie dando como resultado mejoras genéticas que hacen que los animales expresen su potencial productivo y presenten mayor calidad de carne sin descuidar la rentabilidad de la producción (Arjona, 2019).

Por lo antes planteado surgen alternativas que buscan optimizar los recursos al momento de alimentar a los pollos, tal es el caso del término densidad de nutrientes, la cual se basa en la relación energía/ proteína, ya que son los nutrientes más importantes para los animales. La primera se requiere para el funcionamiento del cuerpo y la segunda es un constituyente esencial para todos los tejidos del organismo (Sindik, 2015).

Debido a que la alimentación actúa como un factor limitante que encarece los costos de producción de pollos de engorde, debe ser uno de los factores más importantes a considerar para obtener los objetivos de producción. Sobre la nutrición de los pollos, Sindik (2015) menciona que se debe asegurar el máximo aprovechamiento de la energía y la proteína, lo cual se logra si su inclusión en la dieta se hace en una correcta proporción.

Bajo condiciones de diferentes niveles de densidad de nutrientes, a medida que aumenta el nivel de energía y proteína en el alimento se mejora significativamente la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y el consumo de alimento (Waldroup

*et al.*, 1976). Oyedeji (2005) menciona que al suministrar dietas con bajos niveles de proteína y densidades calóricas los pollos consumirán más de estas dietas y probablemente les tome más tiempo para llegar al peso de mercado, lo que implicaría la reducción de la eficiencia alimenticia.

Anteriormente, se han realizado diversas investigaciones respecto al tema, sin embargo, surge el problema de que gracias al desarrollo científico y tecnológico las líneas de pollos han ido mejorando constantemente; lo cual conlleva a realizar nuevas evaluaciones para comprobar si las líneas modernas de pollos siguen manifestando el mismo comportamiento en lo referente al contenido energético del alimento y el consumo del mismo como lo plantearon Hill y Dansky en 1954. Es de esperar entonces que, si el contenido de energía regula el consumo de alimento y el contenido nutricional de la ración, esto puede repercutir directamente sobre los parámetros productivos como ganancia de peso, conversión alimenticia y peso vivo, también podemos encontrar que esta variación en el contenido de energía y nutrientes en la dieta impacte sobre el metabolismo de energía de los animales.

Por lo antes expuesto, se utilizó la densidad de nutrientes como una estrategia de alimentación que ayuda a reducir las pérdidas por ineficiencia del uso de nutrientes, empleando concentrados con diferentes niveles de densidad de nutrientes en pollos de engorde, para evaluar el comportamiento productivo y partición de energía en dichas aves.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

- ❖ Evaluar los niveles de densidad de nutrientes y su efecto sobre el comportamiento productivo y la partición de energía en pollos de carne (Cobb 500).

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y mortalidad) de pollos de carne en las etapas de inicio y crecimiento.
- Determinar el efecto de tres densidades nutricionales sobre la partición de energía en pollos de engorde.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Alimentación de pollos de engorde**

El alimento es un componente muy importante del costo total de producción del pollo de engorde. La nutrición es la variable de mayor impacto en la productividad, la rentabilidad y el bienestar del pollo. Con el objeto de respaldar un rendimiento óptimo, es necesario formular las raciones para proporcionar a estos animales el balance correcto de energía, proteína, aminoácidos, minerales, vitaminas y ácidos grasos esenciales (González, 2018).

El corto ciclo de producción de estos animales unido a la gran demanda mundial de su carne ha hecho que se tenga que afinar el lápiz en lo referente a cada uno de los componentes de la alimentación de los mismos. En este sentido, se puede indicar que la energía y proteína son componentes nutricionales indispensables para los animales; ya que se requieren para el funcionamiento del cuerpo y como constituyente esencial de todos los tejidos del organismo, respectivamente (Arjona, 2019).

### **2.2 Requerimientos nutricionales en pollos de engorde**

Existen varios factores que pueden alterar los requerimientos nutricionales de las aves, como son: raza, genética, sexo, consumo de ración, nivel energético de la dieta, disponibilidad de los nutrientes, temperatura ambiente, humedad del aire y estado sanitario, entre otros (Rostagno *et al.*, 2011).

Las aves, para crecer sanas, vigorosas y ser productivas, necesitan gran variedad de nutrientes, destacando entre ellos:

### **2.2.1 Proteínas**

Este nutriente es fundamental para el desarrollo del cuerpo y favorece el crecimiento de los músculos (carne). Por lo tanto, los animales en crecimiento y en engorda necesitarán una alimentación rica en proteínas. Requieren un total de 10 aminoácidos esenciales o indispensables para un óptimo crecimiento y utilización de los alimentos (lis, met, tre, try, ileu, leu, val, phe, arg, his) siendo considerados así debido a que no pueden sintetizar los correspondientes esqueletos carbonados o cetoácidos; y deben ser incluidos en la dieta en proporción balanceada para que la performance del crecimiento sea maximizada (D'Mello, 1994).

### **2.2.2 Carbohidratos y grasas (Energía)**

Estos nutrientes producen energía y junto a las proteínas, permiten satisfacer las funciones vitales y productivas de los animales (Miranda, 2018).

El pollo de engorde necesita energía para el crecimiento, el mantenimiento y la actividad de sus tejidos. Las principales fuentes de energía en los alimentos avícolas normalmente son granos de cereal (principalmente carbohidratos) y aceites o grasas. Los niveles de energía en la dieta se expresan en Megajoules (MJ)/kg, kilocalorías (kcal)/kg de Energía Metabolizable (EM), la cual representa la energía disponible para el pollo (González, 2018).

Las aves actuales exigen dietas de mayor concentración energética para alcanzar su potencial genético. El valor energético y nutricional de un compuesto lipídico depende de dos criterios diferentes: calidad y estructura química (Mateo *et al.*, 1995).

Un nivel adecuado de energía de una dieta es probablemente la más importante decisión, ha de ser tomada en cuenta para la formulación de dietas para pollos. La energía sola constituye alrededor del 70% de los costos totales de las dietas para pollos (Skinner, 1992).

### **2.2.3 Minerales y Vitaminas**

Son los elementos nutritivos que ayudan y complementan a los nutrientes para que las funciones de mantención y producción se desarrollen. El conjunto de vitaminas y minerales ayudan a prevenir enfermedades, a regular y optimizar el metabolismo necesario para el mantenimiento, crecimiento, desarrollo y producción, actúan como catalizadores en sistemas enzimáticos y hormonales; así como componentes de fluidos y tejidos corporales en forma de electrolitos. El agua cumple la función de permitir la digestión de los alimentos, la absorción de los nutrientes y el transporte de éstos a la sangre (Miranda, 2018).

### **2.3 Proteína ideal**

Es un concepto antiguo propuesto por Mitchell (1924 y 1964), para optimizar la utilización de la proteína de la dieta (relación entre retención y consumo de proteína) y minimizar la excreción de nitrógeno. En aquel momento fue un concepto más teórico que práctico. Cabe señalar que Dean y Scott (1965) propusieron aplicar este concepto al pollo de engorde.

La proteína ideal (PI), es el balance exacto de los aminoácidos, que tiene por objetivo satisfacer los requisitos absolutos de todos los aminoácidos para mantenimiento y ganancia máxima de proteína corporal, reduciendo su uso como fuente de energía. Su aplicación implica la reducción del nivel proteico y adición de aminoácidos sintéticos en la formulación de la dieta para disminuir los costos de producción y maximizar el aprovechamiento proteico. Por lo que es más importante el balance de aminoácidos en la dieta que los requerimientos de aminoácidos individuales (Campos *et al.*, 2008).

En la formulación comercial, un perfil de PI exacto es teórico, por lo que se ha desarrollado el concepto de Proteína Balanceada (PB) como una aplicación práctica del perfil de aminoácidos ideal para abastecer a los pollos con los niveles mínimos correctos de aminoácidos esenciales y no esenciales (Salvador y Guevara, 2013). En pollos de engorde, la metionina es el primer aminoácido limitante, seguido de la lisina en dietas de maíz-soya teniendo gran influencia sobre la producción (Schutte y De Jong, 1998). Asimismo, es importante fijar el requerimiento de metionina y cistina en la dieta (Joly, 2008).

El desempeño de las aves puede ser mejorado con un incremento de los niveles de proteína balanceada, la cual se logra mezclando insumos tradicionales en niveles que permiten alcanzar el equilibrio de aminoácidos más cercanos al aminograma del animal, pero hay factores nutricionales y medioambientales relacionados a la salud, al manejo, así como a la calidad del alimento en cuanto a la forma y tamaño de la partícula de los ingredientes utilizados, los cuales si no son bien manejados

afectan la respuesta esperada ante el suministro de los aminoácidos en la dieta limitando así la respuesta máxima a la proteína balanceada (Lemme *et al.*, 2006).

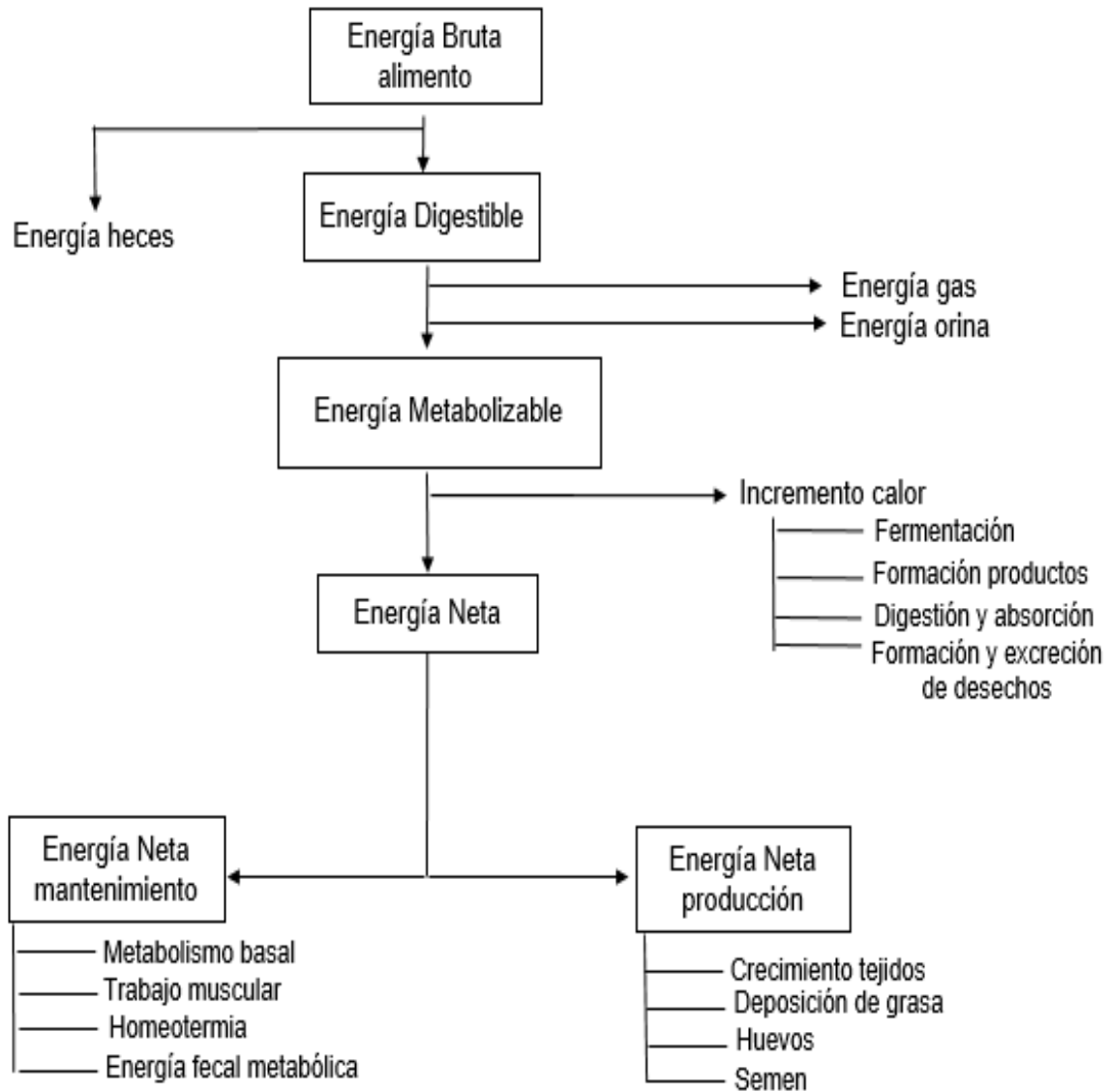
## **2.4 Partición de la energía**

La energía no es un nutriente, es resultado del metabolismo de los componentes químicos de los alimentos, que es utilizada para funciones de metabolismo, crecimiento, producción, movimientos musculares, mantenimiento de la temperatura corporal, respiración, funcionamiento del aparato digestivo y síntesis de compuestos y procesos bioquímicos (Murarolli, 2007).

El valor energético de un alimento puede expresarse en términos de Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta (EN).

El contenido energético de la dieta tiene el efecto más predecible en el consumo de alimento de las aves de engorde. Las aves intentarán consumir alimento para cubrir su requerimiento de energía metabólica. Por lo tanto, el consumo de alimento aumentará conforme disminuye el contenido energético de la dieta hasta que sea limitado ya sea porque se llenó el intestino, o por otros límites fisiológicos (Gernat, 2006).

Sibbald (1982) resalta que es importante conocer la cantidad de energía que se encuentra disponible para el animal en alguna dieta, puesto que esta es determinante en los rendimientos productivos del animal y corresponde a una parte importante del costo que tendrá el alimento, además, muestra el esquema de partición de la energía como se aprecia a continuación en la figura 1.



**Fuente:** Sibbald, 1982.

**Figura 1.** Partición de la energía ingerida en el ave.

### 2.4.1 Energía bruta

La Energía Bruta (EB), corresponde a la energía total contenida en un alimento. El contenido de esta EB se determina mediante la completa incineración del alimento hasta sus productos finales. El calor que se emana es aquel considerado como la

EB de ese alimento. Considerando la energía bruta del alimento, Francesh (2001) indica que esta energía no está totalmente disponible para las necesidades del ave. En un primer lugar, una parte de la energía del alimento no es digerido y se excreta directamente en las heces. Otra parte es degradada por procesos de fermentación productores de gas, aunque en aves no representa una fracción importante. En la orina hay pérdidas de energía ligadas al metabolismo proteico y finalmente, la utilización metabólica de la energía del alimento va acompañada de unas pérdidas en forma de calor.

#### **2.4.2 Energía digestible**

La cantidad de energía del alimento que es capaz de absorber el animal corresponde a la Energía Digestible (ED), la cual se determina realizando pruebas de alimentación en animales en las cuales se mide en conjunto la EB del alimento que consume el animal con la energía que es liberada en las heces de este. La diferencia entre estas dos representa la cantidad de energía que el animal ha digerido y absorbido (Correa *et al.*, 2006).

#### **2.4.3 Energía metabolizable**

Murarolli (2007) señala que la energía metabolizable es la energía total del alimento menos la energía de las heces y orina. El contenido energético de la dieta tiene el efecto más predecible en el consumo de alimento de las aves de engorde. Las aves intentarán consumir alimento para cubrir su requerimiento de energía metabólica. En aves se utiliza el concepto de Energía Metabolizable (EM) para expresar la fracción de energía bruta ingerida utilizada, en vez de Energía Digestible, ya que

tanto orina como heces son excretadas simultáneamente en la cloaca (Correa *et al.*, 2006).

Según Francesch (2001) actualmente se acepta que el sistema de energía metabolizable (E.M) es el más adecuado para valorar el contenido energético de los alimentos e ingredientes destinados a aves, esto gracias a la información y datos disponibles sobre la energía.

Elwinger *et al.* (2016), expresan que después de algunos años, varios grupos de investigadores informaron que la tercera determinación de E.M. resultó ser más barata, rápida y precisa que otros sistemas propuestos hasta la década de 1940 y desde entonces la E.M. ha sido el sistema energético estándar tanto en la investigación avícola como en la industria alimentaria.

La utilización eficiente de la E.M. está determinada principalmente por dos factores: la naturaleza de los compuestos químicos que aportan energía y el destino final de dichos compuestos. Además de los anteriores, también interfieren en la utilización de la E.M. otros factores como son: el equilibrio entre nutrientes y las deficiencias en minerales y vitaminas (Mc Donald, 1994).

#### **2.4.4 Energía neta**

Es también conocida como la energía productiva y es la energía de una ración que es realmente transformada en carne (Murarolli, 2007). Se obtiene a partir de la energía metabolizable, por sustracción del incremento térmico (IT), como se muestra a continuación:  $EN=EM-IT$ . La energía neta se diferencia de la energía metabolizable en la cantidad de calor perdido como resultado de los procesos

químicos y físicos ligados a la digestión y metabolismo, es decir el incremento térmico. La energía neta de un alimento es la parte energética que es completamente útil para el organismo ya que es utilizable por el animal para el mantenimiento y para la producción (Bondi, 1989).

La parte de la energía neta empleada para el mantenimiento es la energía gastada para soportar los procesos vitales del animal como el trabajo muscular necesario para los movimientos mínimos, el mantenimiento, la reparación de tejidos y para mantener la temperatura corporal en un medio ambiente frío. La otra parte de la energía neta es la energía retenida en los tejidos por los animales en crecimiento o ceba, siendo completamente útil para el organismo (Bondi, 1989). Generalmente la energía neta se divide en una fracción para mantenimiento (ENm) y otra fracción para producción (ENp).

#### **2.4.4.1 Energía neta de mantenimiento (ENm)**

Según Noblet *et al.* (2015), el concepto ENm ha sido definido como la tasa metabólica basal representado en la producción de calor en ayunas que se utiliza generalmente como un sustituto de ENm. Ning *et al.* (2014), indican que la producción de calor en ayunas determinado puede verse afectado por los tipos, raza, edad, sexo, genética de los animales y la duración del período de ayuno.

Labussiere *et al.* (2011), añaden que también influyen las condiciones de alimentación obteniendo una menor producción de calor en ayunas con una ingesta de alimento más baja.

La energía neta de mantenimiento es el ATP utilizado para cubrir los gastos de mantenimiento, este ATP se consume íntegramente produciendo calor. Por lo tanto,

la producción total de calor de los animales tiene dos componentes: por una parte, el extracalor (debido a la ineficacia del metabolismo orgánico), y por otra el calor producido al utilizarse la energía neta de mantenimiento (Flores y Rodríguez, s.f).

#### **2.4.4.2 Energía neta de producción o retenida (ENp)**

La energía neta de producción o energía retenida es la que contienen los compuestos químicos que forman las estructuras corporales y los productos animales. La estimación de la energía retenida se puede realizar por balance de carbono y nitrógeno o por otros métodos. En el balance de carbono y nitrógeno se determina la cantidad y composición del alimento ingerido y de las heces producidas, así como la cantidad de nitrógeno urinario excretado y la cantidad de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> producidos). En la realidad, estas técnicas solamente se utilizan en casos de alimentos muy concretos, y la mayoría de los valores de EN que se utilizan habitualmente son estimaciones a partir de la composición química y de la metabolicidad de los alimentos. También se puede estimar la energía retenida estudiando la composición del incremento de peso del animal alimentado con la ración a estudiar (Flores y Rodríguez, s.f).

Según Flores y Rodríguez (s.f), existen otros métodos para estudiar la composición corporal de los animales y estimar la energía retenida como:

- A. Método de los sacrificios comparativos:** un lote de animales se sacrifica al principio del estudio, se tritura y en una bomba calorimétrica se determina la energía que contiene. Otro lote se alimenta con la ración a estudiar y al final del experimento también se sacrifica y se determina la energía que

contiene. La diferencia entre ambos contenidos es la energía retenida procedente de la ración.

**B. Método de densitometría:** la densidad de los animales está relacionada con su composición química, por lo que conociendo las variaciones de densidad debidas al aporte de una ración se puede determinar la energía retenida. La densidad de los animales se puede determinar por inmersión de la canal en agua.

**C. Método de la humedad corporal:** el contenido en agua del cuerpo animal también está relacionado con su contenido energético. Para determinar el contenido en agua de los animales se estudia la cinética de dilución en los líquidos orgánicos de ciertas sustancias administradas al animal.

## **2.5 Relación energía / proteína**

La energía es el resultado del metabolismo de los componentes químicos de los alimentos, utilizados para los procesos vitales (Murarolli, 2007). Mientras que las proteínas son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno adicionadas en las dietas para el suministro de aminoácidos (Walsh, 2013).

Según Rodríguez (2013) para asegurar la máxima utilización de energía y proteína, se requiere que estos se encuentren en una correcta proporción para lograr óptimo crecimiento y minimizar el excesivo uso de los componentes principales de una dieta. Aunque desde el punto de vista estrictamente fisiológico-metabólico, la relación energía/proteína debe ajustarse según la incidencia de algunos factores tales como el sexo, la edad, condiciones ambientales, factores que producen

demandas diferenciales en los nutrientes y sus relaciones. También menciona que se debe trabajar con una dieta balanceada entre la energía y proteína, para así lograr eficientemente los índices de la producción (peso corporal, uniformidad, consumo de alimento, conversión alimenticia) y, eventualmente, una mejora en la relación costo/beneficio. De lo contrario, el exceso de energía y proteína será convertido en grasa, debido al tejido adiposo que le permite con gran facilidad acumularla, además, por la baja capacidad de almacenar carbohidratos y proteínas.

Brumano (2009) describe que el mecanismo genético que determina la síntesis de proteína es más complejo que el de la síntesis de grasa, ya que el exceso de nutrientes ingeridos es utilizado para la producción de grasa.

## **2.6 Densidad nutricional y su efecto sobre el comportamiento productivo de pollos de engorde**

La densidad nutricional según Aviagen (2011) es un concepto importante relativo a las proporciones de nutrientes esenciales, es decir, proteínas, vitaminas y minerales que se encuentran en cada uno de los alimentos. En esencia, un alimento con una elevada densidad nutricional posee una cantidad significativa de un nutriente o nutrientes específicos por ración en comparación con su contenido calórico denominado calorías de calidad.

La energía y proteína son nutrientes muy importantes para los animales, la primera se requiere para el funcionamiento del cuerpo y la segunda es un constituyente esencial para todos los tejidos del organismo. A fin de asegurar la máxima utilización de todos y cada uno de los principios nutritivos, se requiere que estos se encuentren

en una correcta proporción para lograr óptimo crecimiento y minimizar el excesivo uso de los componentes principales de una dieta (Sindik *et al.*, 2015).

La densidad de nutrientes en la dieta es uno de los varios factores nutricionales que tienen un impacto significativo en el crecimiento y la salud de los pollos de carne, lo cual repercute además sobre la economía de la producción (Brickett *et al.*, 2007). Waldroup *et al.* (1976), mencionan que diferentes niveles de densidad de nutrientes en el concentrado permiten que a medida que aumenta el nivel de energía se mejora significativamente la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y el consumo de alimento.

### **2.6.1 Dietas con altas densidades de nutrientes**

Diferentes estudios demuestran que el desempeño productivo de los pollos es mejor cuando las dietas son de alta densidad nutricional, para lograr esto, se debe considerar el balance de aminoácidos y niveles energéticos para maximizar la eficiencia de la producción. Los carbohidratos y lípidos son las fuentes principales de energía para el pollo y estos deben ir en una relación adecuada para un uso más eficiente. La relación energía:proteína es un concepto de interés que se relaciona con lo mencionado, con el nivel de grasa abdominal y calidad de carcasa (Rodríguez, 2013).

Según Fraps (1943) las dietas con una alta energía brindan una superior ganancia de peso si se comparan con dietas de menor aporte energético. Al respecto, Chávez (2004) expresa que los pollos que consumen dietas con densidades altas de nutrientes obtienen ganancia de peso mayores y conversiones alimenticias más bajas.

### **2.6.2 Dietas con bajas densidades de nutrientes**

A través de dietas con bajos niveles de proteína y densidades calóricas se tiene como objetivo reducir los costos de alimentación y mejorar los ingresos; sin embargo, es obvio que los pollos necesariamente consumirán más de estas dietas y probablemente les tome más tiempo para llegar al peso de mercado. Estos dos factores implican en la reducción de la eficiencia alimenticia (Oyedeji, 2005).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación geográfica**

Este estudio fue realizado en el módulo de producción avícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, ubicado en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí, República de Panamá, con una latitud de 8°23'40" N y longitud 82°19'48" O.

#### **3.2 Unidades experimentales**

Se utilizó un total de 60 pollos de engorde de la línea Cobb 500 con un peso aproximado de 40 gramos, todos con un día de nacidos.

#### **3.3 Alojamiento y alimentación**

Los animales durante el estudio fueron distribuidos en una batería de 4 niveles de altura, cada nivel contaba con tres cubículos con capacidad para 5 animales en cada uno, haciendo un total de 15 animales por nivel. A cada cubículo se le asignó 1 tratamiento con un total de 4 repeticiones por tratamiento.

Para la alimentación se formularon 3 dietas que correspondieron a los tratamientos con diferentes densidades nutricionales basadas en las recomendaciones de las tablas de la NRC (1994).

#### **3.4 Etapa experimental**

Las 6 semanas de experimento se dividieron en 2 etapas:

Etapa 1: desde el primer día de nacidos hasta el día 21, de ahora en adelante llamada **fase de inicio**.

Etapa 2: desde el día 22 hasta los 42, de ahora en adelante llamada **fase de crecimiento**.

### **3.5 Tratamientos**

Los tratamientos fueron dietas formuladas en base a los requerimientos de la tabla de la NRC (1994) considerando la fase de inicio y crecimiento.

La distribución de los animales y asignación de los tratamientos se realizó de manera completamente aleatoria en las baterías.

#### **3.5.1 Dietas**

Las dietas formuladas para cada fase, así como su composición nutricional se detalla a continuación.

**Cuadro 1. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales para la etapa de Inicio (1-21 días)**

Insumo	Nivel de densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta		
	2900	3100	3300
Maíz amarillo	60.16	64.77	63.65
Hna. De soya	25.5	28.66	27.16
Aceite de soya	0	2.11	4.67
Calcita	1.27	1.29	1.23
Biofos	1.76	1.84	1.96
Sal	0.43	0.45	0.31
DL-Metionina	0.24	0.26	0.23
L-Lisina	0.24	0.22	0.39
Premix de minerales y vitaminas	0.1	0.1	0.1
Pulidura de arroz	10	0	0
Mico Ad	0.25	0.25	0.25
Coccidisotato	0.05	0.05	0.05
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

	Valor Nutricional Calculado		
	2900	3100	3300
Energía Metabolizable Kcal/Kg	2900	3100	3300
Proteína total	18.5	19.55	20.72
Lisina	1.09	1.17	1.24
Metionina	0.53	0.57	0.61
Metionina + Cistina	0.82	0.88	0.93
Fósforo disponible	0.41	0.44	0.46
Calcio	0.92	0.97	1.03
Sodio	0.19	0.19	0.21

**Cuadro 2. Valor nutricional determinado para la etapa de inicio.**

Componente	Nivel de Densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta		
	2900	3100	3300
Humedad, %	12.10	11.50	10.90
Proteína Cruda, %	19.60	20.27	21.45
Extracto Etéreo, %	3.37	3.82	4.51
Fibra Cruda, %	2.41	2.46	2.70
Nifex, %	59.37	58.53	56.64
Cenizas, %	3.15	3.42	3.80
Energía Metabolizable * (Kcal/Kg)	<b>2961.19</b>	<b>3127.61</b>	<b>3336.17</b>

\*Los valores estimados con la ecuación de Quiroz (1991) fueron: 2961.19 (2900), 3127.61 (3100) y 3336.17 (3300).

**Cuadro 3. Composición porcentual y valor nutricional calculado de las dietas experimentales para la etapa de crecimiento (22 – 42 días)**

Insumo	Nivel de densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta		
	2900	3100	3300
Maíz amarillo	60.70	72.5	67.1
Hna. De soya	25.89	22.67	24.74
Aceite de soya	0	1.18	4.96
Calcita	1.36	1.39	1.39
Biofos	1.18	1.28	0.95
Sal	0.31	0.32	0.27
DL-Metionina	0.08	0.12	0.12
L-Lisina	0.08	0.14	0.07
Premix de minerales y vitaminas	0.1	0.1	0.1
Pulidura de arroz	10	0	0
Mico Ad	0.25	0.25	0.25
Coccidiotato	0.05	0.05	0.05
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

	Valor Nutricional Calculado		
	2900	3100	3300
Energía Metabolizable Kcal/Kg	2900	3100	3300
Proteína total	17.5	17.53	18.55
Lisina	0.9	0.97	1.03
Metionina	0.38	0.41	0.44
Metionina + Cistina	0.64	0.69	0.74
Fósforo disponible	0.33	0.34	0.36
Calcio	0.84	0.87	0.93
Sodio	0.12	0.15	0.15

**Cuadro 4. Valor nutricional determinado para la etapa de crecimiento**

Componente	Nivel de Densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta		
	2900	3100	3300
Humedad, %	12.30	11.20	10.38
Proteína Cruda, %	19.20	20.49	21.53
Extracto Etéreo, %	3.53	4.04	5.53
Fibra Cruda, %	2.84	3.09	3.32
Nifex, %	56.67	56.04	54.41
Cenizas, %	5.46	5.14	4.83
Energía Metabolizable * (Kcal/Kg)	<b>2929.51</b>	<b>3084.99</b>	<b>3318.84</b>

\*Los valores estimados con la ecuación de Quiroz (1991) fueron: 2929.51 (2900), 3084.99 (3100) y 3318.84 (3300).

### **3.6 Evaluación de parámetros zootécnicos**

Para la evaluación del desempeño productivo se consideraron los siguientes parámetros:

#### **❖ Consumo**

Es la cantidad de alimento que los animales pueden consumir en un periodo de tiempo determinado, para el mantenimiento y los diferentes procesos productivos (Greenhalgh, 1995).

$$\text{Consumo de alimento(gr)} = \text{Alimento Suministrado(gr)} - \text{Alimento Rechazado(gr)}$$

#### **❖ Peso Vivo (P.V kg)**

Es aquella medida que se realiza en una balanza y se registra de manera individual a final de cada etapa.

#### **❖ Ganancia de Peso (G.P)**

Es la cantidad de peso que un animal gana por día. Medida calculada con la intención de conocer cuánto peso está ganando el animal diariamente

$$\text{Ganancia de Peso (gr)} = \text{Peso final (gr)} - \text{Peso inicial (gr)}$$

#### **❖ Conversión Alimenticia (C.A.)**

Es la relación que se da entre el consumo de alimento y la ganancia de peso que tiene el animal en un periodo de tiempo determinado pudiendo ser dicho periodo semanal, mensual, anual, por etapas etc.

Conversión alimenticia = Consumo de alimento (gr) / Ganancia de peso corporal (gr)

#### ❖ Rendimiento de Carcasa

Es el porcentaje de peso obtenido de la canal con respecto al peso vivo del animal.

$$RC = \text{peso de carcasa} / \text{peso vivo} \times 100$$

#### ❖ Metabolismo energético

La energía metabolizable de las dietas fue estimada con la ecuación propuesta por Quiroz (1991) misma que se muestra a continuación:

$$m = 0.823 - 0.0194 (FC / FC + Nifex) \times 100 + 0.01 EE - 0.0005 EE^2$$

Donde:

- m: metabolibilidad (E. Metabolizable / E. Bruta)
- FC: Fibra Cruda
- Nifex: Extracto libre de nitrógeno
- EE: Extracto etéreo

### ❖ **Energía retenida en la ganancia de peso**

Esta energía se obtuvo multiplicando la ganancia de peso en proteína y grasa promedio de la composición corporal inicial y final por el equivalente calórico. Se asumió 5.66 Kcal/g y 9.35 Kcal/g para proteína y grasa, respectivamente, según la metodología utilizada por Conga (1990).

En este punto para la evaluación de la composición corporal de proteína y grasa de los pollos se utilizó la metodología de Sakomura *et al.* (2005).

### ❖ **Producción de calor total y del incremento calórico de la dieta**

La producción de calor fue calculada partiendo de la diferencia del consumo de energía metabolizable menos la energía retenida, mientras que la Energía Neta de Mantenimiento fue estimada por diferencia de la Energía Neta menos la Energía Retenida y el Incremento Calórico a partir de la eficiencia de utilización de la energía metabolizable (k) para la cual se asumió un valor de 71.5% para la dieta de 3100 Kcal/Kg según Guillaume *et al.* (1979), con la cual se pudo determinar las eficiencias de utilización de energía metabolizable (k) relativas para los demás tratamientos.

### ❖ **Peso corporal metabólico promedio**

La expresión de los niveles de energía para todos los niveles de densidad de nutrientes, se realizó por unidad de peso metabólico  $W^{0.75}$ , donde W es el peso promedio en kilos del inicio y del final de la fase  $((\text{peso final} + \text{peso inicial}) / 2)$ .

### 3.7 Diseño estadístico

Para el desarrollo del estudio se utilizó el diseño en bloque completamente al azar, tomando como bloque los pisos, considerando el efecto de la ubicación para las unidades experimentales dentro de las baterías metálicas; cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r_i$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor observado en la  $j$ -ésima repetición para el  $i$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$e_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental.

$t$  = Número de tratamientos.

$r_i$  = Número de repeticiones del  $i$ -ésimo tratamiento.

### 3.8 Análisis estadísticos

Las variables evaluadas se registraron en Excel 19.0 (2018), luego fueron evaluadas para los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks) y homogeneidad de varianza (Levene). Posterior a esto, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de rangos múltiples de Tukey-Kramer, Kramer (1956), utilizando los procedimientos del InfoStat Di Rienzo *et al.* (2015), con una probabilidad de significancia de 0.05%.

### **3.9 Recolección de muestras y Análisis de laboratorio**

Las muestras de alimento fueron recolectadas de forma individual por tratamiento y etapa. En cuanto a las excretas de los pollos, se procedió a recolectar de forma separada muestras de cada repetición, luego fueron mezcladas y trituradas por grupo para homogenizarlas y obtener una muestra representativa de cada tratamiento; se llevó a cabo dos colectas: la primera colecta de heces se realizó el día 21 por ser el último día en el que los animales consumieron las dietas de inicio y la segunda colecta el día 24 cuando los animales tenían cuatro días de estar consumiendo las dietas de crecimiento, esto para garantizar el recambio de alimentación de la dieta de inicio por la de crecimiento en el intestino del pollo.

Por otra parte, para la evaluación de la energía retenida como proteína y grasa, se sacrificaron para la etapa de inicio 4 pollos por tratamiento (1 de cada repetición) a los 21 días, mientras que para la etapa de crecimiento en el día 42 de forma aleatoria se seleccionaron 2 animales por tratamiento. Para el procesamiento de estas muestras se utilizó la metodología de Sakomura *et al.* (2005), para lo cual los animales fueron sacrificados sin desangrar separando la carcasa y las plumas por tratamiento. La carcasa estaba conformada por los huesos, carne, cartílagos, piel y vísceras limpias sin contenido digestivo, mientras que, para la colección de las plumas, los animales fueron pesados antes y después del desplume a fin de determinar el peso de dicha muestra. Posterior a esto, las carcasas fueron congeladas a -4°C, picadas en trozos pequeños, secadas en un horno Yamato DKN 810 a 80°C por 48 horas y después trituradas en una máquina de moler manualmente para su homogenización por tratamiento, con su debida identificación.

A cada muestra de concentrado, excretas y carcasa se le realizaron los análisis de Extracto Etéreo, Proteína Cruda y Materia Seca. Además, a las muestras de excretas y concentrado se le analizó Fibra Cruda que fue utilizada como indicador de digestibilidad. Esto se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá con sede en el distrito de Gualaca-Chiriquí.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

##### **4.1. Efecto de la densidad de nutrientes sobre los parámetros productivos de los pollos Cobb 500.**

###### **4.1.1 Fase de Inicio.**

###### **Peso vivo.**

Para la variable peso vivo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos (2900 Kcal/Kg, 3100 Kcal/Kg y 3300 Kcal/Kg), siendo el 3100 Kcal/Kg el que mostró el mayor peso (Cuadro 5; figura 2). Estos resultados son similares a lo encontrado por Alpizar y López (1993) y Saleh *et al.* (2004), donde los mejores resultados se dieron con dietas suministradas con un rango de contenido energético de 3023 a 3267 Kcal EM/Kg. En esta misma línea, Paulino (2017) recomienda que para la fase de preinicio e inicio se debe suministrar un valor energético de 3100 a 3175 Kcal/Kg, esto podría explicar que bajo las condiciones en la que se realizó el estudio, los requerimientos nutricionales de los animales se logran cubrir a los 3100 Kcal/Kg, por lo que la dieta de 3300 Kcal/Kg podría representar un nivel de exceso que compromete metabólicamente y digestivamente al animal y hace que disminuya su desempeño. Paulino (2017) también menciona que en esta etapa un alto nivel de energía no tiene efecto positivo

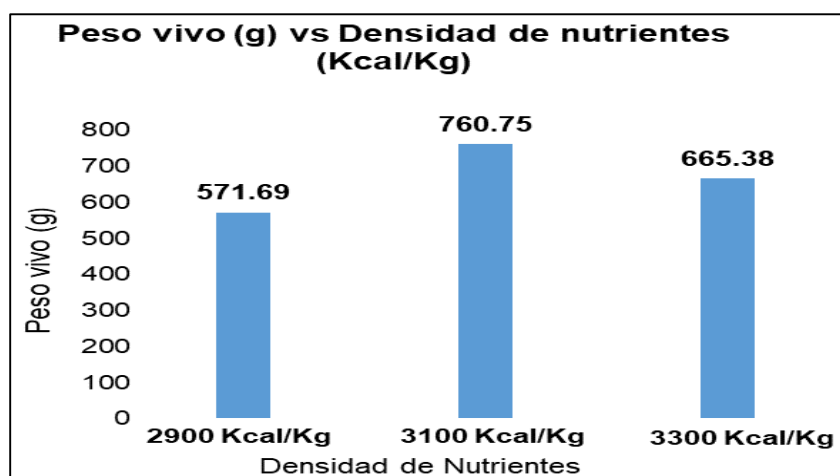
en el animal por la inmadurez del tracto digestivo, profundidad de la cripta y altura de las vellosidades.

**Cuadro 5. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 1 a 21 días.**

DENSIDAD DE NUTRIENTES Kcal/Kg	PESO VIVO (g)	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
<b>2900</b>	571.69 <sup>B</sup>	531.14 <sup>B</sup>	800.80 <sup>A</sup>	1.50 <sup>A</sup>
<b>3100</b>	760.75 <sup>A</sup>	721.85 <sup>A</sup>	975.83 <sup>A</sup>	1.36 <sup>A</sup>
<b>3300</b>	665.38 <sup>AB</sup>	625.43 <sup>AB</sup>	843.54 <sup>A</sup>	1.35 <sup>A</sup>

Promedio de cuatro repeticiones por tratamiento.

Promedios en la misma columna con diferente superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



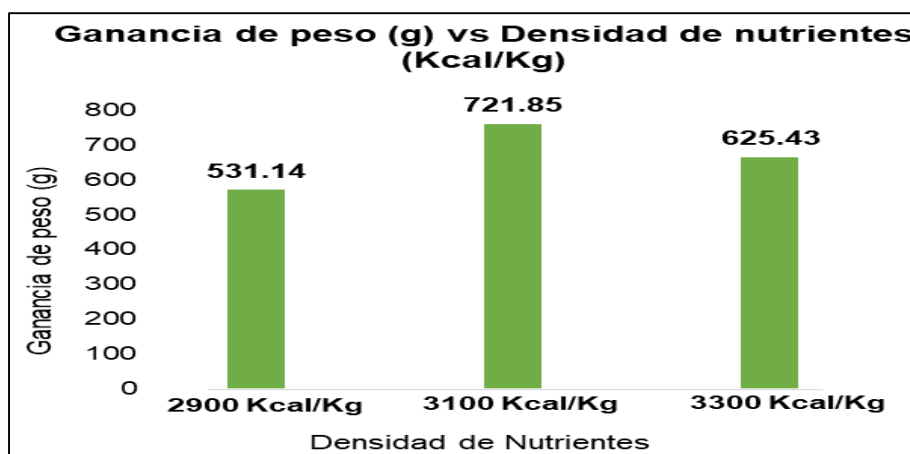
**Figura 2.** Relación entre peso vivo y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.

### Ganancia de peso

La ganancia de peso de los pollos presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ; cuadro 5), siendo el tratamiento de 3100 Kcal/Kg el que obtuvo los mejores resultados de ganancia de peso, seguido por la dieta de 3300

Kcal/Kg (Figura 3). Rodríguez (2013) destaca que el aumento en el nivel de energía y las modificaciones en los programas de alimentación tienen efectos positivos en la ganancia de peso.

Con relación a esto, Zorrilla *et al.* (1993), señalan que los aumentos de peso de los pollos están influenciados directamente por el nivel de densidad de nutrientes en la dieta, ya que con dietas de 3100 Kcal/Kg encontró mayores ganancias en comparación a las dietas de 2900 y 3000 Kcal/Kg. Por su parte, Arjona (2019) trabajando con baterías de crianza encontró mejores resultados con dietas de alta densidad; coincidiendo con lo reportado por Waldroup *et al.* (1976), quienes encontraron mayor ganancia de peso como resultado de un aumento en la densidad energética. Así mismo, Farrell *et al.* (1973) y Hurwitz *et al.* (1978), encontraron una influencia significativa sobre la ganancia de peso al aumentar los niveles de energía.



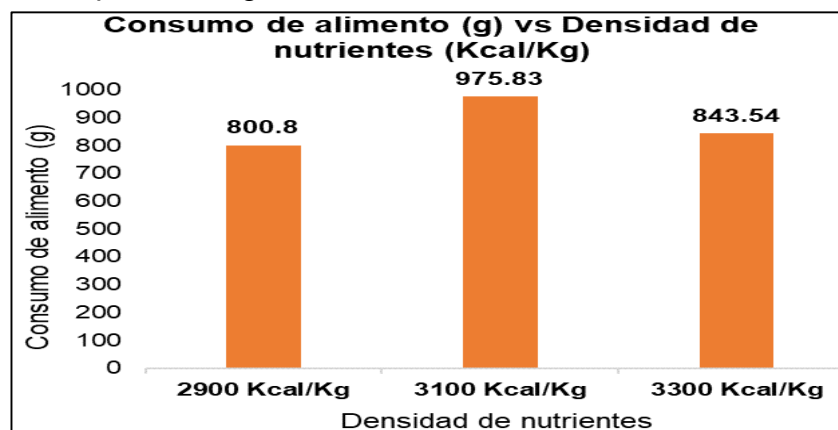
**Figura 3.** Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.

### **Consumo de alimento.**

Con respecto al consumo de alimento, no hay diferencias significativas encontradas (Cuadro 5). Sin embargo, se puede observar que el tratamiento 3100 Kcal/Kg mostró un mayor consumo (Figura 4). Esto puede explicarse debido a que la energía

suministrada se aproxima a lo recomendado por Paulino (2017) quien indica que el requerimiento nutricional de energía en esta fase debe ser de 3175 Kcal/Kg y que un exceso de energía tiende a bajar el consumo ya que el animal se compromete metabólicamente. Con respecto a esto, Leeson (1993) menciona que un aumento en el nivel de energía en la dieta a lo recomendado en esta fase causa menor digestibilidad, menor ingestión de alimento y metabolismo de otros ingredientes como carbohidratos, proteínas y minerales, dando como resultado pérdidas económicas. Más adelante, Maiorka (1998) en un experimento empleando diferentes niveles energéticos concluyó que cuando la dieta posee alta energía, el consumo pasa a ser regulado por la necesidad de aminoácidos digestibles, llevando a un mayor consumo de energía metabolizable; como consecuencia, esto genera una mayor deposición de grasa.

En relación a esto, Gleaves (1989) menciona que hay varios factores de la dieta que influyen sobre el consumo de alimento, especialmente si la composición de nutrientes en la dieta es deficiente o excesiva con relación a los requerimientos del ave. Así mismo, Hess (1956) destaca que los pollos de engorde regulan su consumo por el aporte energético de la dieta.



**Figura 4.** Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio del día 1 al 21.

### Conversión alimenticia.

Para la variable en cuestión, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 5). Sin embargo, numéricamente el tratamiento con mayor densidad energética (3300 Kcal/Kg) fue el que presentó la menor conversión alimenticia (Figura 5), lo que concuerda con Saleh *et al.* (2004), quienes indican que la conversión alimenticia hasta el día 21 presenta una mejora a medida que aumenta la densidad de nutrientes de las dietas. Estos resultados también concuerdan con lo encontrado por Arjona (2019) donde sus mejores niveles de conversión alimenticia se encontraron con dietas de 3300 Kcal/Kg.

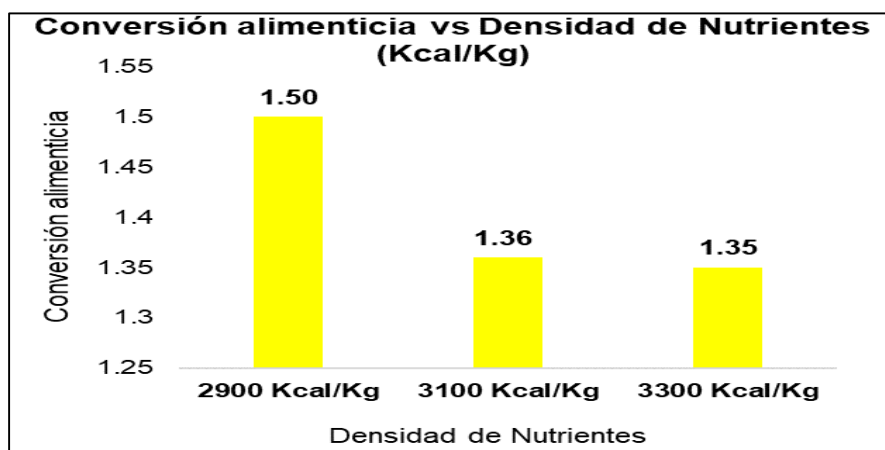


Figura 5. Relación entre la conversión alimenticia y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio el día 1 al 21.

#### 4.1.2 Fase de Crecimiento.

##### Peso vivo.

En cuanto al peso vivo en el presente estudio se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05.$ ), siendo el tratamiento con mayor densidad energética (3300 Kcal/Kg) el que presentó mejor resultado en comparación con los tratamientos 2900 Kcal/Kg y 3100 Kcal/Kg (Cuadro 6; figura 6). Este mismo resultado fue observado por Saleh *et al.* (2004) y Arjona (2019), quienes reportaron

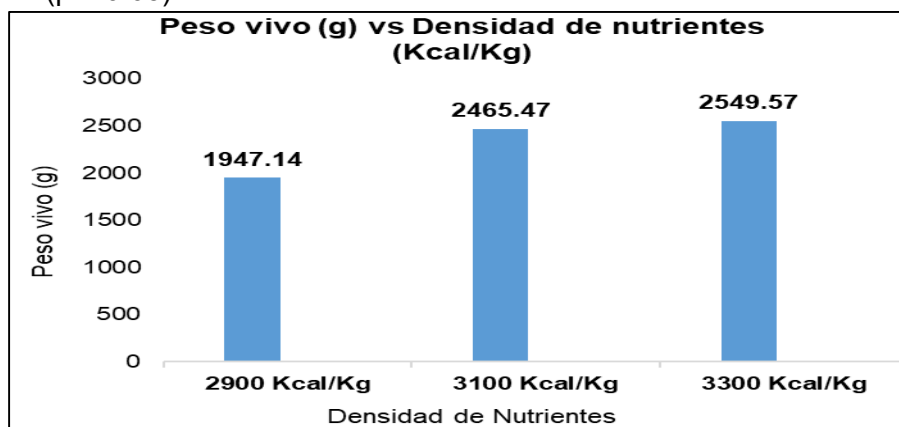
un comportamiento similar a los 42 días con un incremento significativo de esta variable a mayores densidades de nutrientes. Otro estudio conducido por Waldroup (1996) con pollos de engorde criados hasta los 63 días de edad, mostró que la ganancia de peso a los 21, 42, 49 56 y 63 días de edad, fue aumentando a medida que se elevó el contenido energético de la ración, observándose que la mayor ganancia a los 42 días de edad ocurrió cuando las aves se alimentaron con ración conteniendo 3267 kcal/kg y hasta aproximadamente 3304 kcal/kg, valores que están muy cercanos a las 3300 Kcal/Kg con las que fue formulado el T3 del presente estudio.

**Cuadro 6. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 22 a 42 días.**

DENSIDAD DE NUTRIENTES Kcal/Kg	PESO VIVO (g)	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	RENDIMIENTO DE CARCASA
<b>2900</b>	1947.14 <sup>B</sup>	1365.46 <sup>B</sup>	3266.25 <sup>A</sup>	2.37 <sup>A</sup>	73.36 <sup>A</sup>
<b>3100</b>	2465.47 <sup>AB</sup>	1704.72 <sup>AB</sup>	3272.00 <sup>A</sup>	1.94 <sup>AB</sup>	73.44 <sup>A</sup>
<b>3300</b>	2549.57 <sup>A</sup>	1884.19 <sup>A</sup>	2904.25 <sup>A</sup>	1.58 <sup>B</sup>	73.39 <sup>A</sup>

Promedio de cuatro repeticiones por tratamiento.

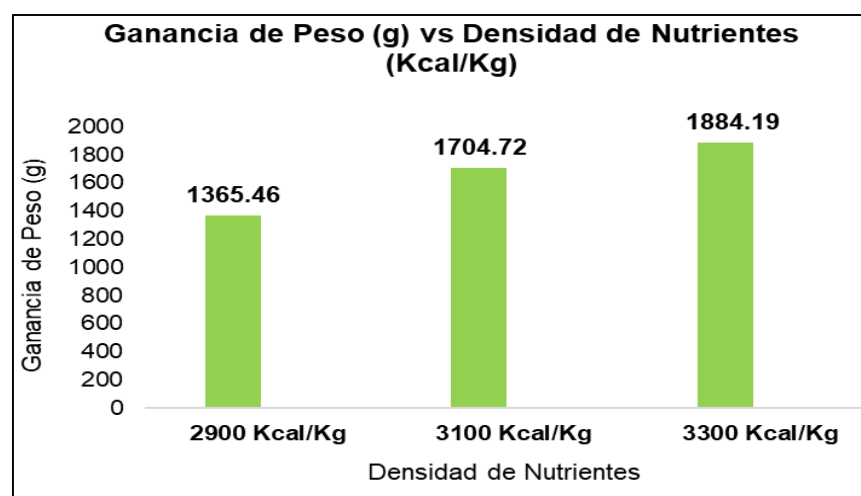
Promedios en la misma columna con diferente superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 6.** Relación entre peso vivo y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.

## Ganancia de peso.

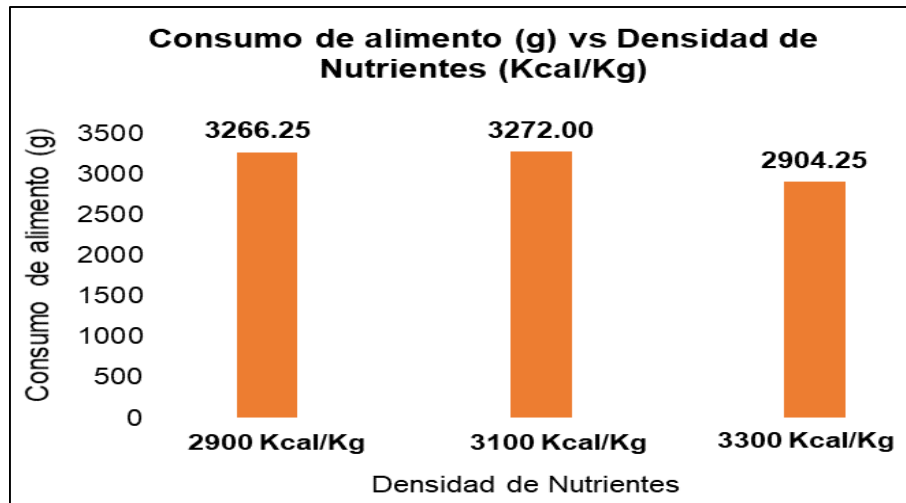
Al analizar los resultados se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ; cuadro 6), siendo el T3 el que obtuvo los mejores resultados frente al resto de los tratamientos (Figura 7). Los resultados encontrados coinciden con lo reportado por Rodríguez (2013) quien menciona que el aumento en el nivel de energía y/o las modificaciones en los programas de alimentación tiene efectos positivos en la ganancia de peso. Además, Classen y Campbell (1990), señalan que la mejora en la ganancia de peso es debido a que las líneas modernas de pollos han sido inicialmente seleccionadas para consumir alimentos hasta su máxima capacidad para aprovechar los niveles de energía dietarios. Otro estudio realizado por Lesson y Summers (2001), demuestra que el desempeño productivo de los pollos es mejor cuando las dietas son de alta densidad nutricional, sin embargo, se debe tener en cuenta que el balance de aminoácidos y niveles energéticos deben ser optimizados para maximizar la eficiencia en este desempeño.



**Figura 7.** Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.

### **Consumo de alimento.**

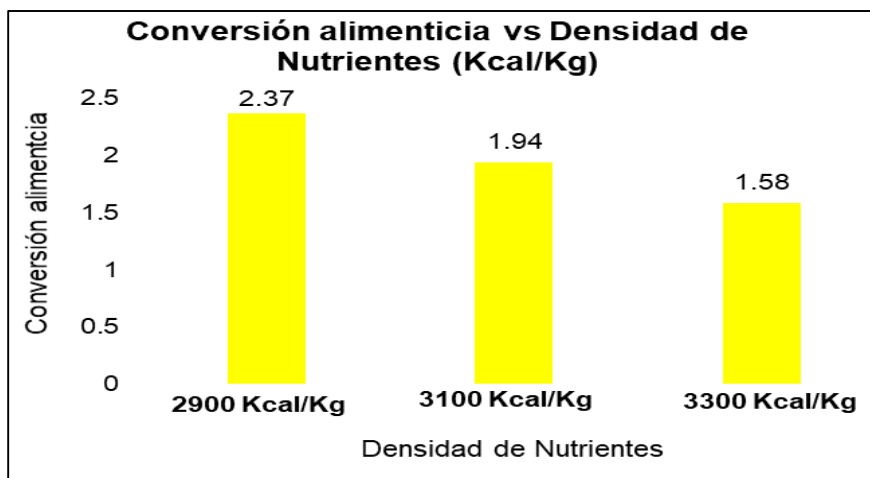
Para esta variable no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 6). Sin embargo, se observa una reducción en el consumo a medida que aumenta la densidad de nutrientes de las dietas a partir de la dieta de 3100 Kcal/Kg (Figura 8). Estos mismos resultados fueron encontrados por Waldroup *et al.* (1976), Williams (2001) y Saleh *et al.* (2004), quienes mencionan que la disminución en el consumo se da por dietas de mayores densidades de nutrientes. La ingestión de alimentos por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que lo llevan a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado, ya que es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo y este consumo debe corresponder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico del ave (Haynes, 1990). Por otro lado, Saito (1966) señala que el consumo de alimento aumentará conforme disminuye el contenido energético de la dieta hasta que sea limitado ya sea porque se llenó el intestino, o por otros límites fisiológicos, lo cual explicaría el comportamiento encontrado en el presente estudio con la dieta de 2900 Kcal/Kg. Argumento que se ve respaldado por Arjona (2019) quien encontró mayor consumo con la dieta de menor densidad de nutrientes (2900 Kcal/kg), concluyendo que esto se debe a que en sus contenidos las raciones son más fibrosas y por ende más voluminosas, lo cual hace que la capacidad de los animales para ingerir los alimentos no sea suficiente.



**Figura 8.** Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.

### **Conversión alimenticia.**

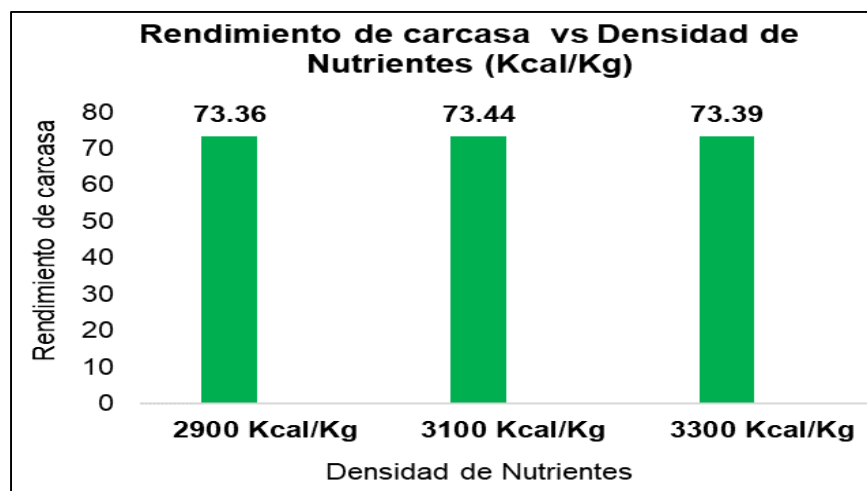
La conversión alimenticia de los pollos en la etapa de crecimiento presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ; cuadro 6), donde se observó que a mayor densidad de nutrientes mejor es la conversión (Figura 9). Este resultado era de esperar debido al comportamiento presentado en la ganancia de peso y consumo de alimento en esta misma etapa ya que como lo indica Barroeta *et al.* (2002), la eficiencia de la conversión alimenticia se afecta por los aumentos en el consumo de alimento. Los resultados obtenidos también coinciden con lo reportado por Arjona (2019) y se asemejan a lo encontrado por Rodríguez (2013) donde la mejor conversión alimenticia fue con dietas de 3100 Kcal/Kg y 3200 Kcal/Kg en pollos a los 42 días.



**Figura 9.** Relación entre conversión alimenticia y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.

### Rendimiento de carcasa

Este parámetro no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 6; figura 10), cabe resaltar que el rendimiento porcentual promedio de los tres tratamientos en el presente estudio es de 73.39 %, valor que está muy cercano con lo encontrado por Rodríguez (2013) y Arjona (2019) quienes reportan promedios de 73.85 % y 73.43 %, respectivamente a los 42 días. Cabe señalar que el valor encontrado es ligeramente superior al 72.42 % reportado por Andrade (2012) para la línea Cobb 500.



**Figura 10.** Relación entre rendimiento de carcasa y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento del día 22 al 42.

#### 4.1.3 Ciclo Completo.

Para tener un análisis más amplio se evaluó la fase de producción contemplando el ciclo completo, mismo que abarca desde el día 1 al 42.

#### Ganancia de peso.

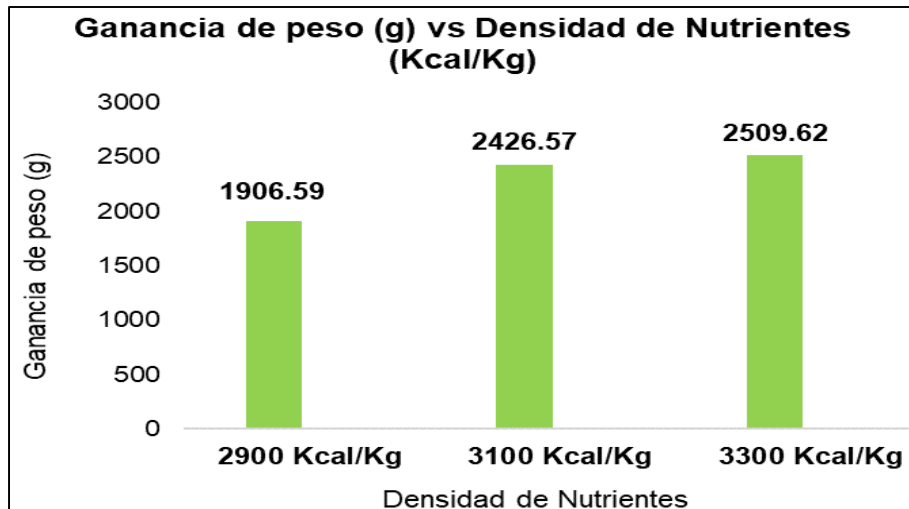
Para este parámetro existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ .) entre los tratamientos con densidades energéticas de 2900 Kcal/Kg, 3100 Kcal/Kg y 3300 Kcal/Kg siendo este último el que presentó la mejor ganancia de peso (Cuadro 7; figura 11). Estos resultados coinciden con lo reportado por Saleh *et al.* (2004), donde se encontró un aumento en la ganancia de peso durante este periodo cuando los niveles de densidad de nutrientes de la dieta ascendían. Chávez (2004) expresa que los pollos que consumen dietas con densidades altas de nutrientes obtienen ganancia de peso mayores y conversiones alimenticias más bajas.

**Cuadro 7. Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de canes de 1 a 42 días.**

DENSIDAD DE NUTRIENTES (Kcal/Kg)	PESO VIVO (g)	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA	RENDIMIENTO DE CARCASA (%)
<b>2900</b>	1947.14 <sup>B</sup>	1906.59 <sup>B</sup>	4067.05 <sup>A</sup>	2.13 <sup>A</sup>	73.36 <sup>A</sup>
<b>3100</b>	2465.47 <sup>AB</sup>	2426.57 <sup>AB</sup>	4247.83 <sup>A</sup>	1.76 <sup>B</sup>	73.44 <sup>A</sup>
<b>3300</b>	2549.57 <sup>A</sup>	2509.62 <sup>A</sup>	3747.79 <sup>A</sup>	1.52 <sup>B</sup>	73.39 <sup>A</sup>

Promedio de cuatro repeticiones por tratamiento.

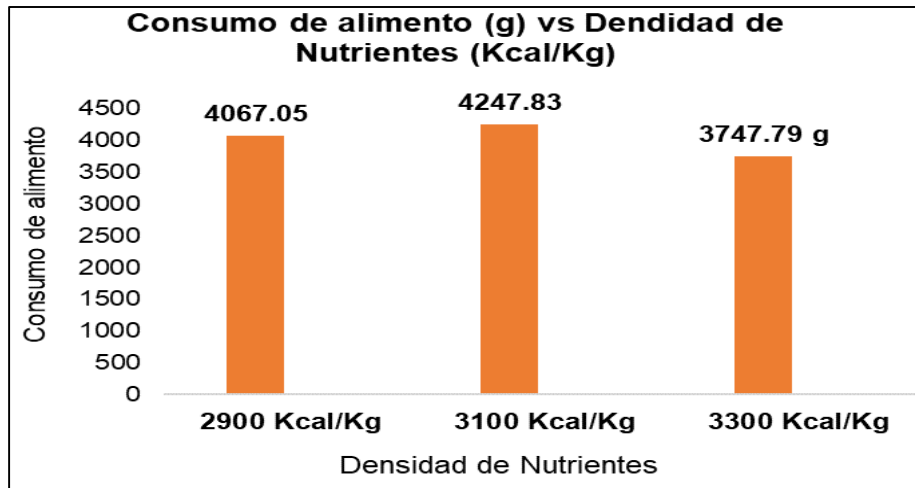
Promedios en la misma columna con diferente superíndice indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 11.** Relación entre ganancia de peso y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42).

### Consumo de alimento.

En esta variable mediante la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 7) no se encontraron diferencias significativas, no obstante, el tratamiento de mayor densidad energética (3300 Kcal/Kg) muestra un menor consumo en relación con los demás tratamientos (Figura 12). Cabe señalar que estos resultados concuerdan con lo planteado por Hill y Dansky (1954) donde mencionan que la energía regula el consumo de alimento, lo cual repercute directamente sobre los parámetros productivos. En relación con este tema, Saleh *et al.* (2004), Rodríguez (2013) y Arjona (2019) encontraron una disminución del consumo a medida que aumenta la densidad de nutrientes de las dietas. Esto también coincide con Gernat (2006) quien dice que el contenido energético de la dieta tiene el efecto más predecible en el consumo de alimento de las aves de engorde.



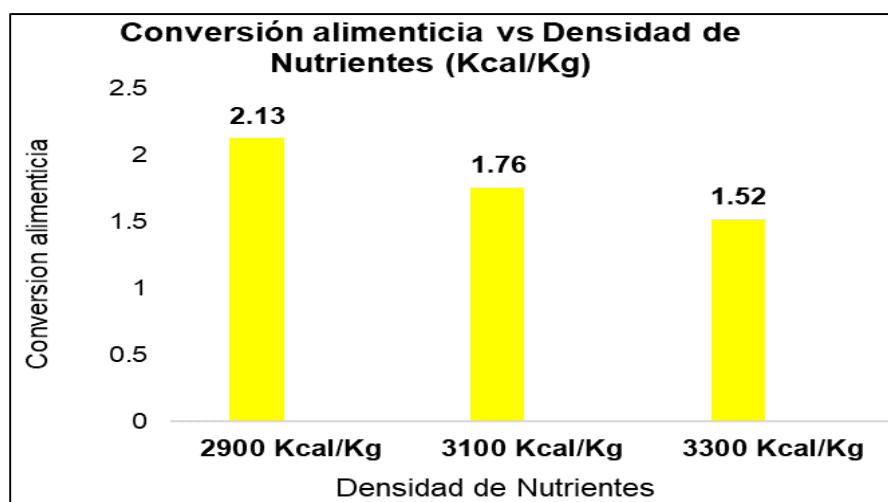
**Figura 12.** Relación entre consumo de alimento y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42).

### Conversión alimenticia.

En referencia a este parámetro se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ; cuadro 7), resaltando que el mejor comportamiento se muestra con el tratamiento de mayor densidad energética (Figura 13), lo que se debe a la adición de lípidos en esta dieta (Arjona, 2019). Sobre esto, Moscoso *et al.* (2020), indican que al incluir aceite de soya a las dietas se obtiene mejores resultados en este parámetro, lo cual explica los resultados encontrados en el presente estudio ya que en la formulación de las dietas se utilizó aceite de soya. Además, Lewis (1989), Sklan (1979) y Sklan *et al.* (1996), señalan que esto está determinado por la mayor eficiencia de uso de los ácidos grasos, a lo que Lewis (1989), Wiseman (1986), Wiseman y Salvador (1991), señalan que esto se debe por una menor proporción de ácidos grasos saturados contenido en el aceite de soya. Cabe resaltar que la cantidad de energía incluida en esta dieta (3300 Kcal/kg) está dentro de los requerimientos nutricionales para esta etapa recomendado por Paulino (2017) por lo que el animal tuvo un mayor

desempeño obteniendo una mejor conversión alimenticia al haber tenido la capacidad de un mejor consumo.

Según la Guía Técnica Cobb 500 publicada en el 2015, la conversión alimenticia a los 42 días debe ser de 1.67 valor que, al ser comparado con los resultados obtenidos en este estudio, resulta ser ligeramente superior, por lo cual podemos inferir que las líneas modernas siguen mejorando en lo referente a su comportamiento productivo.



**Figura 13.** Relación entre la conversión alimenticia y la densidad de nutrientes en el ciclo completo (día 1 al 42).

#### **4.2. Efecto de los diferentes niveles de densidad de nutrientes en la utilización de la energía.**

Los resultados obtenidos sobre la utilización de la energía con respecto a las diferentes densidades de nutrientes se muestran en los (Cuadros 8 y 9), donde se observa que la energía retenida como grasa para la etapa de inicio presentó variaciones entre los tratamientos. Van den Brand *et al.* (2010), describen que la inclusión de grasas y aceites en la dieta de inicio es indeseable debido a su baja digestibilidad en las aves jóvenes; lo cual podría explicar los resultados encontrados con la dieta de 3300 Kcal/Kg que presentó una menor retención de energía que la de 3100 Kcal/Kg. Por otra parte, para la etapa de crecimiento se presentó una tendencia al alza de la energía retenida en relación al aumento de los niveles de densidad de nutrientes de la dieta. Al respecto, Hill y Dansky (1954), demostraron que disminuir la energía de la dieta provoca una disminución de la grasa en la carcasa. Farrell (1974) encontró un efecto significativo en el porcentaje de grasa en la carcasa al incrementarse la energía en la dieta, sugiriendo que conforme la tasa de crecimiento se incrementa, la cantidad de grasa y contenido de energía de la carcasa aumentan. Posterior a esto, Arjona (2019) muestra resultados similares, obteniendo para el tratamiento de 3300 Kcal/Kg, valores superiores en comparación con las dietas de menor densidad.

**Cuadro 8. Utilización de la energía en la etapa de inicio.**

Metabolismo Energético	Tratamientos EM en Kcal/Kg		
	2900	3100	3300
<b>W (Kg)</b>	0.306	0.400	0.353
<b>W<sup>0.75</sup></b>	0.4115	0.5028	0.4576
<b>Ganancia de peso (g/d)</b>	25.29	34.37	29.78
<b>Consumo (Kg)</b>	0.0381	0.0465	0.0402
<b>Consumo de EM (Kcal)</b>	110.59	144.05	132.56
<b>k (%)</b>	53	71.5	72
<b>EN (Kcal)</b>	58.61	103.00	95.44
<b>ER (lípidos)</b>	16.25	23.69	18.96
<b>ER (proteína)</b>	20.16	29.28	24.75
<b>ER total (Kcal)</b>	36.40	52.97	43.71
<b>ENm</b>	22.21	50.03	51.73
<b>ENm/W<sup>0.75</sup></b>	53.96	99.50	113.04
<b>PC</b>	74.18	91.08	88.85
<b>EMm</b>	41.90	69.97	71.85
<b>EMm/W<sup>0.75</sup></b>	101.82	139.16	157.00
<b>ENp</b>	36.40	52.97	43.71
<b>IC (%)</b>	47	29	28

W = peso corporal promedio en kilos del inicio y del final de la fase ((peso final + peso inicial)/2); Ganancia de peso = ((peso final – peso inicial)/21; Consumo = consumo del periodo Kg/21; k = relativa calculada a partir de la asumida para la dieta de 3100 Kcal/Kg según Guillaume et al. (1979); EN = ENm + ENp; ER (grasa) = porcentaje de grasa de la ganancia de peso \* 9.35; ER (proteína) = porcentaje de proteína de la ganancia de peso \* 5.66; ER = ER (g) + ER (p); ENm = consumo de EM \* k – ER; PC = consumo de EM – ER; EMm = ENm / k; ENp = ER; IC = 1- k

**Cuadro 9. Utilización de la energía en la etapa de crecimiento.**

Metabolismo Energético	Tratamientos EM en Kcal/Kg		
	2900	3100	3300
<b>W(kg)</b>	1.259	1.613	1.607
<b>W<sup>0.75</sup></b>	1.1888	1.4314	1.4276
<b>Ganancia de peso (g/d)</b>	65.50	81.18	89.72
<b>Consumo (kg)</b>	0.15525	0.1558	0.1383
<b>Consumo de EM (Kcal)</b>	451.05	483.01	456.38
<b>k (%)</b>	53	71.5	72
<b>EN (kcal)</b>	239.06	347.77	328.60
<b>ER(lípido)</b>	61.98	80.23	97.99
<b>ER(proteína)</b>	68.79	86.84	105.71
<b>ER(total)</b>	130.77	167.07	203.69
<b>ENm</b>	108.29	178.29	124.90
<b>ENm/W<sup>0.75</sup></b>	91.09	124.26	87.49
<b>PC</b>	320.29	315.94	252.69
<b>EMm</b>	204.32	249.35	173.47
<b>EMm/W<sup>0.75</sup></b>	171.87	174.21	121.51
<b>ENp</b>	130.77	167.07	203.69
<b>IC (%)</b>	47	28	28

W = peso corporal promedio en kilos del inicio y del final de la fase  $((\text{peso final} + \text{peso inicial})/2)$ ; Ganancia de peso =  $((\text{peso final} - \text{peso inicial})/21)$ ; Consumo = consumo del periodo Kg/21; k = relativa calculada a partir de la asumida para la dieta de 3100 Kcal/Kg según Guillaume et al. (1979); EN = ENm + ENp; ER (grasa) = porcentaje de grasa de la ganancia de peso \* 9.35; ER (proteína) = porcentaje de proteína de la ganancia de peso \* 5.66; ER = ER (g) + ER (p); ENm = consumo de EM \* k – ER; PC = consumo de EM – ER; EMm = ENm / k; ENp = ER; IC = 1- k

El porcentaje de energía retenida como proteína (ERp) de la energía metabolizable (EM), presentó un promedio de  $19.16 \pm 1.17$  % para la etapa de inicio y de  $18.79 \pm 4.37$  % para la etapa de crecimiento. La energía retenida como proteína en los pollos bajo las condiciones de crianza del presente estudio para la etapa de inicio muestra una pequeña variación entre tratamientos, pero, mantiene una relación constante entre la retención proteica con respecto al consumo de energía, lo cual no aplica para la etapa de crecimiento en la que para el tratamiento 3300 Kcal/Kg se puede observar un menor consumo de energía con una mayor retención proteica. Los valores porcentuales de retención proteica encontrados en el presente estudio fueron de 18 % y 15 % con dietas de 2900 Kcal/EM, 20 % y 18 % para dietas de 3100 Kcal/EM y 18 % y 23 % con dietas de 3300 Kcal/EM para las etapas de inicio y crecimiento, respectivamente; valores que se encuentran muy cercanos a lo reportado por Kalinowski (2012). Con relación a esto, Arjona (2019) obtuvo para las etapas de inicio y crecimiento, valores de 16 % y 18 %, respectivamente con dietas de 2900 Kcal/EM, mientras que con dietas de 3300 Kcal/Kg encontró valores de 20 % para ambas etapas.

La energía retenida total no mostró una tendencia con el incremento de la densidad de nutrientes en la etapa de inicio. Sin embargo, en la etapa de crecimiento se muestra una tendencia al alza a medida que aumenta los niveles de densidad de energía, esto puede deberse a que en la etapa de finalización los pollos de engorde tienen gran capacidad de transformar en grasa y proteína los aceites contenidos en la dieta (Quishpe, 2006).

La eficiencia de utilización de la energía metabolizable como energía neta (k relativa) fue estimada a partir de los datos de Guillaume *et al.* (1979). En referencia a esto, Luiting (1990), Zhang y Coon (1994), mencionan que la eficiencia de utilización de la energía del animal puede depender de temperatura, raza y composición de la dieta.

El incremento calórico según Fraps (1946) es el incremento en la producción de calor cuando el alimento es ingerido. En el presente estudio, el incremento calórico mostró una tendencia a disminuir a medida que aumentó la densidad de nutrientes de las dietas. Cerrate-Fernandez *et al.* (2019), señalan que dietas con aceite de soya están relacionadas con el elevado contenido de lípidos en la dieta, por lo tanto, se da un menor incremento calórico y por consiguiente una mayor retención de energía, como grasa y proteína. Igualmente, Barzegar *et al.* (2019) y Wu *et al.* (2019), mencionan que dietas con elevados niveles de aceite mejoran la eficiencia de uso de la energía reduciendo el incremento calórico. Farrell (1974) señala que el requerimiento de energía para la actividad de la molleja y propulsión del alimento en el tracto digestivo podría incrementar sustancialmente cuando los pollos consumen mayor cantidad de una dieta con baja energía por lo que la eficiencia de utilización de la energía metabolizable de esta dieta podría ser reducida.

La media de la energía metabolizable para mantenimiento con respecto al peso metabólico encontrada en el presente estudio fue en promedio de 133 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> y 156 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> para la etapa de inicio y crecimiento, respectivamente. Estos resultados son cercanos a lo reportado por Robbins y Ballew (1984) quienes encontraron valores de 153 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> en pollos de 8 a

22 días y 133 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> para pollos de 28 a 42 días. Más adelante, Arjona (2019) en su estudio con pollos Cobb 500 obtuvo medias para la etapa de inicio de 150 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> y 140 Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> para la etapa de crecimiento. Las variaciones encontradas en la energía metabolizable para mantenimiento pueden explicarse con lo indicado por Blaxter (1989) quien señala que los requerimientos para la energía metabolizable de mantenimiento se ven influenciado por factores tales como el ambiente, edad, peso, tamaño de los órganos, estado de crecimiento y producción. Por lo que es importante destacar que el estudio de Arjona (2019) se realizó en Perú entre los meses de noviembre y diciembre de 2017, con temperaturas de 18°C a 27°C y el presente estudio se realizó en Panamá durante la época seca (marzo - abril) con temperatura ambiente de 24°C y 32°C registradas por la Estación Meteorológica ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias Sede Chiriquí.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se desarrolló el estudio, se concluye lo siguiente:

- Los mayores niveles de densidad energética tienden a mejorar los parámetros zootécnicos (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia), siendo esta mejora más significativa en la etapa de crecimiento con dieta de 3300 Kcal/kg en comparación con la dieta de 3100 Kcal/kg. El rendimiento de carcasa no presenta variaciones importantes ante los niveles de densidad energética.
- El metabolismo y partición de la energía se ven influenciados por la densidad energética de la dieta de manera diferente para la etapa de inicio y crecimiento siendo esta última más evidente el impacto de las dietas en lo referente a la retención de energía.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Para la crianza de pollos de engorde en el trópico se sugiere utilizar dietas con altas densidades energéticas para la etapa de inicio y crecimiento, tomando en cuenta que las instalaciones estén en óptimas condiciones.
- Realizar más investigaciones en nuestro país sobre los efectos de la densidad de nutrientes en el desempeño productivo de los pollos de engorde y partición de la energía.
- Para realizar estudios de este ámbito es recomendable contar con laboratorios bromatológicos funcionales dentro de la Facultad de Ciencias Agropecuarias sede Chiriquí y así disminuir los costos económicos durante el desarrollo investigativo.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, V. (2012). *Evaluación de tres niveles de enzima Allzme-SS (Solid State Fermentation) en Dietas para Pollos Cobb 500 y Ross 308*. [Tesis de Licenciatura, ESPOCH]. Veracruz, Ecuador.
- Arjona, M. (2019). *Efecto de diferentes niveles de densidad de nutrientes sobre el comportamiento productivo y metabolismo energético de pollos de engorde*. [Tesis de Maestría, UNALM]. Lima, Perú.
- Aviagen. (2011). *Cómo Optimizar la Conversión Alimenticia en Pollo de Engorde*. Aviagen. [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_Tech\\_Docs/AviagenBriefFCRJuly2011-ES.PDF](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_Tech_Docs/AviagenBriefFCRJuly2011-ES.PDF)
- Barroeta, A., Calsamiglia, S., Cepero, R., Lopez-Bote, C. y Hernández, JM. (2002). *Óptima nutrición vitamínica de los animales para la producción de alimentos de calidad: avances en la nutrición vitamínica de broilers y pavos*. Editorial Pulso. España. 208.
- Barzegar, S., Wu, S. y Choct, M. (2019). Factors affecting energy metabolism and evaluating net energy of poultry feed. *Poultry Science*, 0, 1-12.
- Blaxter, K. (1989). *Metabolismo Energético en Animales y el hombre*. Editorial Biochemical Education. Inglaterra. 336.
- Bondi, A. (1989). *Nutrición animal*. Editorial Acribia. España. 546.
- Brickett, K., Dahiya, H., Classen, H. y Gomist, S. (2007). Influence of dietary density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. *Poultry Science*, 86, 2172-2181.
- Brumano, G. (2009). Níveis de lisina e de metionina + cistina e proteína bruta para melhor qualidade de ovo e de carcaça de aves e suínos. *Nutritime*, 6, 898-917.
- Campos, A., Salguero, S., Albino, L y Rostagno, H. (2008, noviembre 18-21). *Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde: Proteína ideal* [Congreso]. III Congreso del Colegio Latino-Americano de Nutrición Animal. Cancún, México. [https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Salguero/publication/268339668\\_Aminoacidos\\_en\\_la\\_Nutricion\\_de\\_Pollos\\_de\\_Engorde\\_Proteina\\_Ideal/links/56eff55408ae52f8ad7f856c/Aminoacidos-en-la-Nutricion-de-Pollos-de-Engorde-Proteina-Ideal.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Salguero/publication/268339668_Aminoacidos_en_la_Nutricion_de_Pollos_de_Engorde_Proteina_Ideal/links/56eff55408ae52f8ad7f856c/Aminoacidos-en-la-Nutricion-de-Pollos-de-Engorde-Proteina-Ideal.pdf)
- Cerrate, S., Ekmay, R. y England, J. (2019). Predicting nutrient digestibility and energy value broilers. *Poultry Science*, 0, 1-14.

- Chávez, M. (2004). *Efecto de la Reducción de la densidad energética sobre el comportamiento productivo final en pollos de carne alimentados con una dieta de pre inicio en la primera semana*. [Tesis de Licenciatura, UNALM]. Lima, Perú.
- Classen, H. y Campbell, G. (1990). Improvement of feed utilization through the use of enzyme products. *Poultry Science*, 2, 1-8.
- Conga, E. (1990). *Efecto de diferentes niveles de energía en el comportamiento productivo, composición de la carcasa y eficiencia de utilización de la energía en pollos de carne*. [Tesis de Maestría, UNALM]. Lima, Perú.
- Correa, K., Correa, M., Cortes, V., y Cruz, F. (2006). Determinación de energía metabolizable en aves. *Universidad de Chile*. [https://www.u-cursos.cl/veterinaria/2009/1/PG062/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=552029#:~:text=En%20aves%20se%20utiliza%20](https://www.u-cursos.cl/veterinaria/2009/1/PG062/1/material_docente/bajar?id_material=552029#:~:text=En%20aves%20se%20utiliza%20).
- D'Mello, J. (1994). *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. Editorial CAB International. Escocia. 526. [https://gtu.ge/Agro-Lib/0834903\\_04864\\_d\\_mello\\_j\\_p\\_f\\_amino\\_acids\\_in\\_animal\\_nutrition\\_2d\\_edition.pdf](https://gtu.ge/Agro-Lib/0834903_04864_d_mello_j_p_f_amino_acids_in_animal_nutrition_2d_edition.pdf)
- Dean, W. y Scott, H. (1965). The development of an amino acid reference diet for the early growth of chicks. *Poultry Science*, 44, 803-808.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. (2015). InfoStat versión 2015. *Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba*. Argentina.
- Elwinger, K., Fisher, C., Jeroch, H., Sauveur, B., Tiller, H. y Whitehead, C. (2016). A brief history of poultry nutrition over the last hundred years. *World's Poultry Science Journal*, 72, 701-720.
- Farrell, D. (1974). General Principles and Assumptions of Calorimetry. *Poultry Science*, 9, 124.
- Flores, M. y Rodríguez, M. (s.f.). *El valor nutritivo de los alimentos*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/nutranim.ulpgc.es>
- Francesch, M. (2001). Sistemas de Valoración energética de los alimentos en aves. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 9, 35-42.
- Fraps, G. (1943). Relation of the protein, fat and energy of the ration to the composition of chickens. *Poultry Science*, 23, 421-424.
- Gernat, A. (22 de septiembre de 2006). *Consumo de Alimento de Pollo de Engorde de A a Z*. Engormix. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/consumo-alimento-pollo-engorde-t26586.htm>

- Gleaves, E. (1989). Application of feed intake principals to poultry care and management. *Poultry Science*, 68, 958-969.
- González, K. (22 de noviembre de 2018). *Alimentación de los pollos de engorde*. ZooVet es mi Pasión. [https://zoovetespasion.com/avicultura/pollos/nutricion-en-la-primera-y-ultima-semana-de-pollitos/#nutricion\\_de\\_los\\_pollos\\_de\\_engorde](https://zoovetespasion.com/avicultura/pollos/nutricion-en-la-primera-y-ultima-semana-de-pollitos/#nutricion_de_los_pollos_de_engorde).
- Greenhalgh, J. (1995). Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. En J.M. Forbes (Edición 3), *The Journal of Agricultural Science* (pp 437-438). Editorial CAB International.
- Guillaume, J., Scheele, C. y Kussaibati, R. (1979). The effects of dietary protein, carbohydrates, fat and fibre on the net availability of metabolizable energy in the chick. *Energy Metabolism. Instituto Nacional para la Investigación Agronómica*. Francia.
- Haynes, C. (1990). *Cría doméstica de pollos*. Editorial Limusa. México. 318
- Hess, E. (1956). Psychological Reports. *Poultry Science*, 2, 477-483.
- Hill, F. y Dansky, L. (1954). Studies of the energy requirements of chickens. The effects of dietary energy level on growth and feed consumption. *Poultry Science*, 39, 73-579.
- Hurwitz, S. (1978). Use of models in the estimation of amino acids and energy requirements. *Poultry Science*, 72, 8-15.
- Joly, P. (15 de febrero de 2008). *Reevaluation of amino acids requirements for laying hens*. Engormix. <https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/amino-acids-requirements-laying-hens-t34080.htm>
- Kalinowski, J. (8 de marzo de 2012). *Energía en la nutrición del pollo de carne*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/87abelardo/energia-broiler>
- Kramer, C. (1956). Extension of Multiple Range Test to Group Means with Unequal Numbers of Replications. *Biometrics*, 12, 307-310.
- Labussiere, E., Van Milgen, J., De Lange, C. y Noblet, J. (2011). Maintenance energy requirements of growing pigs and calves are influenced by feeding level. *J Nutrition*, 141, 1855-1861.
- Lemme, A., Wijtten, P., Van Wichen, J., Petri, A. y Langhout, DJ. (2006). Responses of male growing broilers to increasing levels of balanced protein offered as coarse mash or pellets of varying quality. *Poultry Science*, 85, 721-730.
- Leeson, S. (1993). Recent advances in fat utilization by poultry. *Animal nutrition in Australia*, 170-181.
- Leeson S. y Summers J. (2001). Nutrition of the chicken. (Edición 4). Department of Animal – Poultry Science. University of Guelph. Canada.

- Lewis, D. (1989). Fat improves use of other nutrients in poultry diets. *Feedstuffs*, 29, 33.
- Luiting, P. (1990). Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. *World's Poultry Science*, 46, 133-152.
- Mateos, G., Piquer, J., García, M. y Medel, P. (1995). Utilización de grasas y sub productos lipídicos en dietas para avicultura. *Selecciones avícolas*, 37, 623-631.
- Maiorka, A. (1998). *Efeito da forma física e do nível de energia da ração em dietas formuladas com base em aminoácidos totais e digestíveis sobre o desempenho ea composição de carcaça de frangos de corte, machos, dos 21 aos 42 dias de idade*. [Dissertação de Mestrado, UFRGS]. Porto Alegre, Brasil.
- Mc Donald, P. (1994). *Nutrición Animal*. (Edición 3), Editorial Acribia S.A.
- Miranda, R. (30 de noviembre de 2018). *Requerimientos nutricionales de pollo*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/fernandomiranda123829/requerimientos-nutricionales-de-pollos>
- Mitchell, H.H. (1924). The nutritive value of proteins. *Physiological Reviews*, 4, 424-478.
- Mitchell, H.H. (1964). Nutrición comparada del hombre y animales domésticos. *Academic Press*, 2, 567-647.
- Moscoso, J., Tocre, C., Arjona, M. y Olazabal, J. (2020). Efecto de la fuente lipídica en la alimentación de pollos para carne en zona de trópico. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 2, 31-48.
- Murarolli, R. (2007). Efeitos de diferentes relações dietéticas de energia metabolizable: proteína bruta e do peso inicial de pintos sobre o desempenho e o rendimento de carcaça em frangos de corte: I machos; II fêmeas. [Tesis de Maestría, USP]. Pirassununga, Brasil.
- Ning, D., Yuan, J., Wang, Y., Peng, Y. y Guo, Y. (2014). The net energy values of corn, dried distillers grains with solubles and wheat bran for laying hens using indirect calorimetry method. *Asia-Australas J Animal*, 27, 209-216.
- Noblet, J., Dubois, S., Lasnier, J., Warpechowski, M., Dimon, P., Carré, B. y Labussiere, E. (2015). Fasting heat production and metabolic BW in group-housed broilers. *Animal*, 9, 1138-1144.
- Oyedeeji, J. (2005). Effects of Nutrient Density and Photoperiod on the Performance and Abdominal Fat of Broilers. *International Journal of Poultry Science*, 4, 149-152.
- Paulino, J. (22 de febrero de 2017). Nutrición de precisión para pollo de engorde de alto desempeño. *Engormix*. <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/nutricion-precision-pollo-engorde-t40378.htm>

- Quiroz, V. (1991). *Validación de los modelos de predicción de la energía metabolizable de dietas de aves a partir de análisis proximal*. [Tesis de Maestría, UNALM]. Lima, Perú.
- Quishpe, G. (2006). *Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y de postura*. [Tesis de Licenciatura, EAP]. Honduras.
- Robbins, K. y Ballew, J. (1984). Utilization of energy for maintenance and gain in broilers and leghorns at two ages. *Poultry Science*, 63, 1419-1424.
- Rodríguez, J. (2013). *Efecto de la variación de densidades nutricionales sobre los parámetros productivos en pollos de carne en Quillabamba-La Convención (Selva Alta)*. [Tesis de Licenciatura, UNSAAC]. Cusco, Perú.
- Rosado, E. (2014). *Proyecto de manejo y cuidados de una granja de pollos*. Monografías. <https://www.monografias.com/trabajos105/proyecto-manejo-y-cuidados-granja-pollos/proyecto-manejo-y-cuidados-granja-pollos>
- Rostagno, H., Teixeira, L., Lopes, J., Cezar, P., de Oliveira R., ClementitoLopes, D., Soares, A., de Toledo S. y Frederico, R. (2011). Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. En Santiago Rostagno H. (Edición 3), *Tablas brasileñas para aves y cerdos* (pp 233-259).
- Saito, I. (1966). Bulletin of the faculty of agriculture. *Miyazahi University*, 13, 95-102.
- Sakomura, N., Lomgo, F., Oviedo-Rondon, E., Boa-Viagem, C. y Ferraudó, A. (2005). Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poultry Science*, 84, 1363-1369.
- Saleh, E., Watkins, S., Waldroup, A. y Waldroup, P. (2004). Effects of dietary density on performance and carcass quality of male broilers growth for further processing. *Poultry Science*, 3, 1-10.
- Salvador, E. y Guevara, V. (2013). Desarrollo y validación de un modelo de predicción del requerimiento óptimo de aminoácidos esenciales y del comportamiento productivo en ponedoras comerciales. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 24, 264-276.
- Schutte, J, y De Jong, J. (1998). Ideal amino acid profile for poultry. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 9, 259-263.
- Sibbald, I. (1982). Measurement of bioavailable energy in poultry feedinstuffs. *Canadian Journal of Animal Science*, 62, 983-1048.
- Sindik, M., Revidatti, F., Terraes, J., Fernández, R. y Sandoval, G. (2015). Efecto de diferentes relaciones energía/proteína sobre el comportamiento productivo de pollos parrilleros machos. *Revista Veterinaria*, 20, 121-125.

- Skinner, J. (1992). Effects of dietary amino acids level and duration of finisher period on performance and carcass content of broiler forty-nine days of age. *Poultry Science*, 71, 1207-1214.
- Sklan, D. (1979). Digestion and absorption of lipids in chicks fed tryglicerides or free fatty acids: Synthesis of monoglycerides in the intestine. *International Poultry of Poultry Science*, 58, 885-889.
- Sklan, D., Cohen, N. y Hurwitz, S. (1996). Intestinal uptake and metabolism of fatty acids in the chick. *International Poultry of Poultry Science*, 75, 1104-1108.
- Thorbek, G. y Jensen, J. (1985). Influences of ambient temperature 28°C versus 12°C on energy metabolism, chemical composition and calcium-phosphorus metabolism in broilers. *Report from the National Institute of Animal Science*, 591, 65.
- Van den Brand, H., Molenaar, R., Van der Star, I. y Meijerhof, R. (2010). Early feeding affects resistance against cold exposure in young broiler chickens. *Poultry Science*, 89,716-720.
- Waldroup, P. (1996). *Nutrient requirements of broilers* [Simposio]. Simposio Internacional sobre exigencias nutricionales de aves y cerdos. Brasil.
- Waldroup, P., Mitchell, R., Payne, J. y Johnson, Z. (1976). Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nuteient density content. *Poultry Science*, 55, 130-145.
- Walsh, C. (2013). Protein. *Salem Press Encyclopédia Of Science*.
- Williams, M. (2001). *Variación en los parámetros de crecimiento en pollos de carne con diferentes densidades energéticas en la dieta*. [Tesis de Maestría, UNALM]. Lima, Perú.
- Wiseman, J. (1986). Antinutritional factors associated with dietary fats and oils. *Recent advances in animal nutrition*, 47-75.
- Wiseman, J. y Salvador, F. (1991). Influence of free fatty acid content and degree of saturation on the AME of fats fed broilers. *International Poultry of Poultry Science*, 70, 573 -582.
- Wu, S., Swick, R. y Noblet, J. (2019). Net energy prediction and energy efficiency of feed for broiler chickens. *Poultry Science*, 98, 1222-1234.
- Zhang, B. y Coon, C. (1994). Nutrient modeling for laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 3, 416-431.
- Zorrilla, F., Cuca, M., y Ávila., E. (1993). Efecto de la energía, lisina y proteína en dietas para pollos de engorda en iniciación. *Revista Veterinaria México*, 24, 1-5.

## VIII. ANEXOS



*Anexo 1. Preparación de la jaula y distribución de los tratamientos.*



*Anexo 2. Preparación de las dietas (Inicio y Crecimiento).*



Anexo 3. Llegada y distribución de los pollitos.



Anexo 4. Suministro de vitaminas y antibióticos.



**Anexo 5.** Aplicación de vacunas (New Castle y Viruela Aviar).



**Anexo 6.** Recolecta de excretas para muestreo (Inicio: día 21 y Crecimiento: día 24).



**Anexo 7.** Sacrificio de 12 pollos a los 21 días para su análisis.



**Anexo 8.** Pesaje y sacrificio de 6 pollos a los 42 días para su análisis.



**Anexo 9.** Picado y secado de los pollos por etapa y tratamiento para su conversión en harina.



**Anexo 10.** Conversión de los pollos en harina y su empaque identificado por etapa y tratamiento.



**Anexo 11.** Trituración y pesaje del concentrado y las excretas para determinar Fibra Cruda, Proteína, Extracto Etéreo y Materia Seca.



**Anexo 12.** Pesaje de las harinas de los pollos para determinar Materia Seca, Proteína y Extracto Etéreo.



**Anexo 13. Determinación de Fibra Cruda y Extracto Etéreo de las muestras.**