

**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y BIOLÓGICAS**

**ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**



**“DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE UN  
EMULSIFICANTE A BASE DE RICINOLEATO DE GLICERIL  
POLIETILENGLICOL A DIETAS DE BROILERS DE LA LÍNEA COBB  
500 EN EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO”**

**Tesis para Optar el Título Profesional de:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**CARLOS ALBERTO MEDINA PEREDO  
BACHILLER EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**LIMA – PERÚ**

**2016**

## DEDICATORIA

*A Dios Todopoderoso,  
Que de su mano todo lo puedo.*

*A mis padres,  
Por todo su sacrificio y porque han hecho de mí el hombre que soy.*

*A mis hermanos,  
Por todo su apoyo y comprensión que tanto valoro.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres,*

*Por todo su amor y su incondicional apoyo en mi vida entera, pues sin ellos no hubiera logrado nada. Este triunfo es para ustedes.*

*A los docentes de mi facultad,*

*Que con sus lecciones contribuyeron a mi formación profesional y que en el camino no solo encontré a maestros sino a amigos en cada uno, gracias a todos.*

*A la empresa MONTANA SA,*

*Que me abrieron sus puertas y me permitieron llevar a cabo este proyecto que finalmente se convertiría en uno de los trabajos más importantes de mi vida, esta tesis.*

*A la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNMSM,*

*Por el apoyo brindado durante todo el tiempo de la fase experimental de este proyecto.*

*A mi director, Dr. Eglinton Villacaqui,*

*Gracias por todo su tiempo, dedicación y paciencia que tuvo conmigo en la elaboración de esta tesis.*

*Al Dr. Fernando Carcelén y la Dra. Sandra Bezada,*

*Por abrirme las puertas cuando lo necesitaba y ayudarme en la realización de esta tesis.*

## Índice

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Antecedentes	2
2.2. Marco teórico	4
2.2.1. Aspectos generales de los lípidos	4
2.2.2. Morfofisiología del tracto digestivo en aves	5
2.2.2.1. Anatomía del tracto digestivo en aves	6
2.2.2.2. Digestión y absorción de los lípidos	10
2.2.3. Digestibilidad de los lípidos	13
2.2.3.1. Determinación de parámetros productivos	14
2.2.3.2. Determinación del coeficiente de digestibilidad	15
2.2.3.3. Factores que afectan la digestibilidad de los lípidos	16
2.2.4. Emulsificantes en la digestión lipídica	18
2.2.4.1. Efectos de emulsificantes en las dietas	19
2.2.4.2. Ricinoleato de gliceril polietilenglicol	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Lugar e instalaciones	21
3.2. Materiales y equipos	21
3.3. Metodología	22
3.3.1. Población y muestra	22
3.3.2. Diseño experimental	22
3.3.3. Procedimiento metodológico	22
3.3.4. Análisis estadístico	29

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Parámetros productivos	31
4.1.1. Peso promedio y ganancia de peso	32
4.1.2. Índice de conversión alimenticia	33
4.1.3. Índice de eficiencia productiva europeo	35
4.2. Coeficiente de digestibilidad	37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
5.1. Conclusiones	39
5.2. Recomendaciones	39
6. BIBLIOGRAFÍA	40
7. ANEXOS	44

## Índice de Cuadros

Cuadro 1.1. Clasificación de los lípidos	4
Cuadro 3.1. Diseño experimental	23
Cuadro 3.2. Dietas experimentales	24
Cuadro 3.3. Formulación de dietas experimentales	26
Cuadro 3.4. Porcentaje de nutrientes en las dietas	27
Cuadro 4.1.1.1. Peso promedio y ganancia de peso a la semana 6	31
Cuadro 4.1.1.2. ANOVA para ganancia de peso	32
Cuadro 4.1.2.1. ICA a la semana 6	33
Cuadro 4.1.2.2. ANOVA para ICA	34
Cuadro 4.1.3.1. IEPE a la semana 6	35
Cuadro 4.1.3.2. ANOVA para IEPE	36
Cuadro 4.2.1. Coeficiente de digestibilidad	37

## Índice de Figuras

Figura 1.1. Partes del tracto digestivo del ave	9
Figura 2.1. Digestión lipídica y absorción	10
Figura 2.2. Formación de micelas mixtas	12

## Índice de Anexos

Anexo 1. Cuadro de pesos a la llegada	44
Anexo 2. Cuadro de pesos semana 1	45
Anexo 3. Cuadro de pesos semana 2	46
Anexo 4. Cuadro de pesos semana 3	47
Anexo 5. Cuadro de pesos semana 4	48
Anexo 6. Cuadro de pesos semana 5	49
Anexo 7. Cuadro de pesos semana 6	50
Anexo 8. Cuadro de consumos detallado	51
Anexo 9. Cuadro de número de aves	53
Anexo 10. Cuadro de consumo total	53
Anexo 11. Cuadro de consumo promedio por ave	53
Anexo 12. Cuadro de consumo promedio acumulado	54
Anexo 13. Cuadro de peso promedio	54
Anexo 14. Cuadro de ganancia diaria de peso	54
Anexo 15. Cuadro de ganancia de peso semanal	55
Anexo 16. Cuadro de ganancia acumulada de peso	55
Anexo 17. Cuadro de índice de conversión alimenticia	55
Anexo 18. Cuadro de mortalidad y viabilidad	56
Anexo 19. Cuadro de índice de eficiencia productiva europeo	56



Anexo 20. Prueba de Shapiro-Wilk: Ganancia de peso - Raciones	57
Anexo 21. Prueba de Shapiro-Wilk: ICA - Raciones	58
Anexo 22. Prueba de Shapiro-Wilk: IEPE - Raciones	59
Anexo 23. Cuadro de grupos experimentales vs. Ganancia de peso	60
Anexo 24. Cuadro de grupos experimentales vs. ICA	61
Anexo 25. Cuadro de grupos experimentales vs. IEPE	62

## RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar el efecto de un emulsificante de grasas a base de ricinoleato de gliceril polietilenglicol en la dieta de pollos de engorde (broilers) de la línea Cobb 500 sobre el rendimiento productivo y el coeficiente de digestibilidad. El experimento consistió en 4 grupos experimentales distribuidos de la siguiente manera: “Control” (D0) con una dieta basal formulada según los requerimientos de la línea genética de las aves utilizadas sin adición de emulsificante, “Dieta 1” (D1) con una dieta reducida en 50 kcal con adición emulsificante, “Dieta 2” (D2) con una dieta reducida en 75 kcal con adición de emulsificante y finalmente “Dieta 3” (D3) con una dieta reducida en 100 kcal con adición de emulsificante. Para todos los grupos que se les adicionó el emulsificante en la dieta, se administró una dosis estándar de 350 g/Tm. El experimento tuvo una duración de una campaña productiva (42 días) en la que todos los grupos experimentales fueron sometidos a las mismas condiciones de manejo. Luego de la obtención de los datos se evaluó el desempeño de las aves por medio de parámetros productivos y del coeficiente de digestibilidad en lípidos. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la distribución de los datos y finalmente se utilizó la prueba estadística ANOVA de una vía, con la finalidad de comparar si existen diferencias significativas en el uso del emulsificante. Los resultados obtenidos en el presente experimento demostraron que no existe una diferencia significativa entre el uso del emulsificante con las dietas estándares de broilers en sus diferentes niveles de energía.

**Palabras clave:** *Nutrición, broilers, emulsificantes de grasas, rendimiento productivo, coeficiente de digestibilidad.*

## ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the effect of an emulsifier of fat based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate in the diet of broiler chickens of the Cobb 500 line on the yield (production performance) and digestibility coefficient. The experiment consisted of 4 experimental groups distributed as follows: "Control" (D0) with a basal diet formulated according to the requirements of the genetic line of the birds used without addition of emulsifier, "Diet 1" (D1) with a reduced 50 kcal emulsifier addition, "Diet 2" (D2) with a reduced 75 kcal added emulsifier and finally "Diet 3" (D3) with reduced 100 kcal with added emulsifier. For all groups that were added the emulsifier in the diet, a standard dose of 350 g / Tm was administered. The experiment lasted a productive season (42 days), in all experimental groups were subjected to the same conditions. After obtaining the data, performance was evaluated by production parameters and lipid digestibility coefficient. The Shapiro-Wilk test was used to determine the distribution of the data and finally the statistic test one way ANOVA was used in order to compare if there are significant differences in the use of the emulsifier. The results obtained in this experiment showed that there is no significant difference between the use of the emulsifier with standard broiler diets at different energy levels.

**Key Words:** *Nutrition, broilers, fat emulsifiers, performance, digestibility*

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria avícola es una de las actividades pecuarias que se encuentra en un constante crecimiento en nuestro país, tomando alta importancia en la nutrición de la población peruana ya que la fuente proteica más consumida en nuestro territorio es la carne de pollo.

Actualmente la tecnología genética y las buenas prácticas pecuarias han permitido un mejor rendimiento productivo, lográndose obtener una mayor recaudación económica por la reducción de costos operativos (automatización de granjas entre otras tecnologías que favorecen el bienestar y la producción animal). Sin embargo, existen barreras actuales en el área de nutrición, debido a la escasez y altos costos de los insumos para la alimentación, que impiden realizar una mejor formulación de raciones alimentarias.

Los insumos que aportan la mayor cantidad de energía son provenientes de aceites, tanto de origen animal como de origen vegetal; el problema de estas fuentes energéticas radica en dos factores: el alto costo de estos insumos y la baja tasa de absorción y asimilación de los mismos en el tracto digestivo de las aves.

A raíz de esta problemática, las investigaciones vienen tratando de desarrollar métodos y tecnologías alimentarias que permitan una mejor asimilación de estas fuentes que se consideran necesarias. Si se logra el objetivo entonces podremos observar no solo una mejora en los parámetros productivos, sino también una reducción de costos debido a que se reduciría el porcentaje de insumos energéticos que se requiere en las formulaciones. Cabe señalar que la alimentación representa para la industria avícola el 70 % del costo total de la producción.

Uno de los métodos que se vienen estudiando en diversas partes del mundo es la adición de emulsificantes exógenos, que tienen el poder de aumentar la digestibilidad de los lípidos, siendo esta innovadora idea tomada en la presente investigación que pretende probar el efecto y eficacia de estos aditivos alimentarios.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes.

Diversos estudios han sido realizados para mejorar la absorción de energía brindada por fuentes grasas, incluyendo el uso de sales biliares exógenas que si bien reportan buenos resultados con la mejora de la utilización de grasas, económicamente esta opción no es viable. Se han estudiado otras moléculas con actividad emulsificante, tal es el caso de la lecitina de soya, sin embargo los resultados obtenidos no necesariamente han mostrado una mejora en parámetros productivos. También se conoce de estudios con nuevas tecnologías como es la lisolecitina de soya (a base de lisofosfolípidos) demostrando una mejor eficacia en comparación a la lecitina de soya.

Gomez & Polin (1976) en su estudio sobre la adición de sales biliares para mejorar la absorción de sebo en aves, encontraron que no hubo incremento significativo en los valores de energía metabolizable (EM) ni en la absorción de grasas.

Azman & Ciftci (2004) analizaron si la adición de lecitina de soya ayudaba a mejorar la asimilación de grasas en el tracto digestivo, así como el rendimiento productivo. No se encontró una mejora en la digestibilidad ni en parámetros productivos.

Cho *et al* (2012) realizaron un estudio orientado a conocer el efecto de la adición de un emulsificante y un multienzimático para evaluar los efectos en ciertos parámetros productivos, encontrando que puede haber un ligero incremento en la ganancia de peso, pero sin considerarla estadísticamente significativa.

Delgado (2015) realizó un estudio con un emulsificante comercial a base de fosfolípidos aplicado en la dieta de broilers machos de la línea Cobb 500. Sus conclusiones mencionan que la adición del emulsificante no tuvo ningún efecto positivo sobre los parámetros productivos evaluados (ganancia de peso e índice de conversión alimenticia).

Taipe (2013) concluye en su estudio que no existe diferencia significativa en el uso de lisofosfolípidos como emulsificantes con respecto a los parámetros productivos evaluados y el coeficiente de digestibilidad de las aves.

Amitava *et al* (2008) evaluaron los efectos del emulsificante gliceril polietilenglicol ricinoleato, concluyendo que se puede mejorar los rendimientos productivos tales como peso final, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia al añadir el emulsificante si se utiliza como sustrato de grasa un aceite vegetal (grasa insaturada). En el año 2010, los mismos autores en un segundo estudio, concluyeron que la suplementación del emulsificante en dietas que contengan moderadas cantidades de grasas vegetales puede sustancialmente mejorar el rendimiento productivo en broilers.

Klein (2008) evalúa los efectos del ricinoleato de gliceril polietilenglicol en la dieta de pollos de engorde. Sus resultados concluyen que la adición del emulsificante tiene un efecto positivo sobre los parámetros productivos de ganancia de peso y conversión alimenticia.

Guerreiro *et al* (2011) evaluaron el efecto de la adición de un emulsificante a base de caseína en dietas con diferentes fuentes grasas (saturadas e insaturadas) sobre el rendimiento productivo y la digestibilidad, encontrando que no existe efecto sobre el rendimiento productivo pero si en la digestibilidad de extracto etéreo cuando la fuente grasa es de tipo saturada.

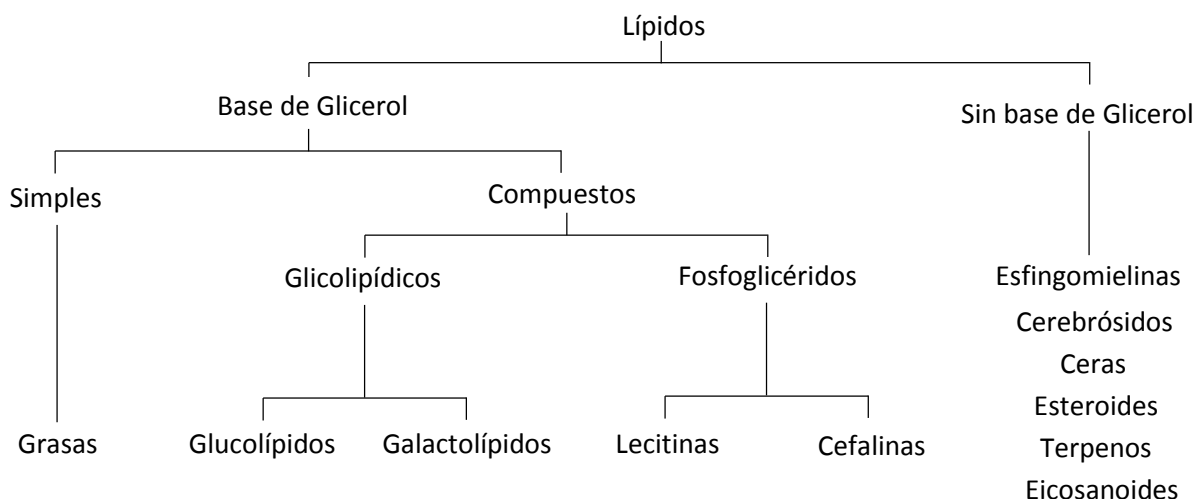
Maertens *et al* (2014) estudiaron los efectos de 4 emulsificantes diferentes en digestibilidad grasa en pollos jóvenes. Como conclusión se obtiene que la digestibilidad de las grasas mejoró notablemente en todos los casos. En el mismo año, en un estudio específico con ricinoleato de gliceril polietilenglicol, encuentran que dicho emulsificante compensa la reducción de la EM siempre que las dietas contengan un índice bajo de ácidos grasos saturados e insaturados.

**2.2. Marco Teórico.**

**2.2.1. Aspectos generales de los lípidos.**

Los lípidos son un grupo de sustancias orgánicas que se encuentran en los tejidos animales y vegetales, caracterizados por ser insolubles en agua pero solubles en compuestos orgánicos comunes. Cumplen funciones diversas como reserva energética, composición estructural de membranas biológicas y transporte de sustratos en las reacciones químicas (McDonald, 2010; Osorio, 2011). Químicamente presentan diferentes composiciones clasificadas según el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.1. Clasificación de los lípidos.**



*Fuente: McDonald, 2010.*

*Traducción: Elaboración Propia*

Los lípidos en los animales constituyen la reserva principal de energía en su mayoría por grasas y aceites (siendo las grasas el 97 % del tejido adiposo presente en el organismo) (McDonald, 2010); Los fosfolípidos y los esteroides se encuentran principalmente formando la parte estructural en las membranas biológicas. Las grasas son las fuentes más importantes de energía ya que pueden aportar hasta 39 MJ/kg de MS, seguido de los carbohidratos con un aporte de 17MJ/kg de MS. (McDonald, 2010; Caballero 2010).

Su composición química consta de la esterificación de un ácido graso con una molécula de glicerol, como resultado se obtiene un glicérido. Comúnmente la mayor cantidad de glicéridos que se encuentran en el organismo son triglicéridos (esterificación de los 3 grupos alcoholes del glicerol con ácidos grasos) (McDonald, 2010). Estas moléculas son insolubles en el agua y por ende en el medio intestinal (Krogdahl, 1985; Mcdonald, 2010).

Los otros tipos de lípidos que se encuentran en proporciones minúsculas cumplen otras importantes funciones tales como el transporte de electrones, factores coenzimáticos, mensajeros intracelulares, aislantes eléctricos (lípidos no polares), que permiten la rápida propagación de las ondas de despolarización a lo largo de nervios mielinizados, funciones hormonales y de agentes emulsificantes en el tracto digestivo. Cabe mencionar que los ácidos grasos y cuerpos cetónicos son fuente de energía metabólica, oxidándose para producir ATP (energía directa) y depositarse en el tejido adiposo como acilgliceroles (energía potencial) (Osorio, 2011).

### **2.2.2. Morfofisiología del tracto digestivo de las aves.**

El entendimiento de la morfofisiología del sistema digestivo aviar es esencial para desarrollar programas de alimentación eficaces y económicos para las aves. Se debe conocer la anatomía para saber identificar en que porciones del sistema digestivo se llevan a cabo procesos fisiológicos y como se llevan los mismos.

El sistema digestivo de cualquier animal, incluyendo los pollos, es el encargado de convertir el alimento que el animal ingiere en los nutrientes que su organismo requiere para mantenimiento, crecimiento y producción (Caballero, 2010). Una vez que la comida es ingerida, esta es descompuesta en sus componentes básicos. Esto se logra por dos formas: Mecánica y química (Jacob, 2013).

**Acción Mecánica:** En el caso de las aves la acción mecánica por masticación no se da, utilizando otros métodos mencionados posteriormente.

**Acción Química:** Se da por medio de la liberación de enzimas digestivas del estómago, páncreas y el hígado.



### 2.2.2.1. Anatomía del tracto digestivo de las aves.

El aparato digestivo permite la prehensión, ingestión y digestión de los alimentos; convierte el alimento asimilable gracias al tratamiento físico-químico (Jacob, 2013).

Está formado por la cavidad orofaríngea, esófago cervical, buche, esófago torácico, estómago glandular, estómago muscular, intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon, intestino grueso (sacos ciegos, recto) y la cloaca. Además posee glándulas anexas: glándulas salivales, páncreas e hígado (Valencia, 1994).

Debido a que el ave carece de paladar blando, varios autores consideran a la cavidad oral y faríngea como una sola formación, denominándola orofaríngea (Valencia, 1994).

**El pico:** Está formado por las valvas superior e inferior, permite la prehensión y un ligero desmenuzamiento de los alimentos blandos el pico es una formación epidérmica córnea.

La mucosa del paladar duro es hendida longitudinalmente, está formada por un epitelio plano estratificado. En el tercio rostral se localiza una cresta media a partir de la cual se extienden dos crestas laterales. También presentan hileras transversales de papilas córneas con el vértice orientadas hacia atrás. La mucosa orofaríngea presenta glándulas salivales diseminadas y agrupadas (Valencia, 1994).

**Faringe:** El techo de la faringe presenta una hendidura media que representa al orificio faríngeo del tubo auditivo.

**La lengua:** Presenta la raíz, en el extremo caudal se ubican las papilas linguales y algunos botones gustativos. El extremo libre es rígido y en forma aguda.

**Esófago:** Es un tubo músculo membranoso, se inicia dorsal a la glotis. Comprende dos partes, el esófago cervical que se extiende hasta el buche y el esófago torácico que se extiende del buche al estómago glandular.

**Buche:** Es un divertículo del esófago, se localiza en la entrada de la cavidad celómica, es palpable externamente. Cumple función de almacenamiento y tratamiento previo del alimento (Valencia, 1994). Humedece, fermenta y degrada parcialmente los carbohidratos. (Jacob, 2013).

**Estómago:** comprende dos partes; el estómago glandular y el estómago muscular, separados por el istmo.

**El estómago glandular:** Es craneal y más pequeño; tiene la forma de un huso alargado, de paredes mucho más gruesas que la del esófago, sin embargo, su luz es poca. La mucosa gástrica presenta elevaciones ovaladas en el cual se abren los conductos excretores de las glándulas que producen el ácido clorhídrico y el pepsinógeno. El alimento no se detiene en el estómago glandular, al pasar es humedecido por el HCl y atacado por la pepsina (Valencia, 1994).

**El estómago muscular:** Tiene forma ovalada, con gruesas paredes musculares de tejido muscular liso. La mucosa se halla tapizada por una membrana gruesa plegada, de color verde amarillento, debido a la regurgitación de la bilis. Esta membrana es de naturaleza queratinoide y es secretada por la mucosa, se adhiere débilmente a la mucosa, es resistente a las enzimas proteolíticas y ácidos. En algunos casos el agua y el alimento pueden pasar directamente del esófago al estómago muscular conocido también como molleja. En el límite con el duodeno el estómago muscular presenta las glándulas pilóricas. Las aves, en especial las granívoras ingieren piedrecillas para el mejor frotamiento de los alimentos (Valencia, 1994).

**Intestino:** Es un órgano tubular flexuoso suspendido del techo del celoma por un mesenterio. En el pollo mide 160 a 170 cm de largo. Se divide en intestino delgado e intestino grueso.

**El intestino delgado:** Se divide en duodeno, yeyuno e íleon.

**El duodeno** está formado por una porción descendente y ascendente, forman un asa en el cual se sitúa el páncreas. En el duodeno desembocan los conductos pancreáticos y hepáticos. La mucosa presenta vellosidades intestinales desarrolladas.

**El yeyuno:** Forma asas. En el límite con el íleon existe un remanente del saco vitelino llamado divertículo de Meckel. La mucosa del yeyuno es casi idéntica a la del duodeno, aunque las vellosidades son más cortas.

**El íleon:** En su recorrido se relaciona con los sacos ciegos a los cuales se fija por medio de los ligamentos ileocecales. La mucosa del íleon es ligeramente más gruesa.

La mucosa del intestino delgado presenta una gran cantidad de pliegues, tapizados por un epitelio cilíndrico encargado de absorber los nutrientes para ser trasladados al hígado. Las vellosidades intestinales se hallan rodeadas por células musculares lisas, las cuales al contraerse actúan como una bomba aspiradora e impelente sobre los capilares linfáticos que se encuentran en el interior de la vellosidad intestinal. De esta forma se realiza la absorción de las grasas (quilo); este proceso fisiológico se refuerza con la presencia de válvulas que impiden el retorno de la linfa (Valencia, 1994).

**Intestino grueso:** Está formado por un par de sacos ciegos y un intestino corto, el recto, que se continúa con la cloaca. La mucosa presenta vellosidades mucho más cortas pero con una mayor cantidad de células mucosas.

**Los sacos ciegos:** Son divertículos tubulares, se originan en el límite de unión entre el íleon y el recto, presentan válvulas que regulan el ingreso y salida del contenido. La luz del ciego es amplia, sus paredes son relativamente gruesas y presentan tejidos linfoides denominados Placas de Peyer (Valencia, 1994). En los ciegos ocurre en forma intensa la reabsorción de líquido y digestión de la celulosa por acción de los fermentos y microorganismos (Jacob, 2013).

**El recto:** Es la porción más ancha y corta del intestino, mide de 6 a 8 cm de longitud, se extiende caudalmente en forma recta hasta la cloaca. En el recto se forman las heces y reabsorbe el agua (Valencia, 1994; Jacob, 2013).

**Cloaca:** Se considera como una dilatación del recto. Presenta tres porciones, la anterior (coprodeum) se relaciona al recto, en la parte media (urodeum) desembocan los uréteres, conductos deferentes en el macho y la vagina en la hembra, la parte posterior de la cloaca (proctodeum) se relaciona con la abertura cloacal. Dorsal a la cloaca se localiza la Bursa de Fabricio también llamada bolsa cloacal (Valencia, 1994).

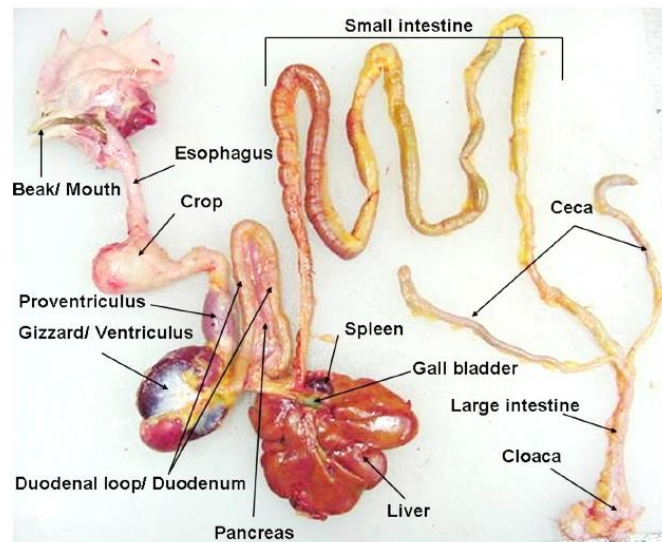
El acto de la defecación acontece con la participación de los sacos aéreos abdominales, el diafragma se encuentra poco desarrollado. El llenado de aire de los sacos aéreos presiona los intestinos estimulando el paso de las heces; luego empiezan a contraerse los músculos de la cloaca para su expulsión. El excremento de las aves es una combinación de heces y orina (Valencia, 1994).

**Páncreas:** Es un órgano de forma alargada de color amarillento que se localiza en el asa duodenal. Emite tres conductos excretores que se abren en el duodeno. Histológicamente se reconocen dos tipos de tejido glandular, los llamados Islotes de Langerhans que producen la insulina reguladora de metabolismo de los carbohidratos y la parte exocrina productora de las enzimas que se vierten al duodeno para la digestión y absorción de los nutrientes.

**Hígado:** Es la glándula más voluminosa del organismo. Se ubica caudal al corazón. Su color es rojo amarillento, se divide en lóbulos, presenta dos conductos excretores, del lóbulo derecho parte el conducto hepático, que se une al conducto cístico proveniente de la vesícula biliar formando el conducto colédoco el cual desemboca en el duodeno, del lóbulo izquierdo del hígado sale el conducto hepático que se abre directamente en el duodeno.

El hígado en la etapa embrionaria cumple una función hematopoyética; luego participa activamente en la desintoxicación de la sangre proveniente del estómago e intestinos, convierte los productos de desecho de la desintegración de proteínas en ácido úrico que son excretados por los riñones. En el hígado se almacena el glucógeno y algunas vitaminas.

**Figura 1.1. Partes del tracto digestivo del ave**

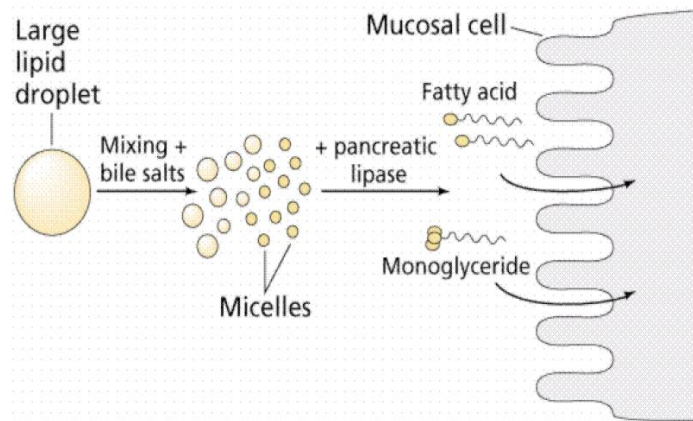


*Fuente: Jacob, 2013. University of Kentucky*

**2.2.2.2. Digestión y absorción de los lípidos.**

En las aves, la digestión y transporte hasta el hígado de los lípidos difiere en gran manera con los mamíferos. En las aves no se reporta la acción de las lipasa lingual ni de la lipasa gástrica, por lo tanto la molleja y el intestino son los encargados de la emulsificación de los lípidos, formación de micelas y absorción de los mismos, la digestión está a cargo de los ácidos biliares y el jugo pancreático (véase **figura 2.1**), con sus componentes más importantes: las sales biliares y la lipasa pancreática, respectivamente (Gaiotto, 2004), además de la fosfolipasa A2 y la colipasa secretadas también por el páncreas (Osorio, 2011; Caballero, 2010; Krogdahl, 1985).

**Figura 2.1. Digestión lipídica y absorción**



*Fuente: Tancharoenrat, 2012. University of Massey*

La regulación del flujo biliar y enzimas pancreáticas, está a cargo de la colecistoquinina (hormona peptídica), la cual es sintetizada por la mucosa del intestino delgado y secretada en el duodeno cuando hay presencia de ácidos grasos y aminoácidos. En las sales biliares de las aves, el ácido tauroquenodesoxicólico está presente en gran proporción, y es uno de los ácidos de dichas sales que inhiben la lipasa pancreática, efecto que se contrarresta con la

colipasa. (Osorio, 2011; Krogdahl, 1985). Finalmente, los lípidos hidrolizados en el intestino son devueltos a la molleja (reflejo entero-gástrico) antes de ser absorbidos por el duodeno y la parte anterior del yeyuno, principalmente (Osorio, 2011).

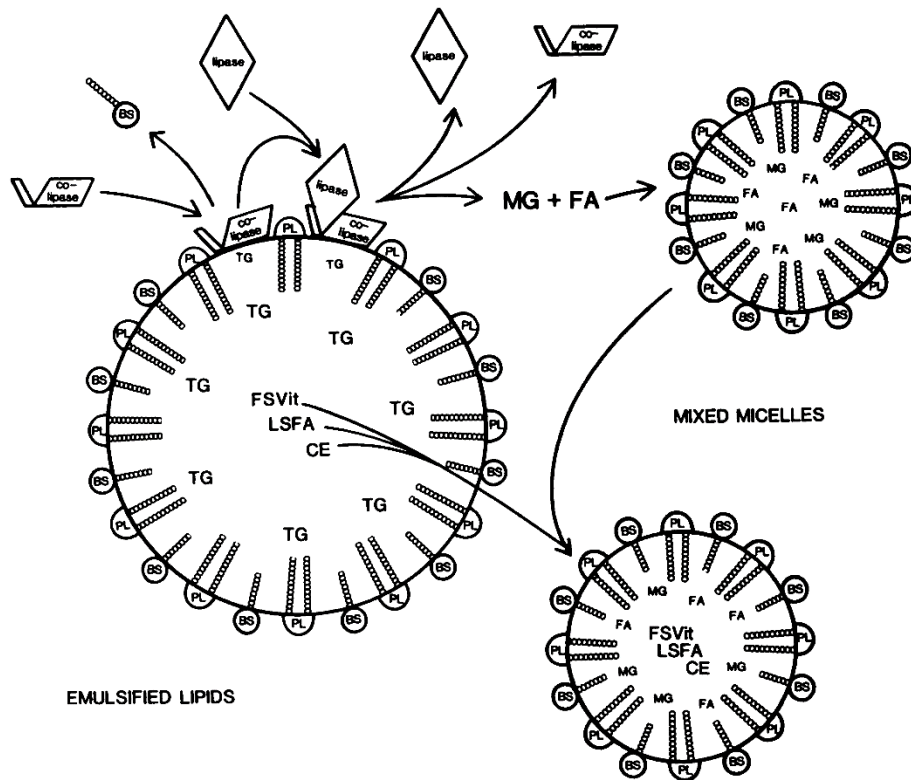
El primer paso que ocurre en la digestión de lípidos es la emulsificación de los grandes glóbulos de grasa que ingresan al duodeno y se mezclan con la bilis y la secreción pancreática. Las sales biliares y fosfolípidos biliares son los encargados de la emulsión de los triglicéridos, formando glóbulos más pequeños de lípidos dando así una mayor superficie de contacto a las enzimas pancreáticas además de proporcionar estabilidad a las moléculas grasas. La principal acción de las sales biliares se ejerce a través de su efecto hidrotópico, combinándose con los lípidos para formar micelas, complejos hidrosolubles desde donde los lípidos pueden ser absorbidos más fácilmente (Azman, 2004; Caballero, 2010).

El siguiente paso que ocurre es el ataque de las enzimas pancreáticas. La lipasa pancreática actúa sobre los triglicéridos en la interfase lípido-agua (Krogdahl, 1985), hidrolizando los enlaces 1 y 3 de la molécula, dando como producto un monoacilglicerol y dos ácidos grasos libres. La fosfolipasa A2 actúa sobre los fosfolípidos separando un ácido graso de la molécula, dando como resultado el ácido graso libre y un lisofosfolípido. Esta encima es eficaz cuando actúa sobre fosfolípidos que están formando micelas con sales biliares. Finalmente la enzima colesterol - esterasa, hidroliza el enlace éster que existe entre el colesterol y un ácido graso, obteniéndose el ácido graso y el colesterol libre (Osorio, 2011).

El último paso es la absorción de los lípidos, donde nuevamente intervienen las sales biliares formando los agregados multimoleculares, denominados micelas (véase **figura 2.2**), en estas micelas se van a ubicar todos los productos de la digestión lipídica (debido a que siguen siendo insolubles en agua) encontrándose en el centro de la micela, en contacto directo con la cara apolar (hidrófoba); la cara polar (hidrófila) se encontrará en contacto con el medio acuoso de la luz intestinal. En el caso de que los productos presenten una cara polar (como los lisofosfolípidos) la expondrán al exterior contactando el medio acuoso y el resto apolar se encontrará en el interior. (Klein, 2008; Caballero, 2010; Osorio, 2011).

Todos los productos de los lípidos son transportados a los enterocitos, los cuales los absorben para su posterior paso a la vía sanguínea (Osorio, 2011).

Figura 2.2. Formación de micelas mixtas



Fuente: Krogdahl, 1985.

La transferencia del medio micelar favorable al medio acuoso desfavorable del epitelio, se facilita por la proteína enlazante de ácidos grasos (FABP, del inglés Fatty Acid Binding Protein). En las aves, la concentración de FABP es alta en la porción proximal del intestino y disminuye a medida que se acerca a la parte distal del mismo, aunque su nivel puede estar mediado por las sales biliares (Osorio, 2011).

En las aves la mayoría de los lípidos son absorbidos en el yeyuno (Krogdahl, 1985); dicha absorción se realiza a través de los cilios de las membranas celulares de forma pasiva, para formar las lipoproteínas encargadas del transporte de lípidos. Las sales biliares se absorben por el yeyuno y por el íleon en similares cantidades, esto indica que la absorción de lípidos y sales biliares se superponen, las sales llegan al hígado por el sistema portahepático para ser secretados nuevamente por la bilis y las que se pierden por las heces son sustituidas por las síntesis de nuevo en el hígado (Osorio, 2011). Del 90 al 95 % de las sales biliares son absorbidas en el íleon terminal por un paso de transporte activo. Las sales biliares absorbidas son transportadas de nuevo al hígado en la vena porta, a través de la circulación enterohepática, y reexcretadas en la bilis. La secreción de sales biliares es constante (Caballero, 2010).

La digestibilidad de los lípidos en pollitos va incrementando gradualmente (Noy, 1995; Farran, 2013), desde la primera semana hasta estabilizarse en la octava, esto se debe probablemente a que los pollitos no tienen la habilidad de incrementar la síntesis de sales biliares para sufragar su demanda, sin embargo, después de la sexta semana esta se empieza a estabilizar (Osorio, 2011). Se ha observado que la secreción pancreática de lipasa es baja a los 3 días de edad (Noy, 1995), y esta se incrementa 20 veces en pollos de 21 días de edad (Caballero, 2010).

### **2.2.3. Digestibilidad de los lípidos.**

La digestibilidad de los alimentos puede definirse como la cantidad que no se excreta en las heces y que, por tanto, se considera absorbida por el animal (McDonald, 2010). También se le denomina como la cuantificación del proceso digestivo, es decir, la facilidad con la que es convertido un alimento en el aparato digestivo en sustancias útiles para el organismo (Taïpe, 2013).



La digestibilidad se expresa normalmente en relación con la materia seca, como coeficiente o como porcentaje (McDonald, 2010). Del mismo modo en que se calcula la digestibilidad del alimento completo, se pueden calcular los diferentes coeficientes de digestibilidad de los componentes de la materia seca. (McDonald, 2010; Noy, 1995).

Los cálculos que se obtienen en las investigaciones de digestibilidad son denominados Coeficiente de Digestibilidad Aparente, debido a que las heces no están formadas exclusivamente por los restos no digeridos de los alimentos, sino también por sustancias segregadas al intestino que no son reabsorbidas (como algunas enzimas) y también por células que se desprenden de la mucosa intestinal. En la práctica, los Coeficientes de Digestibilidad Real son difíciles de determinar debido a que no es posible identificar las fracciones de las heces que le corresponden a los alimentos o a los animales; por tanto los Coeficientes de Digestibilidad Aparente son bastante adecuados, ya que representan el resultado neto de la ingestión de los alimentos (McDonald, 2010).

### 2.2.3.1. Determinación de parámetros productivos.

Los parámetros productivos son los indicadores de referencia que permiten medir la rentabilidad, eficiencia y productividad de una explotación pecuaria. Pueden ser utilizados como herramientas económicas como también indicadores fisiológicos indirectos (Tolentino, 2008; Rebollar, 2002; Gonzales, 2013).

Los siguientes parámetros son utilizados en la industria avícola comúnmente:

**Ganancia de peso:** Se define como la diferencia de peso vivo de las aves en dos semanas consecutivas expresada en kg.

$$GP = PV (\text{Semana Actual}) - PV(\text{Semana Anterior})$$

**Índice de conversión alimenticia:** Indicador que se define como la cantidad de alimento (en kilogramos) que requiere el ave para aumentar 1 kg de peso vivo (carne).

$$ICA = \frac{\text{Consumo de alimento (kg/ave)}}{\text{Ganancia de peso (kg/ave)}}$$

**Índice de eficiencia productiva europeo:** Es el índice que toma las interacciones de todos los parámetros productivos.

$$IEPE = \frac{\text{Viabilidad} \times \text{PV Promedio} \times 100}{ICA \times \text{Edad Final}}$$

### 2.2.3.2. Determinación del coeficiente de digestibilidad.

La determinación del coeficiente de digestibilidad se basa en los principios hablados anteriormente. Se considera que los coeficientes de digestibilidad por si mismos son una expresión muy limitada del valor nutritivo, sin embargo son muy utilizados para valorar alimentos, ya que aportan datos muy útiles (Taípe, 2013). En los experimentos de digestibilidad, el alimento en estudio se administra en cantidades conocidas, determinándose la excreción fecal (Isaza, 1973; McDonald, 2010).

Existen dos procedimientos para la determinación de los coeficientes de digestibilidad: método directo y método indirecto (Isaza, 1973). Se describirá el método utilizado en la presente investigación, que es el directo.

El método directo o también llamado método de recolección total, mide la relación entre el alimento y la excreta por medio de una recolección cuantitativa, la estimación y el análisis de las excretas producidas, por ello es importante conocer la cantidad de excreta a partir de una ingestión de alimento durante un periodo de tiempo suficientemente largo para obtener una muestra representativa y característica de las condiciones experimentales empleadas (Taipe, 2013).

La fórmula general para los cálculos de Coeficiente de Digestibilidad es la siguiente (McDonald, 2010):

$$CD = \frac{\text{Nutriente Consumido} - \text{Nutriente en Heces}}{\text{Nutriente Consumido}}$$

### 2.2.3.3. Factores que afectan la digestibilidad de los lípidos.

La digestibilidad está influenciada por varios factores (Tancharoenrat, 2012) los cuales pueden dividirse principalmente en dos grupos: factores relacionados al ave, incluyendo edad, línea y género; el segundo grupo serían los factores relacionados a la dieta donde se encuentra la composición y la calidad de los alimentos, composición de raciones y preparación de los alimentos.

#### Factores relacionados al ave

**Edad:** En las aves de corta edad, la habilidad para digerir y absorber lípidos esta pobremente desarrollada (Maertens, 2014, Amitava, 2010). La primera limitante parece ser la secreción de la bilis, seguida por la secreción de la lipasa pancreática (Krogdahl, 1985). Se ha reportado que la secreción de las enzimas digestivas, pueden aumentar de 20 a 100 veces su producción entre 4 a 21 días, sin embargo la lipasa alcanza dichos niveles aproximándose al día 21 post nacimiento (Noy, 1995). En adición la síntesis de la proteína FABP es insuficiente en aves jóvenes, incrementando a niveles óptimos en la cuarta semana de vida (Tancharoenrat, 2012).

**Línea genética y género:** Se han reconocido diferentes requerimientos entre las diferentes líneas genéticas y el género de las aves (Tancharoenrat, 2012), por ejemplo existen líneas genéticas de broilers que tienen una mayor capacidad de absorción de lípidos según estudios recopilados por Tancharoenrat en el 2012, así como también se menciona que las aves hembras obtienen mejores resultados en la Energía Metabolizable Aparente en comparación a los machos (Farran, 2013, Flores, 2013).

### **Factores relacionados a la dieta**

**Composición y calidad de los alimentos:** La composición química de los alimentos determina su digestibilidad, de modo que cada insumo que se ofrece en la dieta presenta diversas composiciones químicas siendo la digestibilidad muy variable (McDonald, 2010). Diversos alimentos pueden ser utilizados como fuentes grasas, sin embargo la estructura de los lípidos que contiene puede variar en ácidos grasos saturados e insaturados, donde los alimentos que contienen ácidos grasos saturados (principalmente grasas de origen animal) son menos digestibles y los que contienen ácidos grasos insaturados presentan una mayor digestibilidad (grasas de origen vegetal) (Brue, 1985; Ketels, 1989; Tancharoenrat, 2012).

**Composición de raciones:** Es clave que la formulación de las raciones sea balanceada acorde a las necesidades de los animales en su correspondiente etapa productiva (Ravindran, 2015; Flores, 2013) debido a que la digestibilidad no solo se ve afectada por la composición química de los alimentos sino también por la interacción que existen entre estos mismos. (McDonald, 2010).

**Preparación de los alimentos:** dependiendo las características físicas del alimento y la especie a quien se destina alimentar, los alimentos pueden pasar por tratamientos físicos que ayudan en la ingesta del animal. En el caso de las aves, los granos deben ser molidos a un tamaño ideal para que puedan ser ingeridos y digeridos, de ser un tamaño mayor puede que el ave no los pueda consumir adecuadamente o en caso de ingerirlo, la digestión de estos no será adecuada y pasarán por todo el tracto digestivo de manera intacta (McDonalds, 1999; Tancharoerat, 2012).

#### **2.2.4. Emulsificantes en la digestión lipídica.**

Un emulsificante es una molécula con una parte hidrosoluble (hidrofílica) y una parte liposoluble (lipofílica). La combinación de estas dos características en una molécula le proporciona la característica principal de que el emulsificante se puede disolver tanto en grasas como en agua, además de que pueden ayudar a mezclar las dos fracciones (Amitava, 2008; Maertens, 2014; Jung, 2014; Delgado, 2015).

Un agente emulsificante tiene la habilidad de transformar una superficie hidrofóbica en una hidrofílica (Taipe, 2014; Jung, 2014). El modo de acción del emulsificante es aumentar la superficie activa de las grasas, lo que permite la acción de la lipasa que hidroliza moléculas de triglicéridos en ácidos grasos y monoglicéridos y favorecer la formación de micelas compuestas de los productos de la lipólisis que favorecen la absorción de lípidos (Guerreiro, 2011).

Existen emulsificantes naturales y sintéticos, por ejemplo las sales biliares son emulsificantes naturales, como también los monoglicéridos que se forman después de la hidrólisis de la grasa. Los emulsificantes nutricionales exógenos (sintéticos) pueden ayudar en el proceso de la digestibilidad. Su efecto positivo es más pronunciado en las grasas menos digestibles, que en las altamente digestibles (Nir, 1983). El efecto va a ser también más pronunciado en niveles más altos de grasa añadida (Nir, 1983; Maertens, 2014; Delgado, 2015).

Los emulsificantes se utilizan a menudo en alimentos para mantener fases separadas en los sistemas coloidales. Muchos alimentos son variables desde el punto de vista de la homogeneidad de la mezcla y por lo tanto son necesarias moléculas que permitan la facilidad y estabilización de las mezclas y también son importantes en la digestión y absorción de nutrientes (Klein, 2008; Delgado, 2015; Jung 2014).

La necesidad de un emulsificante en la dieta de los pollos es mayor durante la fase de arranque debido a la actividad de lipasa en los pollos alcanza el pico entre los 40 y 56 días de edad (Amitava, 2008). La secreción de las sales biliares en pollitos es insuficiente para un óptimo aprovechamiento de los lípidos (Caballero, 2010).

La adición de sales biliares mejoró la utilización de grasa por las aves y el efecto fue más marcado cuando la dieta contenía grasa animal en vez de aceite vegetal (Gomez, 1976).

#### **2.2.4.1. Efectos de emulsificantes en las dietas.**

Dados los límites fisiológicos en el proceso digestivo de las aves, se presentan oportunidades donde podemos mejorar estratégicamente la absorción y la digestión de nutrientes, una de estas es la aplicación de los denominados emulsificantes, los cuales, pueden incrementar la digestibilidad de los lípidos generando un mayor aporte energético por parte de los alimentos (Delgado, 2015).

La grasa es insoluble en medio acuoso como lo es el tracto gastrointestinal, por tanto primero debe ser emulsionada antes de que se pueda dar la digestión de las enzimas lipolíticas; los emulsificantes son utilizados para aumentar la solubilización y por lo tanto, la absorción de ácidos grasos (Taipe, 2013).

Guerreiro (2011) demostró que las aves alimentadas con dietas que fueron suplementadas con emulsificante presentaron mejor peso, ganancia de peso y conversión alimenticia. Sin embargo, también encontró que el uso del emulsificante no mejoró el rendimiento de pollos de engorde a los 7 días de edad, posiblemente debido a la baja actividad de la lipasa durante este periodo; a los 14 días de edad si se encontró un efecto significativo.

Amitava (2010) evaluó los efectos de un emulsificante exógeno por 39 días en pollos machos encontrando que las aves alimentadas con dietas que fueron suplementadas con emulsificante presentaron una mejor ganancia de peso y peso vivo, de la misma manera el consumo de alimento acumulado fue similar en todos los tratamientos, también observó que la suplementación con emulsificantes incrementó el metabolismo de las grasas comparado con el control.

#### **2.2.4.2. Ricinoleato de Gliceril Polietilenglicol.**

El ricinoleato de gliceril polietilenglicol es una molécula compuesta por óxido de etileno y aceite de ricino, codificado según la Europe Union Reference Laboratory (EURL) - Feed Additives, como aditivo emulsificante E-484 (Ezerskis, 2013; Amitava, 2008; Maertens, 2014).

Ricinoleato de glicerilo de polietilenglicol (E 484) o "polietilenglicol (PEG X) aceite de ricino" se obtiene mezclando moles X (X desde 6,5 a 200) de óxido de etileno a un mol de aceite de ricino en condiciones controladas. Los principales componentes formados son los ésteres tri-ricinoleato de glicerol etoxilado con cantidades menores de ricinoleatos de polioxietileno, gliceroles etoxilados y polietilenglicoles. El aceite de ricino es un triglicérido en sí extraído de las semillas de *Ricinus communis* la planta y que comprende principalmente ácido ricinoleico (> 85%) con cantidades menores de palmítico, oleico, linoleico, linolénico, dihidroxiesteárico y ácidos araquídico (Ezerskis, 2013).

El aditivo alimentario está destinado a ser incorporado directamente en piensos o a través de premezclas, sin los niveles máximos de concentración mínimo o recomendado. Sin embargo, los niveles de inclusión típicos son desde 10 a 20 g de E 484 / piensos kg (Ezerskis, 2013).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.2. Lugar e instalaciones.

La investigación se realizó en los laboratorios de Patología Aviar y Nutrición y Bioquímica de la UNMSM, situados en Lima, Perú.

#### 3.3. Materiales y equipos.

- Balanza analítica
- Balanza de precisión para 500 g
- Balanza de capacidad para 20 kg
- Balanza de capacidad de 50 kg
- Balanza de capacidad de 1 T
- Mezcladora de tambor rotatorio en V
- Jaulas metabólicas de dimensiones 41 x 57 x 75 cm
- Comederos de bandeja plástica
- Comederos metálicos de riel (tipo canoa)
- Bebederos plásticos (tipo tolva o campana)
- Estufa de laboratorio
- Mufla de laboratorio
- Equipo de extracción Soxhlet (Extracto etéreo)
- Luz artificial (focos de 100 W)
- Termómetro ambiental



### **3.4. Metodología.**

#### **3.4.2. Población y muestra.**

El estudio se llevó a cabo en broilers machos de la línea genética Cobb 500. Se evaluaron 5 grupos experimentales conformados por 18 pollos broilers cada uno, con un total de 90 aves. El tamaño de muestra se determinó por criterios económicos y logísticos con los que se contó para realizar el experimento. El tipo de muestreo realizado fue no probabilístico por conveniencia.

#### **3.4.3. Diseño experimental.**

El presente trabajo es un estudio experimental, prospectivo, longitudinal y comparativo. Se diseñaron 5 grupos experimentales para comparar el emulsificante en prueba, todos sometidos a las mismas condiciones de crianza. Estos grupos experimentales se distribuyeron del siguiente modo:

- Grupo Control (D0) con una dieta basal
- Grupo Dieta 1 (D1) con una dieta reducida en 50 kcal + emulsificante (350 g/T)
- Grupo Dieta 2 (D2) con una dieta reducida en 75 kcal + emulsificante (350 g/T)
- Grupo Dieta 3 (D3) con una dieta reducida en 100 kcal + emulsificante (350 g/T)

#### **3.4.4. Procedimiento metodológico.**

Los grupos experimentales fueron ubicados en jaulas metabólicas de la marca Herford (Maryland, USA) con dimensiones de 41 cm de altura, 57 cm de ancho y 75 cm de profundidad, siendo 3 jaulas por grupo albergando cada jaula a 6 aves. Las condiciones de temperatura y humedad se manejaron de acuerdo a los valores recomendados según el manual de Cobb 500.

**Cuadro 3.1. Diseño experimental**

<b>Grupo Experimental</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dosis Emulsificante</b>	<b>Energía (kcal/kg)</b>
D0	Control	---	Basal
D1	Emulsificante	350g / Tn	-50
D2	Emulsificante	350g / Tn	-75
D3	Emulsificante	350g / Tn	-100

El programa sanitario se llevó de la siguiente forma: vacunación para la enfermedad de Marek, en la planta de incubación, inmunización para la enfermedad de Newcastle y Bronquitis a la llegada de las aves y finalmente inmunización para la enfermedad de Gumboro y nuevamente Newcastle, ambas al día 14.

La formulación de las dietas se realizó en base a las especificaciones de los requerimientos nutricionales de la línea Cobb 500 según el manual de producción de la casa genética, generándose finalmente 4 dietas explicadas a continuación (todas toman como referente a la dieta basal y las disminuciones progresivas de la energía brindada en cada dieta se determinó por medio del programa Dapp Nutrition, un especializado formulador de raciones):

- Dieta Basal: Requerimientos nutricionales básicos, utilizado en el grupo D0.
- Dieta -50 kcal: Dieta reducida en 50 kcal, utilizada en el grupo D1.
- Dieta -75 kcal: Dieta reducida en 75 kcal, utilizada en el grupo D2.
- Dieta -100 kcal: Dieta reducida en 100 kcal, utilizada en el grupo D3.

Para todos los casos, fueron consideradas 3 fases de alimentación:

- Inicio (día 1 hasta día 10)
- Crecimiento (día 11 hasta día 22)
- Acabado (día 23 hasta día 42)

Los parámetros productivos fueron evaluados semanalmente, considerando dentro de estos los siguientes: peso promedio, ganancia acumulada de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, mortalidad e índice de eficiencia productiva europeo.

Los datos de peso fueron tomados de manera individual, pesando cada ave y siendo promediados por grupo experimental. La ganancia de peso se obtuvo restando el peso obtenido en la semana anterior inmediata, con el pesaje de la semana siguiente. El consumo de alimento se obtuvo por la diferencia entre el alimento brindado con los saldos. La conversión alimenticia se obtuvo por medio del consumo acumulado entre el peso vivo. La mortalidad fue registrada a diario obteniéndose automáticamente la viabilidad y finalmente con todos los parámetros anteriores obtenidos, se aplicó la fórmula del índice de eficiencia productiva europeo.

**Cuadro 3.2. Dietas experimentales**

<b>Fases</b> <b>Grupos</b>	<b>Inicio</b>	<b>Crecimiento</b>	<b>Acabado</b>
D0	D0 Inic	D0 Crecim	D0 Acab
D1	D1 Inic	D1 Crecim	D1 Acab
D2	D2 Inic	D2 Crecim	D2 Acab
D3	D3 Inic	D3 Crecim	D3 Acab

\*El alimento y el agua fueron suministrados *ad libitum* durante los 42 días de la prueba.

Para la obtención del coeficiente de digestibilidad de lípidos, se utilizó el siguiente protocolo de colección de excretas:

- Día 21:** **Limpieza general de las bandejas de las jaulas**
- Día 22: Colecta de heces producidas desde la limpieza
- Día 23: Colecta de heces producidas desde la primera colecta
- Día 24: Colecta de heces producidas desde la segunda colecta
- Día 39:** **Limpieza general de las bandejas de las jaulas**
- Día 40: Colecta de heces producidas desde la limpieza
- Día 41: Colecta de heces producidas desde la primera colecta
- Día 42: Colecta de heces producidas desde la segunda colecta

Se almacenaron las heces en bolsas plásticas de cierre hermético. Las heces de las 3 jaulas que correspondieron a un mismo grupo experimental fueron debidamente rotuladas y almacenadas a una temperatura de  $-4^{\circ}$  C. Siguiendo el protocolo recomendado, se homogenizaron las colectas, obteniendo una única muestra homogenizada de 1 kg de peso por grupo experimental, procediendo luego a la desecación y realización de los análisis proximales según protocolo (Fascina, 2009; Maertens, 2014; Tobia, 2000).

Para obtener el coeficiente de digestibilidad se compararon los valores nutricionales del extracto etéreo ya conocidos de los alimentos con los resultados de los análisis proximales obtenidos de las excretas, utilizando la fórmula del coeficiente de digestibilidad (McDonald, 2010).

**Cuadro 3.3. Formulación de dietas experimentales**

Ingredientes (kg)	Fórmulas (kcal)											
	Inicio				Crecimiento				Acabado			
	Basal	-50	-75	-100	Basal	-50	-75	-100	Basal	-50	-75	-100
<b>Maiz</b>	50.900	53.000	54.176	55.630	60.200	61.043	61.800	63.000	62.300	63.300	63.900	64.500
<b>Torta de soya</b>	32.000	30.700	30.100	31.500	23.500	23.268	24.800	26.900	20.800	20.600	20.500	20.800
<b>Harina Integral</b>	10.000	10.000	10.000	7.500	10.000	10.000	7.800	5.000	10.000	10.000	10.000	9.500
<b>Aceite de maiz</b>	1.850	0.700	0.124	---	1.050	0.089	---	---	1.810	0.870	0.400	---
<b>Grasa de pollo</b>	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
<b>Carbonato de calcio</b>	1.051	1.054	1.055	1.066	1.006	1.008	1.017	1.028	0.909	0.911	0.912	0.915
<b>Sal</b>	0.304	0.303	0.303	0.302	0.303	0.303	0.302	0.301	0.304	0.303	0.303	0.303
<b>Metionina</b>	0.261	0.270	0.274	0.278	0.193	0.192	0.191	0.189	0.254	0.252	0.252	0.251
<b>Lisina</b>	0.051	0.089	0.108	0.123	0.152	0.156	0.154	0.152	0.162	0.165	0.167	0.168
<b>Otros</b>	2.083	2.384	2.360	2.101	2.096	2.441	2.436	1.930	1.962	2.099	2.066	2.063
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Cuadro 3.4. Porcentajes de nutrientes en las dietas**

	Inicio				Crecimiento				Acabado			
	Basal	-50	-75	-100	Basal	-50	-75	-100	Basal	-50	-75	-100
<b>Materia Seca</b>	87.981	87.830	87.754	87.719	87.975	87.860	87.837	87.823	88.035	87.920	87.862	87.811
<b>Energía Metab Aves</b>	3,035	2,985	2,960	2,935	3,108	3,058	3,033	3,008	3,180	3,130	3,105	3,080
<b>Proteína Cruda</b>	22.153	21.788	21.606	21.423	19.000	19.000	19.000	19.000	18.000	18.000	18.000	18.000
<b>Grasa Cruda</b>	7.416	6.355	5.825	5.310	6.821	5.931	5.499	5.070	7.606	6.716	6.271	5.829
<b>Fibra Cruda</b>	2.434	2.438	2.440	2.372	2.353	2.368	2.315	2.249	2.304	2.319	2.327	2.323
<b>Calcio</b>	0.900	0.900	0.900	0.900	0.840	0.840	0.840	0.840	0.760	0.760	0.760	0.760
<b>Fosforo Disponible</b>	0.450	0.450	0.450	0.450	0.420	0.420	0.420	0.420	0.380	0.380	0.380	0.380
<b>Lisina dig. aves</b>	1.180	1.180	1.180	1.180	1.050	1.050	1.050	1.050	0.990	0.990	0.990	0.990
<b>Metionina dig. aves</b>	0.573	0.577	0.579	0.580	0.467	0.466	0.466	0.465	0.513	0.512	0.512	0.512

### Parámetros productivos.

Los parámetros productivos se obtuvieron mediante las siguientes fórmulas:

- **Ganancia de peso:** Se define como la diferencia de peso vivo de las aves en dos semanas consecutivas expresada en kg.

$$GP = PV (\text{Semana Actual}) - PV(\text{Semana Anterior})$$

- **Índice de conversión alimenticia:** Indicador que se define como la cantidad de alimento (en kilogramos) que requiere el ave para aumentar 1 kg de peso vivo (carne).

$$ICA = \frac{\text{Consumo de alimento (kg/ave)}}{\text{Ganancia de peso (kg/ave)}}$$

- **Índice de eficiencia productiva europeo:** Es el índice que toma las interacciones de todos los parámetros productivos.

$$IEPE = \frac{\text{Viabilidad} \times \text{PV Promedio} \times 100}{ICA \times \text{Edad Final}}$$

### **Coefficiente de digestibilidad.**

Se define como un indicador fisiológico que permite conocer las cantidades asimiladas para este caso de los lípidos, por medio de una fórmula diferencial entre la cantidad brindada y consumida de alimento restado de la cantidad encontrada en los análisis de las excretas.

$$CD = \frac{\text{Nutriente Consumido} - \text{Nutriente en Heces}}{\text{Nutriente Consumido}}$$

### **3.4.5. Análisis estadístico.**

Los datos recolectados fueron digitalizados en el programa STATA 14.0, para su procesamiento estadístico. Por la naturaleza de las variables analizadas, se buscó establecer diferencia entre los grupos experimentales (variable cualitativa nominal) y las variables evaluadas: Índice de Conversión Alimenticia (ICA), Índice de Eficiencia Productiva Europeo (IEPE), Ganancia de Peso y Coeficiente de Digestibilidad de Grasas (variables cuantitativas continuas), por tal motivo se realizó la prueba paramétrica de análisis de varianza de una vía debido a que los datos presentaron una distribución normal. La determinación de la distribución normal se realizó mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

### **Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA)**

El ANOVA parte de algunos supuestos o hipótesis que han de cumplirse:

1. Las observaciones son medidas por lo menos en una escala de intervalo.
2. Cada una de las poblaciones de las cuales provienen las muestras deben presentar distribución normal, tanto de las medias ( $\mu$ ), varianza ( $\sigma^2$ ) y sus residuales.
3. Cada una de las poblaciones tiene la misma varianza (Homocedasticidad, homogeneidad de las varianzas).



El supuesto (1) se asume con la operacionalización de variables; para el supuesto (2) se verifica la Distribución de Normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk; entonces se plantea la hipótesis:

H0: Los datos presentan distribución normal.

H1: Los datos no presentan distribución normal.

### **Determinación de prueba estadística.**

Grupos experimentales vs Ganancia de peso (kg)

Variable cualitativa nominal vs Variable cuantitativa continua

Distribución normal

Distribución normal

#### **ANOVA de una vía**

Grupos experimentales vs. Índice de conversión alimenticia (ICA)

Variable cualitativa nominal vs Variable cuantitativa continua

Distribución normal

Distribución normal

#### **ANOVA de una vía**

Grupos experimentales vs. Índice de eficiencia productiva europeo (IEPE)

Variable cualitativa nominal vs Variable cuantitativa continua

Distribución normal

Distribución normal

#### **ANOVA de una vía**

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros productivos.

#### 4.1.1. Peso promedio y ganancia de peso

**Cuadro 4.1.1.1. Peso promedio y ganancia de peso a la semana 6**

Grupo	Nro. Aves	Peso Prom Ave	Ganancia de Peso
D0	6	2,982	2,936
	6	2,811	2,763
	5	2,932	2,883
	<b>Total</b>	<b>2,908</b>	<b>2,861</b>
D1	6	2,992	2,943
	6	2,823	2,778
	6	2,796	2,747
	<b>Total</b>	<b>2,870</b>	<b>2,823</b>
D2	6	3,140	3,091
	6	2,953	2,904
	6	2,609	2,560
	<b>Total</b>	<b>2,901</b>	<b>2,852</b>
D3	6	2,783	2,731
	5	2,903	2,857
	6	2,618	2,571
	<b>Total</b>	<b>2,768</b>	<b>2,719</b>

**Cuadro 4.1.1.2. ANOVA para ganancia de peso**

<b>Análisis de Varianza: Ganancia de Peso</b>				
<b>Grupo Experimental</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std</b>	<b>F</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Control	0.47658333	0.22583518	0.01	0.996
Dieta 1	0.45820001	0.21989958		
Dieta 2	0.47043333	0.24738597		
Dieta 3	0.47525	0.23745877		
Dieta 4	0.4519	0.219114474		

Se ha determinado un valor de  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$  ; por tanto, se concluye que no hay diferencia estadística entre los grupos experimentales respecto a la ganancia de peso.

#### 4.1.2. Índice de conversión alimenticia

**Cuadro 4.1.2.1. ICA a la semana 6**

Tratamiento	Nro. Aves	ICA
<b>D0</b>	6	1.93
	6	2.04
	5	2.06
	<b>Total</b>	<b>2.01</b>
<b>D1</b>	6	2.01
	6	2.13
	6	2.15
	<b>Total</b>	<b>2.09</b>
<b>D2</b>	6	1.84
	6	1.95
	6	2.21
	<b>Total</b>	<b>1.99</b>
<b>D3</b>	6	1.99
	5	2.29
	6	2.12
	<b>Total</b>	<b>2.14</b>

**Cuadro 4.1.2.2. ANOVA para ICA**

<b>Análisis de Varianza: ICA</b>				
<b>Grupo Experimental</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std</b>	<b>F</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Control	1.8939167	0.52998057	0.12	0.9736
Dieta 1	2.0999333	0.64202807		
Dieta 2	2.01795	0.71422652		
Dieta 3	1.9050333	0.50895503		
Dieta 4	2.0181333	0.62980615		

Se ha determinado un valor de  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$  ; por tanto, se concluye que no hay diferencia estadística entre los grupos experimentales respecto al índice de conversión alimenticia.

### 4.1.3. Índice de eficiencia productiva europeo

**Cuadro 4.1.3.1. IEPE a la semana 6**

Tratamiento	Nro. Aves	IEPE
<b>D0</b>	6	368
	6	327
	5	283
	<b>Total</b>	<b>325</b>
<b>D1</b>	6	355
	6	316
	6	310
	<b>Total</b>	<b>327</b>
<b>D2</b>	6	407
	6	360
	6	281
	<b>Total</b>	<b>347</b>
<b>D3</b>	6	332
	5	251
	6	294
	<b>Total</b>	<b>291</b>

**Cuadro 4.1.3.2. ANOVA para IEPE**

<b>Análisis de Varianza: IEPE</b>				
<b>Grupo Experimental</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Std</b>	<b>F</b>	<b>Prob &gt; F</b>
Control	254.90277	63.015015	0.48	0.7499
Dieta 1	216.38311	37.939391		
Dieta 2	243.89597	75.321921		
Dieta 3	251.84735	74.642821		
Dieta 4	221.46964	53.846321		

Se ha determinado un valor de  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$  ; por tanto, se concluye que no hay diferencia estadística entre los grupos experimentales respecto al índice de eficiencia productiva europeo

## 4.2. Coeficiente de digestibilidad

De la forma en que fue determinado el protocolo para la digestibilidad, el análisis estadístico está basado en los promedios obtenidos en la colecta de heces. A continuación se presenta el Cuadro 4.2.1. con los resultados obtenidos.

**Cuadro 4.2.1. Coeficiente de digestibilidad**

<b>Extracto Etéreo</b>				
	<b>Nutriente Brindado</b>	<b>Nutriente en Heces</b>	<b>Coeficiente de Digestibilidad</b>	<b>% CD</b>
<b>D0</b>	7.75	2.46	<b>0.683</b>	68.26
<b>D1</b>	6.95	3.56	<b>0.488</b>	48.78
<b>D2</b>	5.47	2.22	<b>0.594</b>	59.41
<b>D3</b>	6.01	2.18	<b>0.637</b>	63.73

Para el grupo control (D0) se obtuvo el mayor coeficiente de digestibilidad, demostrando que el emulsificante no tuvo ningún efecto en los grupos experimentales para aumentar la digestibilidad de los lípidos.



En general para los tres parámetros productivos evaluados, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en estudio, resultados que concuerdan con los estudios realizados por Cho *et al* (2012), Taípe (2014) y Delgado (2015) sobre el uso de emulsificantes, mencionando ellos que el emulsificante no tiene ningún efecto sobre los parámetros productivos. Del mismo modo, bajo la utilización de otra fuente de emulsificante exógeno (lecitina de soya), Azman & Ciftci (2004) concuerdan en que no existe ningún efecto positivo en los parámetros productivos así como tampoco en la digestibilidad de lípidos.

En estudios similares, Amitava *et al* (2008 y 2010), encuentran que el emulsificante ricinoleato de gliceril polietilenglicol tiene efectos positivos en el rendimiento productivo de aves, similar a los resultados obtenidos por Klein (2008) en su investigación con el mismo emulsificante, resaltando principalmente la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia.

En cuanto al coeficiente de digestibilidad, Gómez & Polin (1976) concluyeron que al utilizar sales biliares exógenas como emulsificante para aumentar la digestibilidad, no observó ninguna mejora, resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación. De otro lado, Maertens *et al* (2014) mencionan que los emulsificantes añadidos en las dietas de pollos ayudan notablemente a mejorar la digestibilidad de las grasas, particularmente esta mejora se observa con el ricinoleato de gliceril polietilenglicol. Cabe resaltar que estos resultados se obtuvieron al trabajar las dietas con ácidos grasos libres, utilizando un bajo índice de ácidos grasos saturados e insaturados.

Un estudio similar al presente, realizado por Guerreiro *et al* (2011), demuestra que el uso de un emulsificante (caseína) no tiene efectos sobre los parámetros productivos, sin embargo en relación a la digestibilidad, encontraron una respuesta favorable, resultado que coincide parcialmente con el presente estudio a excepción del coeficiente de digestibilidad; esto podría atribuirse al tipo de fuente grasa utilizada (ácidos grasos saturados).

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

El emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenglicol no tiene ningún efecto sobre los parámetros productivos en broilers.

El emulsificante a base de ricinoleato de gliceril polietilenglicol no tiene ningún efecto sobre el coeficiente de digestibilidad en broilers.

### 5.2. Recomendaciones.

Realizar el presente estudio con un número de muestras mayor y con repeticiones para obtener más datos.

Realizar estudios complementarios sobre el emulsificante probado, a diferentes dosis administradas para medir si existe eficiencia del mismo al variar su dosificación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Amitava R, Sudipto H, Souvik M, Tapan K. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary Medicine International* 2010.
- Amitava R, Sudipto H, Tapan K. Nutritional emulsifiers: An innovative approach to enhance productivity. *Asian Poultry Magazine* 2008.
- Azman MA, Ciftci M. Effects of replacing dietary fat with lecithin on broiler chicken zootechnical performance. *Revue Méd Vét*; 2004.
- Brue R, Latshaw D. Energy Utilization by the broiler chicken ass affected by various fats and fat levels. *Poultry Science*; 1985.
- Caballero S, Frías M, Garcés P, Roldán A *et al.* Fisiología veterinaria e introducción a los procesos productivos. 1ra ed. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 2010.
- Cho JH, Zhao PY, Kim IH. Effects of emulsifier and multi-enzyme in different energy density diet, on growth performance, blood profiles, and relative organ weight in broiler chickens. *Journal of Agricultural Science*; 2012.
- Delgado L. Efecto del uso de un emulsificante de lípidos (Aquasterol) en pollos Cobb 500 machos sobre los parámetros productivos a 2700 msnm [Tesis]. Cuenca: Universidad de Cuenca; 2015.
- Ezerskis Z. Evaluation report on the analytical methods submitted in connection with the authorization of a feed additive according to regulation (EC) No 1831/2003. EURL-FA; 2013.

- Farran MT, Barbour GW, Usayran NN, Darwish A. Effect of changes in dietary protein and oil levels on production parameters of female broiler chickens. *Lebanese Science Journal*; 2013.
- Fascina VB, Carrijo AS, Souza KMR, Garcia AML, Kiefer C, Sartori JR. Soybean oil and beef tallow in starter broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*; 2009.
- Flórez JD, Osorio JH. Perfil metabólico de aves comerciales mediante métodos directos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*; 2013.
- Gaiotto J. Determinacao da energia metabolizável de gorduras e sua aplicacao na formulacao de dietas para frangos de corte [Tesis Doctoral]. Sao Paulo: Universidade de Sao Paulo; 2004.
- Gomez X, Polin D. The use of bile salts to improve absorption of tallow in chicks, one to three weeks of age. *Poultry Science*; 1976.
- Gonzales S, Icochea E, Reyna P, Guzman J, Cazorla F, Carcelén F *et al.* Efecto de la suplementación de ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*; 2013.
- Guerreiro Neto AC, Pezzato AC, Sartori JR, Mori C, Cruz VC, Fascina VB *et al.* Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science*; 2011.
- Isaza J. Determinación de energía metabolizable de ingredientes alimenticios de uso común en Colombia en raciones para aves [Tesis magistral]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 1973.
- Jacob J, Pescatore T. Avian digestive system. University of Kentucky (Agriculture Extension); 2013.

- Jung B. Absorption Accelerator as a Solution for Saving Feed Cost [Conferencia de Capacitación Técnica; Setiembre de 2014; Lima, Perú]. Dankook: Easy Bio Inc, 2014.
- Ketels E, De Groote G. Effect of ratio of unsaturated to saturated fatty acids of the dietary lipid fraction on utilization and metabolizable energy of added fats in young chicks. Poultry Science; 1989.
- Klein E. Efecto de la inclusión de un emulsificador de grasa en dietas de pollos de engorde [Tesis]. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2008.
- Krogdahl A. Digestion and absorption of lipids in poultry. The Journal of Nutrition; 1985.
- Maertens L, Segers L, Rovers M, Van der Aa A, Leleu S. The effect of a nutritional emulsifier on broiler performances in an energy diluted diet. ILVO. [Descargado noviembre, 2014].
- Maertens L, Segers L, Rovers M, Van der Aa A, Leleu S. The effect of different emulsifiers on fat and energy digestibility in broilers. ILVO. [Descargado noviembre, 2014].
- McDonald P. et al. Animal Nutrition. 7th ed. London: Pearson; 2010.
- Nir I, Dvorin A, Nitsan Z. The effect of adding various fats to a force-fed diet on goose fatty liver. Annales de Zootechnie; 1983.
- Noy Y, Sklan D. Digestion and absorption in the young chick. Poultry Science; 1995.
- Osorio JH, Flores JD. Diferencias bioquímicas y fisiológicas en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. Biosalud, 2011.

- Ravindran V. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. [Descargado Setiembre, 2015].
- Rebollar M. Evaluación de indicadores productivos en pollos de engorda al incluir maíz y pasta de soya extruidos y malta de cebada [Tesis doctoral]. Colima: Universidad de Colima; 2002.
- Taipe R. Efecto del uso de un emulsificante en la dieta sobre la respuesta productiva y digestibilidad del extracto etéreo en pollos de carne [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2014.
- Tancharoenrat P. Factors influencing fat digestion in poultry [Tesis doctoral]. Palmerston North: Massey University; 2012.
- Tobia C, Vargas E. evaluación de las excretas de pollos de engorde (Pollinaza) en la alimentación animal. II. Fraccionamiento de los componentes nitrogenados y contenido de energía. Agronomía Costarricense; 2000.
- Tolentino C, Icochea E, Reyna P, Valdivia R. Influencia de la temperatura y humedad ambiental del verano e invierno sobre parámetros productivos de pollos de carne criados en la ciudad de Lima. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú; 2008.
- Valencia R. Anatomía del ave. 1ra ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 1994.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1. Cuadro de pesos a la llegada

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 0 días	FECHA: 16 de SETIEMBRE del 2014 7PM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	42	50	50	48
2	46	49	49	49
3	45	45	51	46
4	45	52	56	44
5	47	46	51	48
6	47	50	51	49
7	50	45	44	48
8	46	48	50	46
9	46	51	49	46
10	47	48	44	48
11	52	43	45	45
12	47	39	46	44
13	48	51	45	46
14	57	53	51	52
15	48	47	56	50
16	47	47	44	46
17	45	49	42	46
18	47	46	49	50
<b>X</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>49</b>	<b>47</b>
<b>DE</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>N° Aves</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>

### Anexo 2. Cuadro de pesos semana 1

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 7 días	FECHA: 24 de SETIEMBRE del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	174	133	146	157
2	93	136	175	150
3	168	137	146	142
4	164	137	143	125
5	131	145	144	147
6	171	143	144	135
7	166	161	129	177
8	163	157	154	165
9	172	158	118	160
10	137	165	162	163
11	165	139	151	154
12	133	156	159	
13	149	153	143	160
14	154	117	123	139
15	121	144	144	129
16	182	168	154	156
17	155	158	142	164
18	158	133	166	155
<b>X</b>	<b>153</b>	<b>147</b>	<b>147</b>	<b>152</b>
<b>DE</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>
<b>N° Aves</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>



### Anexo 3. Cuadro de pesos semana 2

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 14 días	FECHA: 1 de octubre del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	365	450	505	485
2	455	470	530	430
3	480	485	475	500
4	440	495	465	480
5	475	475	430	440
6	510	430	495	470
7	540	460	490	395
8	360	480	445	440
9	380	475	530	515
10	540	460	470	495
11	480	430	490	395
12	530	450	415	
13	395	495	400	470
14	520	425	460	505
15	485	415	450	460
16	490	475	495	440
17	285	530	435	410
18	505	460	460	500
<b>X</b>	<b>458</b>	<b>464</b>	<b>469</b>	<b>461</b>
<b>DE</b>	<b>72</b>	<b>29</b>	<b>36</b>	<b>39</b>
<b>N° Aves</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

### Anexo 4. Cuadro de pesos semana 3

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 21 días	FECHA: 8 de octubre del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	920	950	990	930
2	995	865	850	1,030
3	790	960	845	910
4	1,010	990	910	1,010
5	990	940	990	995
6	920	930	1,000	940
7	1,080	900	960	830
8	1,010	1,000	990	990
9	730	930	1,150	900
10	990	910	860	1,050
11	760	970	860	875
12	965	890	910	
13	560	920	840	870
14	790	1,080	935	830
15	985	905	850	970
16	950	900	870	835
17	1,035	860	860	970
18	1,000	1,010	950	910
<b>X</b>	<b>916</b>	<b>939</b>	<b>923</b>	<b>932</b>
<b>DE</b>	<b>135</b>	<b>56</b>	<b>81</b>	<b>70</b>
<b>N° Aves</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

### Anexo 5. Cuadro de pesos semana 4

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 28 días	FECHA: 15 de octubre del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	1,540	1,720	1,685	1,735
2	1,690	1,615	1,580	1,560
3	1,585	1,600	1,715	1,625
4	1,675	1,730	1,560	1,610
5	1,615	1,525	1,770	1,595
6	1,455	1,590	1,655	1,565
7	1,540	1,565	1,530	1,525
8	1,700	1,615	1,980	1,700
9	1,470	1,730	1,555	1,420
10	1,245	1,585	1,695	1,655
11	1,675	1,510	1,580	1,595
12	1,950	1,660	1,520	
13	1,370	1,490	1,530	1,590
14	1,190	1,785	1,570	1,335
15	1,655	1,670	1,470	1,585
16	1,790	1,670	1,485	1,645
17	1,595	1,500	1,390	1,300
18	1,715	1,515	1,355	1,490
<b>X</b>	<b>1,581</b>	<b>1,615</b>	<b>1,590</b>	<b>1,561</b>
<b>DE</b>	<b>186</b>	<b>90</b>	<b>145</b>	<b>118</b>
<b>N° Aves</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

### Anexo 6. Cuadro de pesos semana 5

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 35 días	FECHA: 22 de octubre del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	2,380	2,630	2,400	2,170
2	2,115	2,340	2,500	2,345
3	2,440	2,390	2,545	2,210
4	2,330	2,360	2,440	2,405
5	2,410	2,510	2,300	2,170
6	2,515	2,490	2,415	2,365
7	1,975	2,370	2,820	2,230
8	2,210	2,430	2,270	2,370
9	2,510	2,570	2,255	2,185
10	2,240	2,370	2,425	2,435
11	2,050	2,345	2,170	2,440
12	2,420	2,240	2,380	
13	2,065	2,415	2,365	2,320
14	1,785	2,270	2,090	1,870
15	2,150	2,635	2,340	2,415
16	2,445	2,210	2,200	2,175
17	2,560	2,120	1,995	1,895
18	2,410	2,610	2,010	2,535
<b>X</b>	<b>2,278</b>	<b>2,406</b>	<b>2,329</b>	<b>2,267</b>
<b>DE</b>	<b>216</b>	<b>147</b>	<b>200</b>	<b>183</b>
<b>N° Aves</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

### Anexo 7. Cuadro de pesos semana 6

REGISTRO DE PESOS				
EDAD: 42 días	FECHA: 29 de octubre del 2014 7 AM			
	Grupos			
Aves	D0	D1	D2	D3
1	2,910	2,875	2,935	2,755
2	3,020	3,160	3,035	2,900
3	2,885	2,850	3,125	2,565
4	3,005	3,050	3,920	2,970
5	2,985	3,000	2,940	2,945
6	3,085	3,015	2,885	2,560
7	2,830	2,605	3,400	2,690
8	3,010	2,890	3,015	2,795
9	2,810	2,805	2,895	3,060
10	2,485	2,780	2,780	2,950
11	2,600	2,815	2,610	3,020
12	3,130	3,045	3,020	
13	2,730	2,600	2,630	2,345
14	2,395	2,895	2,520	2,130
15	3,120	3,100	2,940	2,865
16	3,065	3,090	2,925	2,635
17	3,350	2,525	2,085	2,775
18		2,565	2,555	2,960
<b>X</b>	<b>2,908</b>	<b>2,870</b>	<b>2,901</b>	<b>2,768</b>
<b>DE</b>	<b>271</b>	<b>197</b>	<b>383</b>	<b>251</b>
<b>N° Aves</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>17</b>

### Anexo 8. Cuadro de consumos detallado

Día		D0	D1	D2	D3
1		250	250	250	250
2		0	0	0	0
3		250	250	250	250
4		250	250	250	250
5		250	250	250	250
6		500	500	500	500
7		500	500	500	500
<b>Sem 1</b>	<b>Total</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>	<b>2,000</b>
	<b>Saldo</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>17</b>
	<b>Consumo</b>	<b>1,981</b>	<b>1,997</b>	<b>1,998</b>	<b>1,983</b>
8		1,519	1,500	1,500	1,500
9		1,500	1,500	1,500	1,500
10		1,366	1,475	1,408	874
11		800	800	800	700
12		1,100	800	1,200	900
13		2,100	2,100	2,100	1,500
14		2,700	2,700	2,700	2,700
<b>Sem 2</b>	<b>Total</b>	<b>11,085</b>	<b>10,875</b>	<b>11,208</b>	<b>9,674</b>
	<b>Saldo</b>	<b>928</b>	<b>1,481</b>	<b>1,494</b>	<b>1,282</b>
	<b>Consumo</b>	<b>10,157</b>	<b>9,395</b>	<b>9,714</b>	<b>8,392</b>
15		3,300	3,300	3,300	3,300
16		3,307	3,776	3,426	3,269
17		3,201	3,377	3,416	3,413
18		3,258	3,256	3,357	3,423
19		600	600	600	600
20		3,005	3,265	3,300	3,415
21		2,955	3,005	3,055	3,050
<b>Sem 3</b>	<b>Total</b>	<b>19,626</b>	<b>20,579</b>	<b>20,454</b>	<b>20,470</b>
	<b>Saldo</b>	<b>425</b>	<b>435</b>	<b>485</b>	<b>535</b>
	<b>Consumo</b>	<b>19,201</b>	<b>20,144</b>	<b>19,969</b>	<b>19,935</b>

### Anexo 8. Cuadro de consumos detallado (Continuación)

22		2,825	2,835	2,885	2,935
23		3,355	3,465	3,015	3,430
24		3,410	3,525	3,535	3,525
25		3,110	3,300	3,380	3,180
26		3,300	3,470	3,390	3,590
27		2,550	3,445	2,255	1,615
28		2,875	3,745	3,315	3,015
<b>Sem 4</b>	<b>Total</b>	<b>21,425</b>	<b>23,785</b>	<b>21,775</b>	<b>21,290</b>
	<b>Saldo</b>	<b>0</b>	<b>540</b>	<b>45</b>	<b>0</b>
	<b>Consumo</b>	<b>21,425</b>	<b>23,245</b>	<b>21,730</b>	<b>21,290</b>
29		3,295	3,910	3,480	3,370
30		2,995	3,710	3,120	2,955
31		3,490	3,790	3,640	3,240
32		3,610	3,640	3,575	3,520
33		3,725	4,065	3,690	3,535
34		3,755	3,730	3,625	3,640
35		3,775	3,935	3,680	3,610
<b>Sem 5</b>	<b>Total</b>	<b>24,645</b>	<b>26,780</b>	<b>24,810</b>	<b>23,870</b>
	<b>Saldo</b>	<b>20</b>	<b>390</b>	<b>20</b>	<b>0</b>
	<b>Consumo</b>	<b>24,625</b>	<b>26,390</b>	<b>24,790</b>	<b>23,870</b>
36		3,490	3,945	3,390	3,280
37		3,505	3,655	3,575	3,490
38		3,525	3,585	3,570	3,465
39		3,505	3,545	3,545	3,450
40		5,600	5,600	5,600	4,600
41		2,885	3,135	2,510	2,580
42		3,535	3,500	3,515	3,565
<b>Sem 6</b>	<b>Total</b>	<b>26,045</b>	<b>26,965</b>	<b>25,705</b>	<b>24,430</b>
	<b>Saldo</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
	<b>Consumo</b>	<b>26,030</b>	<b>26,945</b>	<b>25,705</b>	<b>24,415</b>

### Anexo 9. Cuadro de número de aves

	Sem 0	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	18	18	18	18	18	18	17
<b>D1</b>	18	18	18	18	18	18	18
<b>D2</b>	18	18	18	18	18	18	18
<b>D3</b>	18	17	17	17	17	17	17

### Anexo 10. Cuadro de consumo total

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	1,981	10,157	19,201	21,425	24,625	26,030
<b>D1</b>	1,997	9,395	20,144	23,245	26,390	26,945
<b>D2</b>	1,998	9,714	19,969	21,730	24,790	25,705
<b>D3</b>	1,983	8,392	19,935	21,290	23,870	24,415

### Anexo 11. Cuadro de consumo promedio por ave

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	110	564	1,067	1,190	1,368	1,531
<b>D1</b>	111	522	1,119	1,291	1,466	1,497
<b>D2</b>	111	540	1,109	1,207	1,377	1,428
<b>D3</b>	117	494	1,173	1,252	1,404	1,436



### Anexo 12. Cuadro de consumo promedio acumulado

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	110	674	1,741	2,931	4,299	5,831
<b>D1</b>	111	633	1,752	3,043	4,509	6,006
<b>D2</b>	111	651	1,760	2,967	4,345	5,773
<b>D3</b>	117	610	1,783	3,035	4,439	5,876

### Anexo 13. Cuadro de peso promedio

	Sem 0	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	47	153	458	916	1,581	2,278	2,908
<b>D1</b>	48	147	464	939	1,615	2,406	2,870
<b>D2</b>	49	147	469	923	1,590	2,329	2,901
<b>D3</b>	47	152	461	932	1,561	2,267	2,768

### Anexo 14. Cuadro de ganancia diaria de peso

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	15	29	41	55	64	68
<b>D1</b>	14	30	42	56	67	67
<b>D2</b>	14	30	42	55	65	68
<b>D3</b>	15	30	42	54	63	65

### Anexo 15. Cuadro de ganancia de peso semanal

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	106	304	458	665	698	607
<b>D1</b>	99	318	475	676	791	464
<b>D2</b>	98	322	454	667	739	572
<b>D3</b>	104	309	471	629	706	493

### Anexo 16. Cuadro de ganancia acumulada de peso

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	106	410	868	1,534	2,231	2,838
<b>D1</b>	99	417	892	1,568	2,358	2,823
<b>D2</b>	98	420	875	1,542	2,280	2,852
<b>D3</b>	104	413	885	1,513	2,219	2,713

### Anexo 17. Cuadro de índice de conversión alimenticia

	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6
<b>D0</b>	0.72	1.47	1.90	1.85	1.89	2.02
<b>D1</b>	0.76	1.36	1.86	1.88	1.87	2.09
<b>D2</b>	0.76	1.39	1.91	1.87	1.87	1.99
<b>D3</b>	0.77	1.33	1.91	1.94	1.96	2.13

### Anexo 18. Cuadro de mortalidad y viabilidad

	<b>N° muertos</b>	<b>% mortalidad</b>	<b>% viabilidad</b>
<b>D0</b>	1	5.56	94.44
<b>D1</b>	0	0.00	100.00
<b>D2</b>	0	0.00	100.00
<b>D3</b>	1	5.56	94.44

### Anexo 19. Cuadro de índice de eficiencia productiva europeo

	<b>Promedio</b>
<b>D0</b>	325.18
<b>D1</b>	326.95
<b>D2</b>	347.09
<b>D3</b>	291.34

## Anexo 20. Prueba de Shapiro-Wilk para determinación de distribución de datos Ganancia de Peso - Raciones

gpo\_exp = Control

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
gan_peso	6	0.89906	1.250	0.336	0.36842

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 1

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
gan_peso	6	0.92593	0.917	-0.123	0.54905

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 2

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
gan_peso	6	0.97463	0.314	-1.418	0.92196

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 3

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
gan_peso	6	0.95653	0.538	-0.815	0.79261

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 4

Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
8. gan_peso	6	0.95740	0.528	-0.840	0.79952

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

**Conclusión: Los datos de ganancia de peso presentan distribución normal.**

## Anexo 21. Prueba de Shapiro-Wilk para determinación de distribución de datos ICA - Raciones

gpo_exp = Control					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
ica	6	0.96750	0.402	-1.152	0.87525

gpo_exp = Ración 1					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
ica	6	0.98335	0.206	-1.838	0.96695

gpo_exp = Ración 2					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
ica	6	0.95039	0.614	-0.654	0.74343

gpo_exp = Ración 3					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
ica	6	0.92831	0.888	-0.169	0.56713

gpo_exp = Ración 4					
Shapiro-Wilk W test for normal data					
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
ica	6	0.98096	0.236	-1.709	0.95623

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

**Conclusión: Los datos de ICA presentan distribución normal.**

## Anexo 22. Prueba de Shapiro-Wilk para determinación de distribución de datos IEPE - Raciones

gpo\_exp = Control

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
iep	6	0.83262	2.073	1.210	0.11310

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 1

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
iep	6	0.90470	1.180	0.247	0.40248

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 2

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
iep	6	0.79809	2.501	1.585	0.05649

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 3

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
iep	6	0.88158	1.467	0.594	0.27638

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

gpo\_exp = Ración 4

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
iep	6	0.90386	1.191	0.261	0.39722

Se calcula un  $p > 0.05$ , se decide no rechazar la  $H_0$ ; por tanto, los datos presentan distribución normal.

**Conclusión: Los datos de IEPE presentan distribución normal.**

### Anexo 23. ANOVA Grupos experimentales vs. Ganancia de Peso

gpo_exp	Summary of gan_peso		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
Control	.47658333	.22583518	6
Ración 1	.45820001	.21989958	6
Ración 2	.47043333	.24738597	6
Ración 3	.47525	.23745877	6
Ración 4	.4519	.21911474	6
Total	.46647334	.21396342	30

Source	Analysis of Variance				
	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	.002854521	4	.00071363	0.01	0.9996
Within groups	1.32477552	25	.052991021		
Total	1.32763004	29	.045780346		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(4) = 0.1035$  Prob> $\chi^2 = 0.999$

### Anexo 24. ANOVA Grupos experimentales vs. ICA

gpo_exp	Summary of ica		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
Control	1.8939167	.52998057	6
Ración 1	2.0999333	.64202807	6
Ración 2	2.01795	.71422652	6
Ración 3	1.9050333	.50895503	6
Ración 4	2.0181333	.62980615	6
Total	1.9869933	.5715929	30

Source	Analysis of Variance				
	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	.18038495	4	.045096238	0.12	0.9736
Within groups	9.29444986	25	.371777994		
Total	9.47483481	29	.326718442		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(4) = 0.7286$  Prob> $\chi^2 = 0.948$



### Anexo 25. ANOVA Grupos experimentales vs. IEPE

gpo_exp	Summary of iep		
	Mean	Std. Dev.	Freq.
Control	254.90277	63.015015	6
Ración 1	216.38311	37.939391	6
Ración 2	243.89597	75.321921	6
Ración 3	251.84735	74.642821	6
Ración 4	221.46964	53.846321	6
Total	237.69977	60.254385	30

Source	Analysis of Variance				
	SS	df	MS	F	Prob > F
Between groups	7513.84305	4	1878.46076	0.48	0.7499
Within groups	97773.2919	25	3910.93167		
Total	105287.135	29	3630.59086		

Bartlett's test for equal variances:  $\chi^2(4) = 2.5819$  Prob> $\chi^2 = 0.630$