

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y METABOLISMO  
ENERGÉTICO DE POLLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON  
DIETAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE NUTRIENTES”**

**Presentada por:  
MARIO ISAAC ARJONA SMITH**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

**Lima - Perú**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y METABOLISMO  
ENERGÉTICO DE POLLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON  
DIETAS CON DIFERENTES DENSIDADES DE NUTRIENTES”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO  
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

**Presentada por:**

**MARIO ISAAC ARJONA SMITH**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Carlos Gómez Bravo

**PRESIDENTE**

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco

**PATROCINADOR**

Ph.D. Carlos Vílchez Perales

**MIEMBRO**

Mg.Sc. Víctor Vergara Rubín

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mi padre celestial por permitirme culminar esta importante etapa de mi vida académica.

A mi esposa Cristhiany por su amor y comprensión incondicional y a mi hija Sofía por ser la inspiración que me mueve para seguir adelante por más difícil que parezca el camino.

A mis padres Mario y Gladys por haber creído en mí y por ser una guía y apoyo en cada paso que doy.

A mi hermano Jesús por ser una gran fuente de inspiración, al demostrarme que con dedicación, las metas siempre son alcanzables.

A mi amigo el profesor Mg.Sc. Alex Samudio por haber sido el encargado de enseñarme las bases de la nutrición animal durante mi formación como Ing. Agrónomo Zootecnista, lo cual fue una gran inspiración para decidir continuar mis estudios en dicha disciplina.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer a mis amigos, compañeros y profesores que estuvieron conmigo durante mis estudios en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

De manera muy especial agradezco a mis amigos Alejandro Huamán, Yander Maldonado, Claudia Reyes, Soraya Salazar, David Ochoa, Arturo Uribe, José Carlos Márquez, José Luis Torres por haber sido una familia para mí en Perú. Siempre los recordaré de manera muy especial y con mucho cariño como los hermanos que son para mí.

Deseo agradecer también de manera especial el apoyo recibido por el Mg.Sc. Juan Moscoso, amigo y compañero de investigación, quien siempre mostró su anuencia a colaborar en este proyecto.

Al Gobierno de la República de Panamá por el apoyo con el programa de becas de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología SENACYT y del Instituto para la Formación y Aprovechamiento de los Recursos Humanos IFRARHU.

Agradezco a la Universidad de Panamá y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por el apoyo recibido para realizar mis estudios.

De manera especial agradezco a mis profesores y amigos Mg.Sc. Alex Samudio, Mg.Sc. Ovidio Novoa y al Lic. Franklin García por la confianza y apoyo brindado para poder realizar mis estudios.

Agradezco de manera enfática todo el apoyo, sugerencias y paciencia brindada por el Dr. Víctor Guevara Carrasco, patrocinador de este trabajo quien dedicó largas jornadas de trabajo para garantizar que el presente estudio pudiese ser llevado a cabo de la mejor manera posible, también agradezco grandemente a los miembros del jurado de tesis Dr. Carlos Vílchez Perales, Mg. Sc. Víctor Vergara Rubín y Dr. Carlos Gómez Bravo por todas sus sugerencias y recomendaciones.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
	2.1. Generalidades de la energía.....	2
	2.2. Utilización de la Energía Metabolizable.....	2
	2.3. Utilización de la Energía Neta.....	3
	2.4. La densidad de nutrientes y su efecto en el comportamiento productivo del pollo de carne.....	4
	2.5. Consideraciones importantes sobre el máximo biológico y máximo económico.....	5
	2.6. Modelos para alcanzar el máximo económico en la producción de pollos de carne.....	6
III.	MATERIALES Y METODOS.....	7
	3.1. Instalaciones y unidades experimentales.....	7
	3.2. Tratamientos .....	7
	3.3. Evaluación de parámetros zootécnicos:.....	8
	3.4. Recolección de muestras para análisis.....	9
	3.5. Determinación de la energía metabolizable de la dieta .....	9
	3.6. Determinación del máximo biológico y máximo económico.....	10
	3.7. Utilización de la energía .....	156
	3.8. Diseño estadístico .....	16
	3.9. Análisis de Regresión .....	17
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	18
	4.1. Efecto de la densidad de nutrientes en el desempeño productivo de los pollos de carne.....	18
	4.2. Máximo biológico y económico de densidad de nutrientes (Kcal EM/Kg dieta) en la etapa de inicio, crecimiento y en el ciclo completo de producción. ....	29
	4.3. Efecto de los diferentes niveles de densidad de nutrientes en la utilización de la energía. ....	33

V.	CONCLUSIONES.....	37
VI.	RECOMENDACIONES .....	38
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
VIII.	ANEXOS.....	46

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición porcentual y Valor Nutricional de las dietas experimentales para la etapa de inicio (1-21 días).	11
Cuadro 2.	Valor nutricional determinado para la etapa de inicio	12
Cuadro 3.	Composición porcentual y Valor Nutricional de las dietas experimentales para la etapa de crecimiento (22-42 días).	13
Cuadro 4.	Valor nutricional determinado para la etapa de crecimiento	14
Cuadro 5.	Composición de la premezcla de vitaminas y minerales traza utilizadas en las dietas experimentales (por Kg de alimento)	15
Cuadro 6.	Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 1 a 21 días.	19
Cuadro 7.	Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 22 a 42 días.	24
Cuadro 8.	Efecto de la densidad de nutrientes sobre el desempeño productivo de pollos de carne de 1 a 42 días.	27
Cuadro 9.	Estimación del requerimiento de densidad de nutrientes expresada en EM (Kcal/Kg) dieta, para alcanzar el máximo biológico.	30
Cuadro 10.	Estimación del requerimiento de densidad de nutrientes expresada en EM (Kcal/Kg) dieta, para alcanzar el máximo económico.	32
Cuadro 11.	Utilización de la energía en la etapa de inicio.	34
Cuadro 12.	Utilización de la energía en la etapa de crecimiento.	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio días 1 a 21.	20
Figura 2.	Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento días 22 a 42.	25
Figura 3.	Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en todo el ciclo de producción días 1 a 42.	28
Figura 4.	Relación entre la densidad de nutrientes y el margen económico en la etapa de inicio días 1 a 21.	29
Figura 5.	Relación entre la densidad de nutrientes y el margen económico en la etapa de crecimiento días 22 a 42.	31



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Parámetros zootécnicos en la etapa de inicio (1 a 21 días).	46
Anexo 2.	Parámetros zootécnicos en la etapa de crecimiento (22 a 42 días).	47
Anexo 3.	Margen económico obtenido con cada tratamiento en la etapa de inicio (1 - 21 días)	48
Anexo 4.	Margen económico obtenido con cada tratamiento en la etapa de crecimiento (22 - 42 días)	48

## RESUMEN

La necesidad de tener modelos matemáticos disponibles que faciliten la selección de los niveles de nutrientes más económicos, llevó a evaluar en el presente estudio el impacto de dietas con diferentes densidades de nutrientes sobre el comportamiento productivo y el metabolismo energético de pollos de carne. Se utilizaron 100 pollos machos Cobb distribuidos a razón de 5 aves por batería bajo un diseño en bloque completo al azar. Se formularon dietas para inicio y crecimiento según la NRC (1994), con niveles de (2900, 3000, 3100, 3200, 3300 Kcal EM/kg) manteniendo la relación caloría-aminoácido. Se encontró en la etapa de inicio una relación directa del peso vivo y ganancia de peso con respecto a los tratamientos y una relación inversa para el consumo alimenticio y conversión alimenticia; en la etapa de crecimiento, el peso vivo presentó la misma tendencia que en la etapa de inicio, mientras que los demás parámetros no mostraron una tendencia clara. Los requerimientos de densidad de nutrientes estimados para lograr los máximos biológico y económico presentaron diferencias entre ellos en inicio y crecimiento. Con respecto a la utilización de la energía, la grasa retenida presentó una tendencia al alza con respecto al aumento de los niveles de densidad de nutrientes de la dieta, mientras que el porcentaje de energía retenida como proteína no presentó variaciones significativas con respecto a los niveles de densidad de nutrientes. La energía retenida total por su parte, no mostró una tendencia clara con el incremento de la densidad de nutrientes para las etapas de inicio y crecimiento.

**Palabras clave:** Densidad energética, energía retenida, energía neta para mantenimiento, energía metabolizable para mantenimiento.

## **ABSTRACT**

The present study was conducted to evaluate the impact different dietary nutrient densities on the performance and energy metabolism of broiler chickens. One hundred Cobb male chickens were used. A completely randomized design was used and treatments were replicated four times with five chicks each. Starter and grower diets were formulated to meet NRC (1994) requirements, with levels of (2900, 3000, 3100, 3200, 3300 Kcal ME / kg) maintaining the calorie-aminoacid ratio. Live weight and weight gain were increased and feed intake and feed conversion were decreased by nutrient density in the starter and grower stage. Nutrient density levels to achieve the biological and economic maximum showed differences between them in starter and grower phase. Energy retained as fat showed an upward trend as nutrient density levels of the diet were increased. Energy retained as protein did not show a significant variation with the levels of nutrient density. On the other hand, total energy retained did not show a clear trend when nutrient density was increase in the starter and grower stages.

**Keywords:** Energy density, retained energy, net energy for maintenance, metabolizable energy for maintenance.

## I. INTRODUCCIÓN

La alta demanda a nivel mundial de carne de pollo y el corto ciclo de producción de estos animales, ha permitido el avance científico y tecnológico de esta especie. Las mejoras genéticas realizadas, hacen que los animales presenten mejores desempeños productivos, mayor calidad de carne sin descuidar la rentabilidad de la producción.

El nivel de densidad de nutrientes en las dietas incide directamente sobre la tasa de crecimiento y consumo de alimento y por lo tanto, en la rentabilidad de la producción del pollo de engorde. La NRC (1994) declaró que sería deseable tener modelos matemáticos disponibles que faciliten la selección de los niveles de nutrientes más económicos. Si bien se han realizado trabajos sobre densidad de nutrientes empleando una función exponencial donde arbitrariamente se ha tomado como requerimiento el 95 % de la asíntota hay pocos estudios donde se ha empleado una función cuadrática para relacionar los niveles de densidad de nutrientes y la retribución económica.

Por lo antes descrito, en este trabajo se evaluó la influencia de dietas con diferentes densidades de nutrientes sobre el peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa, además de su impacto sobre la rentabilidad y el metabolismo energético mediante la determinación de la utilización de la energía metabolizable.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades de la energía**

La energía es la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Es decir, la energía es la capacidad de hacer funcionar las cosas (ENDESA, 2017). El concepto de energía se aplica en la nutrición en lo que refiere al consumo de alimentos y la cantidad que un individuo requiere para vivir. A pesar de parecer dos cosas elementales, esto implica que el individuo es un transformador de tipos de energía que funciona en forma permanente o constante (Macek, 2017). Sobre esto, la FAO. (2003) expresa que la energía alimentaria proviene esencialmente de la oxidación de los hidratos de carbono, las grasas y en menor escala de las proteínas y que la energía proveniente de los alimentos se expresa en kilocalorías. Mc Donald (1994) expresa que los carbohidratos, grasas y proteínas provenientes de los alimentos pueden utilizarse como energía para la termorregulación corporal y mantener las funciones vitales, necesiándose además de energía adicional para soportar el crecimiento, engorde y postura.

### **2.2. Utilización de la Energía Metabolizable.**

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). A los factores antes mencionados Hughes (2003) al citar a Tivey y Butler (1999) añade la capacidad digestiva de un animal, tasa de pasaje de los alimentos, secreción enzimática, mecanismos de absorción, actividad microbiana y el área de superficie de las vellosidades intestinales. Con los datos e información disponibles 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 (Francesch, 2001). Esto es señalado también por Elwinger et al. (2016) quienes expresan que después de algunos años, varios grupos de investigadores informaron que la

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.

### **2.3 Utilización de la Energía Neta**

La energía neta (E.N.) representa el valor de energía más preciso de un alimento (Noblet, J. 2007). La E.N. generalmente se divide en E.N. para mantenimiento (ENm) y producción (ENp). Por lo tanto, la determinación del valor de EN de un alimento se verá influenciada por la evaluación de ENm. La producción de calor en ayunas, que representa la tasa metabólica basal de los animales, se utiliza generalmente como un sustituto de ENm (Noblet et al., 2015). Sin embargo, la producción de calor en ayunas determinado puede verse afectado por los tipos (raza, edad, sexo, etc.) de los animales, la duración del período de ayuno como lo indica Ning et al. (2014) a lo cual Labussiere et al. (2011) añade que también influyen las condiciones de alimentación obteniendo una menor producción de calor en ayunas con una ingesta de alimento más baja. Un método alternativo para estimar la ENm es alimentar a los animales en varios niveles de ingesta de alimento para construir la regresión logarítmica entre la producción de calor y la energía metabolizable ingerida (Lofgreen et al., 1968). Entonces, el ENm se puede calcular extrapolando la producción de calor a cero ingesta de energía metabolizable en la regresión logarítmica (Van Milgen et al., 2003). Además, la energía metabolizable para el mantenimiento se puede calcular extrapolando la producción de calor igual a la ingesta de energía metabolizable. Sin embargo, el método tradicional para encontrar la EMm es utilizar la relación lineal entre la energía retenida y la ingesta de energía metabolizable (Farrel, D. 1974). La ENm también se puede obtener a partir de esta regresión lineal. Por otra parte, la regresión lineal se usó para calcular la EMm y la regresión logarítmica se usó para calcular la ENm en algunas investigaciones, como lo indican (Sakomura et al., 2003 y Sakomura et al., 2005). Investigaciones similares son escasas en pollos de engorde donde la producción de calor se determina con frecuencia por el método de sacrificio comparativo (Lofgreen et al., 1968 y Sakomura et al., 2003).

#### **2.4. La densidad de nutrientes y su efecto en el comportamiento productivo del pollo de carne.**

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, 2015).

Una de las decisiones más importantes para los nutricionistas es disidir el nivel de energía y proteína en el alimento. La energía no es un nutriente sino una propiedad de los nutrientes que aportan energía cuando se oxidan durante el metabolismo. La expresión “niveles óptimos de nutrientes” generalmente se usa para indicar niveles apropiados (Gonzalez y Pesti, 1993).

El efecto de los niveles de energía en el comportamiento productivo y composición corporal, han sido estudiados empleando dos enfoques: primero variando el nivel de energía o de la proteína pero manteniendo uno de ellos constante y el segundo manteniendo la relación caloría aminoácidos constantes (Conga, 1990).

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). Bajo condiciones de diferentes niveles de densidad de nutrientes, a medida que aumenta el nivel de energía en el alimento se mejora significativamente la ganancia de peso, la eficiencia alimenticia y el consumo de alimento (Waldroup et al., 1976). En la fase de 22-42 días, el nivel de energía de la dieta es determinante para aumentar o disminuir el consumo de la ración. Las aves alimentadas con altos niveles de energía, mostraron un menor consumo cuando fueron comparadas con aquellas aves alimentadas con menor nivel energético. Estas determinaciones comprueban que la capacidad para ingerir alimento está vinculada a la necesidad energética de las aves. Siendo así, la cantidad de energía ingerida parece funcionar como señal de inducción de la saciedad en los pollos de engorde (Brickett et al., 2007). Cerrate y Waldroup (2009) encontraron que los pollos de engorde modernos con

rápido crecimiento no ajustan el consumo de alimento para satisfacer una necesidad de energía fija lo cual da lugar a que las aves coman más energía a medida que aumenta el contenido de energía, especialmente cuando los aminoácidos y la proteína cruda aumentaron junto con la energía. Sin embargo, cuando los aminoácidos y la proteína cruda se mantuvieron constantes, el aumento del contenido de energía redujo el consumo de alimento para equilibrar la ingesta de energía.

Las dietas con una alta energía brindan una superior ganancia de peso si se comparan con dietas de menor aporte energético, sustituyendo los carbohidratos por grasa para incrementar la energía o utilizando fibra para disminuirla (Fraps, 1943). Al respecto, Chávez (2004) expresa que los pollos que consumieron dietas con densidades altas de nutrientes tuvieron pesos, ganancia de peso significativamente mayores y conversiones alimenticias significativamente más bajas cuando se compararon con los pollos que consumieron dietas con baja densidad de nutrientes.

### **2.5. Consideraciones sobre el máximo biológico y el máximo económico.**

La formulación al mínimo costo de los alimentos es un método común en la formulación de dietas para pollos de carne, lo cual minimiza el costo de la alimentación. No obstante, los requerimientos de nutrientes con este método asumen utilidades constantes, además de que no determina el resultado para cada dieta formulada con respecto al rendimiento de los pollos de carne. La formulación tradicional de alimentos al menor costo utilizando programación lineal se ha aplicado para formular dietas para pollos de engorde según sus requerimientos de nutrientes. Un objetivo común de las formulaciones es maximizar el rendimiento de las aves (peso corporal o eficiencia de alimentación) al determinar la ración de menor costo. No obstante, la producción se puede cambiar de acuerdo con el máximo beneficio económico que se obtenga al formular dietas que consideren los precios de mercado de los ingredientes utilizados y del producto generado. La rentabilidad puede mejorarse cuando los ingresos y los costos se consideran juntos en la formulación de las dietas (Allison y Braid, 1974; Brown y Arscott, 1960). Al respecto, Eits (2004) indica que en múltiples estudios se ha utilizado el concepto de que el 95 % de la asíntota de la función exponencial es el requerimiento máximo de nutrientes que garantiza el margen de seguridad de los alimentos formulados, sin embargo, se desconoce si los requerimientos establecidos producen el máximo beneficio económico.



## **2.6. Modelos para alcanzar el máximo económico en la producción de pollos de carne.**

Pesti et al. (1986) al proponer un modelo para estimar la respuesta de crecimiento con respecto a la energía y proteínas de la dieta, utilizando la programación cuadrática concluyen que la programación cuadrática puede determinar el costo de producción y los niveles de energía más rentable ante la variación de precio de los ingredientes. Sobre esto Talpaz et al. (1988) indican que a medida que aumentan los precios de los ingredientes de los alimentos, mayores restricciones del alimento reducen la trayectoria de crecimiento óptima correspondiente.

El establecer los niveles de proteína cruda y energía considerando varios posibles costos de los insumos y precios de producto, podría aumentar las utilidades en comparación con los niveles fijos de proteína cruda y energía según las tablas de requerimientos nutricionales (Gonzalez-Alcorta et al. 1994). Para lograr lo antes expuesto, Guevara (2004) propuso la programación no lineal sobre la programación lineal para optimizar la respuesta en rendimiento de los pollos de carne a la densidad de nutrientes, llegando a la conclusión de que la programación no lineal se puede utilizar para definir la combinación óptima de alimentos que maximiza el margen sobre el costo de alimentación lo cual coincide con lo encontrado por Sterling et al. (2005) y Cerrate y Waldroup (2009).

Henderson y Quandt, (1980) indican que una empresa que maximiza las ganancias decide elegir la combinación de insumos para producir a un nivel dado a fin de maximizar sus utilidades, en lugar de buscar soluciones limitadas de máximos y mínimos restringidos. Para una empresa perfectamente competitiva, el ingreso total es la cantidad de producto generado multiplicado por el precio unitario, así, la diferencia entre sus ingresos totales y el costo total es la utilidad. La empresa puede aumentar sus utilidades siempre que el ingreso adicional por el uso de la unidad adicional de insumo exceda su costo. La NRC (1994) declaró que sería deseable tener modelos matemáticos disponibles que faciliten la selección de los niveles de nutrientes más económicos.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

La fase experimental fue realizada en Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves del Departamento de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria La Molina de noviembre a diciembre de 2017.

#### **3.1. Instalaciones y unidades experimentales**

Para el ensayo se utilizaron 100 pollos machos de carne de la Línea Cobb, comprados en el mercado local con la misma edad de nacidos y condiciones óptimas de salud, buscando la mayor homogeneidad de la parvada.

Los animales se distribuyeron en cinco grupos de 20 animales, con cuatro repeticiones de cinco animales cada una, donde cada tratamiento fue asignado a un grupo. La distribución de los animales y asignación de los tratamientos se realizó de manera completamente aleatoria en las baterías, donde posteriormente recibieron un complejo vitamínico comercial en el agua de bebida el día uno y el día 21 antes y después de ser pesados y trasladados de las baterías a las jaulas. La limpieza de las baterías y jaulas se efectuó de manera diaria.

#### **3.2. Tratamientos**

Los tratamientos fueron dietas formuladas en base a los requerimientos del NRC (1994), considerando la etapa de inicio y de crecimiento. Para cada etapa se prepararon cinco dietas con diferentes niveles de energía (2900, 3000, 3100, 3200, 3300 Kcal EM/kg) manteniendo la relación caloría-aminoácido a fin de variar la densidad de nutrientes. La composición porcentual, valor nutricional y análisis químico proximal de las dietas se muestran en los Cuadros 1, 2, 3 y 4. Además se presenta en el Cuadro 5 la composición de la premezcla de minerales y vitaminas usada en la formulación de las dietas.

### **3.3. Evaluación de parámetros zootécnicos:**

Para esta etapa de la evaluación se consideraron los siguientes parámetros:

- Consumo de alimento:

El alimento se suministró de forma diaria a voluntad, siendo pesado y registrado el alimento suministrado a cada tratamiento y repetición así como el alimento rechazado al final de cada etapa de crianza.

Consumo de alimento = Alimento Suministrado – Alimento Rechazado

- Peso Vivo (Kg):

Se registró al final de cada etapa, pesando cada uno de los pollos utilizados en el estudio, en una balanza de 0.05 de aproximación.

- Ganancia de Peso:

La ganancia de peso se midió para cada etapa, considerando los datos tomados los días 1, 21 y 42:

Ganancia de Peso = Peso final – Peso inicial

- Conversión Alimenticia:

La conversión alimenticia fue calculada a partir de la cantidad de alimento consumido para obtener un kilo de pollo vivo, siendo calculada al final de cada etapa contemplada en el estudio así:

Conversión alimenticia = Consumo de alimento / Ganancia de peso corporal

- Rendimiento de carcasa:

Se obtuvo del pollo beneficiado desagrado desprovisto de cabeza, patas, vísceras y plumas, incluyendo los riñones (Indecopi, 2001).

### **3.4. Recolección de muestras para análisis**

Las muestras de alimento, procedieron de las fórmulas balanceadas que se elaboraron para cada tratamiento. En cuanto a las excretas de los animales, se procedió a hacer la colección en cada repetición de tratamiento por separado, haciendo una mezcla de las heces por grupo, obteniendo de esta manera representatividad para cada tratamiento, 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 se realizó el día 24 cuando los animales tenían cuatro días de estar consumiendo las dietas de crecimiento a fin de garantizar el recambio completo de la dieta de inicio por la de crecimiento en el tracto gatrointestinal del pollo. Se empleó la fibra cruda como material indicador.

Por otro lado para la evaluación de la composición corporal de proteína y grasa, se procedió a tomar las muestras a los 21 y a los 42 días, sacrificando un pollo de cada repetición lo que dio un total de cuatro pollos sacrificados por tratamiento. En lo que respecta al procesamiento de las muestras, se siguió la metodología de Sakomura, et al (2005), con la cual los animales fueron sacrificados sin desangrar y luego separados en dos partes de la siguiente manera, la primera parte se denominó carcasa y estaba conformada por los huesos, carne, cartílagos, vísceras limpias sin contenido digestivo y piel; mientras que la segunda parte estaba conformada por las plumas. Para la colección de las plumas, los animales fueron pesados antes y después del desplume a fin de determinar el peso de dicha muestra. Las carcasas fueron congeladas a  $-4^{\circ}\text{C}$  y luego picadas en trozos pequeños para ser combinadas con sus semejantes del mismo tratamiento, siendo posteriormente molidas, secadas a  $105^{\circ}\text{C}$  y mezcladas para su homogenización.

Todas las muestras colectadas fueron evaluadas mediante el método de análisis proximal a fin de determinar el contenido de nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda y energía bruta mediante el uso de una bomba calorimétrica.

### **3.5. Determinación de la energía metabolizable de la dieta**

La energía metabolizable de las dietas (Cuadro 3 y 5) fue estimada con la ecuación propuesta por propuesta por Quiroz (1991), misma que se muestra a continuación:

Según Quiroz (1991):

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

Donde:

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

Cabe resaltar que con la metabolibilidad obtenida con la ecuación de Quiroz (1991), la energía metabolizable se obtuvo a partir de la energía bruta determinada mediante el uso de la bomba calorimétrica.

### **3.6. Determinación del máximo biológico y máximo económico.**

Para la determinación del máximo biológico, se consideró el parámetro de ganancia de peso con respecto a la densidad de nutrientes de la dieta. Para tal fin se utilizó el método de regresión cuadrática que brinda una función que describe la respuesta a la densidad de nutrientes.

La determinación del máximo económico se basó en el comportamiento del margen económico con respecto a la densidad de nutrientes descrito por una curva de regresión cuadrática. El margen fue estimado mediante la ecuación de rentabilidad para la cual se requiere básicamente la cantidad de producto avícola, la cantidad de insumos del alimento consumido en función de los niveles de nutriente o densidad energética y los precios de los insumos y del producto (Guevara, 2017).

$$\pi = (\text{Precio de X}) (\text{Cantidad de X}) - (\text{Precio de Y}) (\text{Consumo de Y})$$

Donde:

$\pi$  = Margen o rentabilidad

X = Producto (pollo vivo) (ingresos)

Y = Alimento (egresos)

Para el cálculo de los ingresos se consideró el precio promedio pagado por este producto en el mercado en el año 2017 según MINAGRI. (2018), mientras que para los egresos se consideró el precio de los insumos utilizados y su nivel de inclusión en cada tratamiento, lo cual se muestra en los Cuadros 1 y 3.

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

Insumo (%)	Precio S./Kg	Nivel de Densidad de Nutrientes Kcal/kg de dieta				
		2900	3000	3100	3200	3300
Maíz amarillo	1.05	60.46	70.2	65.06	59.46	64.96
Torta de soya	1.60	25.5	25.75	25.5	25.5	19.16
Hna. Int. de Soya	1.60	--	--	3.16	6.51	--
Hna. Pescado	5.40	--	--	--	--	8
Aceite Vegetal	2.30	--	--	2.11	4.27	4.67
Carbonato de Calcio	0.21	1.27	1.27	1.29	1.31	1.23
Fosfato dicálcico	2.80	1.76	1.76	1.84	1.92	0.96
Sal	0.27	0.43	0.43	0.45	0.46	0.31
DI-Metionina	15.00	0.24	0.24	0.26	0.27	0.23
L-Lisina	7.85	0.24	0.24	0.22	0.19	0.39
Premix de minerales y vitaminas	27.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sub Producto Trigo	0.80	10	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		100	100	100	100	100
<b>Costo S./Kg</b>		1.26	1.28	1.33	1.37	1.65
		Valor Nutricional Calculado (%)				
Energía Metabolizable, Kcal/Kg		2900	3000	3100	3200	3300
Proteína Total		18.5	18.97	19.55	20.27	20.72
Lisina		1.09	1.13	1.17	1.2	1.24
Metionina		0.53	0.55	0.57	0.59	0.61
Metionina + Cistina		0.82	0.85	0.88	0.91	0.93
Fósforo disponible		0.41	0.42	0.44	0.45	0.46
Calcio		0.92	0.94	0.97	1	1.03
Sodio		0.19	0.19	0.19	0.2	0.21

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

Componente	Nivel de Densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta				
	2900	3000	3100	3200	3300
Humedad, %	11.8	11.51	11.3	10.56	10.41
Proteína Cruda, %	19.13	19.81	20.37	21.6	21.91
Extracto Etéreo, %	2.86	3.48	5.82	7.82	9.36
Fibra Cruda, %	2.62	2.57	2.66	2.38	2.44
Nifex, %	60.5	59.49	56.47	54.07	52.17
Cenizas, %	3.09	3.14	3.38	3.57	3.71
Energía Metabolizable *					
(Kcal/Kg)	2945.84	3012.24	3155.36	3303.37	3350.94

\*Los valores estimados con la ecuación de Quiroz (1991) fueron 2945.84 (2900), 3012.24 (3000), 3155.36 (3100), 3303.37 (3200) y 3350.84 (3300).

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

Insumo (%)	Precio S./Kg	Nivel de Densidad de Nutrientes Kcal/Kg de dieta				
		2900	3000	3100	3200	3300
Maíz amarillo	1.05	61	71.24	72.8	68.01	67.4
Torta de soya	1.60	25.89	22.64	22.67	24.86	21.27
Hna. Int. de Soya	1.60	--	--	--	--	--
Hna. Pescado	5.40	--	--	--	--	3.47
Aceite vegetal	2.30	--	--	1.18	3.7	4.96
Carbonato de Calcio	0.21	1.36	1.36	1.39	1.41	1.39
Fosfato dicálcico	2.80	1.18	1.18	1.28	1.34	0.95
Sal	0.27	0.31	0.31	0.32	0.34	0.27
DI-Metionina	15.00	0.08	0.09	0.12	0.13	0.12
L-Lisina	7.85	0.077	0.08	0.14	0.11	0.07
Premix de minerales y vitaminas	27.00	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sub Producto Trigo	0.80	10	3	0	0	0
<b>TOTAL</b>		100	100	100	100	100
Costo S./Kg		1.22	1.22	1.25	1.29	1.43
		Valor Nutricional Calculado (%)				
Energía Metabolizable Kcal/Kg		2900	3000	3100	3200	3300
Proteína Total		17.5	17.74	17.53	18.12	18.55
Lisina		0.9	0.94	0.97	1	1.03
Metionina		0.38	0.39	0.41	0.43	0.44
Metionina + Cistina		0.64	0.67	0.69	0.71	0.74
Fósforo disponible		0.33	0.33	0.34	0.35	0.36
Calcio		0.84	0.84	0.87	0.9	0.93
Sodio		0.14	0.14	0.15	0.15	0.15



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

Componente	Valor nutricional determinado crecimiento				
	2900	3000	3100	3200	3300
Humedad, %	12.21	11.42	11.01	10.6	10.12
Proteína Cruda, %	19.24	19.56	20.02	21.2	21.62
Extracto Etéreo, %	2.87	3.67	5.78	8.32	9.46
Fibra Cruda, %	2.69	2.61	2.66	2.74	2.94
Nifex, %	59.8	59.46	57.06	53.53	52.1
Cenizas, %	3.19	3.28	3.47	3.61	3.76
Energía Metabolizable *	2905.30	3002.22	3150.72	3255.31	3307.04
(Kcal/Kg)					

\*Los valores estimados con la ecuación de Quiroz (1991) fueron 2905.30 (2900), 3002.22 (3000), 3150.72 (3100), 3255.31 (3200) y 3307.04 (3300).

**Cuadro 5. Composición de la premezcla de vitaminas y minerales traza utilizada en las dietas experimentales (por Kg de alimento).**

<b>Micronutrientes</b>	<b>Niveles</b>	<b>Unidad</b>
Vitamina A	9,000	UI
Vitamina D <sub>3</sub>	2,000	UI
Vitamina E	16.0	UI
Vitamina K	2.0	mg
Riboflavina	5.5	mg
Niacina	53.0	mg
D-Pantotenato de Calcio	11.0	mg
Ácido Fólico	0.1	mg
Vitamina B <sub>12</sub>	0.0	mg
B.H.T.	100.0	mg
Manganeso	112.0	mg
Zinc	100.0	mg
Hierro	56.0	mg
Cobre	7.0	mg
Yodo	1.0	mg
Selenio	0.1	mg

### 3.7. Utilización de la energía.

Para la utilización de la energía se procedió a determinar los siguientes parámetros:

- **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).

- **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 el incremento calórico fue estimado por diferencia de la Energía Neta menos la Energía Retenida para obtener la energía neta para mantenimiento y 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 hizo por unidad de peso metabólico  $W^{0.75}$ , donde W es el peso corporal promedio en kilos del inicio y del final de la fase  $((\text{peso final} + \text{peso inicial})/2)$ .

### 3.8. Diseño estadístico

Para el desarrollo del estudio se utilizó el diseño de bloque completamente al azar 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.

$B_i$  = Efecto del i-ésimo bloque.

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

t = Número de tratamientos.

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

Las variables estudiadas fueron analizadas mediante estadística descriptiva y regresión cuadrática además del ANOVA. Posterior a esto se realizó una prueba de rangos múltiples de Tukey, utilizando los procedimientos de SAS (SAS Institute, 1999). Para la regresión, se analizó la ganancia de peso en función de la densidad energética y la energía retenida por unidad de peso metabólico en función de la energía metabolizable consumida por unidad de peso metabólico.

### 3.9. Análisis de Regresión

Para la estimación de parámetros se utilizó el procedimiento de regresión cuadrática, que calcula los errores mínimos y genera ecuaciones basadas en los datos observados. Cada punto de la curva corresponde al promedio del tratamiento.

- Ecuación polinomial cuadrática:

$$GDP = A' * EM^2 + B' * EM + C'$$

Donde para ambos casos:

GDP = ganancia de peso (g)

EM = densidad de nutrientes (Kcal/Kg)

A', B' y C' son los parámetros definidos por dichas ecuaciones

Se empleó en la regresión la densidad de nutrientes formulada ya que al comparar la energía metabolizable determinada y estimada a partir del análisis proximal con la ecuación de Quiroz (1991), se verificó que la desviación de los valores formulados fue menor de 5%.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Efecto de la densidad de nutrientes en el desempeño productivo de los pollos de carne.

Los datos de peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa encontrados y utilizados en el presente estudio para las etapas de inicio y crecimiento se encuentran detallados en los Anexos 1 y 2.

En la etapa de inicio de los pollos, al análisis de varianza se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos en estudio para las variables: peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ). (Cuadro 6).

Para la variable peso vivo, la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro6), muestra diferencias significativas entre el tratamiento con 2900 Kcal EM/ Kg dieta y los tratamientos que van de 3000 a 3300 Kcal EM/Kg dieta, siendo estos últimos los que presentaron el mayor peso vivo, entre los cuales a pesar de no haber diferencias significativas, se presenta una tendencia al alza de esta variable a medida que aumenta la densidad energética de la dieta, lo cual coincide con las observaciones realizadas por Waldroup et al. (1976) en las cuales se obtiene un comportamiento similar en los pollos de 21 días alimentados con dietas de densidades energéticas que iban desde los 2970 a los 3410 Kcal EM/Kg dieta. Este comportamiento en el peso vivo de los animales fue observado también por Saleh et al. (2004) en pollos alimentados con dietas con contenido energético de 3023 a 3267 Kcal EM/Kg dieta en las que también se mantuvo la relación de nutrientes a energía constante.

La ganancia de peso de los pollos en la etapa de inicio, presentó el mismo comportamiento que el peso vivo ante la prueba de comparación de media por Tukey (Cuadro 6).

**Cuadro 6. 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 °°
2900	748.90 <sup>B</sup>	706.70 <sup>B</sup>	1254.55 <sup>AB</sup>	1.78 <sup>A</sup>
3000	858.95 <sup>A</sup>	817.65 <sup>A</sup>	1261.50 <sup>A</sup>	1.54 <sup>B</sup>
3100	915.10 <sup>A</sup>	872.60 <sup>A</sup>	1222.00 <sup>AB</sup>	1.40 <sup>BC</sup>
3200	928.50 <sup>A</sup>	885.50 <sup>A</sup>	1176.09 <sup>B</sup>	1.33 <sup>C</sup>
3300	941.75 <sup>A</sup>	901.25 <sup>A</sup>	1094.10 <sup>C</sup>	1.22 <sup>C</sup>

°° Promedio de cuatro repeticiones de 5 aves por tratamiento

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

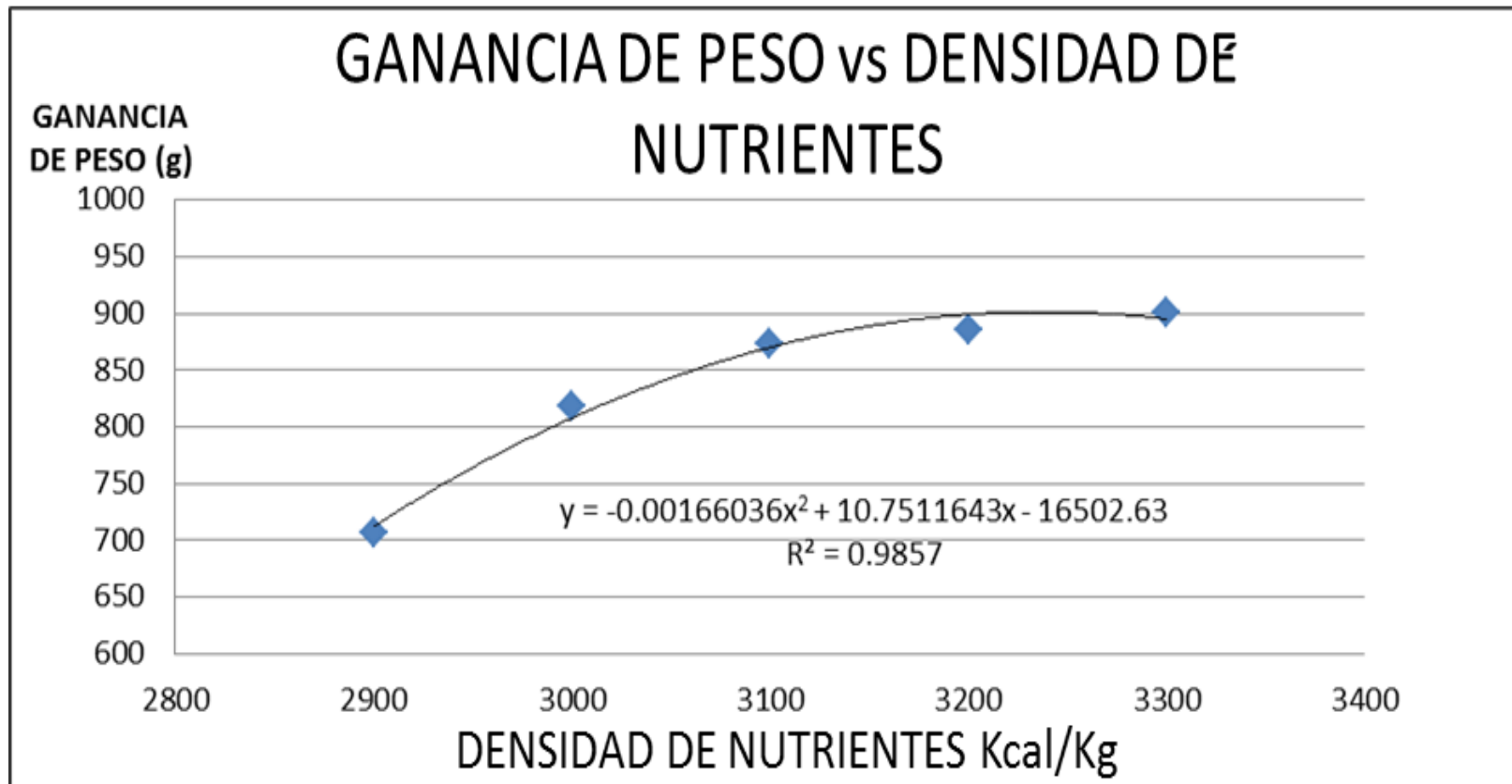


Figura 1. Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de inicio días 1 a 21.

Un comportamiento similar en la ganancia de peso durante la etapa de inicio fue observado por Williams (2001) quien reporta que el efecto de la densidad de nutrientes en la ganancia de peso de los 3100 a los 3400 Kcal EM/Kg dieta, describe tendencias lineales y cuadráticas crecientes. Waldroup et al. (1976) y Soto (2000) en baterías encontraron aumentos en la ganancia de peso como resultado de un aumento en la densidad energética. Classen y Campbell (1990) señalan que esta mejora en la ganancia de peso puede deberse a que las líneas modernas de pollos han sido seleccionadas para consumir alimentos hasta su máxima capacidad a fin de aprovechar los niveles de energía dietarios. Sobre esto, Lesson y Summers (2001), indican que múltiples estudios demuestran que el desempeño productivo de los pollos es mejor cuando las dietas son altas en densidad de nutrientes, lo cual coincide con lo reportado por Farrell et al. (1973) y Hurwitz et al. (1978) quienes encontraron una influencia significativa sobre la ganancia de peso al aumentar los niveles de energía empleando dietas con relación constante caloría-aminoácido.

Con respecto al consumo de alimento, las diferencias significativas encontradas en la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 6), muestran una mayor variabilidad, encontrándose que el menor consumo se obtuvo con la dieta de 3300 Kcal EM/Kg dieta, seguida por la dieta de 3200 Kcal EM/Kg dieta, la cual presentaba diferencias significativas con la de 3000 Kcal EM/Kg dieta, no obstante estas dos últimas dietas mostraron un comportamiento similar a las dietas con 2900 y 3100 Kcal EM/Kg dieta. Estos resultados describen una tendencia a disminuir el consumo con respecto al aumento de la densidad de nutrientes de las dietas que coincide con lo reportado por Rodríguez (2013) quien señala que los mayores consumos de alimento se presentan con los tratamientos de menor densidad energética debido a que las aves consumen alimento suficiente para cubrir su requerimiento de energía metabólica. Además, Waldroup et al. (1976) y Saleh et al. (2004) encontraron una relación inversa entre el consumo de alimento y el nivel de densidad energética de la dieta.

En cuanto a la conversión alimenticia se presentaron diferencias significativas a la prueba de comparación de medias por Tukey, siendo el tratamiento con mayor densidad energética el que presentó la menor conversión alimenticia, la misma que presentó una relación inversa con los niveles de densidad energética (Cuadro 6). De manera similar, Saleh et al. (2004) indican que la conversión alimenticia hasta el día 21 presentó una mejora significativa a medida que aumentaba la densidad de nutrientes de las dietas. Con



respecto a esto, Lesson y Summers (2001), indican que existen una variedad de estudios que demuestran que el desempeño productivo de los pollos es mejor cuando las dietas son altas en densidad de nutrientes, agregando además que se debe tener en cuenta que el balance de aminoácidos y niveles energéticos deben ser optimizados para maximizar la eficiencia en dicho desempeño, lo cual se cumple en el presente estudio al trabajar con niveles de densidad de nutrientes.

Las conversiones alimenticias más bajas en las densidades altas en el presente estudio, pueden deberse a la inclusión de aceite en las dietas de 3100, 3200 y 3300 Kcal EM/Kg (Cuadro 7). La adición de grasa en los alimentos, de manera general se traduce en una mayor cantidad de energía productiva, puesto que la oxidación de las grasas es un medio eficiente para obtener energía en las células y su uso anabólico involucra una incorporación directa en el tejido adiposo y en la formación de membranas celulares, para las cuales se requieren lípidos durante el proceso de crecimiento y multiplicación celular como lo indican Salmon y O'Neil (1973). Bure y Latshaw (1985), Tesake y Kushima (1980) y Sell y Owings (1981) señalan que en las dietas de mayor nivel energético, las grasas, por presentar un menor incremento calórico y un efecto extracalórico, resultan en un menor calor corporal y un mayor valor de producción animal.

Leclercq (1986) señala que con una relación caloría-proteína constante, la energía de la dieta tiene poca influencia en la tasa de crecimiento, logrando una mejor respuesta con la adición de grasa a la dieta.

En la etapa de crecimiento al análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable peso vivo ( $P < 0.05$ ), mientras que para las variables: ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7).

Con respecto al peso vivo, en el presente estudio se encuentran diferencias significativas ante la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 7), siendo el tratamiento con densidad de nutrientes de 2900 Kcal EM/Kg dieta el que presentó el menor valor, el mismo que fue comparable al del tratamiento inmediatamente superior y significativamente diferente de los tratamientos con los valores energéticos más altos. Dichos resultados se ven apoyados por los de Saleh et al. (2004), quienes reportan un comportamiento

similar a los 42 días con un incremento significativo de esta variable a mayores densidades de nutrientes.

La ganancia de peso con respecto a los tratamientos en la etapa de crecimiento, no refleja diferencias significativas ante la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 7). A pesar de esto, se puede observar una tendencia de aumento en la ganancia de peso a medida que aumenta la densidad de nutrientes de las dietas, llegando a una meseta en los niveles de 3200 y 3300 Kcal EM/Kg dieta. La tendencia antes descrita se puede observar también en el estudio hecho por Saleh et al. (2004) donde la ganancia de peso mejora a medida que aumenta la densidad de nutrientes. Además, la no diferencia significativa entre los tratamientos en el presente estudio, coincide con lo reportado por Williams (2001). Sin embargo, en dicho estudio no se observa una tendencia clara del comportamiento de la ganancia de peso.

La respuesta observada con respecto al consumo de alimento en la etapa de crecimiento, no muestra diferencias significativas ante la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 7). No obstante se puede observar una tendencia a reducir el consumo a medida que se aumenta la densidad de nutrientes de las dietas, tendencia a la cual no se ajusta el valor obtenido con la dieta de 2900 Kcal EM/ Kg dieta con la que se esperaría el mayor consumo. Sin embargo es menor que el de otras dietas posiblemente debido a que esta dieta es más fibrosa y por ende más voluminosa lo cual hace que la capacidad ingestión de alimentos de los animales no sea suficiente. La disminución en el consumo como respuesta a dietas de mayores densidades de nutrientes también fue encontrada por Waldroup et al (1976); Williams (2001) y Saleh et al (2004).

A la prueba de comparación de medias por Tukey para la variable conversión alimenticia, no presentó diferencias significativas (Cuadro 7), pero sí una tendencia descendente a medida que se incrementa la densidad de nutrientes de las dietas lo cual era totalmente esperado debido al comportamiento presentado por los parámetros de ganancia de peso y consumo de alimento para la misma etapa productiva.

**Cuadro 7. 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 °° (%)
2900	2555.56 <sup>B</sup>	1806.66 <sup>A</sup>	3693.92 <sup>A</sup>	2.05 <sup>A</sup>	73.26 <sup>A</sup>
3000	2778.75 <sup>AB</sup>	1919.80 <sup>A</sup>	3880.81 <sup>A</sup>	2.02 <sup>A</sup>	73.09 <sup>A</sup>
3100	2894.63 <sup>A</sup>	1979.53 <sup>A</sup>	3788.43 <sup>A</sup>	1.92 <sup>A</sup>	73.89 <sup>A</sup>
3200	2926.44 <sup>A</sup>	1997.94 <sup>A</sup>	3672.95 <sup>A</sup>	1.85 <sup>A</sup>	73.14 <sup>A</sup>
3300	2939.13 <sup>A</sup>	1997.38 <sup>A</sup>	3525.97 <sup>A</sup>	1.77 <sup>A</sup>	73.35 <sup>A</sup>

°° Promedio de cuatro repeticiones de 4 aves por tratamiento.

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

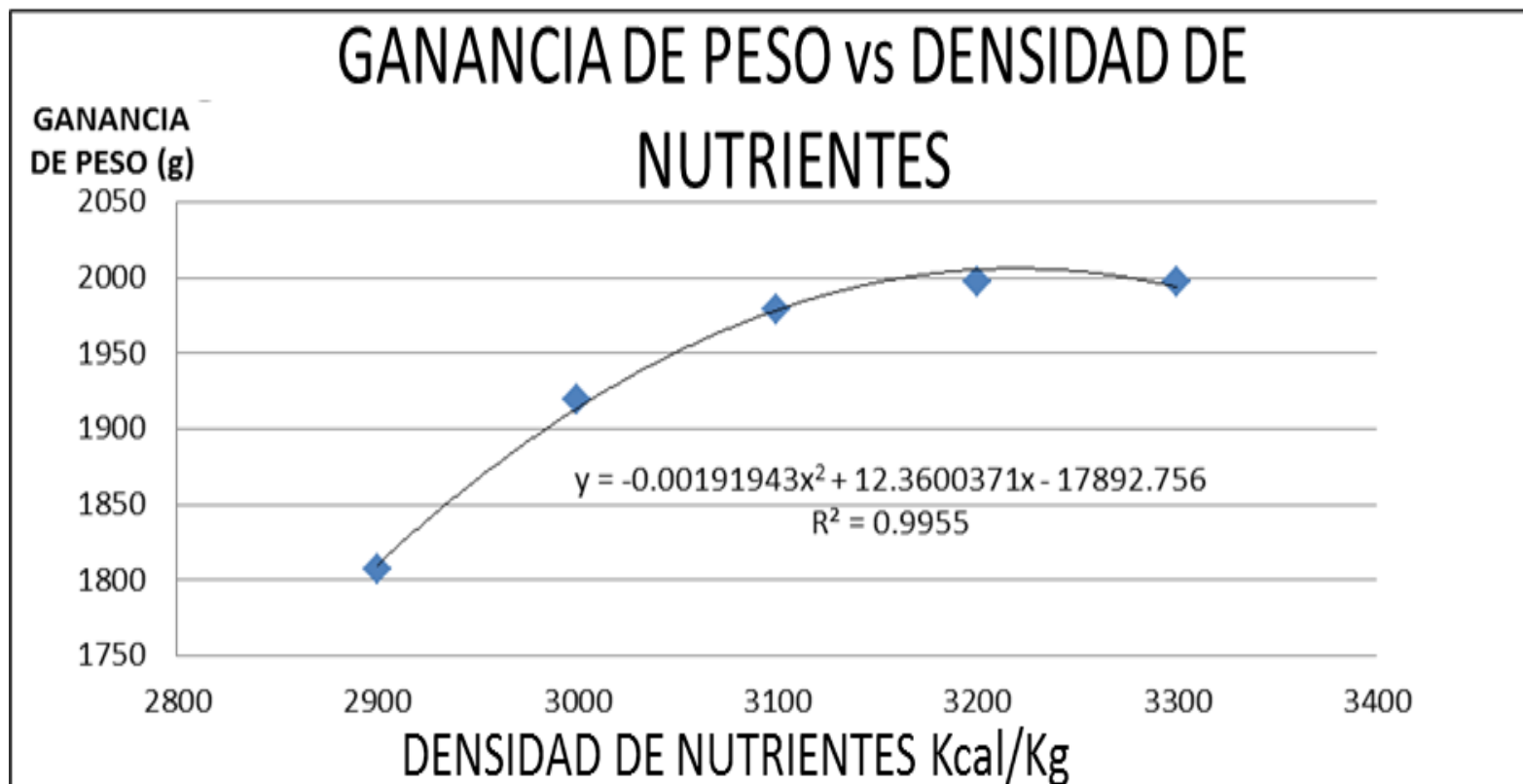


Figura 2. Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en la etapa de crecimiento días 22 a 42.

Para el rendimiento de carcasa la comparación de medias por Tukey no mostró diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 7). Este mismo comportamiento fue encontrado por Rodríguez (2013). Sin embargo, Saleh et al. (2004) reportan diferencias significativas para este parámetro, siendo mayores los rendimientos porcentuales encontrados para las dietas con menores densidades energéticas.

En el ciclo completo de producción, al análisis de varianza, existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables ganancia de peso y conversión alimenticia ( $P < 0.05$ ), mientras que para la variable consumo de alimento no se hallaron diferencias significativas (Cuadro 8).

Para la ganancia de peso, la prueba de comparación de medias por Tukey, muestra diferencias significativas entre los tratamientos con densidades energéticas de 3100 a 3300 Kcal EM/Kg dieta con respecto al tratamiento de 2900 Kcal EM/ Kg dieta, el cual presentó la menor ganancia de peso (Cuadro 8). La tendencia al alza de la ganancia de peso durante este periodo como respuesta a los mayores niveles de densidad de nutrientes de la dieta se puede observar también en el estudio hecho por (Saleh et al. 2004).

El consumo de alimento no presenta diferencias significativas entre los tratamientos en la prueba de comparación de medias por Tukey (Cuadro 8). Al respecto Saleh et al. (2004) encuentran diferencias con una disminución del consumo a medida que aumenta la densidad de nutrientes de las dietas.

**Cuadro 8. 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 °° (%)
2900	2555.56 <sup>B</sup>	2513.36 <sup>B</sup>	4948.47 <sup>A</sup>	1.97 <sup>A</sup>	73.26
3000	2778.75 <sup>AB</sup>	2737.45 <sup>AB</sup>	5142.31 <sup>A</sup>	1.88 <sup>AB</sup>	73.09 <sup>A</sup>
3100	2894.63 <sup>A</sup>	2852.13 <sup>A</sup>	5010.43 <sup>A</sup>	1.76 <sup>ABC</sup>	73.89 <sup>A</sup>
3200	2926.44 <sup>A</sup>	2883.44 <sup>A</sup>	4849.04 <sup>A</sup>	1.68 <sup>BC</sup>	73.14 <sup>A</sup>
3300	2939.13 <sup>A</sup>	2898.63 <sup>A</sup>	4620.07 <sup>A</sup>	1.60 <sup>C</sup>	73.35 <sup>A</sup>

°° Promedio de cuatro repeticiones de 4 aves por tratamiento.

Promedios en la misma columna con diferente superíndice indican diferencias significativas al 0.5%

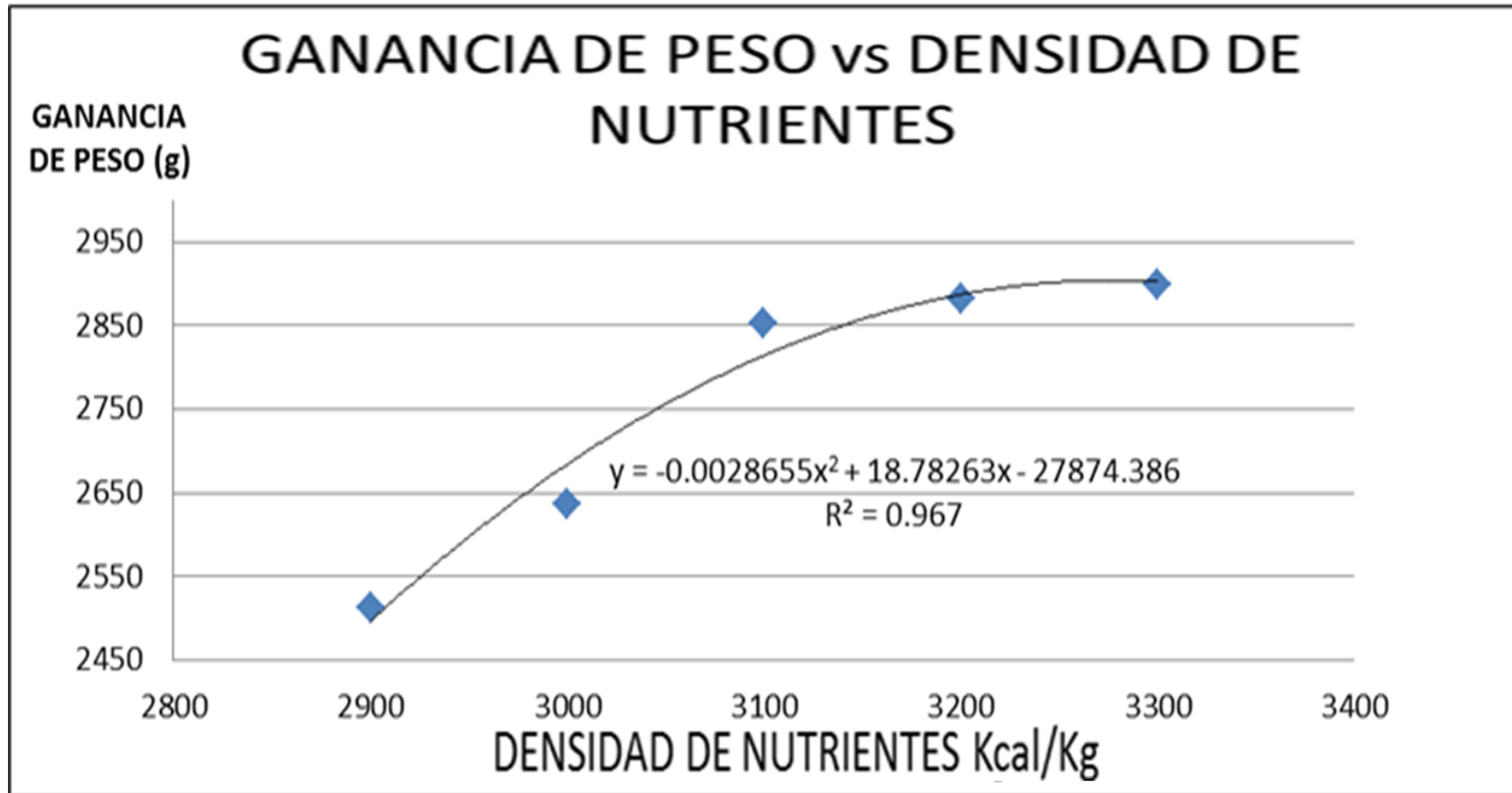


Figura 3. Relación entre la ganancia de peso y la densidad de nutrientes en todo el ciclo de producción días 1 a 42.

#### 4.2. Máximo biológico y económico de la densidad de nutrientes (Kcal EM/Kg dieta) en la etapa de inicio, crecimiento y en el ciclo completo de producción.

A fin de encontrar el comportamiento en la respuesta de los animales, se analizó la ganancia de peso con respecto a los tratamientos evaluados en el presente estudio, considerando la etapa de inicio, crecimiento y todo el ciclo productivo (Figuras 1 , 2 y 3). Los resultados del análisis de regresión se muestran en el Cuadro 9.

La programación lineal ha sido un método eficaz para determinar mezclas de alimentación de menor costo. Sin embargo, en la producción de pollos la respuesta a la densidad energética de la dieta es curvilínea por lo que los métodos estáticos de la formulación de dietas, ignoran la importancia de la economía y no son adecuados para optimizar la alimentación de pollos comerciales de engorde (Parks, 1982; Gous, 1986; Pesti et al, 1986).

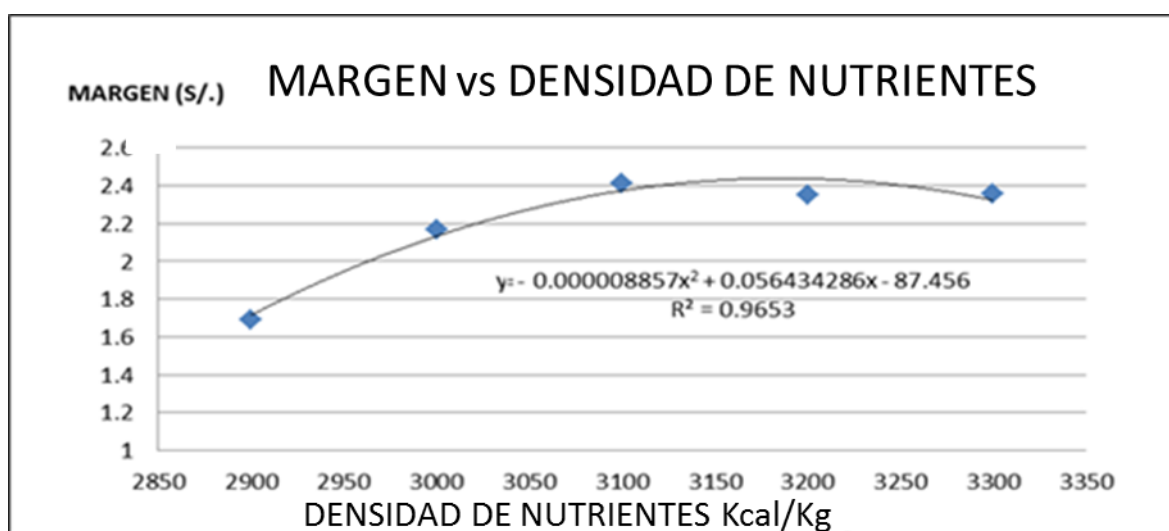
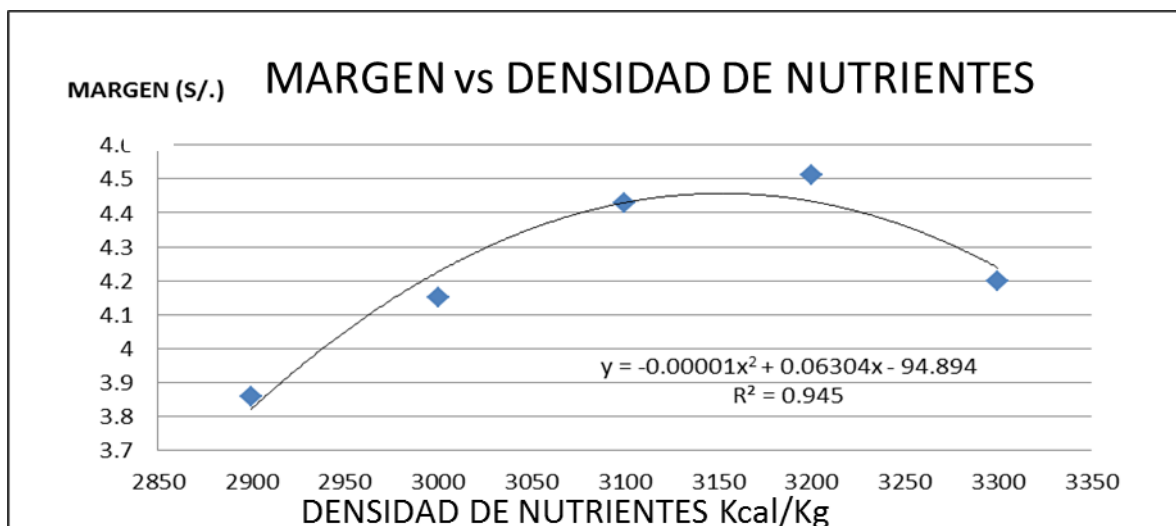


Figura 4. Relación entre la densidad de nutrientes y el margen económico en la etapa de inicio días 1 a 21.



**Cuadro 9. Estimación del requerimiento de densidad de nutrientes expresada en EM (Kcal/Kg) de dieta, para alcanzar el máximo biológico.**

<b>Etapa productiva en días</b>	<b>Derivada de la Ecuación</b>	<b>Requerimiento de EM (Kcal/Kg)</b>	<b>Máxima ganancia de peso (g)</b>
(1 - 21)	$Y' = -0.003320714 X' + 10.7511643$	3237.60	901.38
(22 - 42)	$Y' = -0.00383886 X' + 12.3600371$	3219.72	2005.14
(1 - 42)	$Y' = -0.005731 X' + 18.78263$	3277.37	2904.46



**Figura 5. Relación entre la densidad de nutrientes y el margen económico en la etapa de crecimiento días 22 a 42**

Como se puede apreciar en los Cuadros 9 y 10, los requerimientos de densidad energética para lograr los máximos biológicos y económicos son diferentes en ambas etapas productivas lo cual se ve respaldado por Fisher et al. (1973) y Guevara, (2004) quienes indican que los requerimientos de los animales varían dependiendo del costo de los nutrientes y del precio del producto. Ver (Anexos 3 y 4).

Pesti et al. (1986) indican que con la programación cuadrática se puede determinar los niveles más rentables de proteína y energía según las variaciones en los precios de los ingredientes del alimento. Además, Gonzalez-Alcorta et al. (1994) señalan que establecer los niveles de proteína cruda y energía ante diferentes panoramas del mercado en lo referente a los precios de los insumos y del producto, podría aumentar las utilidades en comparación con los niveles fijo que se encuentran en las tablas nutricionales. Guevara (2004) utilizando la densidad de nutrientes en la formulación de alimentos, indicó que la programación no lineal se puede utilizar para definir la combinación óptima de alimentos que maximiza el margen sobre el costo de alimentación lo cual coincide con lo encontrado por Sterling et al. (2005), Cerrate y Waldroup (2009), Es muy importante señalar además que la NRC (1994) declaró que sería deseable tener modelos matemáticos disponibles que faciliten la selección de los niveles de nutrientes más económicos

**Cuadro 10. Estimación del requerimiento de densidad de nutrientes expresada en EM (Kcal/Kg) de dieta para alcanzar el máximo económico.**

Etapa	Derivada de la	Requerimiento	Máximo margen
productiva en días	Ecuación	de EM (Kcal/Kg)	(S/.)
(1 - 21)	$Y' = -0.000017714 X' + 0.0564343$	3185.81	2.43
(22 - 42)	$Y' = -0.00002 X' + 0.06304$	3152.00	4.45

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

La utilización de la energía con respecto a las diferentes densidades de nutrientes se muestra en los (Cuadros 11 y 12) donde se pueden observar que para la etapa de inicio y crecimiento, la grasa retenida presentó una tendencia al alza con respecto al aumento de los niveles de densidad de nutrientes de la dieta. 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. Sobre esto Hill y Dansky (1954) demostraron que disminuir la energía de la dieta provoca una disminución de la grasa en la carcasa.

El porcentaje de energía retenida como proteína de la energía metabolizable, presentó un promedio de  $18.73 \pm 2.45$  % para la etapa de inicio y de  $19.49 \pm 1.46$  % para la etapa de crecimiento. Esta poca variación podría significar que en los pollos bajo las condiciones estudiadas, la retención proteica con respecto al consumo de energía, mantiene en una proporción constante. El comportamiento antes expuesto se ve justificado si se consideran los porcentajes de retención proteica con respecto a la energía metabolizable ingerida presentados por Kalinowski (2012) quien reporta para ambas etapas un valor de 19 % para dietas de 2900 Kcal EM/Kg dieta y de 21 % para dietas de 3200 Kcal EM/Kg dieta comparados a los porcentajes de retención proteica encontrados en el presente estudio que fueron de 16 y 18 % con dietas de 2900 Kcal EM/Kg dieta y de 19 y 20 % con dietas de 3200 Kcal EM/Kg dieta para inicio y crecimiento respectivamente.

**Cuadro 11. Utilización de la energía en la etapa de inicio.**

Metabolismo Energético	Tratamientos EM en Kcal/Kg				
	2900	3000	3100	3200	3300
W (kg)	0.396	0.450	0.479	0.486	0.491
W <sup>0.75</sup>	0.4988	0.5495	0.5756	0.5818	0.5867
Ganancia de peso (g/d)	33.7	38.9	41.6	42.2	42.9
Consumo (Kg)	0.0597	0.0601	0.0582	0.0560	0.0521
Consumo de EM (Kcal)	173.13	180.30	180.42	179.20	171.93
k	0.53	0.58	0.72	0.67	0.72
EN (Kcal)	91.69	104.03	129.00	120.39	123.65
ER (grasa)	21.62	27.00	28.63	28.80	27.34
ER (proteína)	28.19	31.89	35.39	34.70	35.66
ER (Kcal)	49.81	58.89	64.02	63.50	63.00
ENm	41.88	45.14	64.98	56.89	60.65
ENm/W <sup>0.75</sup>	83.97	82.14	112.89	97.78	103.38
PC	123.32	121.41	116.40	115.70	108.93
EMm	79.07	78.23	90.88	84.68	84.33
EMm/W <sup>0.75</sup>	158.54	142.36	157.89	145.54	143.74
ENp	49.81	58.89	64.02	63.50	63.00
IC	0.47	0.42	0.28	0.33	0.28

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 12. Utilización de la energía en la etapa de crecimiento.**

Metabolismo Energético	Tratamientos EM en Kcal/Kg				
	2900	3000	3100	3200	3300
W (kg)	1.652	1.819	1.905	1.927	1.940
W <sup>0.75</sup>	1.4573	1.5662	1.6214	1.6358	1.6441
Ganancia de peso (g/d)	86.0	91.4	94.3	95.1	95.1
Consumo (Kg)	0.1759	0.1848	0.1804	0.1749	0.1679
Consumo de EM (Kcal)	510.11	554.40	559.24	559.68	554.07
k	0.53	0.58	0.72	0.67	0.72
EN (Kcal)	270.15	319.89	399.86	375.99	398.49
ER (grasa)	81.40	108.80	93.18	111.28	103.89
ER (proteína)	92.00	109.51	102.66	115.95	114.09
ER (Kcal)	173.40	218.31	195.85	227.23	217.98
ENm	96.75	101.58	204.01	148.76	180.51
ENm/W <sup>0.75</sup>	66.39	64.86	125.82	90.94	109.79
PC	336.71	336.09	363.39	332.45	336.09
EMm	182.69	176.04	285.32	221.43	250.98
EMm/W <sup>0.75</sup>	125.36	112.40	175.97	135.36	152.65
ENp	173.40	218.31	195.85	227.23	217.98
IC	0.47	0.42	0,28	0.33	0.28

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

La energía retenida total no mostró una tendencia clara con el incremento de la densidad de nutrientes para las etapas de inicio y crecimiento, esto pudo deberse a influencia por el muestreo ya que en el presente estudio se asumió que la composición corporal de los pollos sacrificados y analizados al inicio y al final del ensayo eran representativos de cada unidad experimental, no haciendo un análisis de todos los animales.

Las eficiencias de utilización (k relativa) de la energía metabolizable estimadas de los datos de Guillaume et al. (1979) presentaron valores cercanos a los reportados por Thorbek y Jensen (1985) que van de 65 a 75 % en pollos de 10 a 52 días de edad usando la técnica de análisis de carcasa. El incremento calórico mostró una tendencia a disminuir a medida que aumentó la densidad de nutrientes de las dietas. 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 energía metabolizable para mantenimiento encontrada en el presente estudio en la etapa de inicio y crecimiento, se encuentran para la mayoría de los tratamientos muy cercanas al requerimiento reportado por Robbins y Ballew (1984) de  $153 \pm 5.6$  Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> para pollos de 8 a 22 días y de  $133 \pm 4.2$  Kcal EM/Kg<sup>0.75</sup> para pollos de 28 a 42 días. Los valores menores encontrados en la etapa de crecimiento con respecto a la etapa de inicio se deben básicamente a que los pollos presentan un ritmo acelerado de crecimiento sobre todo en la etapa de inicio y son mucho más eficientes en la utilización de la energía, lo cual podría resultar en un mayor requerimiento para mantenimiento en pollos jóvenes comparado a de adultos.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales con las que se desarrolló el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de mayor densidad de nutrientes tienden a mejorar el peso vivo, ganancia de peso, consumo y conversión alimenticia, siendo esta mejora más significativa en la etapa de inicio en comparación con la de crecimiento.
2. El rendimiento de carcasa no presenta variaciones importantes ante los niveles de densidad de nutrientes.
3. La formulación en base al máximo económico podría sustituir a la tradicional basada en el máximo biológico, logrando con esto que la producción sea más rentable al contemplar los rendimientos decrecientes que presentan los animales como respuesta a la inclusión de los nutrientes de la dieta.



## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Realizar un mayor número de investigaciones que permitan predecir la respuesta productiva y el consumo de alimento de los pollos con diferentes densidades de nutrientes, diferentes niveles de proteína balanceada y diferentes programas de alimentación.
2. Realizar más investigaciones para confeccionar un modelo de simulación de la respuesta del ave a diferentes niveles de densidad de nutrientes y proteína balanceada a partir del metabolismo energético.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, J. y BRAID, D. 1974. Least-cost livestock production rations. Southern journal of agricultural economics 6: 41-45.

BRICKETT, K., DAHIYA, H., CLASSEN, H., GOMIST, S. 2007. Influence of dietary density, feed form, and lighting on growth and meat yield of broiler chickens. Poultry Science 86: 2172-2181.

BROWN, W y ARSCOTT, G. 1960. Animal production functions and optimum ratio specifications. Journal of farm economics 42: 69-78

BRUE, R., LATSHAW, J., 1985. Energy utilization by the broiler chicken as affected by various fats and fat levels. Poultry Science 64: 2119-2130.

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 Ingeniería UNALM. Lima Perú.

CERRATE, S. y WALDROUP, P. 2009. Maximum profit feed formulation of broilers. International Journal of Poultry Science 8(3): 205-228.

CLASSEN, H., CAMPBELL, G., 1990. Improvement of feed utilisation through the use of enzyme products. Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium.

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 Magister Scientiae UNALM. Lima Perú.

EITS, R. 2004. Modelling responses of broiler chicken to dietary balanced protein. Tesis de Ph. D. Wageningen University. Netherlands.

ELWINGER, K., FISHER, C., JEROCH, H., SAUVEUR, B., TILLER, H. AND WHITEHEAD, C.C. 2016. A brief history of poultry nutrition over the last hundred years. World's Poultry Science Journal, Vol. 72, December 2016. Pág. 701-720.

ENDESA. 2017. Concepto de Energía, Grupo ENEL S.A., Consultado el 5 de abril de 2017. Disponible en [https://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos](https://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/conceptos-basicos/i.-la-energia-y-los-recursos-energeticos).

FAO. 2003. Educación en Alimentación y Nutrición para la enseñanza Básica. Santiago Chile. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s.pdf>

FARREL, D., CUMMING, R., HATDAKER, J. 1973. The effects of dietary concentration on growth and conversion of energy to weight in broiler chickens. British Poultry Science 14:4, 329-340.

FARREL, D. 1974. General principles and assumptions of calorimetry. Energy requirements of poultry. British Poultry Science p. 1-23.

FISHER, C., MORRIS, T., JENNING, S., 1973. A model of description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. Poultry Science 14: 469-484.

FRANCESCH, M. 2001. Sistemas de Valoración energética de los alimentos en aves. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA), Departamento de Nutrición Animal. España.

FRAPS, G. 1943. Relation of the protein, fat and energy of the ration to the composition of chickens. Poultry Sci. 23. 421-424.

GONZALEZ-ALCORTA, H., DORFMAN, J., PESTI, G., 1994. Maximizing profit in broiler production as price change: A simple approximation with practical value. Agribusiness 10: 389-399.

GONZALEZ, M. ; PESTI, G., 1993. Evaluation of the protein to energy ratio concept in broiler and turkey nutrition. *Poultry Science* 72: 2115-2123.

GOUZ, R., 1986. Medición de la respuesta de experimentos nutricionales en requerimientos de nutrientes. *Poultry and nutritional investigation*. pág. 41-57. Butterworth. Londres.

GUEVARA, V., 2017. Nutrición avícola e innovación. *Actualidad avipecuaria*. Abril 2017. Lima, Perú.

GUEVARA, V., 2004. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy density in broiler feed formulation. *Poultry Science* 83;147-151.

GUILLAUME, J. SCHEELE, C., KUSSAIBATI, R. 1979. The effects of dietary protein, carbohydrates, fat and fibre on the net availability of metabolizable energy in the chick. *Energy Metabolism*. I.N.R.A. France.

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.: 573-579.

HENDERSON, J. y QUANT, R. 1980. *Microeconomic theory: A Mathematical Approach*. 3<sup>er</sup> ed: McGraw-Hill Book Company.

HUGHES, R. 2003. *Energy Metabolism of Chickens Physiological Limitations*. Report for the Rural Industries Research and Development Corporation Australia.

HURWITZ S., 1978. Use of models in the estimation of amino acids and energy requirements, 72: 8 – 15.

INDECOPI. 2001. Reglamento de carne de pollo norma técnica peruana (NTOP 201.054), Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.

KALINOWSKI, J., 2012. Energía en la nutrición del pollo de carne. Slideshare. Disponible en: <https://es.slideshare.net/87abelardo/energia-broiler>

LABUSSIÈRE, E., VAN MILGEN, J., DE LANGE, C., NOBLET, J. 2011. Maintenance energy requirements of growing pigs and claves are influenced by feeding level. *J nutrition* 141: 1855-1861.

LECLERCQ, B. 1986. Energy requirements of avian species. In requirements of Poultry and Nutritional Research. I Ed. C. FISHER y K. BOORMAN. P 126-127.

LEESON S. ; SUMMERS J. 2001. Nutrition of the chicken. 4<sup>a</sup> edition. Department of Animal – Poultry Science. University of Guelph. Ontario. Canada.

LOFGREEN, G., GARRET, W., 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J Anim Sci* 27: 793-806.

MACEK, M. 2017. La energía y la caloría, la equivalencia al consumo diario. Zonadiet.com. Disponible en <http://www.zonadiet.com/nutricion/energia.htm>

MC DONALD, P. 1994. Nutrición Animal. Editorial Acribia S.A. 3ra Edición Zaragoza España.

MINAGRI. 2018. Aves vivas. Comercio al por mayor en Lima Metropolitana y Callao. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Proyectos. Dirección de Estadística Agraria. Perú.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1994. Nutrient Requeriments of Poultry. National Academy Of Sciences. U.S.A.

NOBLET, J. 2007. Recent developments in net energy for swine. *Adv Pork Prod* 18: 149-56.

NOBLET, J., DUBOIS, S., LASNIER, J. 2015. Fasting heat production and metabolic BW in group-housed broilers. *Animal* 9: 1138-1144.

NING, D., YUAN, J., WANG, Y., PENG, 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.

PARKS, J., 1982. Una teoría de la alimentación y el crecimiento de los animales. Springer Verlag. Nueva York.

PESTI, G., ARRES, R., MILLER, B. 1986. El uso de la respuesta de crecimiento cuadrática para concentraciones de proteína y de energía alimentaria en la formulación del alimento de costo mínimo. *Pavipollo. Sci.* 64 1040-1051.

QUIROZ, V. 1991. Validación de los modelos de predicción de la energía metabolizable de dietas de aves a partir de análisis proximal. Tesis para optar por el Grado de Magister Scientiae en Nutrición y el Título de Ingeniero Zootecnista. Escuela de Post Grado. UNALM. Lima Perú.

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.

RODRIGUEZ, 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 Ingeniero Zootecnista. Cusco. Perú.

SAKOMURA, N., SILVA, R., COUTTO, H., COON, C., PACHECO, C. 2003. Modeling metabolizable energy utilization in broiler breeder pullets. *POlt. Sci* 82: 419-427.

SAKOMURA, N., LOMGO, F., OVIEDO-RONDON, E., BOA-VIAGEM, C., FERRAUDO, A., 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poultry Science* 84: 1363-1369.

SALEH, E., WATKINS, S., WALDROUP, A., WALDROUP, P. 2004. Effects of dietary density on performance and carcass quality of male broilers grown for further processing, *Poultry Science* 3 (1): 1-10.

SALMMON, R., O'NEIL, J., 1973. The effect of the level and source and of the changes of sources of dietary fat on the fatty acid composition of the depot fat and the thigh and breast meat of turkeys as related to age. *Poultry Science*. 52: 302-314.

SELL, J., OWINGS, W., 1981. Supplemental fat and metabolizable energy to nutrient ratios for growing turkeys. *Poultry Science*. 60:2293-2305.

SINDIK, M; TERRAOS, J.C; SANDOVAL, L; REVIDATTI, F; FERNANDEZ, R. BETELLA, A. 2015. Efecto de diferentes relaciones energía/proteína sobre el comportamiento productivo de pollos parrilleros hembras. Cátedra de Producción de Aves, Facultad de Ciencias Veterinarias UNNE. Corrientes Argentina.

SOTO, R., 2000. Efecto de diferentes niveles de energía metabolizable en relación a la densidad de nutrientes en el comportamiento productivo de pollos de carne. Tesis para optar por el título de Magister Scientiae en la especialidad de nutrición. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria la Molina.

STERLING, K., VEDENOV, G., PESTI, G., BAKALLI, R. 2005. Economically optimal dietary crude protein and lysine levels for starting broiler chicks. *Poultry Science* 84(1): 29-36.

TALPAZ, H., HURWITZ, S., TORRE, J., SHARPE, P. 1988. Economic optimization of a growth trajectory for broilers. *American Journal of Agriculture Economics* 70: 382-390.

TESAKE, I., KUSHIMA, M., 1980. The effects of dietary protein and lysine levels on broiler performance, carcass characteristics and N excretion. *Poltry Science*. 70:1540-1549.

THORBEK, G., 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. Denmark 591: 65.

VAN MILGEN, J., NOBLET, J., 2003. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. *J Anim Sci*. 81: 86-93.

WALDROUP, P., MITCHELL, R., PAYNE, J., JOHNSON, Z. 1976. Characterization of the response of broiler chickens to diets varying in nutrient density content. Poultry Sci. 55. 130-145

WILLIAMS, M. 2001. Variación en los parámetros de crecimiento en pollos de carne con diferentes densidades energéticas en la dieta. Tesis de Magister Scientiae UNALM. Lima Perú.



## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Parámetros zootécnicos de la etapa de inicio (1 a 21 días).

TRATAMIENTO EM (Kcal/Kg)	BLOQUE	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	PESO VIVO (g)	GANANCIA DE PESO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
2900	1	1230.2	802.80	761	1.62
2900	2	1325.2	725.80	682	1.94
2900	3	1243.8	731.40	689.6	1.80
2900	4	1219	735.60	694.2	1.76
3000	1	1296.6	864.00	824.2	1.57
3000	2	1275	894.20	852.4	1.50
3000	3	1192	843.00	801.6	1.49
3000	4	1282.4	834.60	792.4	1.62
3100	1	1200.4	985.20	942.6	1.27
3100	2	1282.6	905.80	863	1.49
3100	3	1164	915.00	872	1.33
3100	4	1241	854.40	812.8	1.53
3200	1	1194.65	878.00	834.8	1.43
3200	2	1178.2	964.60	922.4	1.28
3200	3	1164.2	956.00	912.8	1.28
3200	4	1167.3	915.40	872	1.34
3300	1	1153.2	1012.60	972.6	1.19
3300	2	1086.2	966.60	926.2	1.17
3300	3	1054.2	923.60	882.6	1.19
3300	4	1082.8	864.20	823.6	1.31

**Anexo 2. Parámetros zootécnicos de la etapa de crecimiento (22 a 42 días).**

<b>TRATAMIENTO EM (Kcal/Kg)</b>	<b>BLOQUE</b>	<b>CONSUMO DE ALOMENTO (g)</b>	<b>PESO VIVO (g)</b>	<b>GANANCIA DE PESO (g)</b>	<b>CONVERSIÓN ALIMENTICIA</b>	<b>RENDIMIENTO DE CARCASA (%)</b>
2900	1	3774.59	2583.5	1780.7	2.12	72.95
2900	2	3775.75	2396.5	1670.7	2.26	72.29
2900	3	3783.67	2644.5	1913.1	1.98	73.42
2900	4	3441.68	2597.75	1862.15	1.85	74.38
3000	1	3633.125	2688.5	1824.5	1.99	72.71
3000	2	4401.58	2936.5	2042.3	2.16	73.11
3000	3	3968.29	2837.5	1994.5	1.99	73.64
3000	4	3520.25	2652.5	1817.9	1.94	72.9
3100	1	3769.13	2902.5	1917.3	1.97	74.43
3100	2	3634.02	2853.5	1947.7	1.87	73.81
3100	3	3878.12	2851.25	1936.25	2.00	73.75
3100	4	3872.45	2971.25	2116.85	1.83	73.57
3200	1	3903.77	3010.25	2132.25	1.83	73.05
3200	2	3660.64	3046.25	2081.65	1.76	73.37
3200	3	3573.79	2704.25	1748.25	2.04	72.89
3200	4	3553.58	2945	2029.6	1.75	73.25
3300	1	3183.92	3053	2040.4	1.56	73.07
3300	2	3481.75	2898	1931.4	1.80	73.15
3300	3	3871.32	3048.25	2124.65	1.82	73.92
3300	4	3566.88	2757.25	1893.05	1.88	73.26

**Anexo 3. Margen económico obtenido con cada tratamiento en la etapa de inicio (1 – 21 días).**

Densidad Energética Kcal/Kg	Costo de la dieta (S./Kg)	Consumo (Kg.)	Precio d el pollo (S./Kg)	Ganancia de peso (Kg.)	Margen (S/.)
2900	1.26	1.2545	4.63	0.707	1.69
3000	1.28	1.2615	4.63	0.818	2.17
3100	1.33	1.222	4.63	0.872	2.41
3200	1.37	1.276	4.63	0.885	2.35
3300	1.65	1.094	4.63	0.901	2.36

**Anexo 4. Margen económico obtenido con cada tratamiento en la etapa de crecimiento (22 – 42 días).**

Tratamiento EM en Kcal/Kg	Costo de la dieta (S./Kg)	Consumo (Kg.)	Precio del pollo (S./Kg)	Ganancia de peso (Kg.)	Margen
2909.59	1.22	3.69392	4.63	1.80666	3.86
3070.94	1.22	3.88081	4.63	1.91980	4.15
3151.87	1.25	3.78843	4.63	1.97953	4.43
3231.98	1.29	3.67295	4.63	1.99794	4.51
3273.94	1.43	3.52597	4.63	1.99738	4.20