



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia

“Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia”

Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista.

Autores:

Adrián Orlando Calle Siavichay

CI: 0150203024

Correo electrónico: adriancalle4747@hotmail.com

Humberto Leonardo Garzón Guillén

CI: 0106547110

Correo electrónico: garzonb936@gmail.com

Director:

Dr. Diego Fernando Rodríguez Saldaña M.Sc.

CI: 0103899308

Cuenca, Ecuador

25-febrero-2021



I. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de un emulsificante de lípidos (Liposorb®) sobre los parámetros productivos, efecto sérico en colesterol, HDL y VLDL, los pesos de hígado, bazo y páncreas. Se utilizaron 600 pollitos Cobb 500 mixtos distribuidos en 3 tratamientos: **T1**: Control sin la adición del emulsificante con 6 réplicas; **T2**: Emulsificante *on top* (500 g/TM) y **T3**: Emulsificante (500 g/TM) menos 50 Kcal/Kg del requerimiento total de EMA con 7 réplicas cada uno. Se evaluó la productividad (peso, consumo de alimento, índice de conversión y mortalidad) y peso hígado, bazo y páncreas. A los 7, 21 y 42 días se tomó aleatoriamente dos aves (macho y hembra) de cada unidad experimental para extraer una muestra de sangre venosa y evaluar parámetros sanguíneos como: colesterol, triglicéridos, HDL y VLDL; y fueron sacrificadas para la extracción y pesaje de sus órganos. A los 42 días se sacrificaron 6 machos y 6 hembras de cada tratamiento para evaluar el rendimiento a la canal. El uso de emulsificante en T3 proporcionó un peso, consumo e índice de conversión óptimos hasta los 21 días de edad, que a pesar de no existir diferencia significativa ($p>0,05$) se obtuvo un resultado comparable al control. El tamaño de órganos relacionados con la digestión de lípidos (hígado y páncreas) mostraron diferencia significativa ($p<0,05$) en T3 donde se vieron incrementados por un aumento en la función secretora, resultado que se muestra notorio a los 21 días de edad, coincidiendo con las variables sanguíneas (Triglicéridos, HDL y VLDL) que mostraron el mismo comportamiento ($p<0,05$) en el mismo periodo, demostrándose que el aditivo mejoró el metabolismo lipídico. No hubo diferencias significativas en cuanto a mortalidad ni costos ($p>0,05$). En cuanto a rendimiento a la canal, T1 sobresalió con respecto a T2 y T3 ($p<0,05$). En conclusión, el emulsificante actúa eficazmente hasta los 21 días, periodo clave por la inmadurez digestiva del ave, supliendo esta incapacidad, satisfaciendo su demanda energética y consecuentemente mejorando su productividad.

Palabras clave: Emulsificante. HDL. VLDL. Colesterol.



II. ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of a lipid emulsifier (Liposorb®) on production parameters, serum effect on cholesterol, HDL and VLDL, liver, spleen and pancreas weights. 600 mixed Cobb 500 chicks were used in 3 treatments: T1: Control without the addition of the emulsifier with 6 replicates; T2: Emulsifier on top (500 g/TM) and T3: Emulsifier (500 g/TM) minus 50 Kcal/Kg of the total EMA requirement with 7 replicates each. Productivity (weight, food consumption, conversion rate and mortality) and liver weight, spleen and pancreas were evaluated. At 7, 21 and 42 days two birds (male and female) were randomly taken from each experimental unit to draw a venous blood sample and evaluate blood parameters such as: cholesterol, triglycerides, HDL and VLDL; and were sacrificed for the extraction and weighing of their organs. At 42 days, 6 males and 6 females of each treatment were sacrificed to evaluate the yield to the canal. The use of emulsifier in T3 provided optimal weight, consumption and conversion rate up to 21 days of age, that despite no significant difference ($p>0.05$) a result comparable to the control was obtained. The size of organs related to lipid digestion (liver and pancreas) showed significant difference ($p<0.05$) in T3 where they were increased by an increase in secretol function, result that is noticeable at 21 days of age, coinciding with blood variables (Triglycerides, HDL and VLDL) that showed the same behavior ($p<0.05$) in the same period, showing that the additive improved lipid metabolism. There were no significant differences in mortality or costs ($p>0.05$). In terms of channel performance, T1 released with respect to T2 and T3 ($p<0.05$). In conclusion, the emulsifier acts effectively up to 21 days, a key period for the digestive immaturity of the bird, supplementing this incapacity, satisfying its energy demand and consequently improving its productivity.

Keywords: Emulsifier. HDL. VLDL. Cholesterol.



III. TABLA DE CONTENIDO

I.	RESUMEN	2
II.	ABSTRACT	3
III.	TABLA DE CONTENIDO.....	4
IV.	ÍNDICE DE TABLAS.....	6
V.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
VI.	ÍNDICE DE ANEXOS	8
VII.	AGRADECIMIENTOS	13
VIII.	DEDICATORIA	15
	ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	17
1.	INTRODUCCIÓN	18
2.	OBJETIVOS	20
2.1	OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.....	20
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
3.	HIPÓTESIS	20
4.	REVISIÓN DE LITERATURA	21
4.1.	Reseña histórica sobre el uso de emulsificantes.....	21
4.2.	Bases conceptuales de los emulsificantes	21
4.3.	Clasificación general de los emulsificantes	22
4.4.	Mecanismo de acción de los emulsificantes	24
4.5.	Emulsificantes y su aplicación en la avicultura.....	25
4.6.	Características de Liposorb®.....	26
4.7.	Lípidos.....	29
4.8.	Grasas y aceites en la industria avícola.....	31
4.9.	Factores que afectan a la digestibilidad de los lípidos en aves	34
4.10.	Estrategias para mejorar la utilización de los lípidos.....	34
4.11.	Generalidades del tracto gastrointestinal de las aves	35



4.12.	Digestión y absorción de los lípidos	36
4.13.	Movilización exógena de los lípidos	37
4.14.	Movilización endógena de los lípidos.....	38
4.15.	Impacto de la edad del ave en la digestión de lípidos:	39
4.16.	Bioquímica sanguínea	39
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	41
5.1.	Área de estudio.....	41
5.2.	Metodología para el proceso experimental:	41
5.3.	Medición de parámetros productivos y toma de datos:	44
5.4.	Diseño experimental	45
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
6.1.	Peso corporal.....	47
6.2.	Consumo de alimento semanal y acumulado.....	48
6.3.	Índice de conversión acumulada.....	49
6.4.	Mortalidad semanal y acumulada.....	50
6.5.	Peso de vísceras	51
6.6.	Variables sanguíneas	54
6.7.	Rendimiento a la canal	59
6.8.	Costos de producción	61
7.	CONCLUSIONES.....	63
8.	RECOMENDACIONES	64
9.	BIBLIOGRAFÍA	65
10.	ANEXOS	77



IV. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Tipos y efectos de emulsificantes en la alimentación de pollos.	24
Tabla N° 2. Composición de ácidos grasos (g/100g) de grasa y aceite de uso común en las dietas avícolas.	32
Tabla N° 3. Valores nutricionales y parámetros de calidad del aceite de palma y soya	33
Tabla N° 4. Densidad y características químicas de HDL, VLD, LDL.	40
Tabla N° 5. Recomendaciones nutricionales de pollos Cobb 500.	43
Tabla N° 6. Distribución de tratamientos en unidades experimentales.	43
Tabla N° 7. Evolución del peso corporal acumulado (Kg) de pollos alimentados con adición de emulsificante.	47
Tabla N° 8. Consumo de alimento semanal y acumulado de pollos alimentados con adición de emulsificante.	48
Tabla N° 9. Índice de conversión alimenticia acumulada comercial de pollos alimentados con adición de emulsificante.	50
Tabla N° 10. Mortalidad semanal y acumulada de pollos alimentados con adición de emulsificante.	51
Tabla N° 11. Peso de hígado, bazo y páncreas a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.	53
Tabla N° 15. Rendimiento a la canal de pollos alimentados con adición de emulsificante.	59
Tabla N° 16. Rendimiento a la canal según el sexo de pollos alimentados con adición de emulsificante.	61
Tabla N° 17. Costo de alimento y de producción de pollo vivo alimentados con emulsificante.	62



V. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Actividad del emulsificante iónico (aceite/agua).....	23
Figura N° 2. Actividad del emulsificante no-iónico (emulsión agua/aceite)	23
Figura N° 3. Esquema del aparato digestivo del ave.	35
Figura N° 4. Esquema del metabolismo de lípidos.	37
Figura N° 5. Ubicación satelital del galpón experimental, parroquia Victoria del Portete.	41



VI. ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Ficha técnica del emulsificante Liposorb®.....	77
Anexo N° 2. Formato de registro de peso semanal.	79
Anexo N° 3. Protocolo de pesaje semanal de los pollos, registros y balanza utilizada en el mismo.....	80
Anexo N° 4. Pesaje de comederos para registro de consumos utilizados en el proyecto.	81
Anexo N° 5. Registro de servicio de alimento.....	82
Anexo N° 6. Protocolo de sacrificio, toma de muestras sanguíneas, extracción y pesaje de órganos.....	83
Anexo N° 7. Formato del registro de peso de órganos	84
Anexo N° 8. Formato del registro de mortalidad	85
Anexo N° 9. Faena, extracción y pesaje de órganos para el registro.....	86
Anexo N° 10. Formato del registro de rendimiento a la canal	87
Anexo N° 11. Ejemplo de resultado correspondiente a colesterol, HDL, VLDL y triglicéridos.....	88



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Adrián Orlando Calle Siavichay en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de febrero de 2021

Adrián Orlando Calle Siavichay

C.I: 0150203024



Cláusula de Propiedad Intelectual

Adrián Orlando Calle Siavichay, autor del trabajo de titulación “Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 25 de febrero de 2021

Adrián Orlando Calle Siavichay

C.I: 0150203024



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Humberto Leonardo Garzón Guillén en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 25 de febrero de 2021

Humberto Leonardo Garzón Guillén

C.I: 0106547110



Cláusula de Propiedad Intelectual

Humberto Leonardo Garzón Guillén, autor del trabajo de titulación “Efecto de un emulsificante de lípidos sobre la productividad y rendimiento a la canal de pollos de engorde en restricción alimenticia”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 25 de febrero de 2021

Humberto Leonardo Garzón Guillén

C.I: 0106547110



VII. AGRADECIMIENTOS

A mis padres Orlando y Ana, quienes inundaron en mi ser de indelebles valores que forjaron desde mi niñez, sea la fortaleza en cada palabra de aliento para construir mi anhelado sueño, gracias a ellos por la confianza en cada amanecer, por creer en mí y en mi lucha constante hacia mis metas añoradas.

A mi tutor, Dr. Diego Rodríguez, por impartir sus conocimientos en las aulas de estudio, al ser una persona profesional, expreso mi agradecimiento por su empatía, respeto y ayuda incondicional en el desarrollo de este proyecto. Mi agradecimiento también va dirigido a la empresa BalGran Cía. Ltda. por su importante colaboración a lo largo de este proyecto.

A mis profesores y amigos dejan una huella imborrable en mi vida con su amistad y apoyo moral han ayudado en mi camino para seguir adelante en mi carrera profesional, de manera especial quiero agradecer al Dr. Fabián Astudillo y a los estudiantes de avicultura dentro de este proyecto.

Adrián Orlando C.



A mi familia, mis padres Leonardo y Yesenia y hermana Andrea, por estar siempre pendientes de mi camino de formación profesional, sin importar que, trataron en medida de lo posible de entender y suplir cada necesidad que se presentase, brindándome el apoyo diario para cumplir este bello sueño.

Al académico, docente y estimado amigo, Dr. Diego Rodríguez por su importante guía y entrega para que este trabajo se realice de la mejor manera, y a la empresa BalGran Cía. Ltda. por su muy importante colaboración durante todo el trayecto de este proyecto.

A los docentes que compartieron su tiempo y experiencia para mi formación académica, mostrándome el camino para ser un profesional de calidad, y sobre todo de manera especial quiero agradecer al Dr. Fabián Astudillo y sus alumnos de la cátedra de avicultura por su gran aporte para la realización de este proyecto, y por supuesto quiero agradecer a mis compañeros que siempre fueron la competencia sana que motivaban la auto superación y acrecentaron el hambre del conocimiento.

Leonardo Garzón G.



VIII. DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Orlando y Ana, maravillosas almas que han dado razón a mi vida por sus consejos, su apoyo incondicional y paciencia. Mis logros, anhelos, se los debo a ustedes y el siguiente proyecto de manera muy peculiar; lo que he sido, soy y seré, es gracias a ellos, su cariño será mi estandarte cada día de mi vida.

De manera muy especial a mi hermano Esteban, quién es el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí, las bases de responsabilidad y deseos de superación. Es el espejo en el cual me quiero reflejar y son esas tenues virtudes y su gran corazón, que me llevan a admirarlo cada día más.

Adrián Orlando C.



A mi padre, que desde pequeño me enseñó el valor de la vida en sus diferentes presentaciones, me mostró lo importante del trabajo duro y fomentó mi desempeño académico en el área, gusto que compartimos mutuamente. A mi madre, que me enseñó que, a pesar de las adversidades de la vida, hay que ponerse de pie y seguir en la lucha, con la misma energía de un principio, motivándome constantemente en el duro pero bello mundo académico en su constante cambio. Ambos me enseñaron que, grandes sacrificios traen consigo grandes recompensas, siempre serán mi inspiración.

Con cariño su hijo Leonardo Garzón G.



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

IC: Índice de conversión alimenticia.

FCE: Fuentes concentradas de energía.

EMA: Energía metabolizable aparente.

EM: Energía metabolizable.

GDP: Ganancia diaria de peso.

HDL: Lipoproteínas de alta densidad.

VLDL: Lipoproteínas de muy baja densidad.

TAG: Triacilglicéridos.

GH: Somatotropina.

IGF-I: Factor de crecimiento insulínico tipo I.

ACP: Aceite crudo de palma.

CCK: Colecistoquinina.

LIPC: Lipasa hepática.

FABP: Proteína enlazante de ácidos grasos.



1. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético del pollo de engorde ha determinado importantes incrementos en la demanda nutricional para lograr la expresión de su capacidad genética, por tanto, la búsqueda de fuentes energéticas económicas para alimentación ha sido una prioridad, por otro lado, hay que considerar que la alimentación representa un 70% de los costos totales de producción (Orozco, Meleán, y Rodríguez, 2004). Las fuentes concentradas de energía (FCE), como lípidos (grasas y aceites) en la dieta pueden proporcionar un efecto nutricional más beneficioso que el que se le atribuye a la energía metabolizable aparente (EMA) y con ello contribuir al rápido crecimiento de las aves de engorde añadiendo que, a nivel económico, resultan ser fuentes de energía más baratas, pero para que esta energía sea aprovechada, el ave debe desdoblar adecuadamente los lípidos presentes en la dieta (Téllez, Sujka, Lopez, y Callejo, 2016).

Se ha demostrado que las aves en edades tempranas, principalmente, en su primera semana de vida presentan un inadecuado metabolismo de los lípidos debido a su inmadurez del tracto digestivo sobre todo a nivel enzimático (secreción de sales biliares y lipasa pancreática) (Villarrasa, Bayés García, Calvet, & Barroeta, 2012), sin embargo, su fisiología digestiva alcanza su madurez y normal funcionamiento a partir de la tercera y quinta semana de vida (Allahyari y Jahanian, 2016), esta situación ha provocado un desperdicio de energía, principalmente, en la primera semana de vida, afectando así su rendimiento (Téllez y col., 2016), dicho problema también está relacionado con el nivel de inclusión de grasa en la dieta, longitud de cadena de los ácidos grasos, la composición de los mismos y el nivel de insaturación que repercute en su capacidad de digestión y absorción de los lípidos por parte del ave (Classen, 2013).

La aplicación de aditivos tecnológicos como emulsificantes exógenos permiten aprovechar de mejor manera dichas FCE, mediante su característica anfipática, mejoran la digestibilidad y absorción de grasas de la dieta, a partir de la formación de micelas, y de esta manera obtener un efecto positivo sobre los parámetros productivos del ave (Siyal, Ezzat Abd El-Hack, y col., 2017). Investigaciones que probaron el efecto de los emulsificantes de manera aislada demuestran un efecto positivo en común sobre la digestión y absorción de las grasas de diferentes tipos de FCE con el objetivo



de optimizar su aprovechamiento, como lo es la lecitina (Siyal, Ezzat Abd El-Hack, y col., 2017), lisofosfatidilcolina (Zhang, Haitao, Zhao, Guo, y Barri, 2011) y en años recientes el polietilenglicol ricinoleato (Yin, Min Yun, y Ho Kim, 2018).

De este modo la presente investigación buscó evaluar el efecto conjunto de los tres mencionados emulsificantes de origen natural y sintético presentes en el aditivo Liposorb®, evaluando sus efectos sobre parámetros productivos, órganos implicados en la digestión de grasas y a nivel sérico (Colesterol, HDL, VLDL y TAG), por la digestión y absorción facilitada de la FCE que corresponde con el aceite crudo de palma.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

Evaluar el efecto de un emulsificante de lípidos adicionado a la dieta sobre la productividad del pollo de engorde.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar diferencias entre tratamientos sobre parámetros productivos (consumo de alimento, peso corporal, conversión alimenticia, mortalidad general) y niveles séricos de colesterol, triglicéridos, HDL y VLDL.
- Determinar el efecto del emulsificante sobre el peso de hígado, bazo y páncreas.
- Analizar el efecto de adición del emulsificante de lípidos sobre los costos de producción.

3. HIPÓTESIS

Ha: La adición de un emulsificante de lípidos en el alimento tendrá un efecto positivo sobre los parámetros productivos de pollos de engorde y modificará sus perfiles séricos de colesterol, triglicéridos, HDL y VLDL sin afectar su bienestar.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Reseña histórica sobre el uso de emulsificantes

En 1913 la primera teoría de la emulsificación publicada por W. Bancroft surge a través de la emulsión de la cera y agua formada en la lana de la oveja, a partir de ello Bancroft en sus numerosas investigaciones estableció que un agente emulsificante debe “tender a pasar a la superficie que separa los dos líquidos y formar ahí una película coherente”, en otras palabras y bajo este concepto se produce la mezcla de dos sustancias que sean poco miscibles o difíciles de mezclar (Bancroft, 1913). Es entonces que en el año de 1982 se realizan las primeras investigaciones del uso de sales biliares como emulsificantes en la suplementación dietética de pollos de engorde obteniendo resultados positivos en la emulsión y digestibilidad de las grasas, aunque no resultaba económicamente viable (Kussaibati, Guillaume, y Leclercq, 1982). Para el año de 1992 se realizaron investigaciones sobre el uso de la lecitina como emulsificante demostrando su eficacia sobre el crecimiento de los pollos de engorde (Emmert, Garrow, y Baker, 1996).

Con base a los resultados obtenidos a partir de la lecitina, se reportan nuevos estudios sobre un mejor emulsionante obtenido por hidrólisis enzimática de la lecitina, siendo esta la lisofosfatidilcolina o lisolecitina y en el 2011 se aplica en dietas de pollos de engorde obteniendo mejores resultados en cuanto a ganancia de peso y conversión alimenticia (Zhang y col., 2011); por otro lado, en los últimos años se han aplicado emulsificantes sintéticos como polietilenglicol ricinoleato y el estearoil sódico-2-lactilatos, obteniendo buenos resultados en la industria avícola (San Tan y col., 2016; Serpunja y Kim, 2018). Pero, actualmente lo que se busca obtener es la adecuada combinación de los emulsificantes para que de esta manera se logre un efecto sinérgico entre ellos dentro de las dietas avícolas, puesto que muchas de las investigaciones realizadas han sido en su mayor parte desarrolladas de forma individual de cada emulsificante y su efecto ha sido probado sobre diferentes tipos de grasa (Siyal, Babazadeh, y col., 2017).

4.2. Bases conceptuales de los emulsificantes

Un emulsificante es una molécula en cuya estructura posee una parte soluble en agua (hidrofílica) y una parte soluble en grasa (lipofílica), estas características presentes en



una sola molécula le permiten tener la propiedad única al emulsificante de la capacidad de disolverse en medios acuosos y grasos, permitiendo así la mezcla de estas dos fracciones y formar de esta manera una emulsión estable y homogénea; a estos compuestos también se los conoce como emulsionantes o tensioactivos (Navarro y Rovers, 2015; Vieira dos Santos, 2008). El emulsificante actúa aumentando la superficie activa de las grasas, con lo cual permiten una mejor acción de las enzimas digestivas y posteriormente asistirá en la formación de micelas, las cuales corresponde a la fase primordial para la absorción de las FCE, puesto que proveen de un gradiente de difusión que aumenta notablemente su absorción (Rovers y Excentials, 2014; Téllez y col., 2016).

El uso de emulsificantes exógenos en las dietas avícolas ha permitido optimizar el aprovechamiento de las grasas, obteniendo así un efecto positivo más para aquellas grasas menos digeribles que para las altamente digeribles; mejorando en la absorción y con ello la eficiencia energética a través del alimento (Roy, Haldar, Mondal, y Ghosh, 2010). Se ha comprobado que los emulsificantes producen en las aves efectos positivos sobre el rendimiento productivo debido a que reducen el desperdicio de energía en el alimento y ello resulta en un aprovechamiento de la misma resultando en un efecto positivo sobre el costo del alimento y de producción (Bontempo, Comi, y Jiang, 2016).

4.3. Clasificación general de los emulsificantes

Los emulsificantes, o también llamados de una forma más precisa tensioactivos, “son moléculas formadas por una región no polar (hidrófobo) y una o más regiones polares (hidrófilo)”, razón por la cual dicha funcionalidad polar permite clasificar a los emulsificantes en: aniónicos (moléculas con carga negativa asociada con un pequeño contraión positivo), catiónicos (moléculas con carga positiva con un contraión negativo) , anfóteros (contiene cargas positivas y negativas en la misma molécula) y no iónicos (no contienen carga positiva o negativa) (Hasenhuettl y Hartel, 2008). Pero se considerará de acuerdo con su carga iónica los más empleados dentro de la industria alimentaria según Vieira (2008):

- **Iónico:** Proteína, Fosfolípido, Lecitina, Estearoil-2-Lactilato.
- **No-Iónico:** Glicolípidos, Saponinas, Mono, Diglicéridos y sus ésteres (Acético, cítrico, tartárico, láctico, sacarosa)

Los emulsificantes iónicos son los responsables de la estabilización de emulsiones tipo aceite/agua (Vieira dos Santos, 2008) (Figura N°1)

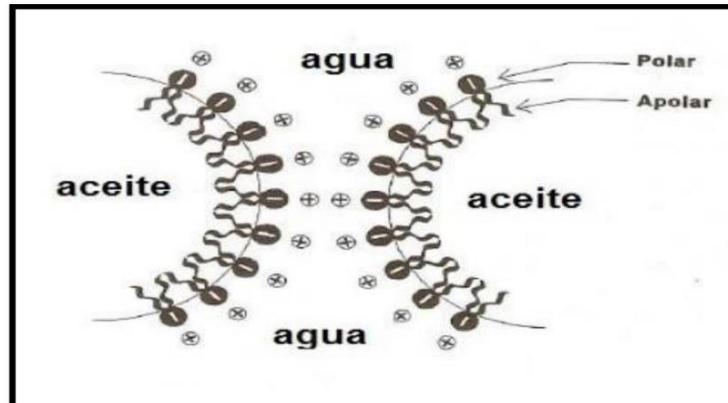


Figura N° 1. Actividad del emulsificante iónico (aceite/agua)

Fuente: (Vieira dos Santos, 2008)

Los emulsionantes no iónicos se orientan en la superficie de las gotitas de la relación aceite polar proyectando en la fase acuosa (Vieira dos Santos, 2008)(Figura N°2)

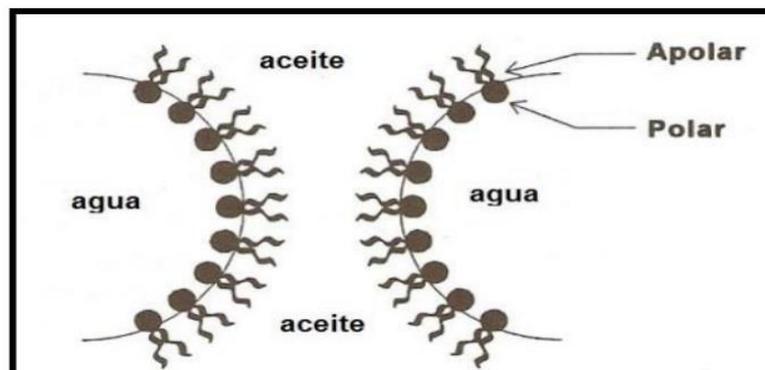


Figura N° 2. Actividad del emulsificante no-iónico (emulsión agua/aceite)

Fuente: (Vieira dos Santos, 2008)

Los emulsionantes más utilizados en la industria de alimentos son clasificados en dos grupos (naturales y sintéticos) como se muestra en la Tabla N°1. Los naturales son aquellos endógenos que se producen en el cuerpo del animal como: bilis, fosfolípidos y de materiales alimenticios como la lecitina de soya (Soares y Lopez-Bote, 2002). Emulsionantes sintéticos son el resultado de emulsionantes modificados como lisolecitina o la lisofosfatidilcolina y en años recientes estearoil sodico-2-lactilatos, polietilenglicol ricinoleato (Baldera y Del Carpio Ramos, 2016; Zhang y col., 2011).

Tabla N° 1. Tipos y efectos de emulsificantes en la alimentación de pollos.

Emulsificantes Naturales	Efecto	Referencias
<i>Lecitina de soja</i>	Mejora el rendimiento productivo, disminuye colesterol LDL y triglicéridos totales, aumenta insulina y actúa como antioxidante.	Huang, Yang, y Wang, (2007); Siyal y col., (2017)
<i>Caseína derivada de la leche</i>	Estimula la producción y secreción de lipasa pancreática, mejorando la digestión del extracto de éter.	Guerreiro y col., (2011)
<i>Lisofosfatidilcolina o lisolecitina</i>	Mejora la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia, y coeficiente de digestibilidad total aparente de ácidos grasos, colaborando también en digestión de grasas saturadas.	Melegy, Khaled, El-Bana, y Abdellatif, (2010); Zhang y col., (2011)
<i>Sales biliares</i>	Mejora la absorción de grasas, con esto optimiza el índice de conversión alimenticia y la ganancia de peso.	Gomez y Polin, (1976)
Emulsificantes Sintéticos		
<i>Glicerol polietilenglicol ricinoleato</i>	Mejora la digestión y absorción de ácidos grasos saturados, dando como resultado un mejor rendimiento productivo.	San Tan y col., (2016); Yin y col., (2018)
<i>Estearoil sodico-2-lactilatos</i>	Mejora digestibilidad de grasas, rendimiento de crecimiento, calidad de carne, estado antioxidante.	Farma y col., (2017); Serpunja y Kim, (2018)

Fuente: Autores

4.4. Mecanismo de acción de los emulsificantes

Para comprender la función de un agente emulsificador, es necesario conocer el concepto de emulsión que corresponde con una dispersión termodinámicamente inestable de dos líquidos inmiscibles de naturaleza polar y apolar respectivamente, en la cual uno de ellos forma glóbulos de pequeño tamaño (0,1-100 micras) denominado fase dispersa y el otro fase continua (Muñoz, Alfaro, y Zapata, 2007). El papel que juega el emulsificador es la mezcla de estas dos sustancias, lo cual es posible gracias a su naturaleza anfifílica, la misma que en su estructura molecular está formada por una región no polar (hidrófobo) y una o más regiones polares (hidrófilo), es decir que poseen una parte liposoluble y otra hidrosoluble respectivamente; al tener esta composición le permite disolverse tanto en agua como en grasas a más de ayudar a combinar estas dos fracciones, permitiendo así estabilizar la emulsión y evitar la coalescencia de los glóbulos de la fase dispersa, ya que esta acción es posible debido a que el agente emulsificante reduce la tensión entre las dos fases y crea una película



interfacial constante (Hasenhuettl y Hartel, 2008; Navarro y Rovers, 2015; Siyal, Babazadeh, y col., 2017).

Al estabilizar la emulsión, el emulsificante permite incrementar la superficie activa de las grasas añadidas al alimento, con lo cual existe una mejor acción de las enzimas naturales del ave (lipasas), formándose así gran cantidad de micelas, la cual es la fase primordial para la absorción de esta fuente energética, puesto que proveen de un gradiente de difusión que aumenta notablemente la absorción (Téllez y col., 2016).

4.4.1. Consideraciones previas a la utilización de emulsificantes

Actualmente, en el mercado existen emulsificantes que intentan beneficiar a la producción de pollos de engorde, para optar por la mejor opción es imprescindible tomar en cuenta el principio del mencionado equilibrio hidrofílico-lipofílico, característica muy importante de las micelas y la concentración micelar crítica (Siyal, Babazadeh y col., 2017; Zhao y Kim., 2017).

Equilibrio Hidrofílico-Lipofílico (HLB): es un indicador el cual determina qué tan liposoluble o hidrosoluble es el emulsificante, este posee una escala que va de 0 a 20, esto se traduce que mientras más bajo sea dicho equilibrio, más liposoluble es o mientras más alto sea será más hidrosoluble, considerando que las aves consumen 1.5 a 2 veces más agua que alimento, que posiblemente tiene poca cantidad de grasa, esto hace que la concentración de agua en el intestino sea mucho mayor que la grasa, entonces lo más apropiado sería un alto equilibrio hidrofílico-lipofílico (Siyal, y col., 2017).

Concentración micelar crítica (CMC): Es un parámetro el cual indica la concentración de tensioactivos en la que se alcanza la mínima tensión superficial, o en otras palabras es la concentración de tensioactivos por debajo de la cual se forman micelas espontáneamente (Jiménez, Medina, y Grácida, 2010).

4.5. Emulsificantes y su aplicación en la avicultura

En nutrición animal se busca satisfacer las necesidades energéticas del pollo de engorde para lograr de esta manera su máxima expresión genética, dicha energía es aportada por los carbohidratos de los granos de los cereales, los cuales no cubren los requerimientos de EMA necesaria para expresar el potencial genético (Orduña y col.,



2016). Por esta razón se requiere la inclusión de FCE como lípidos, tales como las grasas de origen animal o aceites vegetales para satisfacer las demanda energética de las aves (Blanch, Barroeta, Baucells, Serrano, y Punchal, 1996). Sin embargo, debe considerarse que la absorción de grasa aumenta con la edad de las aves, ya que los pollos de engorde a temprana edad presentan una limitación fisiológica para absorber ese nutriente, esta incapacidad de absorber la grasa de manera eficiente se ha atribuido a su pobre actividad de emulsificación y su escasa actividad de lipasa, y como consecuencia se produce un desaprovechamiento y desperdicio de energía (Siyal, Babazadeh y col., 2017), debido a que los lípidos dietéticos se digieren parcialmente y la porción no absorbida que pasa más allá del íleon se considera una pérdida para el animal (Rovers & Excentials, 2014).

En la formulación de dietas de pollos de engorde la energía resulta ser el elemento más costoso del alimento, por ello desde el punto de vista económico y zootécnico es de gran interés el mejoramiento de la eficacia y aprovechamiento de estas fuentes energéticas como son las grasas y aceites (Navarro y Rovers, 2016). En este sentido, los emulsificantes resultan ser útiles en las dietas avícolas para mejorar la digestibilidad de los lípidos y con ello optimizar la eficiencia energética, obteniendo un mayor aprovechamiento de las FCE, sobre todo en las primeras semanas de vida de las aves, incrementando así el rendimiento productivo y reduciendo los costos de producción (Bontempo y col., 2016), además, un mayor aprovechamiento de los emulsificantes se puede obtener al utilizarlo sobre grasas menos digeribles que para las grasas altamente digeribles, como lo puede ser el aceite crudo de palma en comparación con un aceite de soya (R. Rodriguez y col., 2019; Rovers y Excentials, 2014).

4.6. Características de Liposorb®

Es una mezcla de fosfolípidos modificados (fosfatidilcolina, lisofosfatidilcolina y polietilenglicol ricinoleato) los cuales actúan como agentes emulsificantes y biosurfactantes produciendo un efecto positivo en la digestibilidad de los alimentos concentrados de los animales (Baldera y Del Carpio Ramos, 2016). Al pertenecer al grupo de los fosfolípidos, presentan una propiedad anfipática cuyo interés actual sobre estos compuestos radica en la capacidad de incorporar diferentes ácidos grasos



a la membrana celular permitiendo así una mejor absorción y utilización de los mismos (Torres y Durán, 2015).

4.6.1. Fosfatidilcolina

También llamada lecitina, es un fosfolípido, el cual conjuntamente con las sales biliares ayuda a la solubilización de los ácidos biliares en la bilis, presenta una baja solubilidad en agua pero al hidratarse resulta en un excelente emulsionante permitiendo así la formación de micelas, a más de ello interviene en la formación de lipoproteínas de transporte de grasas, presentando un valor HLB de un rango 3-6 (Calviño y col., 2017; Lambabue, 2020).

4.6.2. Lisofosfatidilcolina

Esta se obtiene por hidrólisis enzimática de la lecitina de soya, presenta una concentración micelar crítica de 0,02- 0,2 mM/L, lo que significa que presenta una capacidad de emulsión y formación de micelas 20- 200 veces más efectiva que la bilis y la lecitina (Zhang y col., 2011). Su eficacia como emulsificante resulta mayor ya que puede alterar la bicapa de fosfolípidos de las células intestinales y con ello aumentar la fluidez y permeabilidad de la membrana, en cuanto a su valor HLB es de 9-12 (Lambabue, 2020; Wealleans y col., 2020)

4.6.3. Polietilenglicol ricinoleato

Es un emulsificante nutricional de nueva generación a base de aceite de ricino en donde el ricinoleato, es el ácido graso que hace el trabajo de emulsificante nutricional, presentando un muy alto índice HLB de 12-18 que lo hace más soluble en agua (Lambabue, 2020; Navarro y Rovers, 2015). Al ser un emulsificante de origen sintético y por su naturaleza anfifílica, el glicerol que forma parte de su molécula resulta esencial para la captación de ácidos grasos libres, permitiendo de esta manera, facilitar la digestibilidad de sustancias grasas y nutrientes no grasos, como elementos minerales, optimizando así la ganancia de peso vivo, conversión alimenticia, metabolismo y retención mineral (Baldera y Del Carpio Ramos, 2016).



4.6.4. Reportes científicos del uso de fosfatidilcolina, lisofosfatidilcolina y polietilenglicol ricinoleato en dietas para pollos de engorde

Siyal y col (2017) en su investigación determinaron que en concentraciones de 0.1% de lecitina de soya aplicados en una dieta basal en pollos de engorde, mejoró el rendimiento del crecimiento y la digestibilidad de los nutrientes, además de registrar un mejor peso relativo del hígado, relacionado este efecto del órgano con un aumento de metabolismo de lípidos, por otro lado, el colesterol sérico y LDL disminuyeron, y evidenciaron que la actividad de enzimas antioxidantes hepáticas fue mejor.

Además, se ha comprobado el efecto de la lecitina de soya en ratas, la cual reduce la absorción de los ácidos grasos libres, probablemente al aumentar el tamaño de las micelas de las sales biliares que se difunden más lentamente a través de la interfaz del agua luminal, lo que dificulta el suministro de ácidos grasos libres a la superficie celular absorbente (Saunders & Sillery, 1976).

Park, Nguyen, y Kim (2017) mencionan que el uso de lisofosfatidilcolina en concentraciones de 0.06% y 0.09% durante el periodo de 1 a 35 días de edad mejora el índice de conversión alimenticia en dietas de energía reducida (3100 Kcal/Kg de EMA), así lo demuestra también Papadopoulos y col (2018) quienes demostraron que la adición de lisolecitina a las dietas con bajo contenido de energía permiten obtener un rendimiento de crecimiento similar al de los pollos de engorde alimentados con una dieta equilibrada en energía. Wealleans y col., (2020) recomiendan el uso de la lisofosfatidilcolina ya sea para una dieta estándar, ya que mejora la eficiencia alimenticia hasta el límite de su potencial genético, como también para dietas con energía reducida puesto que mantiene el rendimiento de crecimiento.

En cuanto al uso de poli etilenglicol ricinoleato en una dieta enriquecida con aceite de salvado de arroz generó un efecto positivo sobre la energía metabólica aparente y el peso corporal en la semana 5, así lo demuestra San Tan y col (2016) en sus resultados, sin embargo Kaczmarek, Bochenek, Samuelsson, y Rutkowski (2015) mediante el uso del mencionado emulsificante a una concentración de 0.04% en una dieta que contenía aceite de colza y grasa de cerdo, generó una mayor ganancia de peso y un mejor índice de conversión alimenticia.



En el 2016, Baldera y Del Carpio Ramos determinaron que el uso del aditivo LIPOSORB® en una concentración de 0.025% mejoró la ganancia de peso en edades más jóvenes de las aves como también un mejor índice de conversión alimenticia; así también lo demuestra Saleh, Mousa, Awad, y Amber (2016) que obtuvo una mejor digestibilidad de proteínas, energía y grasas, logrando así efecto positivo sobre el rendimiento de pollos de engorde al adicionar este aditivo en las dietas.

4.7. Lípidos.

Los lípidos son biomoléculas orgánicas formadas por carbono, hidrógeno y oxígeno pudiendo contener en su estructura nitrógeno, fósforo y azufre ante estas características de su composición química resulta ser compuestos muy diversos, pero la única propiedad en común que presenta este amplio grupo heterogéneo es que son moléculas insolubles en agua pero son solubles en presencia de disolventes orgánicos como cloroformo, acetona, alcohol y éter di etílico (Teijón & Blanco, 2017).

4.7.1. Funciones biológicas de los lípidos

Las funciones biológicas de los lípidos resultan muy diversas y de acuerdo con (Teijón y Blanco, 2017) son las siguientes:

- **Estructural:** como componentes de las membranas celulares siendo estos los fosfolípidos y los glicolípidos.
- **Energética:** las grasas y aceites tienen un elevado aporte energético, la combustión de 1 g de estos compuestos genera alrededor de 9,3 Kcal.
- **Reserva:** sirve como almacenamiento de energía dentro del organismo en forma de grasa, rodeando a diversos órganos siendo un medio de protección y aislante térmico.
- **Reguladora:** formando parte de prostaglandinas, vitaminas liposolubles y hormonas esteroideas, las mismas que actúan regulando distintas actividades fisiológicas.
- **Actúan como componentes de la superficie celular:** en relación con el reconocimiento de las células, la especificidad de la especie y la inmunidad de los tejidos.



4.7.2. Clasificación de los lípidos

Este grupo de compuestos químicos se pueden clasificar en dos grupos principales:

A. Lípidos saponificables. Son aquellos que presentan en su estructura ácidos grasos los cuales al someterlos a hidrólisis alcalina se convierten en jabones (saponificación), dentro de este grupo tenemos (Murray, Bender, y Botham, 2013):

- Lípidos simples: Acilglicéridos o grasas, ceras.
- Lípidos complejos: Fosfoglicéridos, esfingolípidos, lipoproteínas.

Ácidos grasos:

Los ácidos grasos son los componentes esenciales de los lípidos saponificables, formados por una cadena hidrocarbonada (extremo hidrófobo) y un grupo carboxilo (-COOH) (extremo hidrofílico), siendo así moléculas anfipáticas y con la capacidad de formar micelas en medios acuosos (Teijón & Blanco, 2017).

Además los ácidos grasos tienen un número par de átomos de carbono, generalmente entre 12 y 24, y de acuerdo a sus enlaces pueden ser saturados e insaturados, presentando la siguiente clasificación según (Mckee & Mckee, 2009):

- **Saturados:** Son aquellos que presentan enlaces simples en su estructura y en temperatura ambiente se las encuentra de consistencia sólida, entre los más comunes encontramos al ácido mirístico, palmítico, esteárico (Campabadal, 2010)
- **Insaturados:** Son aquellos que presentan enlaces dobles y en temperatura ambiente las encontramos con una consistencia líquida, entre estos están el ácido oleico, linoleico y linolénico (Campabadal, 2010).

B. Lípidos insaponificables: Son aquellos que no tienen ácidos grasos en su estructura y por lo tanto no pueden formar jabones (Teijón y Blanco, 2017).

- Prostaglandinas, leucotrienos y tromboxanos
- Derivados del isopreno
- Esteroides



4.8. Grasas y aceites en la industria avícola

Desde el punto de vista nutricional las grasas y aceites son las mejores FCE que se utiliza dentro de dietas en producción animal, gracias a su elevada densidad calórica, permitiendo satisfacer los requerimientos energéticos de animales de genética actual y expresar su máximo potencial genético (Allahyari & Jahanian, 2016). Las grasas y aceites presentan un elevado valor energético gracias a su composición química a base de lípidos los cuales tienen el doble de calorías que los carbohidratos y las proteínas, esto se debe a que su composición principal es a base de ácidos grasos que son una de las principales fuentes de energía para el organismo y se almacenan en forma de triacilglicéridos o triglicéridos, además entre otros beneficios estas FCE mejoran la digestión y absorción de los nutrientes a nivel intestinal ya que permiten enlentecer el tránsito intestinal del ave (Barroeta, 2017).

A nivel tecnológico las grasas y aceites mejoran algunos aspectos en la fabricación, ya que evitan el desgaste de la maquinaria y reducen las mermas por producción de polvo, mientras que a nivel organoléptico, las grasas mejoran la palatabilidad del pienso, mejorando su textura, además de que la grasa añadida es el vehículo de carotenoides, responsables de la coloración amarillo- anaranjada del pollo y la yema del huevo y algunos antioxidantes que mejoran la vida útil del alimento (Ravindran, Tancharoenrat, Zaefarian, y Ravindran, 2016)

4.8.1. Fuentes concentradas de energía en la industria avícola

Entre las FCE destinada a la nutrición animal existen varias materias primas, tales como los cebos, grasas y aceites, cuya calidad y selección estarán dadas por su origen, composición y costo (Ravindran y col., 2016). A continuación, en la Tabla N° 2 se describen las grasas y aceites más utilizadas dentro de las dietas avícolas según su perfil de ácidos grasos:



Tabla N° 2. Composición de ácidos grasos (g/100g) de grasa y aceite de uso común en las dietas avícolas.

Ácido graso (átomo de carbono: dobles enlaces)	Grasas animales					Aceites vegetales						
	Sebo (cordero)	Sebo (carne de res)	Manteca de cerdo	Grasa de ave	Aceite de pez	Aceite de palma	Aceite de soja	Aceite de maíz	Aceite de girasol	Aceite de colza	Aceite de canola	
10:00	0.2 0.2	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12:00	0,3	0.1	0.1	0.1	-	0.1	-	-	-	-	-	-
14:00	5.2	3.2	1,5	0.8	6.2	1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
14:01	0,3	0.9	-	0.2 0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
15:00	0.8	0.5 0.5	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
16:00	23,6	24,3	26	25,3	12,7	44,4	10,6	10,9	7.0	3.8	3.5	-
16:01	2.5	3.7	3,3	7.2	7.5	0.2 0.2	0.1	0.2 0.2	0.1	0,3	0.2 0.2	-
17:00	2	1,5	0.4 0.4	0.1	-	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-
17:01	0.5 0.5	0.8	0.2 0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-
18:00	24,5	18,6	13,5	6.5	1.1	4.1	4.0 4.0	2	4.5 4.5	1,8	1,5	-
18:01	33,3	42,6	43,9	37,7	12,9	39,3	23,2	25,4	18,7	18,5	60,1	-
18: 2 n-6	4.0 4.0	2.6	9.5	20,6	1.1	10	53,7	59,6	67,5	14,5	20,1	-
18: 3 n-3	1.3	0.7	0.4 0.4	0.8	0.7	0.4 0.4	7.6	1,2	0.8	11	9.6	-
20:00	-	0.2 0.2	0.2 0.2	0.2 0.2	-	0,3	0,3	0.4 0.4	0.4 0.4	0.7	0.6	-
20:01	-	0,3	0.7	0,3	15,1	-	-	-	0.1	6.6	1.4	-
20: 4 n-6	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
20: 5 n-3	-	-	-	-	6.8	-	-	-	-	-	-	-
22:00	-	-	-	-	-	0.1	0,3	0.1	0.7	0.5 0.5	0,3	-
22:01	-	-	-	-	22	-	-	-	-	41,1	0.2 0.2	-
22: 6 n-3	-	-	-	-	5.8	-	-	-	-	-	-	-
24:00:00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-

Fuente: (Ravindran y col., 2016).

Con base a lo indicado, cabe mencionar que las FCE de origen animal suelen presentar mayor cantidad de ácidos grasos saturados, y las de origen vegetal presentan mayor cantidad de ácidos grasos polinsaturados, pero exceptuando aquellas como el aceite de palma y coco que por sus cadenas de carbono son saturadas, dado esto, se considera cuidadosamente su selección para la elaboración de dietas alimenticias destinados a aves, especialmente en la primera semana de vida (Barroeta, 2017; Mateos y col., 1996) Los aceites de origen vegetal son los más seleccionados para el uso en la alimentación animal, debido a la baja deposición de grasa abdominal en el pollo, en comparación con la de origen animal que tiende a



provocar mayor depósito graso en la canal de pollo de engorde (Crespo y Esteve-García, 2002; Smink y col., 2010).

4.8.2. Aceite de Palma

El aceite de palma es un producto de origen vegetal rico en ácido graso saturado (ácido palmítico C16:0), con un contenido aproximado del 45% total de los ácidos grasos, pero dichas características de ser una grasa saturada y rica en ácidos grasos de cadena larga (>14 átomos de C) lo vuelven menos digestible, el interés sobre el uso del aceite de palma más de ser una fuente de energía reside en su capacidad de dar una firmeza en la carne (Smink y col., 2008)

El aceite crudo de palma (ACP) es el más usado en el mercado, ya que luego de su proceso industrial es fraccionando en oleína y estearina, ambas formadas por triglicéridos y no por ácidos grasos libres, la estearina es destinada para el consumo animal, por su bajo costo, pero por su grado de saturación más elevada presenta problemas en su digestión (FEDNA Inc., 2019). A continuación, en la Tabla N° 3 se presenta el perfil de los ácidos grasos y características presentes en el aceite de palma y aceite de soya:

Tabla N° 3. Valores nutricionales y parámetros de calidad del aceite de palma y soya

Perfil de ácidos grasos		Soya	Palma
	C _{<14}	-	trazas
Mirístico	C _{14:0}	trazas	1.0
Palmítico	C _{16:0}	9.5	43
Palmitoleico	C _{16:1}	0.2	0.3
Esteárico	C _{18:0}	4.0	4.8
Oleico	C _{18:1}	22.0	40.0
Linoleico	C _{18:2}	54	10
Linolénico	C _{18:3}	7.3	trazas
	C _{≥20}	1.1	trazas
Parámetros de calidad			
Índice yodo		130	52
Título		21	42
Índice saponificación		192	200
Saturados/Insaturados		0.18	0.96

FUENTE: FEDNA, (2019)



4.9. Factores que afectan a la digestibilidad de los lípidos en aves

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de las FCE, se citan:

- **Edad del ave:** La digestibilidad de los lípidos en los pollitos es reducida, debido a la inmadurez de su tracto digestivo, sobre todo en la primera semana de vida, relacionándose directamente con una escasa producción de jugos digestivos involucrados directamente en la digestión de las grasas como lo son las sales biliares y lipasa pancreática principalmente (Villarrasa y col., 2012).
- **Composición de ácidos grasos de las grasas:** Debido a la composición de ácidos grasos, la longitud y el grado de saturación de la cadena de carbono afecta la digestión y absorción de las grasas, es decir ácidos grasos saturados y de cadena larga resultan menos digeribles que los ácidos grasos insaturados y de cadena corta (Ravindran y col., 2016).
- **Calidad y contenido de la grasa:** Hace referencia a su pureza, estabilidad (oxidación) y sobre todo a la cantidad de energía que será aprovechada por parte del ave a lo largo del proceso productivo, dato muy importante pues al no considerar esto resultaría muy perjudicial en planta procesadora de alimento y el producto final en la explotación avícola (Barroeta, 2017).
- **Nivel de inclusión en la ración:** Es bien sabido que las grasas brindan un beneficio muy grande en la nutrición avícola, por su palatabilidad, energía y mejora en calidad de pienso, pero ha de tomarse muy en cuenta que su nivel en el mismo es un punto crítico pues al no suministrar un nivel adecuado, perjudicaría notablemente su absorción y el producto final, es decir a mayor nivel de grasa menor digestibilidad y absorción, mientras que a menor nivel el ave no satisface su demanda energética para expresar su capacidad genética (Mateos y col., 1996).

4.10. Estrategias para mejorar la utilización de los lípidos

Tipo de grasas agregada: Los lípidos de origen vegetal han proporcionado mejores resultados en cuanto a digestibilidad y absorción debido a su composición de ácidos grasos insaturados en comparación de las grasas de origen animal que tienen niveles altos de ácidos grasos saturados, además se ha reportado q el uso de grasas de origen vegetal proporcionan mayor ternesa a la carne y una menor deposición de grasa abdominal (Smink y col., 2010).

Ante lo anterior mencionado el aceite de palma resulta ser una excepción dentro del grupo de grasas de origen vegetal en cuanto a depósito de grasa abdominal se refiere, ya que al ser una fuente de ácidos grasos saturados presenta una deposición de grasa abdominal similar a las grasas de origen animal, sin embargo, su aplicación resulta atractiva ya que puede estar asociada con una influencia positiva en la firmeza de la carne (Smink y col., 2008, 2010).

Emulsionantes: Como ya se ha mencionado, estos aditivos mejoran la digestión y absorción de las grasas, gracias a su naturaleza anfipática permite la formación estable de emulsiones y formación de micelas, generando así gotas más pequeñas de aceite distribuidas en el agua permitiendo una mayor superficie activa de la lipasa pancreática y una subsecuente mejor absorción a nivel intestinal (Siyal, Babazadeh, y col., 2017).

4.11. Generalidades del tracto gastrointestinal de las aves

El tracto digestivo es el encargado de la toma, digestión y absorción de los alimentos que consumen las aves, todo este proceso se lleva a cabo a través de una serie de estructuras y procesos que permiten la digestión y absorción de los nutrientes. Sus partes corresponde al pico, esófago, estómago glandular (proventrículo), estómago muscular, intestinos, un par de sacos ciegos y cloaca conjuntamente con las glándulas anexas como el páncreas, hígado y vesícula biliar (Figura N°3); (Dembow, 2015).

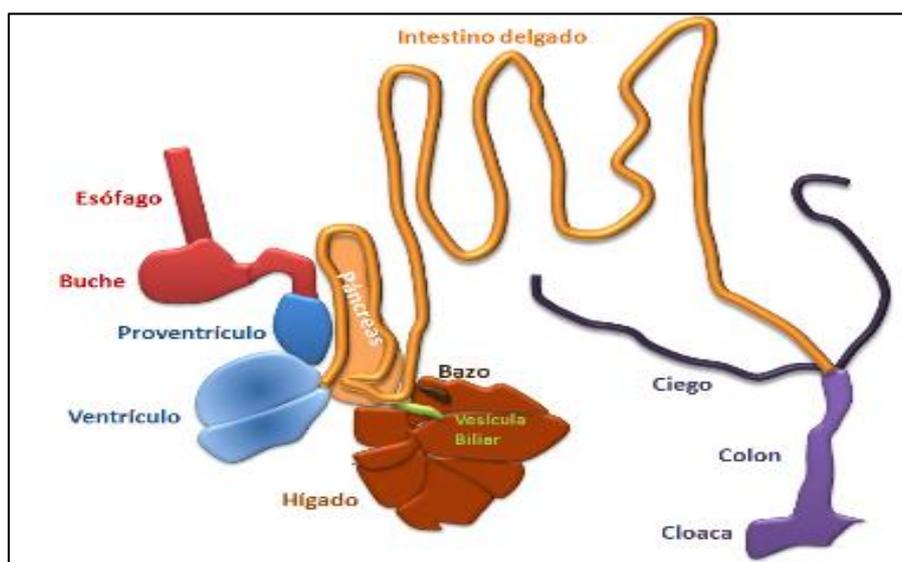


Figura N° 3. Esquema del aparato digestivo del ave.

Fuente: Rodriguez, Waxman, y Burneo, (2017)



4.12. Digestión y absorción de los lípidos

La estructura bucal del ave se compone de un pico puntiagudo, propio de las aves que consumen granos, y una particularidad es que a diferencia de los mamíferos, las aves no poseen lipasa lingual, ni gástrica (Sousa, Oliveira, Barros, y Campos, 2015). El alimento que contiene grasas pasan a ser digeridas directamente a la molleja e intestino delgado gracias a secreción exocrina del páncreas (lipasa pancreática, colipasa, fosfolipasa A2) y sales biliares secretadas por acción de colecistoquinina (CCK) que aparece por la presencia de aminoácidos y ácidos grasos en la mucosa duodenal, a partir de ello se produce la digestión de los lípidos y la consiguiente formación de micelas para su absorción (Osorio y Flórez, 2011).

En el medio acuoso del intestino las gotas de grasa son emulsionadas, al no mezclarse agua con grasa, las sales biliares colaboran con dicha mezcla de forma natural, este producto más pequeño, facilita la disposición de una mayor superficie de contacto para que las lipasas puedan de esta manera actuar, donde posteriormente se formarán las micelas tal y como se aprecia en la (Figura N° 4), que permiten que los componentes grasos sean solubles en el medio acuoso intestinal y permita su transporte a través del intestino y al entrar en contacto con el endotelio o microvellosidades intestinales pasarán a ser ácidos grasos libres (Sujka, Tellez, Lopez, y Callejo, 2018).

En otras palabras, conociendo que el componente principal de las grasas son los triglicéridos, cuya estructura es una molécula de glicerol conjuntamente con tres moléculas de ácidos grasos, en el momento que se está efectuado su digestión, dos ácidos grasos del triglicérido desaparecen, dando como resultado un monoglicérido y dos moléculas de ácidos grasos que son elementos absorbibles de los lípidos (Ravindran y col., 2016).

Una vez terminado el proceso enzimático, el contenido de duodeno e incluso de yeyuno puede retornar a la molleja por el proceso llamado reflejo entero-gástrico, para después nuevamente pasar a duodeno y yeyuno proximal para ser absorbidos, donde las micelas mixtas que son agregados de moléculas de lípidos que poseen grupos polares y no polares (solubles en agua), son transportadas de un medio micelar favorable a un medio acuoso desfavorable propio del epitelio, gracias a una proteína enlazante de ácidos grasos (FABP), la misma que tiene preferencia por ácidos grasos

de cadena larga, en la parte más proximal del intestino esta es abundante no así en la parte distal, cabe mencionar que la acción de la misma esta mediada por acción de las sales biliares (Osorio y Flórez, 2011).

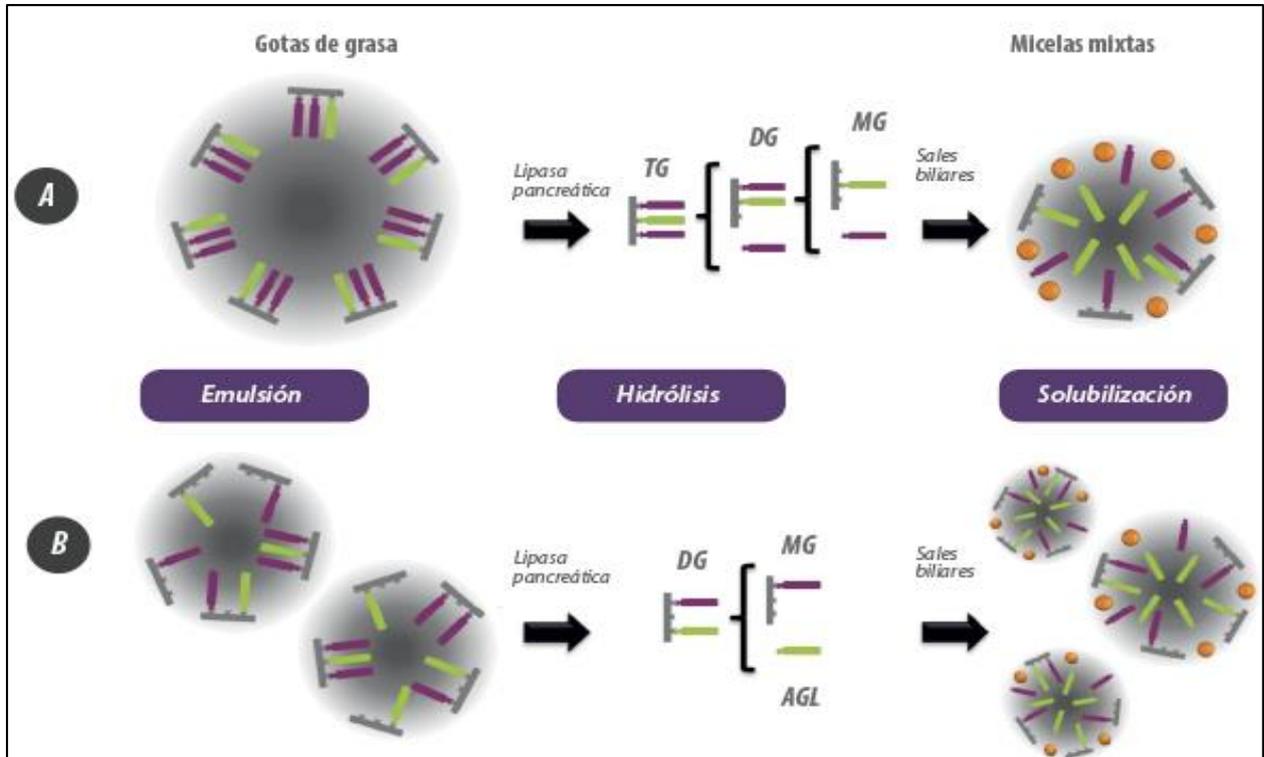


Figura N° 4. Esquema del metabolismo de lípidos.

Fuente: Villarrasa, Bayés García, Calvet, y Barroeta, (2012)

4.13. Movilización exógena de los lípidos

Una vez que estos lípidos son degradados a monoglicéridos y ácidos grasos libres, se absorben a través de las células epiteliales y serán re esterificados con glicerol formando de esta manera nuevos TAG, combinándose posteriormente con colesterol libre, esterificado, apolipoproteínas y los fosfolípidos, formando lipoproteínas (Osorio y Flórez, 2011).

Existen grandes diferencias metabólicas entre aves y mamíferos, en las aves, las lipoproteínas son llamadas portomicrones, dada su forma de transporte, ya que una vez absorbidos en la luz intestinal pasan a sistema sanguíneo, atravesando vesículas intracitoplasmáticas endoteliales, llegando así al hígado por vía portal (Baião y Lara, 2005; Sato, Suzuki, y Akiba, 2009). Estas llegan a través de la vena pancreático-duodenal y yeyunal, no como sucede en mamíferos que se transportan por vía



linfática, pero a de recalcarse en común, que dada la estructura de estas lipoproteínas o portomicrones no son metabolizados en el hígado, para esto deben perder triglicéridos para poder ser metabolizados en hígado (Denbow, 2015; Osorio y Flórez, 2011).

4.14. Movilización endógena de los lípidos

Los portomicrones son hidrolizados por la LPL (lipoproteína lipasa) en tejido extra hepático, es decir, en las células endoteliales de los capilares, dando como resultado glicerol, que es metabolizado por el hígado y riñón, concomitante a esto ácidos grasos, que serán captados por el tejido donde se hidrolizó (Denbow, 2015). El transporte de lípidos está dado por las VLDL (lipoproteínas muy de baja densidad) formadas a partir de acetil-CoA (síntesis de novo), portomicrones y ácidos grasos unidos a albumina, es entonces cuando empieza actuar la LPL, hidrolizando esta lipoproteína, liberando así triglicéridos que serán almacenados como gotas de grasa en adipocitos, una vez sucedido esto el VLDL pasa a ser IDL (lipoproteínas de densidad intermedia) (Fouad & El-Senousey, 2014).

Este IDL seguirá hidrolizándose y perdiendo triglicéridos hasta formar LDL (lipoproteína de baja densidad), este LDL cede su colesterol para su posterior almacenamiento y parte de este se dirige a la síntesis de membranas, por otro lado el HDL (lipoproteína de alta densidad) se forma en los hepatocitos a través del aparato de Golgi ya sea en forma esférica o discoidal, siendo mayor que otras lipoproteínas en el ave independientemente de su sexo, estado nutricional o línea genética de engorde, esta mantiene el equilibrio entre lípidos y proteínas (Denbow, 2015; Osorio y Flórez, 2011).

La LIPC o lipasa hepática es una de las enzimas claves para romper la grasa del hígado, como producto los ácidos grasos libres se convierten en HDL (lipoproteínas de alta densidad) y LDL (lipoproteínas de densidad baja), parte de esta LDL se envía a hígado, almacenándose para su posterior uso; altos niveles de LIPC se relacionan con hígado graso y acúmulo de grasa en la almohadilla abdominal (Pooja, 2019).

Tomando en cuenta las líneas magras y de grasas de pollos, en esta especie la conglomeración de triglicéridos en células grasas de la canal esta mediada por la disponibilidad de sustrato de VLDL en plasma (Musa, Chen, Cheng, y Yousif, 2007).



4.15. Impacto de la edad del ave en la digestión de lípidos:

La digestibilidad de los lípidos en los pollitos es reducida, sobre todo por la inmadurez de su tracto digestivo, se relaciona directamente con la producción de enzimas como las sales biliares, lipasa pancreática y demás enzimas pancreáticas que son segregadas en el intestino delgado, sobre todo en la primera semana de edad (Villarrasa y col., 2012), este proceso se suele normalizar hasta la 3 y 5 semana incluso con el aumento de FABP (Proteína enlazante de ácidos grasos) (Allahyari y Jahanian, 2016).

Por otra parte, es muy importante considerar que no solo la edad del ave influiría en la digestibilidad de las grasas dado que puede ser también por lo siguiente: el tipo de grasa (saturada, insaturada), el origen (animal, vegetal) (Skřivan y col., 2018), temperatura del medio, sexo del ave, nivel de inclusión de grasa en la dieta, son factores a tomar muy en cuenta y la razón por la que se está buscando una medida que ayude a aprovechar al máximo estas fuentes energéticas y actualmente una herramienta importante es el uso de emulsificantes (Mateos, Piquer, García, y Medel, 1995; Mateos y col., 1996; Osorio y Flórez, 2011).

4.16. Bioquímica sanguínea

Las concentraciones séricas de HDL, VLDL, LDL, TAG son considerados marcadores del metabolismo de los lípidos (Lai y col., 2018):

- **Triglicéridos (TAG):** La síntesis, depósito de tejido adiposo y formación de yema en las aves de corral depende de la concentración de TAG en el suero (Lai y col., 2018)
- **Lipoproteína de alta densidad (HDL):** Promueven la absorción del colesterol de tejidos periféricos y facilita el transporte del colesterol hacia el hígado para el catabolismo, donde el colesterol puede metabolizarse en ácidos biliares (Lai y coll., 2018; Shang y col., 2020). Además el hígado de las aves es el mayor productor de HDL, e indistintamente del tipo de alimentación, genética o sexo, su concentración es mayor comparada con las otras lipoproteínas (Osorio y Flórez, 2011).
- **Lipoproteína de muy baja densidad (VLDL):** Son lipoproteínas de transporte de los lípidos desde el hígado hacia los tejidos periféricos, su importancia radica en la selección de líneas grasas y magras de pollo, puesto que su diferencia en las



líneas grasas está en su mayor concentración de VLDL en sangre asociado a una mayor cantidad de triglicéridos disponibles para ser depositado en el tejido adiposo con una menor cantidad de ésteres de colesterol y proteína (Osorio y Flórez, 2011).

- **Lipoproteína de baja densidad (LDL):** Son lipoproteínas de transporte producto de la hidrólisis y liberación de TAG de su precursora VLDL, sus diferencias con respecto a las VLDL en cuanto a su composición están detalladas en la Tabla N°4 (Osorio y Flórez, 2011). Es la lipoproteína responsable del transporte de los ácidos grasos sintetizados en el hígado para su posterior almacenamiento en el tejido adiposo en forma de TAG (Lai y col., 2018).

Tabla N° 4. Densidad y características químicas de HDL, VLD, LDL.

Lipoproteínas	VLDL	LDL	HDL
Densidad, g/cm³	<1,013	1,023-1,046	1,502-1,130
TAG	41,7%	7,5%	1,70%
Fosfolípidos	15,2%	21,9%	28,60%
Colesterol	3,1%	10,1%	3,90%
E. de colesterol	15%	30,4%	23,40%
Proteína	26,8%	29,7%	45,40%

Fuente: (Osorio y Flórez, 2011)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

La investigación fue realizada en la granja experimental de Irquis perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca, la misma está localizada en el Km 23 de la vía Cuenca - Girón en la parroquia en Victoria de Portete, perteneciente a la provincia del Azuay (Figura N° 5), cuyas coordenadas son: Latitud Sur: 4°48.34"S y Longitud Oeste: 79° 4'30.12"O; Altitud 2671 m.s.n.m.; las condiciones meteorológicas donde se llevó a cabo el estudio cuenta con una pluviosidad entre 800 mm y 2000 mm, humedad relativa del 80%, cuenta con 507.8 hectáreas de terreno, cuyo clima es templado frío, su temperatura que oscila entre 12 y 18°C, lugar en el cual por sus condiciones climáticas no existen explotaciones avícolas.

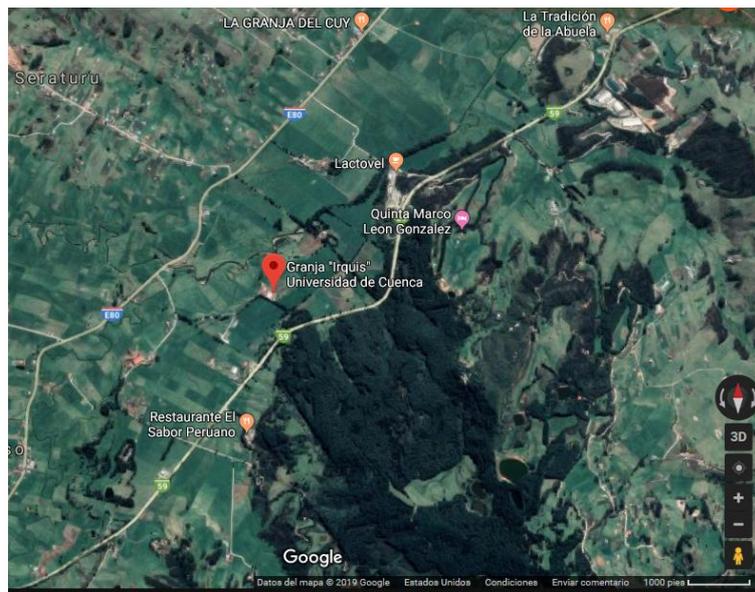


Figura N° 5. Ubicación satelital del galpón experimental, parroquia Victoria del Portete.

Fuente: Directorio cartográfico de Google Maps, (2019)

5.2. Metodología para el proceso experimental:

Factores en estudio

Los mismos corresponden al aditivo emulsificante distribuido en los tratamientos 2 y 3 respectivamente frente a un control sin el uso del producto.



Tratamientos:

- 1) **Control:** dieta basal (a base de maíz, trigo y soya) sin la adición del aditivo emulsificante con los requerimientos de energía completos (2975, 3025, 3100, 3150 kcal/kg) para las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y 2 respectivamente. (6 repeticiones).
- 2) **Emulsificante *on top*:** dieta control más la adición de 500 g/TM del aditivo en estudio. (7 repeticiones).
- 3) **Emulsificante -50 Kcal:** reducción de 50 Kcal/Kg en el aporte energético más la adición de 500 g/TM del aditivo emulsificante (7 repeticiones).

El aditivo emulsificante utilizado en este estudio fue Liposorb® producido por Ceva Polchem Pvt. Ltd., India. Este producto tiene tres tipos de emulsionantes (fosfatidilcolina, lisofosfatidilcolina, polietilenglicol ricinoleato), y la dosis aplicada en el presente estudio fue la recomendada por el fabricante (500 g /TM). En cada unidad experimental se colocaron aleatoriamente 30 pollitos entre machos y hembras, siendo un total de 600 animales en todo el experimento

Selección y ubicación de los animales:

Se utilizaron 600 pollitos de engorde de la línea Cobb 500, cuyo peso a la recepción fue de 43+-1,3 g, se instalaron en la nave previamente desinfectada y adecuada para los mismos, un galpón cerrado con piso de cemento, el material utilizado para la cama fue viruta de madera, para el manejo de temperatura se utilizaron criadoras catalíticas a base de gas, se tomaron en cuenta todos los parámetros zootécnicos de una producción avícola.

Alimento

Para la formulación de las dietas, se tomó en cuenta los requerimientos nutricionales según la etapa productiva (Inicial, crecimiento y finalización) en la que se encontraban las aves según el manual de la empresa genética (Cobb-Vantres, 2018).



Tabla N° 5. Recomendaciones nutricionales de pollos Cobb 500.

		INICIO	CRECI- MIENTO	FINALIZA- DOR 1	FINALIZA- DOR 2*
PERÍODO DE ALIMENTACIÓN		0 - 8	9 - 18	19 - 28	> 29
Proteína cruda	%	21-22	19-20	18-19	17-18
Energía metabolizable	Kcal/kg	2.975	3.025	3.100	3.150
Lisina digestible	%	1,22	1,12	1,02	0,97
Metionina digestible	%	0,46	0,45	0,42	0,40
Met + cis digestible	%	0,91	0,85	0,80	0,76
Triptófano digestible	%	0,20	0,18	0,18	0,17
Treonina digestible	%	0,83	0,73	0,66	0,63
Arginina digestible	%	1,28	1,18	1,07	1,02
Valina digestible	%	0,89	0,85	0,76	0,73
Isoleucina digestible	%	0,77	0,72	0,67	0,64
Calcio	%	0,90	0,84	0,76	0,76
Fósforo disponible	%	0,45	0,42	0,38	0,38
Sodio	%	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23
Cloro	%	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30	0,16-0,30
Ácido linoleico	%	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Cobb-Vantres, (2018)

Debido a la altitud en donde se desarrolló el experimento fue necesaria la aplicación de un programa de restricción de acceso al alimento por horario a partir del tercer día de edad del pollito, con un horario de 06h00 a 20h00 hasta la tercera semana y posteriormente de 7h00 a 18h00 hasta la sexta semana.

Distribución de tratamientos en los corrales

Cada unidad experimental fue asignada de manera aleatorizada según el diseño experimental del DBCA (Tabla N°6).

Tabla N° 6. Distribución de tratamientos en unidades experimentales.

Bloque. I	UE 1 / T3	UE 4 / T2	UE 7 / T1	UE 10 / T3	UE 13 / T2	UE 16 / T1
						UE 17 / T2
Bloque. II	UE 2 / T1	UE 5 / T2	UE 8 / T3	UE 11 / T1	UE 14 / T2	UE 18 / T3
						UE 19 / T1
Bloque. III	UE 3 / T3	UE 6 / T2	UE 9 / T1	UE 12 / T3	UE 15 / T2	UE 20 / T3



5.3. Medición de parámetros productivos y toma de datos:

Peso corporal

Los pollitos fueron pesados en su totalidad desde la recepción y de forma semanal hasta el día 42 de edad; estos datos se registraron en Kilogramos/pollo.

Consumo de alimento semanal

Se registraron los consumos diarios de alimento de cada unidad experimental para al final de cada semana proceder a calcular la cantidad de alimento consumido por cada ave, estos datos fueron tabulados como Kg de alimento por pollo.

Índice de conversión

Se tomó en cuenta el consumo de cada unidad experimental y dividido para la biomasa de cada una, fue calculado de forma acumulada por medio de la fórmula:

$$IC = \frac{\text{Consumo acumulado de alimento (kg)}}{\text{Peso vivo (kg)}}$$

Mortalidad

Se registró la cantidad de aves muertas a lo largo del experimento (semanal y acumulada) en cada unidad experimental y este número se transformó a porcentaje:

$$\text{Mortalidad acumulada} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de aves muertas acumuladas}}{\text{N}^\circ \text{ de aves iniciales}} \times 100$$

Rendimiento a la canal

A los 42 días de edad se sacrificaron 12 aves de cada tratamiento (6 machos y 6 hembras), posterior a las evaluaciones correspondientes se procedió al cálculo de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento en canal} = \frac{\text{Peso de canal caliente}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

Se programó un ayuno de 6 horas antes de la faena, posteriormente se cortó la pechuga para pesarla y expresar dicho resultado en kilogramos y porcentaje del peso total faenado, de igual manera se registró el peso de la grasa abdominal de cada pollo.



$$\text{Rendimiento de pechuga} = \frac{\text{Peso pechuga completa con piel y hueso}}{\text{Peso de canal caliente}} \times 100$$

Pesaje de bazo, hígado y páncreas

Para dicho estudio se sacrificaron 6 aves por tratamiento (3 machos y 3 hembras), a los 7, 21 y 42 días, realizando el pesaje correspondiente de dichos órganos en una balanza analítica.

Estudios séricos

Al igual que las variables anteriores, se fueron capturando 6 aves de cada tratamiento, previo a su sacrificio se obtuvo muestras de sangre a los 7, 21 y 42 días. La toma de muestra a los 7 días fue por punción cardiaca obteniéndose 3 ml de sangre y a los 21 y 42 días por punción en la vena radial del ala un total de 4 ml de sangre. Se utilizaron agujas de insulina y tubos Vacutainer de tapa roja (sin anticoagulante), las muestras fueron transportadas en una conservadora portátil hasta el laboratorio Neolab en donde se realizaron los análisis sanguíneos correspondientes.

Costos de producción

Se realizó el cálculo de costos de producción por kilogramo de pollo vivo para cada unidad experimental, dicho valor sirvió para tener un promedio de cada tratamiento, para las variables de mano de obra, calefacción, depreciación y otros se simuló valores reales de producción por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Costo de Kg de pollo vivo} = \frac{\text{Gastos totales}}{\text{Kg totales producidos}}$$

Considerando que para el cálculo de los costos fijos se tomó en cuenta: pollitos, equipo, calefacción, imprevistos, se tomó en cuenta el total de alimento consumido como costos variables. El costo total de cada uno de los tratamientos se dividió para la totalidad de Kilogramos de pollo vivo producidos.

5.4. Diseño experimental

Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), los datos fueron procesados en Microsoft Excel® y la base de datos final exportada al paquete



estadístico *Statistical Package for the Social Science* versión 22 (IBM SPSS v 22.0). Inicialmente se realizó un análisis de homogeneidad y normalidad de varianzas de los datos con las pruebas de Levene y Shapiro-Wilk respectivamente, posterior a la comprobación de la normalidad de los datos se aplicó un ANOVA y de haber significancia se evaluó las diferencias de medias con la prueba de Duncan ($P < 0,05$).

Al considerarse varias variables de salida, se aplicó un ANOVA como prueba multivariante considerando el DBCA que sigue el siguiente modelo para los 3 tratamientos:

$$\begin{aligned}
 \hat{Y}_{1gj} &= \mu + \alpha_{1g} + \beta_j + \epsilon_{1gj} \\
 \hat{Y}_{2gj} &= \mu + \alpha_{2g} + \beta_j + \epsilon_{2gj} \\
 &\vdots \\
 \hat{Y}_{kgj} &= \mu + \alpha_g + \beta_j + \epsilon_{kgj}
 \end{aligned}$$

Siendo por lo tanto en forma matricial:

$$y_{gj} = \mu + \alpha_g + \beta_j + \epsilon_{gj}$$

En donde:

- Y_{gj} Variable dependiente
- μ Media poblacional (intercepto)
- α_g Efecto del factor de tratamientos
- β_j Efecto del factor de bloqueo
- ϵ_{gj} Error aleatorio



6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Peso corporal

En los datos analizados no existió diferencia estadística ($p>0,05$) en la ganancia de peso de las aves (Tabla N°7), sin embargo, se destaca el peso similar en el T3 (50 Kcal menos de EMA + Liposorb ®) con respecto a T1 (EM completa); resultados similares fueron reportados por Mohammadigheisar, Soo Kim, y Ho Kim, (2018) quienes observaron una mejora en la ganancia de peso en una dieta a la que se redujo la carga energética con el uso de lisolecitina al 0,05 y 0,10% a lo largo del proceso productivo el mismo resultado fue obtenido en trabajos como el de Seon y col., (2020) que hacen uso de lisolecitina como emulsificante y otros como los de Cho, Zhao, y Kim, (2012), que hacen uso de estearoil 2 lactilato como emulsificante de origen sintético la cual no presentó diferencia estadística en la ganancia de peso en una dieta con reducción de 3% de carga energética pese a esto lograron obtener un peso similar frente a una dieta con la carga energética completa ; lo que sugiere que el emulsificante es una herramienta de soporte cuando la energía en la dieta es menor.

Tabla N° 7. Evolución del peso corporal acumulado (Kg) de pollos alimentados con adición de emulsificante.

Tratamiento	Edad (semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Control	0,155	0,387	0,778	1,231	1,896	2,733
Emulsificante on Top	0,156	0,383	0,767	1,226	1,899	2,773
Emulsificante -50 kcal	0,157	0,387	0,778	1,235	1,929	2,785
Sig.	0,717	0,747	0,478	0,847	0,585	0,300
Error E.	0,001	0,002	0,004	0,006	0,014	0,014
D.E.	0,004	0,008	0,016	0,025	0,063	0,061



6.2. Consumo de alimento semanal y acumulado

El efecto sobre el consumo de alimento (Tabla N°8), se vio influyente a partir de la segunda semana y tercera semana ($p < 0,05$), en donde el consumo más bajo fue en el T2 (Control + Liposorb®) con respecto a T3 (50 Kcal menos de EMA + Liposorb®), lo que se puede atribuir a que el emulsificante determina una mayor densidad energética en relación al T1 y T3, lo que automáticamente limita el consumo voluntario de alimento, así lo menciona Baldera y Del Carpio Ramos, (2016) que frente al uso del mismo aditivo Liposorb® se presentó un menor consumo en dietas que contenían el aditivo frente el control pero con la carga energética completa, contradiciendo al resultado de San Tan y col., (2016) que registraron un mayor consumo de alimento en la dieta con polietilenglicol ricinoleato frente al control, sin dudas estas diferencias se deben a que en este último trabajo se utilizó un emulsificante distinto y de manera aislada y sobre otra FCE y muy posiblemente el efecto sobre la densidad energética varió.

Tabla N° 8. Consumo de alimento semanal y acumulado de pollos alimentados con adición de emulsificante.

Consumo Semanal (Kg.)						
Tratamiento	Edad (semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Control	0,125	0,319 ^b	0,548 ^{ab}	0,692	1,033 ^a	1,327 ^a
Emulsificante on Top	0,125	0,312 ^a	0,533 ^a	0,707	1,067 ^{ab}	1,317 ^a
Emulsificante -50 kcal	0,126	0,320 ^b	0,560 ^b	0,713	1,082 ^b	1,374 ^b
Sig.	0,766	0,039	0,051	0,413	0,058	0,031
Error E.	0,001	0,001	0,005	0,006	0,009	0,01
D.E.	0,003	0,006	0,021	0,029	0,039	0,045

Consumo Acumulado (Kg.)						
Tratamiento	Edad (semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Control	0,125	0,443 ^{ab}	0,991 ^{ab}	1,683	2,715 ^a	4,043 ^a
Emulsificante on Top	0,125	0,437 ^a	0,971 ^a	1,678	2,745 ^{ab}	4,062 ^a
Emulsificante -50 kcal	0,126	0,446 ^b	1,006 ^b	1,719	2,802 ^b	4,175 ^b
Sig.	0,766	0,071	0,014	0,139	0,104	0,043
Error E.	0,001	0,002	0,005	0,009	0,017	0,024
D.E.	0,003	0,007	0,024	0,042	0,075	0,109

*a - b. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).



En cuanto a T3 se registró un mayor consumo con respecto a T2 en la segunda y tercera semana del experimento, y mientras que para la última semana el consumo fue mayor frente a T1 y T2, resultado que coincide con el trabajo Siyal, Ezzat Abd El-Hack, y col., (2017), que presentó un mayor consumo en dietas hipocalóricas frente al control con el uso de diferentes concentraciones de un emulsificante sintético, este resultado sugiere que el ave por sus requerimientos energéticos elevados intenta estabilizar su demanda energética con un mayor consumo de alimento. Por otro lado, los resultados obtenidos en este experimento difieren a los resultados de los trabajos realizados por Garcia, Bastos, Krabbe, Silveira de Avila, y Gonçalves, (2019) y Park, Nguyen, y Kim, (2017) los cuales no reportan efecto alguno en el consumo de alimento por acción del emulsificante polietilenglicol ricinoleato y lisolecitina respectivamente frente a una dieta basal.

6.3. Índice de conversión acumulada

Al igual que la variable de peso corporal, la variable de conversión alimenticia no evidencia diferencia significativa (Tabla N°9), lo cual nuevamente resulta en un efecto positivo del emulsificante con relación al tratamiento control, así también lo demuestra Saleh y col., (2020) quienes utilizan el emulsificante Liposorb® en una dieta con una misma cantidad de energía reducida como en la presente investigación y obtuvieron valores similares en el índice de conversión, esta eficiencia puede atribuirse en mayor medida a la lisofosfatidilcolina, y así lo demuestran Papadopoulos y col., (2018) Park, Nguyen, y Kim, (2017) quienes al emplear de manera aislada la lisofosfatidilcolina en dietas hipocalóricas obtuvieron una mayor eficiencia del emulsificante sobre el índice de conversión.

Sin embargo, el tratamiento con valor energético completo más la adición del emulsificante (T2) no presentó un mejor índice de conversión como se esperaba, razón por la cual se le puede atribuir a la mayor cantidad de energía disponible por efecto del emulsificante, pero una escasa capacidad enzimática por parte del páncreas para producir suficiente lipasa pancreática para la debida digestión y aprovechamiento de las grasas disponibles (Siyal, Babazadeh, y col., 2017).



Tabla N° 9. Índice de conversión alimenticia acumulada comercial de pollos alimentados con adición de emulsificante.

Tratamiento	Edad (semanas)					
	1	2	3	4	5	6
Control	0,804	1,174	1,337	1,485	1,606	1,736
Emulsificante on Top	0,798	1,166	1,318	1,523	1,642	1,722
Emulsificante -50 kcal	0,808	1,189	1,367	1,568	1,644	1,761
Sig.	0,683	0,336	0,121	0,165	0,311	0,652
Error E.	0,004	0,006	0,01	0,017	0,011	0,016
D.E.	0,019	0,029	0,045	0,078	0,049	0,075

6.4. Mortalidad semanal y acumulada

La mortalidad semanal y acumulada no tuvo resultados significativamente diferentes entre los tratamientos, los mismos se detallan en la tabla N° 10. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Saleh y col., (2020) quienes no evidenciaron efecto del aditivo Liposorb® sobre la mortalidad, de la misma forma lo demuestran Siyal, Babazadeh, y col., (2017) que no observaron cambios en la mortalidad ni morbilidad en los pollos de engorde al usar emulsificantes en la dieta, su inocuidad radica en su evaluación por parte de la casa comercial que elabora el aditivo, que proporciona el nivel de dosificación en base a la concentración del mismo, y probado su uso en este experimento, es inocuo para su aplicación en la alimentación avícola.



Tabla N° 10. Mortalidad semanal y acumulada de pollos alimentados con adición de emulsificante.

MORTALIDAD SEMANAL (%)				
Tratamiento	Edad (semanas)			
	0-3	4	5	6
Control	0,038	0,038	0,050	0,061
Emulsificante on Top	0,038	0,038	0,057	0,057
Emulsificante -50 kcal	0,038	0,047	0,052	0,071
Sig.	0,998	0,861	0,955	0,870
Error E.	0,006	0,007	0,009	0,011
D.E.	0,031	0,033	0,041	0,049

MORTALIDAD ACUMULADA (%)				
Tratamiento	Edad (semanas)			
	0-3	4	5	6
Control	0,077	0,127	0,188	0,188
Emulsificante on Top	0,076	0,133	0,19	0,19
Emulsificante -50 kcal	0,085	0,138	0,209	0,209
Sig.	0,961	0,985	0,964	0,964
Error E.	0,014	0,022	0,032	0,328
D.E.	0,063	0,102	0,147	0,147

6.5. Peso de vísceras

El peso de las vísceras: hígado, bazo y páncreas fue evaluado a los 7, 21 y 42 días (Tabla N°11), se observa que solamente a los 21 días el tratamiento con reducción de calorías y Liposorb® (T3) se obtuvieron los resultados más relevantes con diferencias estadística claras ($p < 0,05$) registrando un mayor peso de hígado y páncreas, sin embargo, éstos resultados difieren a los obtenidos por Saleh y col., (2020) quienes no observaron efecto del emulsificante Liposorb® sobre el peso del hígado, pero por otra parte el efecto individual de cada uno de los componentes que forman parte de la mezcla de emulsificantes como lo es la lecitina no tuvo ningún efecto sobre el peso de hígado, bazo y páncreas, así lo demuestra Liu, Yoon, y Kim., (2020), de igual forma Zhao y Kim, (2017) reportaron en sus resultados que la lisolectina no causó ningún efecto sobre el peso de hígado, bazo y páncreas.

Por otra parte, el mayor tamaño del páncreas pudo ser influenciado por parte de uno de los componentes como lo es la lisofosfatidilcolina, así lo demuestran Boontiam, Jung, y Kim, (2017), al no observar efecto sobre el peso del bazo pero sí un mayor



peso del páncreas, el cual está relacionado a una mejor acción del órgano promoviendo a la hidrólisis de TAG para una mayor absorción y digestión de lípidos. Del mismo modo, el incremento de peso del hígado puede atribuirse como un efecto positivo con relación a un aumento de su actividad metabólica relacionada con una mayor digestibilidad de las grasas, así lo mencionan Upadhaya y col., (2018) que a través del uso de emulsificantes de origen sintético como esteraroil 2- lactilato generó un aumento de peso en este órgano.

Además, en el T2 a los 21 días existe diferencia estadística ($p < 0,05$) presentando un menor peso del bazo, que teóricamente podría definirse como un posible efecto inmunosupresor, tal resultado es similar a lo obtenido por Upadhaya y col., (2018) quienes mencionan haber obtenido un peso de bazo inferior concluyendo en el mismo efecto, aunque Liu y col., (2020) y Boontiam y col., (2017) determinan que tanto lecitina como lisolecitina no ejercen ningún efecto sobre el peso del bazo, demostrando así que al finalizar el experimento los tres tratamientos no presentaban ninguna diferencia significativa de los pesos de este órgano, descartando la posibilidad de un efecto inmunosupresor por parte del emulsificante.



Tabla N° 11. Peso de hígado, bazo y páncreas a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.

7 Días			
Tratamiento	Páncreas	Hígado	Bazo
Control	0,838	6,753	0,105
Emulsificante on Top	0,77	6,609	0,112
Emulsificante -50 kcal	0,762	6,515	0,107
Sig.	0,348	0,813	0,838
Error E.	0,022	0,146	0,005
D.E.	0,142	0,924	0,033

21 Días			
Tratamiento	Páncreas	Hígado	Bazo
Control	2,626 ^{ab}	23,462 ^{ab}	0,697 ^b
Emulsificante on Top	2,480 ^a	22,904 ^a	0,576 ^a
Emulsificante -50 kcal	2,794 ^b	25,284 ^b	0,700 ^b
Sig.	0,072	0,046	0,033
Error E.	0,058	0,424	0,023
D.E.	0,365	2,68	0,145

42 Días			
Tratamiento	Páncreas	Hígado	Bazo
Control	5,404	53,937	3,189
Emulsificante on Top	5,563	54,73	2,927
Emulsificante -50 kcal	5,755	54,677	2,626
Sig.	0,405	0,941	0,264
Error E.	0,104	0,986	0,138
D.E.	0,656	6,238	0,873

*a – b. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).



6.6. Variables sanguíneas

6.6.1. *Colesterol:*

Las concentraciones de colesterol no se vieron influenciados por el emulsificante a los 7 días (Tabla N°12), sucediendo de igual manera a los 42 días tanto en machos como hembras, pero a los 21 días se observó diferencia estadística ($p < 0,05$), en donde hubo una mayor concentración de colesterol en machos del grupo suplementado con la dieta que poseía una reducción de 50 kcal más el emulsificante (T3) frente al control (T1) y emulsificante on Top (T2) resultado que coincide con el trabajo de Saleh y col., (2020) que reportaron una mejor utilización de la fuente energética en dietas con las mismas características, evidenciándose una notoria actividad del emulsificante al incrementar dichos niveles, puesto que al aumentar la digestión y absorción de ácidos grasos se aumentó con ello la absorción de colesterol del alimento, pues estas dos fracciones son absorbidas en conjunto en el enterocito, a más de eso debe considerarse las concentraciones de lipoproteínas que tienen efecto sobre el nivel de colesterol.

El incremento del colesterol sería atribuible en mayor medida por el efecto del emulsificante de origen sintético (polietilenglicol-ricinoleato) como lo menciona Roy y col., (2010) que obtuvieron hipercolesterolemia bajo diferentes concentraciones del mencionado emulsificante sintético, ya que por otro lado Martínez y col., (2013) mencionan no haber encontrado ningún efecto directo sobre colesterol frente al uso de un emulsificante de origen natural (lisofosfatidilcolina) sobre dietas que contenían cargas energéticas variables.

Tabla N° 12. Niveles de colesterol según el sexo a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.

	Tratamiento	Colesterol 7 días	Colesterol 21 días	Colesterol 42 días
MACHO	Control	145,837	119,530 ^{abc}	135,588
	Emulsificante on Top	140,024	122,163 ^{bc}	136,607
	Emulsificante -50 kcal	142,104	133,413 ^c	140,986
HEMBRA	Control	148,467	122,572 ^{bc}	140,265
	Emulsificante on Top	134.817	101,186 ^a	129,884
	Emulsificante -50 kcal	147,059	111,659 ^{ab}	143,126
	Sig.	0,853	0,023	0,825
	Error E.	0,004	2,953	2,934
	D.E.	20,399	18,677	18,322

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

6.6.2. Triglicéridos:

Los niveles de TAG a los 7 y 21 días (Tabla N° 13) presentan diferencia estadística ($p < 0,05$) tanto en machos como en hembras, en donde mostró una concentración superior en T3, frente a T1 y T2, contradiciendo lo que ocurre en el experimento de Saleh y col., (2020) que mencionan no haber obtenido niveles superiores de triglicéridos administrando una dieta con energía reducida más el emulsificante Liposorb® frente a una dieta basal, pero según lo demostrado por Zhao y Kim., (2017) el efecto sérico de los emulsificantes sería más marcado en etapas tempranas de vida del animal, por la incapacidad del ave joven para digerir grasas, disparándose dichos valores al mejorar la digestión y absorción lipídica, resultados que coinciden con este estudio.

En el tercer muestreo las hembras de T1 mostraron los niveles más altos de triglicéridos ($p < 0,05$) con respecto a T2 y T3, Chauhan y col., (2018) no obtuvieron altos niveles de TAG entre tratamientos que contenían un emulsificante hasta esa edad.

En el presente estudio se observó que conforme avanzaba la edad del ave, los niveles de TAG fueron decrecientes, lo que confirma Roy y col., (2010) y Huang, Yang, y



Wang, (2007), quienes observaron una disminución lineal del mismo a lo largo del crecimiento del ave, esto puede explicarse por la gran demanda energética del ave durante su etapa de crecimiento, principalmente en las primeras semanas de vida, siendo posteriormente sus requerimientos energéticos para mantenimiento de las mismas.

Tabla N° 13. Niveles de triglicéridos según el sexo a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.

	Tratamiento	Triglicéridos 7 días	Triglicéridos 21 días	Triglicéridos 42 días
MACHO	Control	122,960 ^{ab}	50,835 ^a	18,008 ^a
	Emulsificante on Top	117,850 ^{ab}	55,816 ^{ab}	20,478 ^a
	Emulsificante -50 kcal	137,860 ^{abc}	82,387 ^b	15,731 ^a
HEMBRA	Control	95,522 ^a	63,330 ^{ab}	32,538 ^b
	Emulsificante on Top	150,639 ^{bc}	66,036 ^{ab}	20,117 ^a
	Emulsificante -50 kcal	171,137 ^c	85,014 ^b	19,697 ^a
	Sig.	0,008	0,106	0,086
	Error E.	6,623	4,271	1,74
	D.E.	40,827	27,013	10,726

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes (p<0,05).

6.6.3. HDL:

La concentración de HDL a lo largo del experimento fue variable, presentándose diferencia estadística (p<0,05) en T3 a los 21 días (Tabla N°14), en este periodo de tiempo se observaron mayores concentraciones de HDL en los dos sexos, y a los 42 días solo en las hembras, demostrando que hubo un buen efecto sobre la digestión y absorción en una dieta con carga energética reducida más el emulsificante, resultado que se corrobora con el estudio de Saleh y col., (2020) quienes mencionan el mismo efecto frente el uso del emulsificante Liposorb® en una dieta baja en energía.

Chauhan y col., (2018) encontraron los valores más altos de HDL en el tratamiento que contenía un emulsificante (Lipigon: binomial no iónico) frente a una dieta basal y dietas que contenían probióticos, enzimas y una reducción de 3% de energía; por otro lado, Liu y col., (2020) reportan un mayor nivel de HDL en una dieta sin reducción de



energía que contenía emulsificante (Lecitina) frente una dieta basal, demostrando una buena digestión y absorción de lípidos del alimento, este aumento se debe a que el HDL es el encargado de recibir el colesterol de tejidos y lipoproteínas, y como se demostró en este experimento esos analitos se elevaron, consecuentemente el HDL también lo hizo para mantener el equilibrio lípido/proteína y de esta manera mantener la homeostasis.

Tabla N° 14. Niveles de HDL según el sexo a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.

	Tratamiento	HDL 7 días	HDL 21 días	HDL 42 días
MACHO	Control	124,283	125,017 ^{ab}	96,215 ^c
	Emulsificante on Top	115,014	124,057 ^{ab}	79,777 ^{ab}
	Emulsificante -50 kcal	121,286	140,400 ^b	96,727 ^c
HEMBRA	Control	119,250	118,767 ^{ab}	67,065 ^a
	Emulsificante on Top	109,143	103,114 ^a	75,896 ^{ab}
	Emulsificante -50 kcal	114,229	131,525 ^b	84,138 ^{bc}
	Sig.	0,635	0,011	0,001
	Error E.	2,626	3,287	2,568
	D.E.	16,609	19,996	16,038

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes (p<0,05).

6.6.4. VLDL:

Los niveles de VLDL fueron significativos (p<0,05) en T3 a los 7 y 21 días tanto en hembras como en machos (Tabla N° 15) frente a T1 y T2, resultados que no coinciden con el trabajo de Martínez y col., (2013), que no obtuvo cambio alguno en este parámetro con el uso de un emulsificante (Lisofosfolípidos) y dosis crecientes de aceite de palma que es saturado. El VLDL está relacionado directamente con el nivel de la grasa corporal, siendo así evaluado como criterios para la selección positiva o negativa del depósito graso de las líneas magras, según Piotrowska y col., (2011) los niveles de VLDL fueron mayores en etapas tempranas y mantuvo una disminución significativa a mayor edad del ave, resultados que se correlacionan con los obtenidos en esta investigación, los resultados del comportamiento de las lipoproteínas está muy



diversificado o escaso más aún con el uso de aditivos, teóricamente se podría decir que este comportamiento se debe a que en edades tempranas de vida hay mayor movilización de triglicéridos que etapas de finalización y se correlaciona con el nivel de triglicéridos que presentó el mismo comportamiento al disminuir hasta la sexta semana.

No existen muchos estudios que corroboren estos resultados; sin embargo, este ensayo demuestra que T3 (reducción energética + Liposorb®) tuvo efecto directo sobre el nivel de los mismos (VLDL), probando que hubo una buena digestión y absorción de lípidos, sobre todo en la formación micelar, punto clave para la absorción de los ácidos grasos; de igual manera se observó que los niveles de los mismos fueron mayores en las hembras en los dos primeros muestreos, debido a que tiende a engrasar más que el macho.

Los niveles de estos analitos sanguíneos (colesterol, triglicéridos, HDL y VLDL) están relacionados positivamente con la fuente energética, actividad hormonal, la genética y el sexo del pollo de engorde, dando como resultado, gran variabilidad en estos parámetros en varios experimentos como los de Piotrowska y col., (2011) y Upadhaya y col., (2017).



Tabla N° 15. Niveles de VLDL según el sexo a los 7, 21 y 42 días de pollos alimentados con adición de emulsificante.

	Tratamiento	VLDL 7 días	VLDL 21 días	VLDL 42 días
MACHO	Control	19,992 ^a	10,167 ^a	3,600 ^a
	Emulsificante on Top	23,570 ^{ab}	11,164 ^{ab}	3,513 ^a
	Emulsificante -50 kcal	27,573 ^{abc}	16,479 ^b	3,147 ^a
HEMBRA	Control	19,105 ^a	12,665 ^{ab}	6,508 ^b
	Emulsificante on Top	30,126 ^{bc}	13,206 ^{ab}	4,024 ^a
	Emulsificante -50 kcal	34,227 ^c	17,001 ^b	3,939 ^a
	Sig.	0,004	0,106	0,066
	Error E.	1,377	0,854	0,339
	D.E.	8,71	5,403	2,142

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

6.7. Rendimiento a la canal

Para evaluar el parámetro de rendimiento a la canal se consideró como canal eviscerada la que incluye patas y cabeza, mientras que para rendimiento a la canal vacía a la que se excluye menudencias.

Tabla N° 16. Rendimiento a la canal de pollos alimentados con adición de emulsificante.

Tratamiento	Rto. Canal Eviscerada (%)	Rto. Pechuga (%)	Rto. Canal Vacía (%)	Grasa Abdominal (%)
Control	82,017 ^b	29,510 ^c	76,876 ^b	1,246
Emulsificante on Top	80,470 ^a	28,920 ^b	75,735 ^{ab}	1,353
Emulsificante -50 kcal	79,920 ^a	28,307 ^a	74,907 ^a	1,193
Sig.	0,002	0,000	0,007	0,513
Error E.	0,264	0,142	0,260	0,057
D.E.	1,675	0,816	1,646	0,366

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).



Los resultados obtenidos luego de la faena (Tabla N° 16) evidencian diferencia estadística ($p < 0,05$) en rendimiento a la canal eviscerada, rendimiento de pechuga y rendimiento de canal vacía en donde los mejores resultados se observaron en T1 con respecto a T2 y T3, estos datos son similares a los obtenidos por Oliveira y col., (2019) la cual establece que la lecitina de soya produce un efecto negativo en cuanto a la absorción de ácidos grasos a nivel de la superficie del enterocito debido a un efecto retardado de asimilación micelar por su gran tamaño.

Sin embargo, Roy y col., (2010) y Bontempo y col., (2018) determinaron que el uso de polietilenglicol-ricinoleato como emulsionante sintético permitió una mayor absorción de lípidos y a consecuencia de ello repercute en un mayor rendimiento a la canal y pechuga, mientras que, en el trabajo de Martínez y col., (2013) que mediante el uso de lisofosfatidilcolina no evidenciaron ninguna diferencia estadística en el peso de pechuga, rendimiento a la canal, ni grasa abdominal mientras usaba una FCE saturada (aceite de palma), como la que se utilizó en este experimento.

El peso de la grasa abdominal no evidencia diferencias significativas, contrario a los resultados obtenidos por Saleh y col., (2020) quienes demuestran que el uso de Liposorb® debido al mayor aprovechamiento de las grasas generó mayor depósito de grasa abdominal, lo que puede explicarse a que las densidades energéticas y el tipo de FCE utilizadas en las dietas de este ensayo son diferentes a las aplicadas en el experimento actual.

Tabla N° 17. Rendimiento a la canal según el sexo de pollos alimentados con adición de emulsificante.

Tratamiento		Rto. Canal Eviscerada (%)	Rto. Pechuga (%)	Rto. Canal vacía (%)	Grasa abdominal (%)
MACHO	Control	82,502 ^c	29,485 ^c	76,820 ^c	,910 ^a
	Emulsificante Top	80,847 ^{abc}	28,634 ^{ab}	75,896 ^{ab}	1,310 ^b
	Emulsificante kcal -50	80,227 ^{ab}	28,036 ^a	74,904 ^a	,926 ^a
HEMBRA	Control	81,642 ^{bc}	29,548 ^c	76,933 ^c	1,583 ^b
	Emulsificante Top	80,094 ^{ab}	29,278 ^{bc}	75,576 ^{ab}	1,397 ^b
	Emulsificante kcal -50	79,614 ^a	28,579 ^{ab}	74,911 ^a	1,461 ^b
Sig.		0,120	0,002	0,082	0,000
Error E.		0,264	0,142	0,260	0,058
D.E.		1,675	0,816	1,646	0,366

*a – c. Los valores dentro de la misma columna con diferentes superíndices son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Por otra parte, el rendimiento a la canal según el sexo del ave prevalece un mejor rendimiento a la canal eviscerada, rendimiento de pechuga y rendimiento a la canal vacía ($p < 0,05$) en el T1 tal y como se muestra en la (Tabla N°17), pero en el porcentaje de grasa abdominal, las hembras presentan un engrasamiento mayor frente a los machos en los tres tratamientos, este hecho se debe a que fisiológicamente presentan un nivel más elevado de VLDL que los machos, razón por la cual esta lipoproteína es la responsable del depósito de una mayor cantidad de tejido graso conforme lo demostraron Piotrowska y col., (2011).

De acuerdo con Dembow, (2015) el metabolismo lipídico está mediado por varios factores hormonales y de crecimiento, entre estos están insulina, GH, IGF-I, glucagón y hormonas esteroideas, que dependiendo de la situación fisiológica del ave y factores exógenos a la que se somete la producción, aumentarán o disminuirán la absorción, movilización y depósito de grasas en el ave.

6.8. Costos de producción

Los resultados de los costos siguen el planteamiento establecido en la metodología, el cual determina valores promedios de cada unidad experimental para cada tratamiento (Tabla N°17). Según lo obtenido no hubo diferencias, sin embargo, se



destaca que numéricamente el mejor costo de producción es el tratamiento 2 (Control + Liposorb® *on top*).

Tabla N° 18. Costo de alimento y de producción de pollo vivo alimentados con emulsificante.

Tratamiento	Costo/Kg de Alimento (\$)	Costo por Kg de pollo vivo por concepto de alimentación	Costo/Kg de pollo vivo (\$)
Control	0,587	0,920	1,408
Emulsificante on Top	0,591	0,902	1,380
Emulsificante -50 kcal	0,587	0,929	1,416
Sig.	-	0,953	0,967
Error E.	-	0,351	0,057
D.E.	-	0,157	0,255



7. CONCLUSIONES

Se pudo concluir que la suplementación dietética de una mezcla de emulsionantes en dietas bajas en energía exhibió efectos similares sobre parámetros productivos como peso, consumo e índice de conversión frente a una dieta basal, demostrándose el máximo aprovechamiento del aditivo y consecuentemente una mejor utilización de la fuente de energía hasta los 21 días período clave dentro de la etapa de inmadurez digestiva del ave.

No se observaron efectos estadísticamente significativos en cuanto a la mortalidad, garantizando así el uso de este tipo de aditivos tecnológicos dentro de la alimentación avícola.

El aumento del peso de los órganos implicados en la digestión de lípidos como el hígado y el páncreas son un indicativo de una mejor función secretora como un efecto del emulsificante sobre dietas hipocalóricas hasta los 21 días de edad, tal efecto se demostró también con el aumento de parámetros sanguíneos como TAG, HDL, y VLDL en el mismo período de tiempo.

El rendimiento a la canal fue bajo al utilizar el emulsificante, frente a esto, el uso del emulsificante cumple con el fin zootécnico de venta de pollos vivos, justificándose su aplicación, pero su utilización hasta el proceso de faena es cuestionable.

En cuanto a costos de producción no se presentó una mejoría en el redito económico con las dietas que contenían el aditivo frente a la dieta convencional.



8. RECOMENDACIONES

Aplicar nuevas metodologías de investigación para identificar los efectos de este aditivo en las diferentes locaciones climatológicas en las que se desarrolla una producción avícola, de tal manera se pueda asegurar un resultado productivo y económico óptimo.

Desarrollar más investigaciones que contribuirán a un conocimiento más profundo y acertado sobre el efecto de este tipo de aditivos en las diferentes etapas de crecimiento.

Evaluar el efecto del emulsificante en dietas que contengan diferentes fuentes concentradas de energía, permitiendo obtener un costo de alimento más económico que el convencional y de esta manera ser el punto de partida para la utilización de fuentes energéticas más económicas, considerando el costo por kilocalorías.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Allahyari, S., & Jahanian, R. (2016). Effects of dietary fat source and supplemental lysophosphatidylcholine on performance, immune responses, and ileal nutrient digestibility in broilers fed corn/soybean meal- or corn/wheat/soybean meal-based diets. *Poultry Science*, *96*(5), 1149–1158. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pew330>
- Baião, N., & Lara, L. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Scielo*, *7*(3), 129–141. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2005000300001>
- Baldera, V., & Del Carpio Ramos, P. (2016). Suplementación, a través de la dieta de pollos de carne, de un emulsificante -surfactante. *UCV-HACER*, *5*(1), 50–63. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5681735.pdf>
- Bancroft, W. (1913). The Theory of Emulsification. *The Journal of Physical Chemistry*, *17*(6), 501–519. <https://doi.org/https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1021/j150141a002>
- Barroeta, A. (2017). Puntos críticos en la utilización de grasas en la avicultura. *LIV Symposium Científico de Avicultura*, 61–77. Retrieved from https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/18808_puntos criticos.pdf
- Blanch, A., Barroeta, A., Baucells, M., Serrano, X., & Punchal, F. (1996). Utilization of different fats and oils by adult chickens as a source of energy, lipid and fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*, *61*(1–4), 335–342. Retrieved from [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/0377-8401\(95\)00931-0](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/0377-8401(95)00931-0)
- Bontempo, V., Comi, M., & Jiang, X. (2016). The Effects of a Novel Synthetic Emulsifier Product on Growth Performance of Chickens for Fattening and Weaned Piglets. *Animal*, *10*(2), 592–596. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/s1751731115002189>
- Bontempo, V., Comi, M., Jiang, X. R., Rebucci, R., Caprarulo, V., Giromini, C., ... Baldi, A. (2018). Evaluation of a synthetic emulsifier product supplementation on broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, *240*, 157–164. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840117313391>



- Boontiam, W., Jung, B., & Kim, Y. (2017). Effects of lysophospholipid supplementation to lower nutrient diets on growth performance, intestinal morphology, and blood metabolites in broiler chickens. *Poultry Science*, 96(3), 593–601. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119311459>
- Calviño, L., Sánchez, M., & García, D. (2017). Aspectos farmacológicos de la lecitina de soya y sus posibles aplicaciones médicas. *MEDISAN*, 21(1), 83–94. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/san/v21n1/san10211.pdf>
- Campabadal, C. (2010). Uso eficiente de las fuentes de grasa y aceites para la alimentación animal. *II Congreso Nacional de Nutrición*. Retrieved from https://www.ciabcr.com/charlas/NutricionAnimal102010/Uso_Eficiente_de_las_Fuentes_de_Grasa-Carlos_Campabadal.pdf
- Chauhan, S., Sharma, R., Singh, D., Shukla, S., & Palod, J. (2018). Effect of organic mineral mixtures, probiotics, enzymes, emulsifier and liver supplements on serum protein and serum biochemical profile of broilers. *The Pharma Innovation Journal*, 7(12), 155–158. Retrieved from <http://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue12/PartC/7-11-129-938.pdf>
- Cho, J. H., Zhao, P. Y., & Kim, I. H. (2012). 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*, 4(10), 161–168. <https://doi.org/https://doi.org/10.5539/jas.v4n10p161>
- Classen, H. (2013). Respuesta de los broilers a la energía de la dieta y su relación con los aminoácidos. Retrieved May 7, 2020, from Selecciones avícolas website: <https://seleccionesavicolas.com/avicultura/2014/08/respuesta-de-los-broilers-a-la-energia-de-la-dieta-y-su-regulacion-con-los-aminoacidos>
- Cobb-Vantres. (2018). Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde.
- Cobb-Vantres Inc. (2018). Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde.
- Crespo, N., & Esteve-Garcia, E. (2002). Nutrient and fatty acid deposition in broilers



- fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science*, 81(10), 1533–1542.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/ps/81.10.1533>
- Dembow, M. (2015). Gastrointestinal Anatomy and Physiology. In *Sturkie's Avian Physiology* (Sixth edit, pp. 337–361). San Diego: ELSEVIER.
- Denbow, M. (2015). *Sturkie's Avian Physiology*. In *Sturkie's Avian Physiology* (Sixth edit, pp. 337–361). San Diego: Elseiver.
- Emmert, J. L., Garrow, J. L., & Baker, D. H. (1996). Development of an experimental diet for determining bioavailable choline concentration and its application in studies with soybean lecithin. *Journal of Animal Science*, 74(11), 2738–2744.
Retrieved from <https://doi.org/10.2527/1996.74112738x>
- Farma, S., Chao, W., Xiaoli, W., Jintian, H., Mingfa, W., Ezzat Abd El-Hack, M., ... Tian, W. (2017). Growth, Serum Biochemical Indices, Antioxidant Status and Meat Quality of Broiler Chickens Fed Diet Supplemented with Sodium Stearoyl-2 Lactylate. *Pakistan Veterinary Journal*, 37(4), 445–449.
- FEDNA Inc. (2019). Aceites y oleínas de origen vegetal. Retrieved April 26, 2019, from Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal. website: http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-oleinas-de-origen-vegetal
- Fouad, A., & El-Senousey, H. (2014). Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat Deposition in Poultry: A Review. *Asian.Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(7), 1057–1068. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13702>
- Garcia, D., Bastos, T., Krabbe, E., Silveira de Avila, V., & Gonçalves, X. (2019). DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE AOS 28 DIAS DE IDADE SUPLEMENTADOS COM EMULSIFICANTE SINTÉTICO. XXIX CONGRESSO DE INICIACAO CIENTÍFICA. Río Grande del Sur.
- Gomez, M., & Polin, D. (1976). Use of bile salts to improve absorption of tallow in chicks, one to three weeks of age. *Poultry Science*, 55(6), 2186–2195.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.0552189>
- Guerreiro, N., Pezzato, A., Sartori, J., Mori, C., Cruz, V., Fascina, V., ... Goncalvez, J.



- (2011). Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 13(2), 119–125. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2011000200006>
- Hasenhuettl, G. L., & Hartel, R. W. (2008). Synthesis and Commercial Preparation of Food Emulsifiers. In *Food Emulsifiers and Their Applications* (pp. 11–37). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-29187-7_2
- Huang, J., Yang, D., & Wang, T. (2007a). Effects of Replacing Soy-oil with Soy-lecithin on Growth Performance, Nutrient Utilization and Serum Parameters of Broilers Fed Corn-based Diets*. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(12), 1880–1886. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.989.63&rep=rep1&type=pdf>
- Huang, J., Yang, D., & Wang, T. (2007b). Effects of Replacing Soy-oil with Soy-lecithin on Growth Performance, Nutrient Utilisation and Serum Parameters of Broilers Fed Corn-based Diets. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(12), 1880–1886. <https://doi.org/https://doi.org/10.5713/ajas.2007.1880>
- Jiménez, D., Medina, S., & Grácida, J. (2010). PROPIEDADES, APLICACIONES Y PRODUCCIÓN DE BIOTENSOACTIVOS. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 26(1), 65–84. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v26n1/v26n1a6.pdf>
- Kaczmarek, S., Bochenek, M., Samuelsson, A., & Rutkowski, A. (2015). Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, 69(4), 285–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1061722>
- Kussaibati, R., Guillaume, J., & Leclercq, B. (1982). The effects of age, dietary fat and bile salts, and feeding rate on apparent and true metabolisable energy values in chickens. *British Poultry Science*, 23(5), 393–403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00071688208447973>
- Lai, W., Huang, W., Dong, B., Cao, A., Zhang, W., Li, J., ... Zhang, L. (2018). Effects of dietary supplemental bile acids on performance, carcass characteristics, serum



- lipid metabolites and intestinal enzyme activities of broiler chickens. *Poultry Science*, 97(1), 196–202. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119306078>
- Lambabue. (2020). Liposorb. Retrieved October 13, 2020, from <http://lambabue.com.ar/productos/linea-aves/liposorb>
- Liu, X., Yoon, S. B., & Kim, I. H. (2020). Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Profiles, Excreta Microbial Counts, Meat Quality and Organ Weight on Broilers Fed with De-Oiled Lecithin Emulsifier. *Animals*, 10(2), 478. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ani10030478>
- Martínez, Y., Caicedo, J., Roman, B., Chica, J., Liu, G., & Betancur, C. (2013). Growth performance, carcass traits and lipid profile of broiler chicks fed with an exogenous emulsifier and increasing levels of energy provided by palm oil. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(1), 629–633. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/287730144_Growth_performance_carcass_traits_and_lipid_profile_of_broiler_chicks_fed_with_an_exogenous_emulsifier_and_increasing_levels_of_energy_provided_by_palm_oil?enrichId=rgreq-855cc306be980555921e253400f8025a-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NzczMDE0NDtBUzozMjY4NTk4OTMwMzUwMDhAMTQ1NDk0MDg3OTI0OA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Mateos, G., Piquer, J., García, M., & Medel, P. (1995). Utilización de grasas y subproductos lipídicos en dietas para avicultura. *Selecciones Avícolas*, 623–630. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/33161570.pdf>
- Mateos, G., Rebollar, P., & Medel, P. (1996). Utilización de grasas y productos lipídicos en la alimentación animal: grasas puras y mezclas. *FEDNA*, 1–21. Retrieved from <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/08d-Metabolismo-Material-de-lectura-II..pdf>
- Mckee, T., & Mckee, J. R. (2009). Lípidos y membranas. In *Bioquímica: Las bases moleculares de la vida (4a.ed.)* (pp. 371–414). Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com>



- Melegy, T., Khaled, N., El-Bana, R., & Abdellatif, H. (2010). Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler. *African Journal of Agriculture Research*, 5(21), 2886–2892.
- Mohammadigheisar, M., Soo Kim, H., & Ho Kim, I. (2018). Effect of inclusion of lysolecithin or multi-enzyme in low energy diet of broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 1198–1201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1484358>
- Muñoz, J., Alfaro, M. del C., & Zapata, I. (2007). *Avances en la formulación de emulsiones*. Retrieved from <http://alimentos.web.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/57/2016/03/Emulsionantes.pdf>
- Murray, R. K., Bender, D. A., & Botham, K. M. (2013). Lípidos de importancia fisiológica. In *Harper: bioquímica ilustrada* (29th ed., pp. 140–150). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Musa, H., Chen, G., Cheng, J., & Yousif, G. (2007). Relation between Abdominal Fat and Serum Cholesterol, Triglycerides, and Lipoprotein Concentrations in Chicken Breeds. *TURKISH JOURNAL OF VETERINARY AND ANIMAL SCIENCES*, 31(6), 375–379. Retrieved from <http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/abstract.htm?id=9173>
- Navarro, H. A., & Rovers, M. (2015). El uso de un emulsificante nutricional en el aprovechamiento de la grasa y la energía en dietas para pollo de engorde. *Aneca*, 421–427. Retrieved from <https://orffa.com/app/uploads/2016/01/navarro-2015-ei-uso-de-un-emulsificante-nutricional-en-dietas-para-pollo-de-engorde-proc-aneca.pdf>
- Navarro, H., & Rovers, M. (2016). El efecto de un emulsificante nutricional en la eficiencia alimenticia de pollos alimentados con dietas conteniendo dos diferentes composiciones de grasa. Retrieved from Ergomix website: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-emulsificante-nutricional-eficiencia-t33068.htm>
- Oliveira, L., Balbino, E. M., Silva, T. M., Ily, L., Da Rocha, T., Strada, E. S., ... Brito, J. A. (2019). Use of emulsifier and lipase in feeds for broiler chickens. *Ciências*



Agrárias, Lo, 40(6), 3181–3196. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3181>

Orduña, H., Salinas, J., Montaña, M., Rodríguez, F., Marínquez, O., Vázquez, M. de la L., & Yado, R. (2016). Efecto de la sustitución de grasa de fritura por aceite vegetal y concentración energética en dietas para la producción de pollos de engorde. *CienciaUAT, 10(2), 44–51*. Retrieved from <https://nutricionanimal.info/eficacia-de-la-energia-de-aceites-y-grasas-en-dietas-de-aves/>

Orozco, R., Meleán, R., & Rodríguez, G. (2004). Costos de producción en la cria de pollos de engorde. *Revista Venezolana de Gerencia, 9(28), 1–27*.

Osorio, H., & Flórez, J. (2011). Diferencias bioquímicas y fisiológicas en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. *Biosalud, 10(1), 88–98*. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v10n1/v10n1a08.pdf>

Papadopoulos, A., Poutahidis, T., Chalvatz, S., Dibenedetto, M., Hardas, A., Tsiouris, V., ... Fortomaris, P. (2018). Effects of lysolecithin supplementation in low energy diets on growth performance, nutrient digestibility, viscosity and intestinal morphology of broilers. *British Poultry Science, 59(2), 232–239*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1423676>

Park, J., Nguyen, D., & Kim, I. (2017). Effects of Exogenous Lysolecithin Emulsifier Supplementation on the Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Blood Lipid Profiles of Broiler Chickens. *The Journal of Poultry Science, 55(3), 190–194*. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170100>

Piotrowska, A., Burlikowska, K., & Szymeczko, R. (2011). Changes in Blood Chemistry in Broiler Chickens during the Fattening Period. *Folia Biologica, 59(5), 183–187*. Retrieved from <https://www.ingentaconnect.com/content/isez/fb/2011/00000059/f0020003/art00016>

Pooja, G. (2019). Fat metabolism: can improve poultry performance. Retrieved April 19, 2020, from Engormix website: <https://en.engormix.com/poultry-industry/articles/fat-metabolism-can-improve-t43116.htm>



- Ravindran, V., Tanchaoenrat, P., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2016a). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 1–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012>
- Ravindran, V., Tanchaoenrat, P., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2016b). Fats in poultry nutrition: Digestive Physiology and factors influencing their utilization. *ScienceDirect*, 213, 1–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.012>
- Rodriguez, C., Waxman, S., & Burneo, J. (2017). Particularidades anatómicas, fisiológicas y etológicas con repercusión terapéutica, en medicina aviar (II): aparato digestivo, aparato cardiovascular, sistema músculo-esquelético, tegumento y otras características.
- Rodriguez, R., Tres, A., Sala, R., Garcés, C., Guardiola, F., Gasa, J., & Barroeta, A. (2019). Effects of dietary free fatty-acid content and saturation degree on lipid-class composition and fatty-acid digestibility along the gastrointestinal tract in broiler starter chickens. *Poultry Science*, 98(10), 4929–4941. Retrieved from www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119480139
- Rovers, M., & Excentials, O. (2014). Saving energy and feed costs with nutritional emulsifier. *International Poultry Production*, 22(4), 7–8. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/f00d/4e2798045dd7e40dd6885071127a136fead4.pdf>
- Roy, A., Haldar, S., Mondal, S., & Ghosh, T. (2010). Effects of Supplemental Exogenous Emulsifier on Performance, Nutrient Metabolism, and Serum Lipid Profile in Broiler Chickens. *Veterinary Medicine International*, 2010. <https://doi.org/10.4061/2010/262604>
- Saleh, A. A., Amber, K. A., Mousa, M. M., Nada, A. L., Awad, W., Dawood, M. A., ... Abdel-Daim, M. M. (2020). A Mixture of Exogenous Emulsifiers Increased the Acceptance of Broilers to Low Energy Diets: Growth Performance, Blood Chemistry, and Fatty Acids Traits. *Animals*, 10(3), 437. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/ani10030437>



- Saleh, A., Mousa, M., Awad, W., & Amber, K. (2016). Influence of Liposorb supplementation on the growth performance, digestibility and blood parameters in broiler chickens. *Influence of Liposorb Supplementation on the Growth Performance, Digestibility and Blood Parameters in Broiler Chickens*. Hurghada.
- San Tan, H., Zulkifli, I., Soleimani, A., Meng Goh, Y., Croes, E., Karmakar, S., & Kiat Tee, A. (2016). Effect of Exogenous Emulsifier on Growth Performance, Fat Digestibility, Apparent Metabolisable Energy in Broiler Chickens. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*, 4(1), 7–10. Retrieved from <https://journal.hibiscuspublisher.com/index.php/JOBIMB/article/view/281/320>
- Sato, K., Suzuki, K., & Akiba, Y. (2009). Characterization of chicken portomicron remnant and very low density lipoprotein remnant. *Japan Poultry Science Association*, 49(1), 35–39. <https://doi.org/10.2141/jpsa.46.35>
- Saunders, D. R., & Sillery, J. (1976). Lecithin inhibits fatty acid and bile salt absorption from rat small intestine in vivo. *Lipids*, 11(12), 830–832. <https://doi.org/10.1007/BF02532987>
- Seon, A. J., Dae, L. S., Hyun, K. K., Mi, K. G., Ah, C. E., Heon, K. T., ... Ho, C. J. (2020). Effects of exogenous emulsifier supplementation on growth performance, energy digestibility, and meat quality in broilers. *Journal of Animal Science and Technology*, 62(1), 43–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.1.43>
- Serpunja, S., & Kim, I. (2018). The effect of sodium stearoyl-2-lactylate (80%) and tween 20 (20%) supplementation in low-energy density diets on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, relative organ weight, serum lipid profiles, and excreta microbiota in broilers. *Poultry Science*, 98(1), 269–275. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pey342>
- Shang, H. M., Zhao, J. C., Guo, Y., Zhang, H. X., & Song, H. (2020). Effects of supplementing feed with fermentation concentrate of *Heridium caput-medusae* (Bull.:Fr.) Pers. on cholesterol deposition in broiler chickens. *Livestock Science*, 235. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104009>



- Siyal, F., Babazadeh, D., Wang, C., Arain, M., Saeed, M., Ayasan, T., ... Wang, T. (2017). Emulsifiers in the poultry industry. *World's Poultry Science Journal*, 73(3), 611–620. <https://doi.org/https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1017/S0043933917000502>
- Siyal, F., Ezzat Abd El-Hack, M., Alagawany, M., Wang, C., Wan, X., He, J., ... Dhama, K. (2017). Effect of soy lecithin on growth performance, nutrient digestibility and hepatic antioxidant parameters of broiler chickens. *International Journal of Pharmacology*, 13(4), 396–402. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3923/ijp.2017.396.402>
- Skřivan, M., Marounek, M., Englmaierová, M., Čermák, L., Vlčková, J., & Skřivanová, E. (2018). Effect of dietary fat type on intestinal digestibility of fatty acids, fatty acid profiles of breast meat and abdominal fat, and mRNA expression of lipid-related genes in broiler chickens. *PLOS ONE*, 4(13), 1–11. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196035>
- Smink, W., Gerrits, W., Hovenier, R., Geelen, M., Lobee, H., Verstegen, M., & Beynen, A. (2008). Fatty Acid Digestion and Deposition in Broiler Chickens Fed Diets Containing Either Native or Randomized Palm Oil. *Poultry Science*, 87(3), 506–513. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2007-00354>
- Smink, W., Gerrits, W., Hovenier, R., Geelen, M., Verstegen, M., & Beynen, A. (2010). Effect of dietary fat sources on fatty acid deposition and lipid metabolism in broiler chickens. *Poultry Science*, 89(11), 2432–2440. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps.2010-00665>
- Soares, M., & Lopez-Bote, C. (2002). Effects of dietary lecithin and fat unsaturation on nutrient utilisation in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 95(3–4), 169–177. Retrieved from [https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/S0377-8401\(01\)00324-8](https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/S0377-8401(01)00324-8)
- Sousa, D. ., Oliveira, N. L., Barros, L., & Campos, G. (2015). Sistema digestório das aves e o glicerol na dieta de frangos de corte: Revisao. *PUBVET*, 9(1982–1263), 369–380. Retrieved from <http://www.pubvet.com.br/artigo/444/sistema-digestoacuterio-das-aves-e-o-glicerol-na-dieta-de-frangos-de-cortenbsprevisatildeo>



- Sujka, E., Tellez, S., Lopez, I., & Callejo, A. (2018). Efecto de la inclusión del emulsionante Digest Fast en dietas de monogástricos. Retrieved April 19, 2020, from Engormix website: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-inclusion-emulsionante-digest-t41922.htm>
- Teijón, J., & Blanco, M. (2017). Lípidos. Ácido grasos. Acilgliceroles. In *Fundamentos de bioquímica estructural (Tercera edición (Tercera ed, pp. 409–425)*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliodgbsp/detail.action?docID=5513802>.
- Téllez, S., Sujka, E., Lopez, I., & Callejo, A. (2016). *Uso de emulsionante nutricional en dietas de broilers: efectos en los parametros productivos*. Retrieved from [http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/10671_28 - uso de un emulsionante nutricional en dietas de broiles_ efecto en los parámetros productivos.pdf](http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/10671_28_-_uso_de_un_emulsionante_nutricional_en_dietas_de_broiles_efecto_en_los_parametros_productivos.pdf)
- Torres, J., & Durán, S. (2015). Fosfolípidos: Propiedades y efectos sobre la salud. *Nutr Hosp*, 31(1), 76–83. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7961>
- Upadhaya, S. D., Park, J. W., Park, J. H., & Kim, I. H. (2017). Efficacy of 1,3-diacylglycerol as a fat emulsifier in low-density diet for broilers. *Poultry Science*, 96(6), 1672–1678. <https://doi.org/https://doi.org/10.3382/ps/pew425>
- Upadhaya, S. D., Seong Lee, J., Jung., K. J., & Kim, I. H. (2018). Influence of emulsifier blends having different hydrophilic-lipophilic balance value on growth performance, nutrient digestibility, serum lipid profiles, and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 97(1), 255–261. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119306145>
- Vieira dos Santos, L. (2008). *Emulsificantes – modo de ação e utilização nos alimentos*. Retrieved from <http://quimicadealimentos.files.wordpress.com/2009/08/emulsificantes-e28093-modo-de-acao-e-utilizacao-nos-alimentos.pdf>
- Villarrasa, E., Bayés García, L., Calvet, T., & Barroeta, A. (2012). Factores que intervienen en la digestión y absorción de acietes ácidos esterificados de palma en la ración de pollos de carne. Retrieved May 8, 2020, from Wpsa-Aeca website: https://www.wpsa-aeca.es/articulo.php?id_articulo=3038



- Wealleans, A. L., Jansen, M., & Benedetto, M. (2020). The addition of lysolecithin to broiler diets improves growth performance across fat levels and sources: a meta-analysis of 33 trials. *British Poultry Science*, 61(1), 51–56. <https://doi.org/https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1080/00071668.2019.1671955>
- Yin, J., Min Yun, H., & Ho Kim, I. (2018). Effects of supplemental glycerol polyethylene glycol ricinoleate in different energy density diets on the growth performance, blood profiles, nutrient utilization, and excreta gas emission of broilers: focus on dietary glycerol polyethylene glycol ricinol. *Korean Journal of Agricultural Science*, 45(2), 219–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.7744/kjoas.20180006>
- Zhang, B., Haitao, L., Zhao, D., Guo, Y., & Barri, A. (2011). Effect of fat type and lysophosphatidylcholine addition to broiler diets on performance, apparent digestibility of fatty acids, and apparent metabolizable energy content. *Animal Feed Science and Technology*, 163(2–4), 177–184. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840110003378>
- Zhao, P. Y., & Kim., I. H. (2017). Effect of diets with different energy and lysophospholipids levels on performance, nutrient metabolism, and body composition in broilers. *Poultry Science*, 96(5), 1341–1347. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119313069>



10. ANEXOS

Anexo N° 1. Ficha técnica del emulsificante Liposorb®.

LIPOSORB (P)

COMPOSITION

Lysophosphatidylcholine	1.8 %
Phosphatidyl choline	0.1 %
Polyethylene Glycol Ricinoleate	10.0 %

CAUTION

Keep the product in cool and dry place, away from heat, free from rodents and other invaders.

MANUFACTURED BY

POLCHEM HYGIENE LABORATORIES PVT LTD

BACKGROUND

Use of fat & oil has become important in animal feed industry because it helps in achieving high energy in the feed. This also helps in the betterment of FCR & enhanced productivity in animals. The process of fat digestion in birds mainly takes place in the intestine by means of emulsification. Emulsification is possible due to secretion of bile which acts as a biosurfactant. Bile secretion contains bile salts, cholesterol & phospholipids. Lecithin (phospholipids) is synthesized in the Liver (endogenous) & is also available from the feed sources. Lecithin is a bio surfactant & is both water & fat soluble. It forms the micelles of fat globules in the lumen of the intestine & forms a thin film around them. This surfactant property is mainly responsible for the action of Lipase on the fat. Thus lecithin is a suitable biosurfactant & emulsifier. Like lecithin, the Lysolecithin is also present in the nature. It is essential structure of all the living cells. Lysolecithin is converted from lecithin by enzymatic action in the laboratory.

Lysolecithin acts as a membrane fluidity modulator. This results in very rapid absorption of nutrients in an astonishing way. Just as lecithin forms the "micelles", the Lysolecithin forms the liposomes. These liposomes create microscopic envelopes that can be filled with useful substrates. Liposomes are far better absorbed than micelles. Lysolecithin is also a superior biosurfactant than lecithin due to its size, shape & electric charge. It is estimated that Lysolecithin is at least 7 to 9 times better efficient emulsifier than lecithin.

A special castor oil based nutritional emulsifier named as Polyethylene Glycol Ricinoleate (PEGR) has been added to Liposorb. PEGR being hydrophilic in nature quickly dissolves in the water around oil droplets and reduces surface tension thereby resulting into more efficient and long lasting emulsification of oil in water. The extra addition of fat will go waste if adequate bio-surfactants are not provided to aid its digestion. Since the endogenous source of bio-emulsifiers (like bile salts) is limited, there is a need to supply the exogenous source of

bio-surfactants from the feed. There are three sources of the bio-surfactants, the lecithin, the lysolecithin and PEGR

ECONOMICS

Trial experiments prove that by using 500 gram per ton of the Liposorb powder in broiler diets, Extra ME of 80 Kcal/Kg of feed is gained. Feed miller can balance this extra ME by reducing partially fat content in the diet. Results shows that if dietary ME was reduced by 2.7% then the feeding economic could be improved further with added Liposorb. It was stated that addition of Liposorb in diet helped the birds to sustain growth rate at par with that of the control group despite reduction of dietary ME. Poultry

DOSAGE

Animal	Mixing rate
Broiler	500 gm / Ton of Feed
Layer / Breeder / Chick	200 gm / Ton of Feed
Swine	500 gm – 2 kg / Ton of Feed
Fish	1-2 Kg / Ton of Feed
Duck	500 gm / Ton of Feed

MATRIX VALUE (Least Cost broiler & layer feed formulation)

Nutrient	Matrix Value	Availability per kg of layer feed		Availability per kg of Broiler feed	
		Layer	Broiler	Layer	Broiler
CP	120	24 g	120	60	
ME	160	32 Kcal	160	65 Kcal	

¹ Based on 500g Liposorb per Metric ton of feed in broilers and 200g per metric ton of feed in layers.

DIGESTIBILITY OF OIL WITH & WITHOUT LIPOSORB IN BROILER FEED

Types of Oil	Age in weeks	Without Liposorb %	With Liposorb	% Improvement
Fish Oil (2.5% in Feed)	5	52	68	30.76
	4	63.1	72.3	14.6
Soya Oil (3% in feed)	6	71.7	78	8.8
	7	78.3	86.7	10.7
	2	55	69.2	25.8
RBO (2.5% in feed)	3	60	68.8	14.7
	6	68	74.1	9.00
Tallow + RBO 4% (2+2 in feed)	6	64	74	15.6
Palm oil (3% in feed)	3	55	70	27.00



ATTENTION
DINESH KR. SINGH
 Exec. Secretary/
 Member of Indian Trade and Industry
 DELHI



Cont.....2/2



LIPOSORB (P)

TECHNICAL DATA SHEET

Polchem Hygiene Laboratories Pvt Ltd.

Factory: S. No 79/2/2, Ambervet, Tal Mulshi Dist. Pune – 411042 (India) Tel: +91 20 25439858.

The Most Unique Emulsifier Combination

Liposorb powder is an endogenous fat emulsifier who emulsifies different types of fat synergistically with animal bile salts in gut. Bile salts production by the liver is often deficient compromising fat and total feed digestibility. More over modern animal feed diet is rich in fat content. Liposorb powder with its emulsification process improves the fat digestibility.

BENEFITS

- Improve emulsification & digestion of fat. Enhance the mixing of fatty (feed) molecules into the watery environment of the gut, which leads to the increase surface area for lipase digestion
- Better performance
- Reduce feed cost by giving extra ME / Kg of Animal feed
- Better absorption of fat soluble vitamins.
- Lower critical micelle concentration

PROPERTIES

Colour	:	Off white to buff clear
Appearance	:	Free Flowing powder
pH (1% Solution)	:	7.5 – 9.5
Bulk density	:	0.55 – 0.75
Moisture	:	Max 5%

MODE OF ACTION

Liposorb powder along with natural emulsifiers like bile salts available in gut, enhance the mixing of fat (feed) molecule into the watery environment of the intestinal contents. Liposorb lowers the surface tension which allow bigger fat droplet to be broken down into fine particles. This increases the surface of fat particles, thereby expanding the target area of the lipolytic enzyme lipase. A fat molecule (triglyceride) is composed of a molecule glycerol in which each of the three carbons is linked to a fatty acid. Triglycerides are enzymatically digested by lipase into a monoglyceride and two free fatty acids. In this way, fat digestion by lipase activity is enhanced. Most of the fatty acids derived after lipase hydrolysis are insoluble. For further transport into intestinal villi through the aqueous environment of the intestinal tract, solubilization of these lipolytic products is required. This is established through the process of micelle formation. For formation of micelle a minimum amount of surfactant is needed. Liposorb lowers the critical micelle concentration which enhances fatty acid absorption.

PERFORMANCE

Table 1: Broiler Body weight and FCR at 35 day of age

Attribute	Dietary treatments		SEM	P
	Control	Control + Liposorb		
Live weight g	1730	1755	7.45	0.068
Live weight gain g	1687.8 a	1712.7 a	7.45	0.05
Feed intake g	2543.3	2556.8	9.55	0.55
FCR	1.507	1.493	0.007	0.066



7315

ATTESTED

DINESH Kr. SINGH
Exec. Secretary/
Member of Indian Trade and Industry

DELM



Cont.....1/2



Anexo N° 2. Formato de registro de peso semanal.

REGISTRO SEMANAL DE PESO VIVO							
Tesis Liposorb - Garzón & Calle							
FECHA	viernes, 20 de diciembre de 2019						
HORA DE INICIO	06H00	HORA DE FINALIZACIÓN	07H00				
SEMANA	Primera						
TRAT	REP	# DE POLLITOS (que deberían estar)	# DE POLLITOS (verificación en el pesaje)	PESO GAVETA VACÍA	PESO BRUTO (gaveta+pol los vivos)	BIOMASA NETA	PROMEDIO POR POLLO
Tratamiento 1	1	30	30	4046	8760	4714	157.133
	2	30	30	4093	8900	4807	160.233
	3	30	30	4093	8730	4637	154.567
	4	30	30	4093	8790	4751	158.367
	5	30	30	4010	8560	4550	151.667
	6	30	30	2979	7460	4481	149.367
Tratamiento 2	1	30	30	4046	8528	4482	149.400
	2	30	30	4093	9056	4963	165.433
	3	30	30	2979	7684	4705	156.833
	4	30	30	4039	8699	4660	155.333
	5	30	29	4010	8643	4633	159.759
	6	30	30	4093	9783	5690	189.667
	7	30	30	2979	7680	4701	156.700
Tratamiento 3	1	30	29	4046	8560	4514	150.467
	2	30	30	4093	8890	4797	159.900
	3	30	30	4093	8740	4647	154.900
	4	30	29	2979	7500	4521	155.897
	5	30	30	4010	8810	4800	160.000
	6	30	30	4039	8711	4672	155.733
	7	30	29	4039	8604	4565	157.414
OBSERVACIONES EN EL PESAJE							



Anexo N° 3. Protocolo de pesaje semanal de los pollos, registros y balanza utilizada en el mismo.





Anexo N° 4. *Pesaje de comederos para registro de consumos utilizados en el proyecto.*





Anexo N° 5. Registro de servicio de alimento.

REGISTRO DIARIO DE SERVICIO DE ALIMENTO							
Tesis Liposorb - Garzón & Calle							
FECHA		domingo, 1 de diciembre de 2019					
TRAT	REP	# DE POLLITOS (que deberían estar)	# DE POLLITOS (verificación 2 veces por semana o siempre que haya mortalidad)	PESO COMEDOR VACÍO DE CADA UE	CANTIDAD DE ALIMENTO SERVIDA (fecha de registro)	PESO DE ALIMENTO SOBRANTE	CONSUMO NETO DIARIO POR UE
TRATAMIENTO 1	1	30	30	580	700	530	170
	2	30	30	580	700	550	150
	3	30	30	570	700	530	170
	4	30	30	620	700	520	180
	5	30	30	730	700	525	175
	6	30	30	620	700	500	200
TRATAMIENTO 2	1	30	30	610	700	540	160
	2	30	30	710	700	520	180
	3	30	30	590	700	520	180
	4	30	30	570	700	530	170
	5	30	30	600	700	490	210
	6	30	30	560	700	490	210
	7	30	30	640	700	530	170
TRATAMIENTO 3	1	30	30	630	700	530	170
	2	30	30	590	700	500	200
	3	30	30	580	700	510	190
	4	30	30	570	700	540	160
	5	30	30	560	700	520	180
	6	30	30	590	700	500	200
	7	30	30	650	700	500	200
OBSERVACIONES EN EL SERVICIO DE ALIMENTO							

Anexo N° 6. Protocolo de sacrificio, toma de muestras sanguíneas, extracción y pesaje de órganos.





Anexo N° 7. Formato del registro de peso de órganos

REGISTRO DE PESO DE VÍSCERAS										
Tesis Liposorb - Garzón & Calle										
FECHA: 10 /01/20		TERCER MUESTREO								
MACHO						HEMBRA				
TRAT	REP	PESO VIVO (Kg)	PÁNCREAS (gr)	HÍGADO (gr)	BAZO (gr)	REP	PESO VIVO (Kg)	PÁNCREAS (gr)	HÍGADO (gr)	BAZO (gr)
TRATAMIENTO 1	1	3,070	5,573	53,694	2,216	1	2,840	5,241	53,728	2,884
	2	3,120	4,807	57,750	3,802	2	2,450	4,914	43,342	2,857
	3	3,080	5,163	57,485	6,180	3	2,540	5,466	57,042	2,600
	4	2,710	6,702	50,456	3,837	4	2,510	4,634	48,537	4,071
	5	2,870	5,700	57,118	3,063	5	2,900	5,055	61,265	1,622
	6	3,060	6,052	54,720	2,183	6	2,790	5,543	52,109	2,955
TRATAMIENTO 2	1	2,840	5,735	52,868	3,355	1	2,610	4,289	39,350	1,693
	2	3,094	5,940	62,181	2,340	2	2,584	5,807	43,902	3,013
	3	2,974	6,886	52,605	2,238	3	2,800	5,306	54,071	2,288
	4	3,251	5,560	56,783	3,358	4	2,470	4,665	49,865	2,774
	5	3,320	5,541	59,060	3,118	5	2,770	4,924	56,554	3,201
	6	3,315	6,716	65,589	4,300	6	2,716	4,943	48,941	3,054
	7	3,220	6,328	73,749	3,963	7	2,634	5,248	50,706	2,280
TRATAMIENTO 3	1	3,070	4,705	58,007	3,860	1	2,670	5,357	52,920	1,544
	2	2,950	5,789	56,856	2,029	2	2,560	5,521	48,642	1,866
	3	3,250	6,102	58,178	3,002	3	2,606	5,165	46,193	3,335
	4	3,028	5,331	53,150	2,802	4	2,736	5,432	59,852	3,243
	5	3,488	7,220	59,570	2,200	5	2,665	6,182	56,157	2,900
	6	3,255	6,558	56,302	2,294	6	2,684	5,803	47,244	2,086
	7	3,168	5,646	56,568	2,632	7	2,807	5,752	55,832	2,970
OBSERVACIONES EN EL PESAJE										



Anexo N° 8. Formato del registro de mortalidad

REGISTRO DIARIO DE MORTALIDAD - TRATAMIENTO 3															
Tesis Liposorb - Garzón & Calle															
SEMANA N° 4															
REP	vie/20/dic			sáb/21/dic			dom/22/dic			lun/23/dic			mar/24/dic		
	N°	Peso total, Kg	Causa (separar con coma cada muerto)	N°	Peso total, Kg	Causa (separar con coma cada muerto)	N°	Peso total, Kg	Causa (separar con coma cada muerto)	N°	Peso total, Kg	Causa (separar con coma cada muerto)	N°	Peso total, Kg	Causa (separar con coma cada muerto)
1															
2															
3							1	0.840	ASCITIS						
4										1	0.808	E. R.			

Anexo N° 9. Faena, extracción y pesaje de órganos para el registro





Anexo N° 10. Formato del registro de rendimiento a la canal

Tesis Liposorb - Garzón & Calle							
FECHA		viernes, 10 de enero de 2020					
RENDIMIENTO A LA CANAL							
TRAT	#	SEXO	Peso vivo (previo a faena) (Kg)	Grasa Abdominal (Kg)	Pesaje a la canal eviscerada (Con Cabeza + patas) (Kg)	Peso de Pechuga (Kg)	Peso a la canal (Sin patas ni cabeza) (Kg)
Tratamiento 2	1	Macho	2,84	0,036	2,311	0,827	1,347
	2	Macho	3,094	0,042	2,51	0,93	1,427
	3	Macho	2,974	0,059	2,294	0,844	1,307
	4	Macho	3,251	0,045	2,673	1,05	1,462
	5	Macho	3,32	0,039	2,678	0,921	1,584
	6	Macho	3,315	0,044	2,678	0,949	1,554
	7	Macho	3,22	0,022	2,661	1,046	1,465
	1	Hembra	2,61	0,039	2,103	0,784	1,197
	2	Hembra	2,584	0,031	2,063	0,747	1,198
	3	Hembra	2,8	0,034	2,272	0,834	1,316
	4	Hembra	2,47	0,06	1,96	0,714	1,132
	5	Hembra	2,77	0,033	2,252	0,853	1,278
	6	Hembra	2,716	0,042	2,16	0,841	1,202
	7	Hembra	2,634	0,038	2,079	0,777	1,177
OBSERVACIONES EN EL PESAJE							



Anexo N° 11. Ejemplo de resultado correspondiente a colesterol, HDL, VLDL y triglicéridos.

7 días de edad:

	INMUNOLOGIA - HEMATOLOGIA		
	Dr. César Gallegos S.	Laboratorista Clínico	
	Dr. Nardo Vivar Idrovo	Hematología Clínica	
<small>Dir.: Av. El Paraíso 1-102 (Frente al Hospital Regional) Telefax: 4096616 Telf.: 4096525 Domic.: 4037082 E-mail: neolab_cue@hotmail.com Dr. César Gallegos Cel.: 0998810717 Dr. Nardo Vivar Cel.: 0998899634</small>			
			FECHA: 20/12/2019 0:00:00
MÉDICO SOLICITANTE:			
PACIENTE:	TRATAMIENTO 1 MACHO 1		
EDAD:	0	Tipo:	
MUESTRA:	1	PEDIDO:	64
RESULTADOS DE EXÁMENES			
		UNIDAD	VALOR REFERENCIAL
QUÍMICA SANGUÍNEA			
Colesterol	137,17	mg/dl	Hasta 200
Triglicéridos	53,86	mg/dl	Hasta 200
HDL Colesterol	121,1	mg/dl	> 35,0
VLDL	10,77	mg/dl	Hasta 30
			
Validado por:	Lcda. Lorena Naranjo.		