



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PARED CELULAR DE
LEVADURA (PCL) DE *Saccharomyces cerevisiae* SOBRE LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN DE LA PIEL,
AL UTILIZARLOS EN EL ALIMENTO COMERCIAL DE POLLO DE
ENGORDA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

GERARDO RIVERA SORIANO

ASESOR: JUAN OMAR HERNÁNDEZ RAMÍREZ

COASESOR: ERNESTO MARÍN FLAMAND

COASESOR: JUAN CARLOS DEL RÍO GARCÍA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A Dios por permitirme aprender y disfrutar de mi carrera, la cual considero excepcional y única en el mundo. Este paso es importante para mí y es la motivación de un constante trabajo, actualizaciones profesionales y personales que el gremio, la sociedad y el mundo en general me demandan para aportar bienestar y desarrollo.

A mi mamá por estar conmigo en todo momento, no importando la adversidad que se presente. Me has acompañado desde siempre y estoy infinitamente agradecido contigo, cuentas conmigo siempre, sin que la distancia afecte las raíces que me procuraste y mostraste en todo este camino recorrido.

A mi hermana que pese a las diferencias que hemos tenido, sabemos que contamos el uno con el otro para superar contratiempos y disfrutar el hecho de ser amigos y hermanos, sin ti no habría salido avante en muchas ocasiones, siempre estaré a tu lado.

A mi papá, gracias a todo lo que me enseñó de pequeño soy en parte lo que soy. Nunca dejemos de aprender. Los detalles hacen la diferencia y eso sucedió cuando me mostrabas los sucesos del día a día, que por más que parecieran minúsculos, eran importantes para valorar y disfrutar de la vida.

A mis abuelos, tíos, primos, sobrinos y amigos por alentarme constantemente. Gracias a su sabiduría es que puedo discernir entre lo que me nutre y lo que no me hace crecer, mostrándome que mis pies deben de guiarme al lugar correcto siempre.

“CUANTO MAYOR DIFICULTAD, MAYOR ES LA GLORIA” **CICERÓN**

AGRADECIMIENTOS

A mi querida *Alma mater* la **Universidad Nacional Autónoma de México** y a la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán** por abrirme las puertas y permitir que fuera parte de ti con pasión, trabajo y aprendizaje en esta excelente carrera, no será la primera ni la última vez que escriba una dedicatoria para ti. ¡MUCHAS GRACIAS!

A todos y cada uno de mis profesores y amigos de la carrera que me han forjado y siempre hacen que me cuestione acerca del constante aprendizaje, exhortándome a superarme. Son todos y cada uno importantes en mi vida. Los que se han ido físicamente se han quedado en mi mente y corazón mediante sus enseñanzas en el día a día de mi vida profesional y personal.

A mi asesor el Maestro Omar Hernández por abrir la opción de participar en este proyecto; por la paciencia, dedicación y amistad que me brindó en el durante la realización de mi tesis, desde la parte experimental hasta el término del trabajo escrito.

Al Dr. Juan Carlos Del Río por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis con el tema en cuestión, así como brindarme una vez más sus enseñanzas y ser un gran amigo en todo momento.

A mi coasesor y amigo Ernesto Marín, ya que con su apoyo logré aprender más y a ver las cosas de una manera más fácil y práctica, gracias por tus consejos y esos momentos inigualables.

A Benjamín Fuente por brindarnos su tiempo y apoyo en el experimento.

A mis compañeros y amigos Yair, Marce y Jonathan, que participaron conmigo en el experimento mediante aciertos, errores y entusiasmo por hacer bien las cosas. Agradezco su valioso tiempo y experiencia compartidos.

Al Maestro Celso López, por hacer posible la realización de mi servicio social en el módulo de aves, así como darme ánimos y consejos cuando pasaba por un momento difícil de mi vida, gracias por esas charlas amenas.

Al MVZ Francisco Cervantes por mostrarme como hacer el trabajo en la meleagricultura más allá del servicio social, trabajando en equipo y solucionando las situaciones que se presenten en una caseta de aves, así como conocer un poco más del procesamiento de aves.

A mis compañeros que coincidieron conmigo en el servicio social Katy, Marilú y Maricruz, por todos esos días de agradable trabajo y sonrisas excepcionales.

Al Dr. Carlos Ávila y MVZ Alfredo por permitirme aprender y trabajar en el módulo de aves durante mi servicio social, así como formar una gran amistad que llevaré siempre con cariño y respeto, sin ellos mi estancia en el módulo no hubiera sido la misma.

A la Dra. Josefina Moreno Lara y la Dra. Cristina Pérez Reyes por todo el apoyo durante el trabajo realizado en la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (**UNIGRAS**) de la Facultad de Estudios Superiores (**FES**) **Cuautitlán**.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Apartado		Tema	Página
1.0		Resumen	1
2.0		Introducción	3
	2.1	Carne de pollo	4
	2.2	La avicultura industrial	4
	2.3	Metas en la producción de pollo	5
	2.4	Factores para elegir una estirpe de pollo de carne	6
	2.5	Metas actuales en la engorda de pollos	7
	2.6	Factores que influyen en el resultado final del pollo de engorda	7
	2.7	Indicadores económicos del sector avícola en México	8
	2.8	Fisiología digestiva de las aves	11
		2.8.1 Anatomía del tracto digestivo	12
		2.8.2 Saco vitelino y el divertículo de Meckel	18
		2.8.3 Tracto gastrointestinal y activación del sistema inmune	19
		2.8.4 Microflora intestinal de las aves	20
		2.8.5 Exclusión competitiva	21
		2.8.6 Actividad inmunoestimulante de las bacterias	22
		2.8.7 Mucinas y glicoproteínas en intestino	22

Apartado		Tema	Página
	2.9	Aditivos en la avicultura	23
	2.10	Antibióticos promotores de crecimiento	24
	2.11	Probióticos	27
	2.12	Prebióticos	28
	2.13	Simbióticos	28
	2.14	Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	29
		2.14.1 Fabricación industrial de levaduras	30
		2.14.2 Obtención de paredes y extractos de levadura	30
	2.15	Pared celular de levadura (PCL) y su inclusión en dietas de pollo de engorda	31
		2.15.1 Oligosacáridos de manano	33
		2.15.2 Beneficios del uso de manano oligosacáridos (MOS) en la nutrición avícola	34
		2.15.3 Actividad de los MOS sobre la función inmune	35
		2.15.4 Actividad de los MOS en la integridad de la mucosa gastrointestinal	37
		2.15.5 Oligosacáridos de glucanos	37
	2.16	Pigmentación del pollo de engorda	39
		2.16.1 Fisiología y metabolismo de las Xantófilas	40
		2.16.2 Absorción, transporte y deposición de pigmento en órganos blanco	41

Apartado		Tema	Página
		2.16.3 Fuentes de pigmentos	43
		2.16.4 Factores que afectan la pigmentación	45
		2.16.5 Método de evaluación de la pigmentación con el colorímetro de reflectancia	49
3.0		Justificación	50
4.0		Objetivo general	51
	4.1	Objetivos particulares	51
5.0		Hipótesis	51
6.0		Materiales y métodos	52
	6.1	Paredes celulares de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	52
	6.2	Caseta de investigación y producción del módulo de aves	52
	6.3	Variables productivas	54
	6.4	Inmunización	55
	6.5	Medición del pigmento	55
	6.6	Análisis estadístico	56
	6.7	Diseño experimental	56
7.0		Resultados	57
	7.1	Discusión	66
8.0		Conclusiones	70
9.0		Anexos gráficos	71
10.0		Referencias	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Parámetros productivos de la estirpe Ross 308 (mixto)	5
2	Principales enzimas del aparato digestivo de las aves	16
3	pH de los diversos segmentos del aparato digestivo y tiempos de estancia del alimento en cada uno de ellos	17
4	Componentes de la pared celular de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	32
5	Carotenoides	40
6	Algunas fuentes de oxicarotenoides	44
7	Composición química de Safmannan®	52
8	Análisis de garantía de alimento iniciador y de finalización de pollo de engorda	54
9	Características de los tratamientos (del presente experimento)	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Principales países productores de pollo 2016	8
2	Producción pecuaria en México 2016	9
3	Producción y consumo de pollo 2016	10
4	Tracto digestivo del pollo	13
5	Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	33

1.0 RESUMEN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PARED CELULAR DE LEVADURA (PCL) DE *Saccharomyces cerevisiae* SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y PIGMENTACIÓN DE LA PIEL, AL UTILIZARLOS EN EL ALIMENTO COMERCIAL DE POLLO DE ENGORDA.

Con la finalidad de evaluar el efecto de la inclusión del prebiótico pared celular de levadura (PCL) *Saccharomyces cerevisiae* sobre los parámetros productivos y pigmentación de la piel, al utilizarla en el alimento comercial de pollo de engorda; se realizó un estudio con 90 aves comerciales sin sexar, de la estirpe Ross 308 de 1 día de edad. Las cuales fueron asignadas a 2 tratamientos y un grupo control, con 10 repeticiones cada uno:

- Tratamiento I (PCL 1): Alimento comercial con PCL con 0.5 Kg/Ton.
- Tratamiento II (PCL 2): Alimento comercial con PCL con 1 Kg/Ton.
- Grupo Control: Alimento comercial sin PCL.

Los parámetros productivos evaluados fueron, ganancia de peso semanal, consumo de alimento semanal, índice de conversión y mortalidad durante todo ciclo productivo, el cual fue de 49 días. La intensidad de pigmentación cutánea se evaluó a los 40 días de edad (amarilleamiento *b) mediante un colorímetro de reflectancia. Los resultados obtenidos después de 49 días del experimento, mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos para ganancia de peso semanal, consumo de alimento semanal e índice de conversión, siendo el tratamiento de PCL 2 (1 Kg/Ton), la que obtuvo los mejores valores para los parámetros productivos antes mencionados. En la mortalidad también hubo diferencia significativa ($p < 0.05$), ya que la PCL 1 (0.5 Kg/Ton) mostró el nivel más bajo para este parámetro. Así mismo se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en la pigmentación de la piel en vivo, entre los tratamientos de PCL 2 y Control, PCL 2 con 1 Kg/Ton en el alimento obtuvo el nivel más alto en el amarilleamiento (b*).

Palabras clave: Prebiótico, pared celular de levadura, *Saccharomyces cerevisiae*, parámetros productivos, pigmentación.

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE YEAST CELL WALL (YCW) OF *Saccharomyces cerevisiae* ON THE PRODUCTIVE PARAMETERS AND PIGMENTATION OF THE SKIN, WHEN USING THEM IN THE COMMERCIAL FOOD OF BROILERS.

In order to evaluate the effect of the inclusion of the prebiotic yeast cell wall (PCL) *Saccharomyces cerevisiae* on the production parameters and pigmentation of the skin, when used in the commercial feed for chickens for fattening; a study was carried out with 90 commercial sexless birds, of the strain Ross 308 of 1 day of age. These were assigned to 2 treatments and one control group, with 10 replicates each:

- Treatment I (PCL 1): Commercial food with PCL with 0.5 Kg / Ton.
- Treatment II (PCL 2): Commercial food with PCL with 1 Kg / Ton.
- Control Group: Commercial food without PCL.

The productive parameters evaluated were weekly weight gain, weekly feed intake, conversion index and mortality during the whole productive cycle, which was 49 days. The intensity of skin pigmentation was evaluated at 40 days of age (yellowing * b) by means of a reflectance colorimeter. The results obtained after 49 days of the experiment showed a significant difference ($p < 0.05$) between the different treatments for weekly weight gain, weekly feed intake and conversion index, being the treatment of PCL 2 (1 Kg / Ton) which obtained the best values for the productive parameters mentioned above. Mortality also showed a significant difference ($p < 0.05$), as PCL 1 (0.5 kg / Ton) showed the lowest level for this parameter. There was also a significant difference ($p < 0.05$) in live skin pigmentation between PCL 2 and Control treatments, PCL 2 with 1 kg / Ton in the food obtained the highest level of yellowing (b *).

Key words: Prebiotic, yeast cell wall, *Saccharomyces cerevisiae*, productive parameters, pigmentation.

2.0 INTRODUCCIÓN

El sistema global actual de producción de alimentos no es sostenible. En 2050 necesitaremos producir 70% más, es decir, necesitaremos alimentar a 2000 millones de personas más, dando un total aproximado de 9 000 millones de humanos, bajo el riesgo de superar la barrera del calentamiento global.¹

El gran crecimiento poblacional no es la única razón por la que necesitaremos más comida. La propagación de la prosperidad en todo el mundo, especialmente en China e India, está provocando una demanda creciente de carne, huevos y productos lácteos, lo que aumenta la presión para cultivar más maíz y soya a fin de alimentar más ganado, cerdos y pollos. Si estas tendencias continúan, el doble impacto del crecimiento poblacional y las dietas más abundantes nos exigirá duplicar la cantidad de cosechas cultivadas para el año 2050.¹

El enfrentamiento del desafío alimentario global se ha polarizado, enfrentando la agricultura convencional y el comercio global con los sistemas alimentarios de menor escala y las granjas orgánicas. Quienes están a favor de la agricultura convencional hablan acerca de cómo la mecanización moderna, la irrigación, los fertilizantes y la genética mejorada pueden incrementar la producción para satisfacer la demanda. Mientras que los partidarios de las granjas orgánicas y en pequeña escala replican que las granjas pequeñas del mundo podrían incrementar mucho la producción adoptando técnicas que mejoren los cultivos sin fertilizantes sintéticos ni pesticidas.¹

En la actualidad, solo 55% de las calorías cultivadas alimentan directamente a la gente; el resto se las come el ganado (aproximadamente 36%) o se convierten en biocombustibles y productos industriales (alrededor del 9%). Aunque muchos de nosotros consumimos carne, productos lácteos y huevos de animales criados en corrales de engorda, solo una fracción de las calorías de los alimentos dados al ganado va a dar a la carne y la leche que consumimos. De cada 100 calorías del grano con el que alimentamos a los animales, solo obtenemos unas 40 nuevas calorías de la leche, 22 calorías de

los huevos, 12 del pollo, 10 del cerdo o tres de la carne de bovino, es por ello que se deben encontrar maneras más eficientes de producir carne.¹

2.1 CARNE DE POLLO

La carne de pollo es considerada uno de los alimentos más saludables para el consumo humano, esto se debe al alto aporte proteico (22%) y bajo contenido de lípidos (4 a 5%), además de aportar vitaminas del complejo B y minerales como hierro, magnesio, potasio, selenio y zinc. Sumado esto a un precio relativamente más bajo frente a las demás carnes, hacen del pollo la segunda carne más preferida luego del cerdo a nivel mundial.²

El rendimiento actual de la canal supera el 72% y de ella más del 70% del total del tejido adiposo de las canales es de fácil remoción (piel, grasa subcutánea, grasa abdominal o "infundia"), ventaja que no está presente del todo en las demás carnes.²

2.2 LA AVICULTURA COMO ACTIVIDAD PECUARIA DE CARÁCTER INDUSTRIAL

El despegue de la actividad avícola y de la producción intensiva de huevo ocurre a partir de la década de 1940, proceso durante el cual con esta actividad pecuaria inicia su desarrollo, organización y tecnificación, acciones que la llevarán a convertirse en la actividad pecuaria más dinámica y tecnificada de nuestro país. La producción tecnificada y masiva de pollo de engorde se dará décadas más tarde, ya que la industria pollera de nuestro país, despega durante la década de 1960. Este desarrollo sin precedente, coincide con el aumento demográfico de la población mexicana, con el fenómeno de los movimientos masivos migratorios del medio rural al urbano y del abandono del campo y de la actividad agrícola, en favor de la industrialización y con la aparición y fortalecimiento de una incipiente clase media que se moviliza a la gran ciudad de México y las principales ciudades capitales de los estados del

país, en búsqueda de una mejor calidad de vida, de mejores estándares educativos, de servicios de salud y de servicios administrativos.³

En un análisis económico de los costos de producción en una granja avícola de carne o huevo, el alimento representa alrededor del 70% de los costos de producción. Esto indica que los alimentos además de ser económicos, deben ser adecuados desde el punto de vista nutricional.⁴

Las estirpes más empleadas para la producción de pollos de engorda en nuestro país son: Ross, Arbor Acres, Avian Farm, Hybro, Hubbard, Indian River, Paterson, Shaver Star-Bro, Isa Vedette, Cobb, entre otras. Todas ellas son estirpes producidas en E.U., Canadá, Francia, Inglaterra y otros países, ya que en el nuestro no se cuenta con investigación genética, por resultar excesivamente costosa su instrumentación.⁵

2.3 METAS EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE DE POLLO

En la granja avícola se obtendrá un índice de conversión de 1.85 kg de alimento por kilogramo de carne, como promedio anual (tiene más importancia el costo de producción del kilogramo de carne que la conversión); índice de mortalidad no mayor de 5%, incluidas posibles bajas en el transporte al rastro; rendimiento en canal de 75% sin vísceras.

Los genetistas obtienen dichos datos bajo condiciones ideales de alojamiento, manejo, sanidad y alimento formulado con niveles óptimos de ingredientes de primera calidad.

Para tener cifras generales que se puedan aplicar a la estirpe Ross 308 utilizada en el experimento de la presente tesis, se han promediado los datos de las aves mixtas como se muestra en el Cuadro 1.²

Cuadro 1. Parámetros productivos de las estirpes Ross 308 (mixto).²

Edad en días	Peso vivo (kg)	Índice de conversión	Canal (%)	Pechuga PV (%)	Pechuga de la canal (%)	Viabilidad (%)
38	2.29	1.66	69	15		
42	2.65	1.75	69	18	26	97
49	3.26	1.89	68	18	27	95
56	3.82	2.03	71	17	28	
63	3.987	2.11	73.6	20		

2.4 FACTORES QUE INFLUYEN PARA ELEGIR UNA ESTIRPE DE POLLO PRODUCTOR DE CARNE

- Demanda del mercado para pollo chico o grande.
- Costo de pollito recién nacido.
- Estado sanitario de los pollitos, libres de enfermedades, sobre todo *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma synoviae*, *Salmonella sp* e infecciones de saco vitelino.
- Estado inmunitario de los pollitos recién nacidos, ejemplo: anticuerpos contra infección de la bolsa de Fabricio.
- Seriedad de la planta incubadora en respetar las programaciones,
- Apoyo técnico en caso de problemas.
- Financiamiento del pollito.
- Peso del pollito al nacer, se espera que pese mínimo 45 g.²

2.5 METAS ACTUALES EN LA ENGORDA DE POLLOS

La tendencia de las granjas de selección a nivel mundial es acercar lo más posible las curvas del peso y del índice de conversión, aumentando el peso de las aves y mejorando la eficiencia alimentaria.²

Algunos genetistas de pollo de engorda predicen el siguiente aumento:

- Ganancia de 500 a 650 g de peso a los 40 días de edad.
- Estará en el mercado de ocho a 10 días antes.
- El índice de conversión menor en una a dos décimas (45 a 90 g menos para producir un kilogramo de carne).
- Aumento del rendimiento de la pechuga de 2 a 3%.

Los genetistas están estudiando la resistencia a la ascitis, al calor y a enfermedades.²

2.6 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL RESULTADO FINAL DEL POLLO DE ENGORDA

- Tipo de pollito recién nacido: pollito de primera o de segunda. A mayor peso del pollito, mayor peso del pollo al rastro (por cada 2 g al nacer, son 35 a 50 g al final).
- Época del año: se puede observar 5% de diferencia de peso corporal según la época del año; cuando se emplea la misma fórmula alimentaria, hay mayor peso en clima menos caluroso.
- Tipo de alimento: harina o triturado, se puede incrementar el peso corporal de 5 a 10% con alimento triturado, se puede incrementar el peso corporal de 5 a 10% con alimento triturado, dependiendo de la cantidad y calidad de los aminoácidos, energía y en general de todas las materias primas empleadas.
- Manejo: existen varios puntos para mejorar el peso, consumo, conversión, viabilidad; por ejemplo, la densidad de población, el programa de luz y el cuidado en general del trabajador. Un estrés

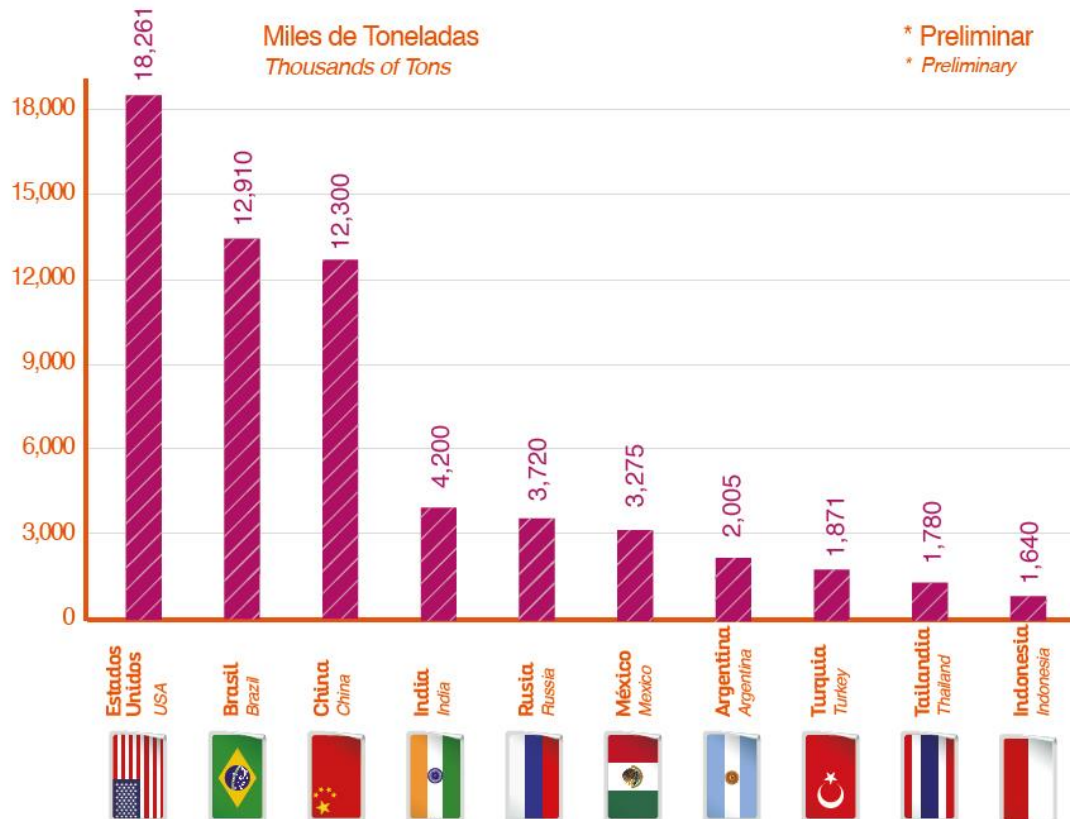
durante la primera semana de vida puede repercutir hasta en 200 g de peso a las siete semanas.

- Alojamiento: cuando el alojamiento proporciona comodidad a las aves, debido al control del medio ambiente, los animales crecen más rápido.
- Enfermedades: el control y prevención de las enfermedades puede hacer que se eviten pérdidas de hasta 200 g por ave y de una a dos décimas de índice de conversión.²

2.7 INDICADORES ECONÓMICOS DEL SECTOR AVÍCOLA EN MÉXICO

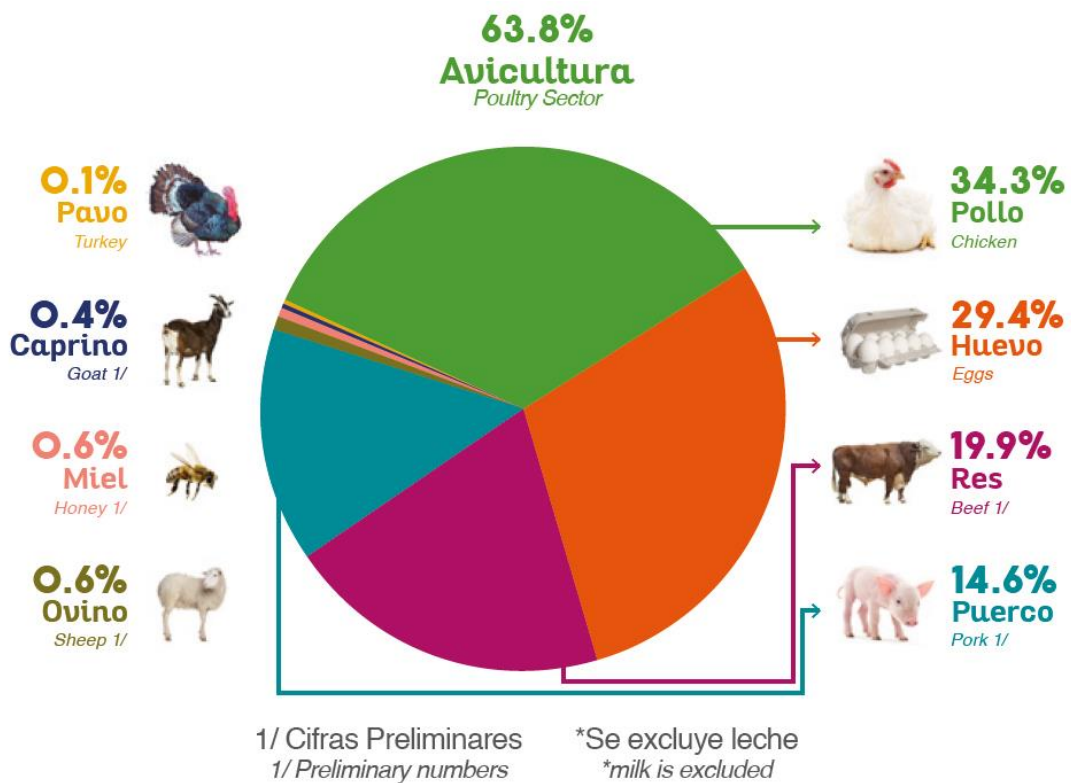
Actualmente México se encuentra en el sexto lugar de los primeros países más importantes en lo que se refiere a la producción de pollo de engorda observada en la Figura 1.⁶

Figura 1. Principales países productores de pollo 2016.⁶



La producción avícola para el año 2016 indica que ésta participa hasta con un 63.8% del total de la producción pecuaria. Específicamente la producción de pollo de engorda representa el 34.3% de la producción pecuaria total, como se muestra en la Figura 2.⁶

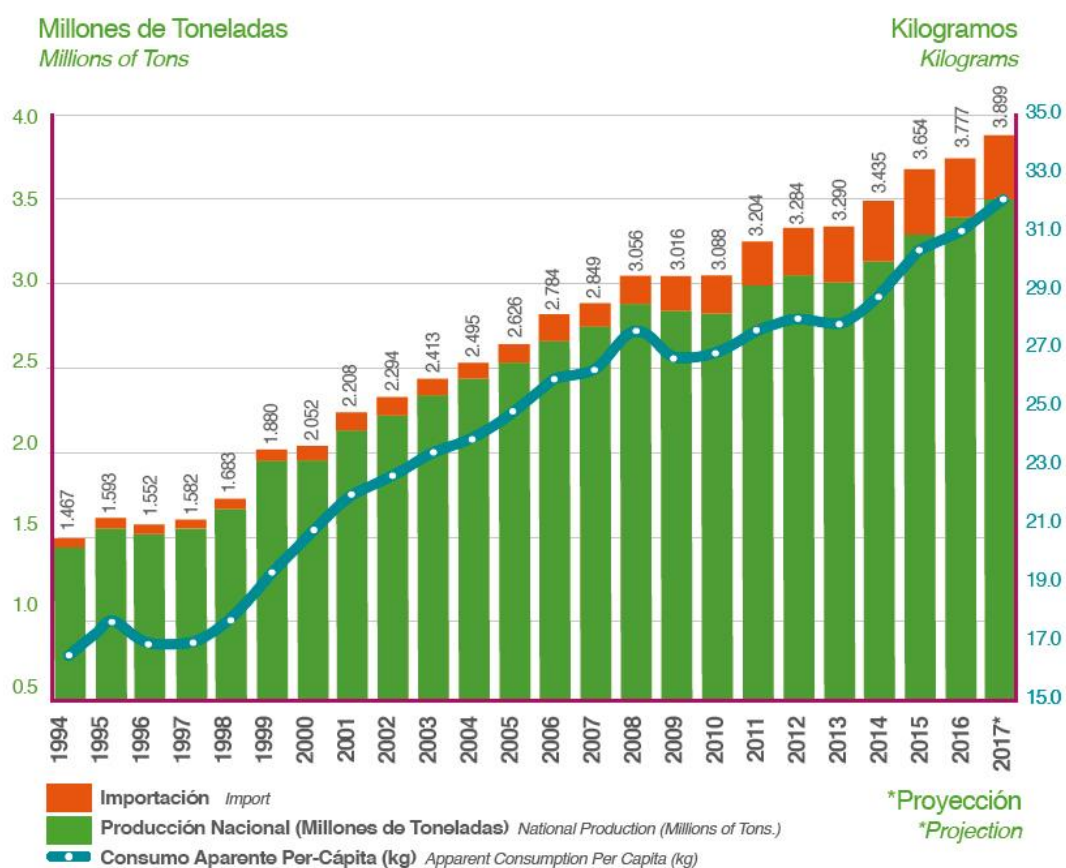
Figura 2. Producción pecuaria en México 2016.⁶



La producción nacional para el año 2016 fue de 3.7 millones de toneladas, un millón de toneladas más a comparación de hace diez años (Figura 3).

El consumo per cápita para el 2016 fue de alrededor de 31 kg, 5 kg más a comparación de 2006 (Figura 3).⁶

Figura 3. Producción y consumo de pollo 2016.⁶



2.8 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LAS AVES

Las funciones primarias del tracto gastrointestinal son: la prensión de alimentos y el agua; la masticación, la ensalivación y la deglución del alimento; la digestión del alimento y la absorción de nutrientes; el mantenimiento del equilibrio de líquidos y electrolitos y la evacuación de los productos de desecho.

La motilidad gastrointestinal normal comprende la peristalsis, que es la actividad muscular que desplaza la ingesta desde el esófago hasta el recto, los movimientos de segmentación, que revuelven y mezclan la ingesta, y la resistencia segmentaria y tono esfinteriano, que retardan la progresión distal del contenido intestinal.⁷

La digestión es el proceso de fragmentación de moléculas alimentarias en partes más pequeñas que el animal pueda incorporar a sus tejidos y distribuir a través de todo el cuerpo. La absorción (asimilación) es el proceso de incorporación de compuestos orgánicos en los tejidos de un animal desde la luz intestinal u otros sitios que se encuentren por fuera de estos tejidos.

El sitio más importante para la digestión y la absorción es el intestino medio, en parte debido a la llegada de las secreciones pancreáticas y biliares, y en parte debido a que la membrana apical de las células epiteliales del intestino medio posee una abundante cantidad de enzimas digestivas y proteínas transportadoras asociadas.

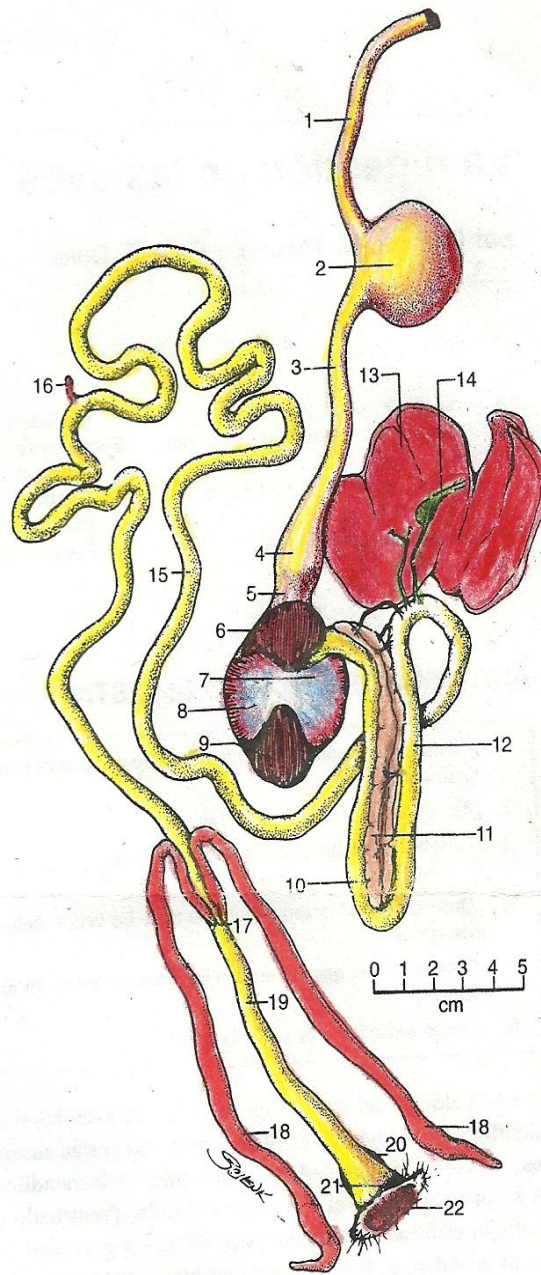
La utilización de los compuestos orgánicos ingeridos por las aves para su metabolismo, dependen de la función digestiva y de absorción, ya que son factores determinantes del valor nutricional de los alimentos.⁸

2.8.1 ANATOMÍA DEL TRACTO DIGESTIVO

En las aves el peso de la mandíbula y los músculos de la mandíbula están reducidos y el estómago muscular (ventrículo o molleja) está localizado cerca del centro de gravedad de las aves. Además la mayoría de las aves tienen un buche que se prolonga desde el esófago, cerca de la entrada torácica. La boca y la faringe no están delimitadas de forma marcada en las aves y la mayoría de las especies no tienen paladar blando. El paladar duro está hendido, comunicándose de esta manera con las cavidades nasales. Los dientes están ausentes, las funciones que estos tienen en los mamíferos son realizadas en las aves por el pico calloso y la molleja. Las glándulas salivales y las papilas gustativas están presentes, y su número y localizaciones varían entre las especies. Los pollos tienen hasta 300 papilas gustativas localizadas en el epitelio del pico superior, en la base del pico inferior anterior y en la porción mandibular posterior a la lengua. Estas papilas gustativas son sensibles a los sabores salado, amargo y dulce.

En los pollos adultos la longitud del tracto digestivo entero puede alcanzar los 210 cm o más. En general, los intestinos de las aves son relativamente más cortos que los de los mamíferos. En la Figura 4 se muestra la anatomía del tracto digestivo del pollo (*Gallus gallus*), con sus diferentes estructuras.⁸

Figura 4. Tracto digestivo del pollo. Adaptado de Dukes, 2004. ⁸



1 y 3, esófago; 2, ingluvia; 3, esófago; 4, proventrículo (estómago glandular); 5, istmo; 6, músculo craneodorsal delgado; 7, músculo craneoventral grueso; 8, músculo caudodorsal grueso; 9, músculo caudoventral delgado (6 – 9, ventrículo-estómago muscular, molleja); 10, duodeno proximal; 11, páncreas; 12, duodeno distal; 13, hígado; 14, vesícula biliar; 15, yeyuno; 16, divertículo de Meckel; 17, unión íleo-ceco-cólica; 18, ciegos; 19, recto; 20, bolsa de Fabricio; 21, cloaca; 22, ano, abertura exterior. ¹⁵.

Existe una dilatación del esófago, el buche o divertículo esofágico. La forma del buche puede variar desde un simple alargamiento del esófago con forma de huso hasta una bolsa (por ej. en pollos) o dos bolsas (como en las palomas) que se proyectan hacia afuera del esófago. La entrada al buche es controlada por un esfínter que se abre sólo cuando el ventrículo está lleno.⁸

El estómago glandular o proventrículo de las aves secreta principalmente ácido clorhídrico y enzimas proteolíticas. Las glándulas de la mucosa poseen conductos abiertos hacia las papilas dispersas por toda la superficie luminal.

El ventrículo (molleja) es el estómago muscular, que está altamente especializado en moler es especies que ingieren alimentos duros, o para mezclar las secreciones digestivas con el alimento en las especies carnívoras. En la mayoría de las especies el ventrículo está compuesto por dos pares de músculos llamados los *musculi intermedii* y los *musculi laterales*, o denominados más recientemente *pares musculares delgado y grueso*, respectivamente. Los músculos de la molleja están compuestos de fibras musculares lisas derivadas de una capa circular interna y su color rojo intenso es debido a la alta concentración de mioglobina. La superficie mucosa del ventrículo está cubierta por una membrana gruesa de queratina compuesta de un complejo polisacárido-proteico (mucoproteína). La membrana de queratina consiste en bastoncillos verticales de queratina dura secretada por las glándulas tubulares de la mucosa y de una matriz horizontal de queratina blanda producida por las criptas y el epitelio de la superficie. Las células epiteliales de la superficie mueren a intervalos regulares y se descaman, de forma que la matriz horizontal se caracteriza por tener capas alternativas de queratina blanda y células descamadas. La membrana de queratina se secreta continuamente por su base y se está erosionando continuamente por sus superficie. Los grupos de bastoncillos duros en la superficie de la membrana de queratina crean una superficie abrasiva similar a la de una lija.⁸

En el ventrículo (molleja) de la mayoría de las aves granívoras y herbívoras existe gravilla (es decir, pequeñas piedras). Ésta es utilizada para moler los alimentos duros entre los músculos gruesos del ventrículo. La gravilla no es aparentemente esencial para la digestión normal, pero sin ella, la digestión de los alimentos duros es más lenta y la digestibilidad total de la dieta puede

disminuir. Normalmente la gravilla se ingiere de forma regular, pero si no está disponible, el alimento queda retenido durante un mayor periodo de tiempo en la molleja.⁸

Posterior a la molleja se encuentra un duodeno similar al de los mamíferos, pero después del duodeno no existe una distinción histológica clara entre el yeyuno y el íleon.

El vestigio del saco vitelino (divertículo de Meckel) se puede encontrar aproximadamente en la mitad del intestino delgado. Esta estructura es utilizada frecuentemente para indicar la demarcación entre las secciones del yeyuno y del íleon del intestino delgado. La mucosa del intestino delgado se vuelve progresivamente más delgada desde el duodeno hasta el íleon, mientras que las vellosidades se vuelven más cortas y la profundidad de las criptas disminuye. Las vellosidades tienen una forma de elipse (a diferencia de las cilíndricas) y están cubiertas por enterocitos con microvellosidades y células caliciformes, cuyos orificios aparecen como hoyos en la superficie de la vellosidad. El examen mediante microscopía electrónica de la lámina propia de las vellosidades de los pollos revela una red bien definida de capilares sanguíneos, tejido conectivo, músculo liso y fibras nerviosas, pero no vasos quilíferos. No existen glándulas submucosas intestinales en los pollos, aunque en ciertas especies existen glándulas tubulares homólogas a las glándulas de esta forma en los mamíferos. En el extremo posterior del íleon existe un anillo circular de tejido muscular que se proyecta al lumen del colon como la papila ileal que puede servir de válvula en la unión ileocecólica.

Las entradas a los ciegos están localizadas inmediatamente posteriores a este anillo.⁸

A continuación se mencionan las principales enzimas que intervienen en la digestión de las aves (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales enzimas del aparato digestivo de las aves.⁹

Fuente	Enzima	Sustrato	Producto final
Glándulas salivales	Amilasa (ptialina)	Almidón	Maltosa
Proventrículo	Pepsina HCL	Proteínas Activa proteinasas	Polipéptidos
Jugo intestinal	Amilasa Tripsina	Polisacáridos Polipéptidos	Polisacáridos Péptidos
Jugo pancreático	Amilasa Tripsina Lipasa	Polidisacáridos Polipéptidos Grasa coloidal	Dimonosacáridos Aminoácidos Ácidos grasos y glicéridos
Hígado	Sales biliares	Masa de grasa	Grasa coloidal

Los ciegos son normalmente pares en las aves y su tamaño está influenciado por la dieta (es decir, es mayor con dietas más altas en fibra). En la mayoría de las aves existe un ciego derecho e izquierdo en la unión de los intestinos delgado y grueso.

Las especies Galliformes tienen ciegos largos con una porción proximal estrecha que puede estar dividida en tres zonas:

1. Una base estrecha o zona proximal con unas vellosidades en forma de espátula bien desarrolladas que se corresponden con aproximadamente un tercio de la longitud total del ciego;
2. Un cuerpo largo, relativamente ancho o región media con unos pliegues longitudinales y vellosidades pequeñas; y
3. Un ápice corto o región distal con pliegues longitudinales y transversos y vellosidades pequeñas. Las vellosidades en la base se entretajan para formar un filtro que excluye a los contenidos intestinales gruesos. Las microvellosidades de los enterocitos en la región proximal son más largas en la parte superior de la vellosidad (donde aumentan 24 veces el área de superficie de la membrana apical) y son más cortas en las

criptas. Las microvellosidades en las regiones media y distal están notablemente reducidas en tamaño y densidad. En las aves, el intestino grueso o colon es relativamente corto, tiene una capa muscular más gruesa que la del intestino delgado, y desemboca en la cloaca.⁸

Otro órgano relacionado con la digestión es el hígado, que es bilobulado. El conducto hepático izquierdo, se comunica directamente con el duodeno, mientras que el conducto derecho envía una ramificación a la vesícula biliar o se puede agrandar localmente como una vesícula biliar. Las vesículas biliares están presentes en las gallinas, pavos, patos y ocas, pero no en algunas otras, incluyendo las palomas. En la vesícula biliar se origina el conducto biliar, el cual desemboca en el duodeno cerca del final de la curva distal. El páncreas descansa sobre la curva duodenal. Este está formado por al menos tres lóbulos y sus secreciones alcanzan el duodeno mediante tres conductos, uno procedente de cada lóbulo.⁸

La velocidad de paso se puede ver influenciada por el contenido en grasas, la consistencia, la dureza y el contenido de agua del alimento y por la cantidad consumida (Cuadro 3).^{8,9}

Cuadro 3. pH de los diversos segmentos del aparato digestivo y tiempos de estancia del alimento en cada uno de ellos⁹

Segmento del TGI	pH	Minutos de estancia del alimento
Buche	5.5	31 - 41
Estómago glandular	2.5 - 3.5	39 - 33
Estómago muscular	2.5 - 3.5	-
Duodeno	5.6	5 - 10
Yeyuno	6.5 - 7	71 - 84
Íleon	7 - 7.5	90 - 97
Ciego	6.9	115 - 120
Recto	6.3	26 - 56
Cloaca	7 - 8	-
Total		4 - 6 horas

Aparentemente la edad y su tasa metabólica asociada también tienen su influencia en la velocidad de paso, ya que el alimento pasa en polluelos más rápido que en pollos adultos. El tiempo de retención media (TRM) de una partícula de marcador aumenta con el peso corporal en cada segmento del tracto gastrointestinal excepto en el proventrículo, que no se ve afectado con el peso corporal. Una velocidad de paso más lenta en las aves adultas permite un mayor tiempo para la fermentación microbiana de la fibra en los ciegos y aumenta la eficiencia en la utilización de los alimentos fibrosos.⁸

El TRM de la ingesta en los diferentes segmentos del tracto gastrointestinal varía con la edad, la raza o especie y la alimentación. En pollos de engorde machos de 6 semanas de edad que pesan 4 libras y se alimentan de una dieta basada en maíz y soya, el tiempo de paso de la ingesta en las diferentes partes del tracto gastrointestinal es el siguiente: buche, 41 minutos; proventrículo y molleja, 33 minutos; duodeno, 5 minutos; en yeyuno, 71 minutos; íleon, 90 minutos y colon 26 minutos. El TRM para el tracto gastrointestinal entero fue de 266 minutos.⁸

2.8.2 SACO VITELINO Y EL DIVERTÍCULO DE MECKEL

Las necesidades energéticas de los embriones de las aves durante la incubación son suministradas por los lípidos almacenados en la yema o vitelo del huevo. Aproximadamente el 50% del material del vitelo está formado por lípidos.

Los lípidos del vitelo en los pollitos están formados por un 28% de fosfolípidos, un 62% de triglicéridos y un 8% de ésteres de colesterol. Los contenidos del vitelo de los pollitos se utilizan en dos procesos diferentes simultáneos. En el primero, los lípidos son transferidos desde el vitelo a la sangre mediante endocitosis de las células endodérmicas de la membrana del vitelo y su empaquetamiento en lipoproteínas para su liberación al torrente sanguíneo. Este proceso empieza en la fase temprana del embrión, se acelera durante la última semana de la incubación y continúa tras la eclosión. En el segundo, el material del vitelo se secreta a través del conducto vitelino al intestino delgado

mediante pulsos irregulares durante las primeras 72 horas tras la eclosión de los pollitos y durante 120 horas tras la eclosión de los pavitos. La peristalsis y la antiperistalsis del intestino delgado diseminan los materiales del vitelo a través del intestino delgado y la molleja.⁸

Los lípidos del vitelo que alcanzan el intestino delgado proximal son hidrolizados y utilizados, mientras en el íleon y el ciego no se producen su hidrólisis, por lo que no pueden ser utilizados. El peso del vitelo disminuye logarítmicamente tras la eclosión, debido a que se utiliza para la absorción endodérmica y la secreción al intestino delgado. El vitelo se utiliza más rápidamente en los pollitos alimentados que en los pollitos en ayuno, debido probablemente a que la actividad peristáltica es mayor en el tracto intestinal de los pollitos alimentados. A las 72 horas tras la eclosión, los linfocitos se acumulan en el tejido conectivo subepitelial del conducto vitelino. El lumen del conducto vitelino se cierra parcialmente y el paso de vitelo al lumen intestinal cesa desde el saco vitelino.

El conducto vitelino de los pollos se cierra por agregaciones de linfocitos a los 4 días tras la eclosión. El conducto vitelino se convierte en tejido linfopoyético tras 14 días y puede convertirse en un lugar de hematopoyesis extramedular. El resto embrionario del conducto vitelino se denomina frecuentemente como *divertículo de Meckel*.⁸

2.8.3 TRACTO GASTROINTESTINAL Y ACTIVACIÓN DEL SISTEMA INMUNE

Los desafíos infecciosos son una forma común de estrés, al cual están expuestos los animales de producción, que puede o no resultar en la aparición de enfermedades clínicas, lo cual depende de varios factores, como la patogenicidad del microorganismo invasor y la competencia inmunológica del animal. Independientemente de estos resultados, el sistema inmune activado afectará negativamente el crecimiento, con la disminución de los índices productivos.¹⁰

El tracto gastrointestinal tiene como principal objetivo la degradación y absorción de nutrientes necesarios para mantenimiento, crecimiento y reproducción. Está caracterizado como un ambiente dinámico, constituido de interacciones complejas entre el contenido presente en el lumen intestinal, microorganismos y las células epiteliales de absorción, las cuales proporcionan protección física y de defensa inmune.¹¹

Para proteger la extensa superficie intestinal, el animal orienta gran parte de la inmunidad hacia este órgano. Cerca del 75% de todas las células de defensa del organismo están localizadas en el intestino, en la forma de tejido linfoide. Los anticuerpos tipo IgA de la mucosa, representan una importante fracción de la barrera inmunológica del intestino, confiriendo protección al impedir la adherencia de bacterias o toxinas a las células del epitelio intestinal. Además, eliminan bacterias debido a la acción citotóxica mediada por células dependientes de anticuerpos.¹²

Es importante resaltar, que el mecanismo de defensa está genéticamente definido, sin embargo, la expresión y la eficiencia de este mecanismo fisiológico depende de la presencia de elementos específicos, como los nutrientes de la dieta para lograr satisfacer la demanda metabólica de mantenimiento y crecimiento.¹³

Durante los primeros días de vida los pollitos son poco eficientes para digerir proteínas y grasas, sin embargo la actividad enzimática intestinal se estabiliza a partir de los 10 a 14 días de edad. Cabe resaltar, que los disturbios estructurales y funcionales ocasionados al tejido intestinal de los pollitos son los que van a interferir sobre la salud y el desempeño posterior de las aves.¹⁴

2.8.4 MICROFLORA INTESTINAL EN LAS AVES

Dependiendo de la edad y el manejo de las aves, existe una variación de su flora intestinal. Las bacterias de mayor colonización en las primeras horas de vida del pollito son estreptococos y enterobacterias, multiplicándose en principio en ciegos para después colonizar el resto del intestino en las primeras 24 horas de vida del pollito.

En pollitos, aproximadamente al tercer día de vida aparecen los lactobacilos, momento en el que disminuye la concentración de estreptococos y enterobacterias en intestino delgado pero no a nivel de ciegos. La flora normal del adulto en el duodeno e intestino delgado en general se establece alrededor de la segunda semana, y la flora cecal toma más tiempo en establecerse y estabilizarse.⁹

En estudios del establecimiento de la flora intestinal en aves comerciales de 2 a 6.5 semanas de edad se encontró que los lactobacilos eran la flora establecida en mayor concentración, aproximadamente de 10^{14} /g en intestino delgado. Los estreptococos fueron aislados de heces en una de cada tres muestras recolectadas y *Clostridium* sp en 10^2 a 10^{14} /g. Sin embargo *Clostridium perfringens* sólo se aisló en menos del 15% de los animales muestreados.

Los conteos de estreptococos, lactobacilos y bacterias coli-aerógenas fluctúan entre 10^5 y 10^8 /g, y la tendencia general de cada uno de ellos es a disminuir hacia las seis y media semanas. Las bacterias predominantes en el ciego son anaerobios estrictos, donde los efectos de la edad en esta flora también son evidentes. A las dos semanas los estreptococos anaerobios (peptoestreptococos) superan en número a las demás bacterias y representan aproximadamente el 30% de la población bacteriana; conforme avanza la edad de los animales el número disminuye. A las tres semanas la flora predominante es la de bacterias filamentosas y bacterias grampositivas de crecimiento en cadenas, las cuales persisten hasta las cuatro semanas, son casi nulas a las seis semanas. Las bifidobacterias inician su aumento a partir de la cuarta semana, junto con bacterias gramnegativas fusiformes y *Bacterioides* sp.⁹

2.8.5 EXCLUSIÓN COMPETITIVA

En medicina veterinaria el término exclusión competitiva ha sido utilizado para describir el efecto benéfico y/o protector de flora bacteriana no patógena ya sea nativa o inducida en el intestino de las aves, limitando o evitando la colonización de éste por bacterias patógenas. Como se mencionó con anterioridad, la flora normal de las aves se va estableciendo conforme el

desarrollo de las aves, y están en constante lucha para sobrevivir, compitiendo por un sitio de adherencia y/o nutrientes a todo lo largo del intestino.⁹

Todas las bacterias comparten el microambiente pero tienen requerimientos diferentes, por lo cual la alimentación y el desarrollo propio de las aves influye en la presencia de diferentes cepas bacterianas. Los productos metabólicos de otras bacterias pueden fomentar la sobrevivencia o propiciar la desaparición de algunas bacterias vecinas dentro del microambiente intestinal. Un ejemplo común de la influencia de la dieta sobre el desarrollo bacteriano es la disminución de algunas cepas patógenas por la administración de azúcares complejos como la manosa o la lactosa.⁹

2.8.6 ACTIVIDAD INMUNOESTIMULANTE DE LAS BACTERIAS

Algunas bacterias filamentosas y clostridias son inductoras importantes de la respuesta inmune en las aves. Los componentes de la pared bacteriana como el peptidoglicano y los lipopolisacáridos han mostrado ser un factor importante en la activación del sistema inmunológico. Es sabido que la flora bacteriana a nivel intestinal puede influir directamente en el tejido linfoide intestinal con el incremento del número de linfocitos e inmunoglobulinas intraepiteliales producidas por las células de la lámina propia. Otra de las propuestas es que la exclusión competitiva aumenta la actividad inmune digestiva, y esto tal vez aumente la inmunidad hacia algunas cepas patógenas como las salmonelas.⁹

2.8.7 MUCINAS Y GLICOPROTEÍNAS EN INTESTINO

Las mucinas y glicoproteínas asociadas con el borde de cepillo intestinal sirven como una barrera importante protegiendo la delicada superficie absorbente del efecto abrasivo de algunos alimentos, de la colonización bacteriana y del efecto de toxinas.

La mucina es secretada en respuesta a efectos irritantes en la superficie absorbente. Las glicoproteínas, en especial la mucina, se unen a patógenos y reducen la colonización al funcionar como sitios de unión alternativos en los enterocitos. Algunos elementos de la dieta que aumenten la secreción mucosa

pueden incrementar indirectamente la capacidad de resistir a la colonización de patógenos.⁹

Existe un balance complejo entre el ecosistema gastrointestinal y la mucina intestinal, el cual puede alterarse principalmente por la salud entérica y la dieta. Aunque las mucinas intestinales y las glicoproteínas tienen una función protectora, también sirven como sustratos para algunas bacterias que habitan en medios ricos en galactosa, como las bifidobacterias. La inclusión de compuestos en la dieta que sean benéficos para las bacterias pueden ayudar a reforzar la barrera protectora de mucina. Entre estos compuestos se encuentran los oligosacáridos o enzimas que liberan galactosa de polímeros galactosil, como los galactomananos.⁹

2.9 ADITIVOS EN LA AVICULTURA

Los aditivos alimentarios se pueden definir como ingredientes de naturaleza no nutritiva que estimulan el crecimiento u otros tipos de funciones, mejoran la eficacia de la utilización del alimento, son benéficos para la salud o el metabolismo del animal.¹⁵

La gama de aditivos utilizados con miras a promover el rendimiento es muy amplia. Bajo este término se incluyen sustancias tan diversas como algunos suplementos de vitaminas, provitaminas y minerales; sustancias auxiliares como antioxidantes, emulsionantes y saborizantes. Agentes para prevenir enfermedades, como coccidiostatos y otras sustancias medicamentosas y agentes promotores del crecimiento como antibióticos, probióticos y enzimas.⁹ Respecto de los aditivos permitidos, la Comunidad Económica Europea (CEE) los clasifica de la siguiente manera:

1. Antibióticos.
2. Sustancias antioxidantes.
3. Sustancias aromáticas y saborizantes.
4. Coccidiostáticos y otras sustancias medicamentosas.

5. Emulsionantes, estabilizantes, espesantes y gelificantes.
6. Colorantes, incluidos los pigmentos.
7. Conservadores.
8. Vitaminas, provitaminas y otras sustancias de efecto químicamente análogo o bien definido.
9. Oligoelementos.
10. Agentes ligantes, antiaglomerantes y coagulantes.
11. Reguladores de la acidez.
12. Enzimas.
13. Microorganismos.
14. Ligantes de radionucleidos.⁹

2.10 ANTIBIÓTICOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO

Al ser para la industria avícola un paradigma el uso de antibacterianos como promotores de crecimiento, como lo es en muchos otros rubros de la producción pecuaria), y dada la problemática mundial en el medio ecológico, las empresas han debido considerar las reacciones que causa el uso de germicidas en la salud y bienestar públicos.

En las últimas cuatro décadas, como suplemento, fue común añadir antibióticos al alimento de las aves a fin de estimular su crecimiento y para protegerlas de microorganismos patógenos (aunque también actúan contra los no patógenos). Lo anterior llevó a un gran número de investigaciones sobre los efectos benéficos de estas prácticas y sus posibles implicaciones en la salud pública.⁹

Dentro del grupo de los aditivos antibióticos están aquellos que se utilizan como promotores del crecimiento de los animales y que también se denominan "modificadores digestivos"; la bacitracina, flavomicina, avilamicina, enramicina, entre otras. Más de 300 antibióticos se han usado como promotores del crecimiento. En la actualidad, y para este propósito, sólo un pequeño porcentaje de antibacterianos es aceptado por los países de la CEE y otros de América y Asia.

La mayoría de estos productos no son del todo eficaces, pues su baja dosificación tiende a generar resistencias bacterianas; un porcentaje de éstos resultan tóxicos para las especies y algunos más generan residuos en los tejidos o en los productos de origen animal potencialmente peligrosos para la salud pública. Aun así, los antibióticos promotores del crecimiento (APC) son los aditivos a los que más se recurre en la industria pecuaria.⁹

Según estudios recientes realizados en países de la CEE, la industria pecuaria consume 4 700 toneladas de antibióticos, lo que representa cerca del 35% del total de los antibióticos utilizados en todas las áreas; de éstos, 786 toneladas (un 6% del total) se usan como aditivos promotores del crecimiento. Es importante señalar que en los últimos 20 años esta cifra disminuyó casi en 50%, dada la restricción que tanto los organismos internacionales como los de la propia CEE, han impuesto sobre este tipo de productos. Desde 1986, por ejemplo, el gobierno sueco prohibió el uso de APC, no sin especificar que los antibacterianos sólo pueden utilizarse con fines terapéuticos, y no en la promoción de crecimiento o rendimiento de las especies. Otros estados miembros de la CEE (Dinamarca, Alemania y Finlandia) impusieron varias cláusulas para restringir o prohibir ciertos antibióticos, como la Avoparcina, tilosina, espiramicina, bacitracina de zinc y virginamicina. Unos años más tarde también podrían retirarse del mercado promotores del crecimiento como la flavomicina, avilamicina, monensina y salinomicina.⁹

Los comités de salud más importantes de la CEE han considerado cuatro componentes ecológicos de transferencia de resistencias bacterianas: humanos, animales, plantas y mantos freáticos los que tienen, como factor común entre ellos, los antimicrobianos, bacterias y los genes que codifican la resistencia.

En animales el uso de antibióticos, sobre todo de promotores del crecimiento, fue el principal factor de riesgo. No obstante, en opinión de muchos especialistas, cualquier impacto que el retiro de los antibacterianos promotores tenga en la resistencia bacteriana se verá mermado por el aumento en las enfermedades bacterianas de los animales de granja y el uso consecuente de antibióticos en forma terapéutica.⁹

No obstante lo anterior y pese a los efectos benéficos de los APC, las presiones económicas mundiales causarían su prohibición en la CEE y quizá

en países como Estados Unidos y Canadá, lo que implica que se deberán poner en práctica estrategias alternativas para contrarrestar los efectos negativos en el comportamiento productivo de los animales por el retiro de los APC de sus alimentos. Para alcanzar estos objetivos convendría considerar las siguientes medidas: mejorar el manejo y bienestar de los animales, cambiar la composición de ciertos elementos de la dieta, buscar y evaluar todas las posibles alternativas.⁹

La CEE ha marcado una serie de características y propiedades que debe tener un promotor del crecimiento del grupo de los antibacterianos:

- Debe demostrarse su efecto favorable en los animales de producción.
- No debe representar un riesgo ni poner en peligro la salud de los animales o de los humanos.
- Su naturaleza y niveles deben ser controlables.
- Los niveles administrados no deben ser iguales o sobrepasar los que se proporcionan con fines terapéuticos.
- No debe tener una finalidad terapéutica en medicina humana o veterinaria.⁹

Es importante considerar que estas prohibiciones conllevan una serie de desventajas; una de las más importantes: el notable incremento en el costo del control de enfermedades subclínicas. En estudios realizados en Europa se señala que, al menos en Holanda, se redujo la eficacia en la utilización de alimento entre el 3 y 8%. El sector productivo más afectado por la prohibición de los APC son las granjas donde los estándares de higiene y manejo no son adecuados.

En 1998, los reportes estadísticos del Consejo Danés de Avicultura, que incluye a casi todas las parvadas comerciales, concluyó que el consumo de alimento promedio en 42 días de edad se incrementó de 1.78 kg antes de la

prohibición a 1.82 kg de pollo vivo después de la prohibición. También se ha observado un aumento en el número de parvadas que sufren de enfermedades relacionadas con *Clostridium perfringens*, como enteritis necrótica y hepatitis crónica.⁹

En constante, se demostró que en los países de la CEE la flavomicina, que no ha sido prohibida a 4 mg/kg de alimento, mejora de manera significativa la conversión alimenticia de pollos de engorda alimentados con dietas de cebada o trigo manejados bajo condiciones estrictas de higiene.⁹

Entre las principales consecuencias que tuvo la prohibición del uso de APC se mencionan:

- I. heces líquidas en pollos de engorda y otras aves engordadas en piso, debido a enteritis necrótica producida por *Clostridium* sp.
- II. coccidiosis en pollos de engorda y otras aves si el uso de ionóforos anticoccidiostáticos no es permitido en el alimento.⁹

Otro factor a ponderar es el de los APC sobre las características contaminantes de las excretas y los gases que se generan. Los APC reducen la producción de metano y la excreción de nitrógeno y fósforo; por ello, se estima que su prohibición en cerdos, aves y rumiantes en Alemania, Francia y el Reino Unido aumentará cada año la emisión de nitrógeno y fósforo al ambiente en 78 000 toneladas, y la producción de metano (importante en el efecto invernadero de las grandes ciudades) en 1 246 000 m³/ día.⁹

2.11 PROBIÓTICOS

Son cultivos de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) que tienen un actuar competitivo, ya sea de forma directa (por crecimiento poblacional) o indirecta (por producción de inhibidores) sobre bacterias patógenas en el tracto gastrointestinal TGI (en especial gramnegativas). Al generarse un crecimiento considerable del probiótico se da una competencia física (espacio y localización) por nutrientes; hay producción de ácidos, secreción de bacteriocinas e inmunidad cruzada a nivel de lumen intestinal. Entre los

microorganismos que más se llegan a utilizar se encuentran *Aspergillus* sp, *Bacillus* sp, *Bacterioides* sp, *Bifidobacterium* sp, *Lactobacillus* sp, *Leuconostoc* sp, *Pediococcus* sp, *Propionibacterium* sp, *Saccharomyces* sp y *Enterococcus* sp.

2.12 PREBIÓTICOS

Otra opción para sustituir los antibióticos como APC son los prebióticos, que son pequeños fragmentos de carbohidratos. Su inclusión en las dietas de aves comerciales se basa en su potencial para mejorar la nutrición animal. Además, estos carbohidratos pueden estimular en forma selectiva balances microbianos en beneficio de las aves. Dentro de este grupo, los más estudiados son los mananoligosacáridos y los fructoligosacáridos.

Los primeros tienen la facultad de inhibir la adhesión de ciertas cepas de microorganismos patógenos a la pared del TGI, mientras actúan como nutrientes para otros organismos benéficos para los animales. Los mananos se fijan a las terminaciones de lectina de las bacterias patógenas, con lo que impiden a éstas fijarse en las células epiteliales del intestino. De esta manera disminuye la incidencia de enfermedades y mejora el comportamiento productivo de los animales.⁹

2.13 SIMBIÓTICOS

Una forma práctica de manejar y modificar la microflora intestinal es mediante el uso de simbióticos que resultan al combinar un prebiótico y un probiótico en el alimento. Esta mezcla aumenta el número de microorganismos (probióticos) que sobreviven en el TGI, por lo que, por lo general, se incluye un sustrato específico (prebiótico) para los microorganismos. Aunque represente una perspectiva muy interesante en el contexto de la sustitución de APC, en la actualidad existe muy poca información generada sobre el tema.⁹

2.14 LEVADURA *Saccharomyces cerevisiae*

Dentro de las especies de hongos unicelulares clasificados genéricamente como levaduras encontramos incluida a *Saccharomyces cerevisiae*.¹⁶

Las levaduras del género *S. cerevisiae* son capaces de llevar a cabo procesos de fermentación a partir de la transformación de azúcares a etanol y dióxido de carbono, propiedades que han sido ampliamente explotadas desde hace muchos años en la industria de la producción de pan y bebidas alcohólicas.¹⁷

Las levaduras tienen un único núcleo que se reproduce de forma asexual por gemación y división transversal o por reproducción sexual a través de la formación de esporas. Cada yema que se separa puede crecer y convertirse en una nueva levadura, y algunas se agrupan para formar colonias. En general, las levaduras tienen un tamaño mayor que las bacterias, varían mucho de tamaño, y suelen ser esféricas u ovoides. No tienen flagelos pero poseen la mayoría de los restantes orgánulos eucariotas.¹⁸

En la actualidad, se considera que la levadura de *S. cerevisiae* es uno de los microorganismos eucariotas más estudiados y estrechamente ligados al progreso de la humanidad.¹⁹

Desde hace 20 años, se ha estado usando la Levadura en la industria avícola mundial, obteniéndose efectos benéficos en la producción de pollos de carne. *Saccharomyces cerevisiae*, una de las levaduras más usadas y ampliamente comercializada, es rica en proteínas (40-45 %) de alto valor biológico y abundante en vitaminas del complejo B, como biotina, niacina, ácido pantoténico y tiamina, entre otras.²⁰

Desde hace varios años la levadura de *Saccharomyces cerevisiae* forma parte de la farmacopea Japonesa (rml) o Estados Unidos de América, donde la FDA (US-Food and Drug Administration) le ha otorgado el grado de microorganismo seguro o grado GRAS (*Generally Recognised As Safe*).²¹

2.14.1 FABRICACIÓN INDUSTRIAL DE LEVADURAS

Cultivos puros de levadura son producidos específicamente para su uso en la industria cervecera, vinícola, destilería, panadería, doméstico y pecuario.^{22, 23}

En la industria alimenticia, las formas activas de levadura más predominantes son: como primer lugar, levadura deshidratada con un 95% de materia seca (MS); como segunda, torta de levadura húmeda con un 30% MS, levadura generalmente utilizada en la industria de panadería.²³

Las principales fases del proceso de fabricación de levaduras son:

1. Selección, aislamiento y multiplicación celular de los inóculos de levadura a nivel de laboratorio.
2. Propagación de la cepa de levadura en el laboratorio (de frascos de 10 ml a frascos de 10 litros), realizada con la finalidad de aumentar la cantidad del producto o inóculo industrial.
3. Propagación industrial, se emplean bioreactores o fermentadores aeróbicos de 15 a 200 m³ en donde el objetivo es proveer los nutrientes (oxígeno, nitrógeno y carbohidratos), y las correctas condiciones de temperatura y pH a la levadura para que se multiplique.
4. Secado y deshidratado, cuando la concentración de levaduras es adecuada en los fermentadores el caldo de cultivo es centrifugado para formar una crema de levadura, posteriormente la crema se filtra para formar la torta de levadura que es secada a una temperatura adecuada para no destruir su capacidad fermentativa.²⁴

2.14.2 OBTENCIÓN DE PAREDES CELULARES Y EXTRACTOS DE LEVADURA

La producción de paredes celulares de levadura se realiza como un paso alterno y posterior a la producción industrial de las levaduras activas. Cuando la cantidad de levaduras es la adecuada dentro de los fermentadores, se realiza un proceso térmico que provoca la autólisis de las células de levadura. Después, se lleva a cabo un proceso de centrifugación del producto autorizado que provoca la separación de la pared celular del contenido intracelular (extracto) de la levadura muerta. Posteriormente los productos separados

(pared celular y extracto) son concentrados y secados cuidadosamente para conservar sus características nutricionales.^{22, 24}

2.15 PARED CELULAR DE LEVADURA (PCL) Y SU INCLUSIÓN EN DIETAS DE POLLO DE ENGORDA

Las paredes celulares de las levaduras pueden constituir aproximadamente el 30 % del peso seco de la célula y representa por tanto, una importante inversión de ésta en su síntesis. En *Saccharomyces cerevisiae*, aproximadamente el 90 % de la pared está compuesta por polisacáridos, de 5-10 % de proteínas y no rebasa 1 % de lípidos; aunque la porción proteica es relativamente pequeña, 50 % de la pared celular está compuesta por glicoproteínas.²⁵

Algunas de las ventajas de la utilización de productos basados en polisacáridos de pared celular de levadura (PCL), son su gran capacidad para soportar las altas temperaturas que pueden ocurrir en los procesos de peletizado del alimento de monogástricos, además de gran capacidad para resistir las condiciones químicas y físicas impuestas durante su trayectoria por el tracto digestivo del animal.²⁶

Los principales componentes de la pared celular de *S. cerevisiae* son manano-proteínas (buena parte de la investigación generada acerca del empleo de estos polisacáridos en dietas para animales enfatizan más en las propiedades de estos mananos) y β - glucanos en proporciones más o menos iguales y pequeñas cantidades de N-acetilglucosamina,^{27, 28, 29, 30} como se muestra en el Cuadro 4.²⁵

A la pared de *S. cerevisiae* se le atribuyen dos tipos de manoproteínas: una que puede ser extraída de la pared por dodecilsulfato de sodio (SDS) y otra que tiene que ser aislada por digestión enzimática con β (1,3) glucanasa.^{29, 31, 32} La capa de glucano tiene la función de soportar y mantener la rigidez de la pared, mientras que la de manoproteínas determina su permeabilidad.^{33, 34}

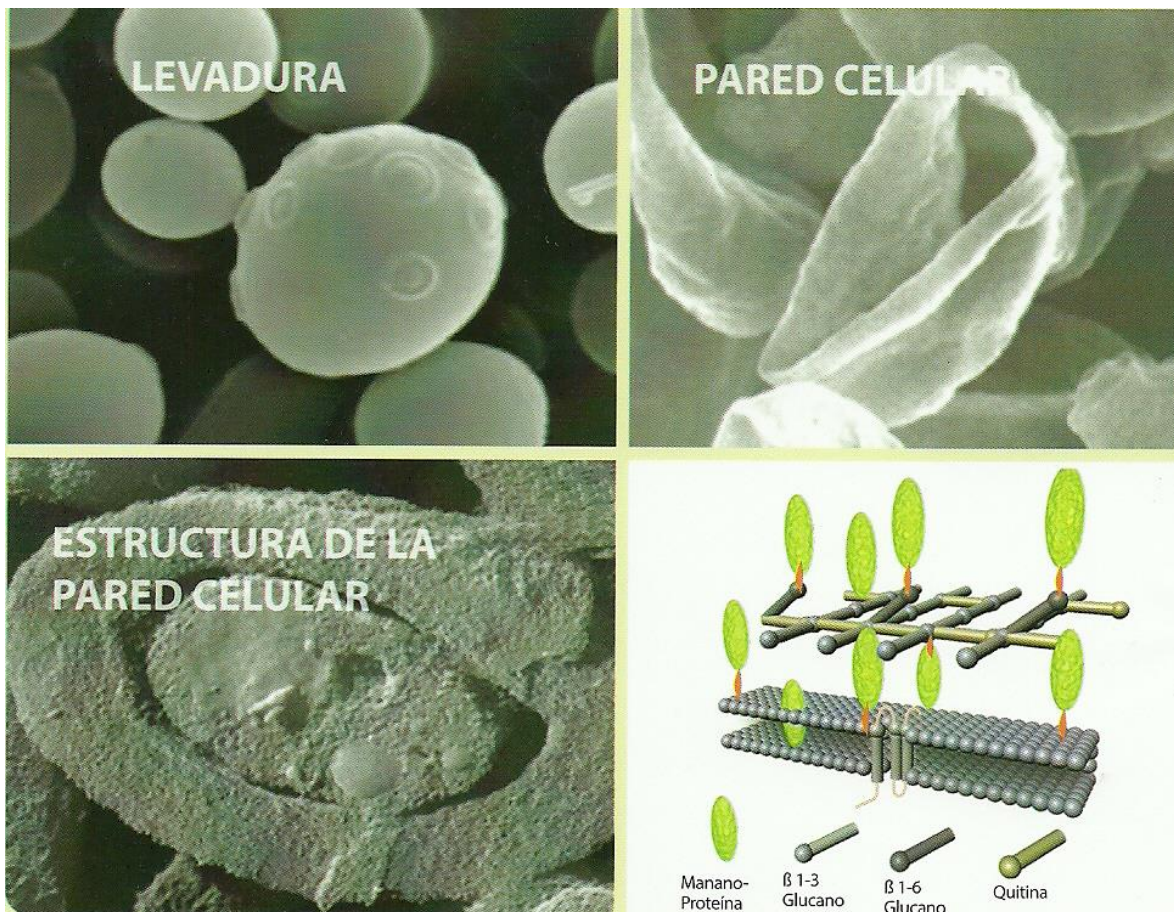
Estos oligosacáridos (β 1-3 glucano y manano-proteínas), derivados de la pared celular de las levaduras (Figura 5), realizan un papel muy activo en el incremento de la inmunidad no específica de los animales, además son capaces de inhibir la colonización por patógenos en el tracto digestivo y absorber micotoxinas.^{35, 36, 37}

Cuadro 4. Componentes de la pared celular de levadura *Saccharomyces cerevisiae*²⁵

Macromolécula (1)	% de la pared celular	Promedio del GP/kDa
Manoproteína (2)	30-50	Altamente variable
1,6- β -Glucano	5-10	24/150
1,3- β -Glucano	30-45	240/1500
Quitina	1.5-6	25/120

Los componentes son presentados en el orden en que se encuentran en la pared celular del exterior al interior de la célula. Condiciones de estrés en la pared celular provocan incrementos drásticos en los niveles de quitina. GP = Grado de polimeración, kDa = kilodaltones o tamaño de la molécula. 2. El contenido de proteína es de 4 al 5% de la masa restante y corresponde a la proteína ligada a las cadenas de carbohidratos de tipo manosa.

Figura 5. Levadura *Saccharomyces cerevisiae*³⁸



Microfotografías electrónicas de barrido de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, pared celular, estructura de la pared celular y esquema de la pared celular de la levadura.

2.15.1 OLIGOSACÁRIDOS DE MANANO

En los últimos años se han publicado trabajos sobre alternativas de productos naturales para la sustitución de los antibióticos promotores de crecimiento (APC), como son las paredes celulares del *Saccharomyces cerevisiae* (PCL), ya que demuestran beneficios en la producción de las aves, debido a la composición de polisacáridos presentes en las paredes (80 a 85 %) y cuyos componentes activos son la glucosa (glucanos) y manosa (mananos), los cuales forman aproximadamente el 92 % de los polisacáridos constituidos en la pared siendo reconocidos como inmuno-estimulantes así como colonizadores

de la mucosa intestinal, impidiendo la adhesión de algunas bacterias entero patógenas con resultados similares de producción a los APC. Por otro lado, han demostrado también, un efecto sinérgico asociado a tratamientos con antibióticos, para combatir infecciones bacterianas, mejorando los parámetros de producción en el pollo de engorde, cuando se adiciona el APC conjuntamente con las PCL. Dada la importancia que han tenido estos componentes en los sistemas de producción, se ha logrado purificar los componentes activos, manano oligosacáridos (MOS) y betaglucanos, incrementándose el interés ya que estos pueden desempeñar un papel importante como promotores de crecimiento al aumentar la resistencia a patógenos entéricos, lo que disminuye la incidencia de enfermedades y mejora el rendimiento productivo de los animales.^{39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49}

2.15.2 BENEFICIOS DEL USO DE MANANO OLIGOSACÁRIDOS (MOS) EN LA NUTRICIÓN AVÍCOLA

Los manano oligosacáridos (MOS) procedentes de las paredes celulares de levaduras del *Saccharomyces cerevisiae*, han sido utilizados desde hace más de una década como aditivos naturales en la alimentación de aves.⁵⁰

Los mananooligosacáridos son derivados de los mananos de las superficies de levaduras, actúan como ligandos de alta afinidad, ofreciendo un sitio de unión competitiva para ciertas bacterias. Las bacterias gramnegativas con fimbria manosa específica tipo I que se unen a los MOS se mueven entre las células epiteliales sin colonizar. Los MOS dietarios remueven los patógenos del tracto gastrointestinal antes de que dañen ese tejido. Se ha demostrado *in vitro* que la manosa inhibe el ataque de *Salmonella typhimurium* en intestino de pollos de un día de nacidos y en pollos de engorda.⁹

La capacidad de los MOS de interferir con el ataque de bacterias patógenas en el intestino aumenta la posibilidad de evitar la unión entre el plásmido de transferencia vía conjugación y con ello el desarrollo de resistencia a ciertos antibióticos. Está demostrado que los MOS y *S. cerevisiae* inhiben la colonización de *E. coli*, *Salmonella typhimurium* y *S. enteritidis*. Aunque los clostridios no se unen a los MOS, de alguna forma hay una reducción en su

población por presencia de los MOS dado que, en apariencia, se estimulan a la barrera de mucina y la inmunidad.⁹

Los MOS tienen un efecto significativo de promoción del crecimiento al aumentar la resistencia del animal a las enfermedades entéricas a través de los siguientes mecanismos:

- Disminuyen la colonización de patógenos entéricos al bloquear los sitios de adhesión en la cubierta intestinal. Los MOS previenen la adherencia de las lectinas bacteriales a los carbohidratos presentes en la superficie de las células intestinales. Esta acción reduce la colonización del tubo digestivo con patógenos.
- Favorecen la inmunidad: los MOS estimulan la actividad macrófaga cuando son expuestos directamente a macrófagos, en un sistema *in vitro*, o cuando son parte del alimento de los animales.
- Modifican la fermentación a favor de nutrientes disponibles para el huésped.
- Refuerzan la barrera de mucina del borde de cepillo intestinal y la integridad del revestimiento intestinal.⁹

2.15.3 ACTIVIDAD DE LOS MOS SOBRE LA FUNCIÓN INMUNE

Se ha demostrado que los MOS tienen una influencia positiva en la inmunidad humoral y en la función de las inmunoglobulinas. Una respuesta humoral adecuada funciona mejor para resistir enfermedades en comparación con una respuesta inflamatoria activa. Aún no están esclarecidos los mecanismos mediante los cuales los MOS estimulan la producción de IgA; aunque existe la hipótesis de que las células M toman pequeñas porciones de MOS y los transportan a las placas de Peyer para que pueda actuar como auxiliar en el estímulo para la producción de IgA. Savage *et al.*(1966) reportaron un incremento en la IgG plasmática e IgA biliar en pavos a los que se les suplementó con 0.11% de MOS. Se espera un incremento en la respuesta de anticuerpos hacia los MOS debido a la capacidad del sistema inmunológico para reaccionar a material antigénico de origen microbiano. Está demostrado

que porciones celulares de la pared estructural de la levadura *Saccharomyces* sp contenidos en los MOS tienen propiedades antigénicas. Los MOS estimulan la inmunidad humoral contra patógenos específicos al evitar la colonización y enfermedades al presentarlos como antígenos atenuados. De hecho, como los MOS facilitan la secreción de IgA en las placas mucosas, los agentes patógenos se vuelven más lábiles a la acción celular fagocítica asociada a linfocitos.⁹

El sistema inmunológico innato reconoce las estructuras moleculares de bacterias invasoras, lipopolisacáridos, peptidoglicanos y posiblemente la manosa que forma parte de la estructura de la pared celular de las levaduras. Los oligosacáridos que contienen manosa han demostrado ser efectivos en la estimulación de proteína en la que se une este azúcar. Esta proteína atrae a la bacteria y estimula la cascada del sistema inmunológico del huésped.

Se han realizado estudios en los que se ha inducido inmunidad humoral a pollitos y pavos de 14 días de edad. Se les administró un lipopolisacárido de *Salmonella typhimurium* cepa SL648 vía intracelómica. Desde el primer día de edad se formaron tres grupos a los que se les proporcionó alimento medicado con virginiamicina a razón de 20g/ton, alimento con 1 kg/ ton de MOS y se trabajó también con un grupo control al que se le proporcionó alimento sin medicar. Después de la inyección del lipopolisacárido, se evaluó la temperatura cloacal cada ocho horas y se hizo recolección de muestras de hígado, bazo, bolsa de Fabricio y porciones intestinales a las 24 horas, En contraste con el grupo control las aves alimentadas con MOS no presentaron respuesta febril a las ocho horas posinoculación, aunque el peso del hígado e intestino estaba aumentado en comparación a los otros grupos. Las aves alimentadas con MOS conservaron su temperatura corporal después de la exposición a antígenos inflamatorios mientras que el grupo medicado con virginiamicina y el grupo control sin medicar presentaron temperatura corporal elevada.⁹

2.15.4 ACTIVIDAD DE LOS MOS EN LA INTEGRIDAD DE LA MUCOSA GASTROINTESTINAL

Los efectos benéficos de los MOS en la microflora del tubo gastrointestinal, la utilización de nutrientes y la estimulación del crecimiento se asocian con la integridad intestinal de la mucosa. En aves suplementadas con MOS 1kg/ton y comparándolo con un grupo dosificado con virginiamicina (20g/ton) se encontró a nivel histológico en las vellosidades que a los 14 días de edad el grupo de MOS presentaban un mayor grosor, peso de vellosidades, profundidad de criptas intestinales, grosor de capas musculares y número de células globulares. Asimismo, la conclusión fue que los MOS influyen en la morfología de las vellosidades, aunque no afectan su peso. También se determinó un aumento de proteína/ADN en la mucosa de yeyuno, incremento de enzimas como la maltasa, leucina aminopeptidasa y la fosfatasa alcalina.

En investigaciones adicionales realizadas por *Savage et al. (1996)* se encontró que los MOS mejoran la integridad de la mucosa intestinal. Éstos entonces reportaron una reducción en la profundidad de las criptas y un incremento en la relación del largo de las vellosidades con la profundidad de la cripta en pavos alimentados con MOS. Según los autores, es probable que dichos cambios sean por la capacidad de los MOS para mejorar la microflora intestinal y no a un efecto directo de estos sobre el tejido intestinal.⁹

2.15.5 OLIGOSACÁRIDOS DE GLUCANOS

Otro de los productos derivados de la pared de la célula de levadura con actividad probiótica- inmunoestimuladora son los glucanos, cuyo uso como modificadores de la respuesta inmune contribuye a la prevención de enfermedades infecciosas y consecuentemente a la mejor expresión de los caracteres productivos en los animales de granja.⁵¹

Los glucanos, particularmente los β -1-3-glucanos han demostrado tener una variedad de actividades farmacológicas tales como anticolesterolemica, hipoglucémica, aceleración de la excreción de metales pesados y la estimulación del sistema inmune. La actividad inmunoestimuladora de los

glucanos conduce a sugerir que éstos son útiles como agentes anticancerígenos y para el tratamiento de diversas infecciones o como agentes anti - infecciosos para ser usados solos o en conjunción con antibióticos.⁵²

Se ha encontrado que el β -1-3-glucano ejerce un marcado efecto inmunoestimulante. El empleo de éste en ratones estimula la respuesta de linfocitos a la fitohemoaglutinina (PHT), la actividad de macrófagos y la proliferación de neutrófilos polimorfonucleares al nivel de la médula ósea y sangre periférica, así como la actividad reductora del nitro *blue* tetrazolium de los neutrófilos polimorfonucleares bovinos y la resistencia a las enfermedades infecciosas en esta especie.⁵³

Hoy se conoce que los peptidoglucanos derivados de *Saccharomyces cerevisiae* se caracterizan por su habilidad para promover la formación de IgA en la pared del intestino delgado. Asimismo la administración oral incrementa la respuesta inmune mucosal y sistémica en ratones y pollos.^{54, 55}

El material aislado de las paredes de las células de levadura *S. cerevisiae* posee la capacidad de actuar como un inmunoestimulante no específico. La actividad biológica de la pared celular de levadura se atribuye a la presencia de los enlaces β -1-3-glucanos ligados pero las otras formas de glucanos y los mananos tienen también la habilidad de estimular el sistema inmune.^{52, 56}

El β -1-glucano es capaz de incrementar los niveles de anticuerpos en el suero por la activación de los macrófagos que secretan TNF_α . Este es un activador policlonal de los linfocitos B que también estimula a los fagocitos mononucleares a secretar una cascada de citoquinas dentro de la circulación, incluyendo la interleucina-1 y la interleucina-6 que más tarde serán parte importante para la expresión del isotipo del anticuerpo.^{57, 58}

Se demostró que en la avicultura intensiva, el uso de los β -1-glucano como aditivo en el alimento puede reducir las infecciones de campo y consecuentemente promover el crecimiento, reduciendo de esta forma la necesidad del uso de los antibióticos.⁵²

Los β -1-3-glucanos activan las enzimas lisosomales (β -glucoronidasa) para la destrucción intracelular de los microorganismos en el macrófago y en sentido general juegan un papel en la inmunidad se ha confirmado el efecto liberador que tiene el β -1-glucano sobre la β - glucoronidasa de los macrófagos peritoneales de ratones y la protección contra enfermedades infecciosas específicamente contra *Salmonella tiphymurium*.^{51, 59, 60}

Debido a la naturaleza polisacárida del β -1-glucano, la rápida inducción en la respuesta a la producción de anticuerpos pudiera responder a un mecanismo timo-independiente y a una alta persistencia para que estos polisacáridos se mantengan por períodos prolongados de tiempo sobre la superficie de la zona marginal de los macrófagos donde son reconocidos por los linfocitos B específicos. Según Benda *et al.* (1986) emplearon el β -1-3-glucano derivado de *Saccharomyces cerevisiae* en pollos y encontraron que éstos provocaban estimulación de la producción de anticuerpos.^{61, 62}

2.16 PIGMENTACIÓN DEL POLLO DE ENGORDA

Para los consumidores una de las propiedades más importantes en un alimento es el color. Una falta de coloración afecta la percepción de palatabilidad y se asocia con inmadurez, descomposición, procesamiento inadecuado o adulteración del producto. El color del alimento tiene gran influencia para su elección. En el ámbito avícola se considera primero la pigmentación amarilla de la piel de pollos de engorda y el grado de coloración de la yema de huevo de gallinas de postura. En pollo de engorda las aves con tarsos pálidos son poco apreciados en el mercado mientras que las aves con tarsos amarillos o amarillo naranja son asociados a pollos saludables. En el caso de la producción de huevo, se prefieren yemas con coloración uniforme, mientras que las destinadas a la industria de la panadería y pastelería deben ser muy pigmentadas.⁶³

El nombre genérico de carotenoide se utiliza para describir a las moléculas compuestas por ocho unidades de isopropeno pentacarbónico. Los cambios en la configuración geométrica de los dobles enlaces originan la existencia de

isómeros *cis* y *trans*. Algunos autores han clasificado a los carotenoides tomando en cuenta la forma en que pigmentan los productos avícolas como derivados hidroxilados y oxigenados. Los hidroxilados son clasificados como carotenos, mientras que aquellas que tienen oxígeno en su estructura son conocidas como xantofilas. Los carotenoides se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y se pueden obtener a partir de plantas fotosintéticas, plumas de aves y crustáceos. Éstos tienen una absorbancia en la región del espectro de 400 a 500 nanómetros (Cuadro 5).⁶³

Cuadro 5. Carotenoides.⁶³

Precursor de Vitamina A que no pigmentan	Precursor de Vitamina A que pigmentan	Precursores de Vitamina A que no pigmentan	Precursores de Vitamina A que pigmentan
B- caroteno	Criptoxantina	Violaxantina Neoxantina	Luteína Cantaxantina

2.16.1 FISIOLÓGÍA Y METABOLISMO DE LAS XANTÓFILAS

La composición química para determinar los carotenoides implica:

- a) Conocer las fuentes de xantofilas importantes que se adicionarán a la dieta para la pigmentación. Entre ellas se encuentran: harina de alfalfa, *Tagetes erecta* (flor de cempasúchil), o chiles de género *Capsicum*, además de los productos amarillos y rojos sintéticos.
- b) Conocer los ingredientes de la fórmula que aportan carotenoides y de qué tipo. Los ingredientes comúnmente empleados en la ración que contienen estos compuestos son maíz amarillo y gluten de maíz principalmente.⁶³

El proceso de pigmentación cutánea en pollos de engorda y en la yema de huevo para consumo, se basa fundamentalmente en la química lipofílica de los carotenoides.

La pigmentación se puede definir como la deposición de un pigmento capaz de afectar las propiedades de reflejar la luz de un objeto, y por lo tanto de alterar el color.

El proceso que debe sufrir la xantofila para poder ejercer su poder pigmentante tiene que pasar por tres fases sucesivas: absorción, transporte hacia el órgano blanco y su posterior deposición (grasa, tarsos, piel o en la yema de huevo).⁶³

2.16.2 ABSORCIÓN, TRANSPORTE Y DEPOSICIÓN DE PIGMENTO EN ÓRGANOS BLANCO

La absorción del pigmento se lleva a cabo principalmente en el intestino delgado (duodeno), se liga a la grasa dentro de los quilomicrones para ser transportados en el suero. Las sales biliares en el intestino emulsifican de manera eficiente los lípidos lo que incrementa la acción de las lipasas estos se absorben principalmente en la primera porción del yeyuno y las sales biliares en la parte final del íleon. Durante el transporte de lípidos a través de las células de absorción de la mucosa intestinal hacia los vasos linfáticos, los productos activos de la lipasa son re sintetizados hacia los triglicéridos por enzimas intracelulares. Después de complejos procesos bioquímicos se forman los quilomicrones, que son transportados desde la célula epitelial hacia el espacio extracelular, y posteriormente son acarreados a la circulación general a través de los vasos linfáticos.⁶³

Debido al carácter hidrofóbicos, los carotenoides son ligados a la parte lipídica de los tejidos, membranas y células. En términos generales, entre el 80 y 85% de los pigmentos son distribuidos en el tejido adiposo, y pequeñas cantidades son encontradas en el hígado, musculo y órganos reproductivos.

Aproximadamente uno por ciento circula en el suero con las lipoproteínas de baja y alta densidad. Los carotenoides que se encuentran en mayor proporción

en el suero son los β carotenos, α carotenos, luteína, zeaxantina, licopenos y cryptoxantina.

Pequeñas cantidades de polienos como fitoeno y fitoflueno, también están presentes. Como el tejido adiposo es la mayor fuente de depósito de los carotenoides en el cuerpo, las concentraciones en el suero son muy estables y pueden sufrir cambios durante un periodo bajo de consumo. La vida media estimada para los licopenos, β carotenos, luteína y zeaxantina puede ser de once a catorce días.⁶³

Para obtener buena pigmentación en los tarsos y en la piel se requiere de fuentes de xantofilas eficientes. La dieta de iniciación que se administra durante las primeras tres o cuatro semanas de vida del pollo, puede incluir niveles bajos de pigmento, alrededor de 15 g, en el mejor de los casos sólo contiene el aporte de pigmento de algunos ingredientes como maíz y gluten.

En las siguientes fases de alimentación, crecimiento y finalización, los niveles de xantofilas variaran de acuerdo a la zona en donde se comercializara el pollo.

Los pigmentos son rápidamente absorbidos y depositados en la grasa abdominal, tarsos y piel. El incremento de color puede ser notorio después de cinco días de consumo de una dieta rica en xantofilas, aunque se pueden detectar trazas de los mismos a partir del segundo día. En este caso, el nivel de pigmentación se incrementara gradualmente conforme transcurre el ciclo de engorda debido a que el pigmento consumido es acumulativo, no así para las gallinas en producción donde el pigmento es eliminado a través de la yema.⁶³

La intensidad de la pigmentación estará determinada por los niveles de pigmento presentes en las diferentes fases de alimentación. Para alcanzar los niveles requeridos por el mercado del centro, los niveles de inclusión deben ser entre 50 y 60 g en la fase de crecimiento y de 80 a 90 g de xantofilas naturales amarillas en la finalización. El tono naranja se obtendrá con la adición de pigmento rojo en la última etapa de alimentación. Los niveles de inclusión pueden originar valores superiores a 25 unidades delta en amarillo cuando se evalúa el pigmento con el colorímetro de reflectancia, en pollo vivo de 49 días de edad. Cabe mencionar que poco después del sacrificio (en caliente), el nivel

de pigmentación aumenta de manera marcada hasta duplicar el valor obtenido en el pollo vivo. Después de que las canales pasan por el proceso de enfriado, el nivel de amarillo aumentará de 2 a 4 unidades.⁶³

En zonas donde no es tan exigente la pigmentación, se emplean de 50 a 60g de xantofilas por tonelada de alimento en finalización. Para los que manejan 2 tipos de alimento, el iniciador puede contener hasta 40 g de pigmento por tonelada, en la última etapa se deberá incrementar a 60g. Con estos niveles de inclusión se pueden obtener lecturas de pollo vivo, entre 15 y 20 unidades deltas en amarillos, y de 30 ó 40 unidades delta después del sacrificio.⁶³

2.16.3 FUENTES DE PIGMENTOS

- Flor de cempasúchil. Fabricado a partir de extracto concentrado de esta flor, saponificado, estabilizado y mezclado con productos inertes que garantizan un buen manejo y la protección contra la oxidación. Los componentes pigmentarios de estos productos son:

Trans-luteína (86 a 92%) y trans-zeaxantina (4 a 6%) con una biodisponibilidad superior a 93%. Se encuentra en presentación líquida y en polvo de 11 a 30 g de xantofilas totales por kilo de producto comercial. Estas variaciones en carotenoides están relacionadas con la especie de la semilla, tipo de suelo, clima, tiempo de la cosecha y corte de la flor entre otras.⁶³

- Chiles del género *Capsicum spp.* Se emplean los extractos de los frutos secos de chiles rojos (*Capsicum annum*) previamente saponificado, estabilizado y mezclado con ingredientes adecuados para mantener su actividad íntegra. Los componentes pigmentantes de estos productos son: trans-luteína, trans-zeaxantina, trans-capsantina y trans-capsorrubina, los cuales deben estar a niveles mayores a 35 por ciento.⁶³
- Gluten de maíz. El contenido de oxicarotenoides está ampliamente ligado al porcentaje de proteína, así como a las condiciones de almacenamiento. El porcentaje de biodisponibilidad fluctúa entre el 50 y 65%. Las xantófilas principales son trans-luteína, y trans-zeaxantina, las

cuales se encuentran disponibles en una proporción similar de un 25 y 30 por ciento.

- Maíz amarillo. Presenta amplias variaciones de concentración dependiendo de la especie y variedad de maíz, aunque el contenido de xantofilas puede ser controlado mediante manipulación genética. Los principales componentes son trans-luteína y trans-zeaxantina en una proporción similar al gluten.
- Harina de alfalfa. El contenido de pigmento varía considerablemente debido a factores como: estado de maduración de la planta, condiciones de deshidratación, almacenamiento y contenido de proteína. La luteína es el oxicarotenoide predominante. La disponibilidad de las xantófilas es alrededor del 50 por ciento.⁶³
- Fuentes sintéticas. Dentro de este grupo se encuentran el apoéster (amarillo) y la cantaxantina (roja). Debido al vehículo utilizado (matriz de almidón y gelatina), el tamaño de las partículas es muy homogéneo, contiene un mínimo de 100 000 partículas por gramo de producto, lo que facilita se distribución en a dieta.⁶³

Estos productos pueden alcanzar una vida media de 36 meses en su empaque original. Los oxicarotenoides presentes en los ejemplos anteriores (Cuadro 6) son los principales componentes pigmentantes.

Cuadro 6. Algunas fuentes de oxicarotenoides⁶³

Oxicarotenoides	Fuente
Luteína	Maíz amarillo, gluten de maíz, harina de flor de cempasúchil y algas.
Zeaxantina	Maíz amarillo, gluten de maíz, harina de flor de cempasúchil.
Criptoxantina	Maíz amarillo, gluten de maíz, harina de alfalfa, flor de cempasúchil y algas
Capsantina	Chiles del género <i>Capsicum spp.</i>

2.16.4 FACTORES QUE AFECTAN LA PIGMENTACIÓN

El obtener una pigmentación aceptable en pollo de engorda para su comercialización es un gran reto, debido a que puede ser influenciado por varios factores.⁶³

1) Zona geográfica:

Cuando se inicia el ciclo de producción del pollo, el primer punto a contemplar será la región en donde se va a comercializar el producto. Una vez elegido un mercado, el nutriólogo tendrá que formular la dieta con el contenido de pigmento necesario en cada fase de alimentación para alcanzar la pigmentación deseada.⁶³

2) Tipo de Pigmento.

a) Pigmentantes naturales concentrados (amarillo o rojo).

Los productos naturales disponibles en el mercado nacional derivan de los pétalos de flor de cempasúchil (amarillo) y de chiles del género *Capsicum* spp (rojo). En el caso de los productos de flor, los componentes que tiene un poder pigmentante alto son: la trans-lutina y la trans-zeaxantina.

Para el pigmento rojo, los componentes de mayor interés son la trans-capsorrubina y la trans-capsantina que son los que aportan el color rojo, además de los niveles de trans-luteína y trans-zeaxantina. Es necesario contar con el certificado obtenido por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) para conocer la partición relativa de cada componente y sobre esta base hacer la dosificación. Generalmente los pigmentos amarillos contienen como mínimo 88% de trans-luteína más trans-zeaxantina; mientras que los productos rojos, las fracciones trans-capsantina, trans-capsorrubina, trans-luteína y trans-zeaxantina deben estar en un rango de 35 a 45 por ciento.⁶³

b) Fuentes sintéticas. La gran mayoría de los pigmentos de este tipo se encuentran en presentaciones al 10%. El agente pigmentante de iso productos amarillos es el ácido etílico del ácido- β -apo-8 carotenoico, el cual proporciona un color amarillo anaranjado semejante al de la zeaxantina del maíz.

La cantaxantina es el principio activo para los pigmentos rojos sintéticos. Estos productos son muy eficientes.⁶³

3) Nutrición.

Los parámetros productivos alcanzados en los pollos de engorda, sobre todo un bajo índice de conversión alimenticia asociado a una rápida ganancia de peso, se deben en gran medida a los programas de alimentación y nutrición aplicados que inician con la transferencia de nutrientes de la reproductora, tanto en cantidad, como en disponibilidad hacia el embrión, así como en el desarrollo anatómico y fisiológico del sistema digestivo. Por esta razón es importante, considerar el contenido de pigmento en las diferentes fases de alimentación (preiniciación, iniciación, crecimiento, engorda, finalización y retiro).⁶³

La relación energía proteína es muy importante debido a que el pigmento se depositará en la grasa principalmente; un ave con adecuado depósito de grasa estará bien pigmentada, del mismo modo aquella con grasa excesiva, tendrá menor pigmentación por dilución del pigmento en mayor cantidad de tejido graso.

4) Composición de la ración.

Los ingredientes que se utilizan comúnmente en la elaboración de los alimentos balanceados pueden influir en la absorción del pigmento y por consiguiente en la pigmentación cutánea. En general los ácidos grasos de cadena corta y los ácidos grasos insaturados de cadena larga facilitan la absorción de la luteína. Las grasas saturadas dificultan la absorción. Por otro lado si las

grasas o aceites contienen gran cantidad de peróxidos provocarán efectos negativos por oxidación del pigmento.⁶³

5) Estado de salud.

Los carotenoides se encuentran en el plasma en forma esterificada y se concentran principalmente en la fracción de lipoproteína de alta densidad (LAD). Durante una infección con *Eimeria acervulina*, la fracción LAD disminuye y los niveles de carotenoides y proteínas disminuyen proporcionalmente. Estos resultados sugieren que los carotenoides están entrelazados en alguna manera la proteína LAD. La principal proteína (93%) de las LAD es la apolipoproteína A-1 (APO A-1) que posee un alto contenido de hélices (alrededor de 90%), y se ha postulado que las regiones helicoidales pueden suministrar lugares de enlace a los carotenoides. Esto sugiere que la absorción de los carotenoides de la dieta requiere un transportador de la proteína. La *E. acervulina* destruye la relación de la APO A-1 con los carotenoides. La infección causa el descenso más rápido de luteína plasmática, que de luteína de la mucosa o del hígado, lo que sugiere que la síntesis del transportador es interrumpida por infección.⁶³

Otras como las ocratoxinas, causan pérdida de pigmento al afectar el metabolismo de dilución de los carotenoides en el contenido intestinal, disminuyendo su absorción y transporte, así como su almacenaje en el hígado y deposición en la piel. Estudios sobre ocratoxinas, han ayudado a conocer el metabolismo de los pigmentos; independientemente de que la luteína se suministre esterificada o saponificada, en la mucosa del intestino se encontrara una mezcla de diéster y alcohol libre de luteína, y se absorbe solo el último.

Durante la aflatoxicosis en pollos de engorda se produce hipocarotenemia, esta fue demostrada correlativamente entre

carotenoides séricos y pigmentación de la piel en aves normales.⁶³

La aflatoxina fue asociada con pobre pigmentación en aves de laboratorio y de campo. La aflatoxina altera la esferificación de la luteína (dihidroxicarotenoide) en el contenido intestinal, disminuye la absorción y transporte de luteína, incrementa el secuestro de luteína en el hígado por una baja disponibilidad de las formas esferificadas y, por consiguiente, disminuye el depósito de pigmento en la piel. Aunque los pollos resisten dosis elevadas, no obstante estas toxinas tienen efectos acumulativos y bloquean el metabolismo de los pigmentos.⁶³

En el síndrome de tránsito rápido, la pigmentación cutánea se afecta severamente, y se aprecia gran irregularidad en el crecimiento de la parvada a pesar de que se aumenta la concentración de pigmentos en el alimento.⁶³

6) Problemas de abasto en el alimento.

Cuando las aves bien pigmentadas son alimentadas posteriormente con una dieta baja en xantófilas, se observará en varios tejidos, la disminución en la concentración de carotenoides en diferentes grados. El mayor efecto se observa en la mucosa del yeyuno, suero, hígado y piel de los tarsos con las formas monoéster y diéster. La luteína monoéster disminuye primero en la piel de los tarsos, previa disminución de la luteína diéster. Después de un tiempo prolongado la fracción diéster disminuye más que la forma monoéster. En este caso el hígado, la luteína monoéster disminuyen significativamente al siguiente día al siguiente día del cambio de alimento, no así para la forma diéster. Esto implica, que la hidrólisis enzimática de la forma diéster se lleva a cabo mediante dos reacciones y dos enzimas ligadas a la forma monoéster. Durante el inicio de la reducción se asume que las reacciones están en equilibrio con la reacción inversa al llegar a la deposición.⁶³

7) Sexo y estirpe.

Los factores genéticos, influyen en el depósito de xantofilas en la piel de las aves, así tenemos que las aves de estirpe Hy-line son las que fijan más pigmento un la piel, seguidas de Hubbard, Ross, Lohmann y Shaver. En relación con el sexo, se ha observado mejor asimilación de xantofilas por parte de las hembras, con diferencia de hasta 2 delta con respecto a los machos, cuando se evalúan con un equipo colorimétrico. Generalmente, las hembras alcanzan el nivel óptimo de pigmentación antes que los machos.⁶³

8) Transporte del pollo de rastro.

El exceso de animales por jaula y los golpes durante la captura, carga y el transporte producirán pequeñas hemorragias (petequias), por la ruptura de los vasos capilares, lo que causa efectos negativos sobre el color final de la canal.⁶³

9) Procesamiento de las aves de rastro.

La eficiencia de sangrado, el amperaje del aturridor, temperatura del escaldado, el tiempo de apertura de la maquina desplumadora y el largo de los dedos, así como el uso del *chiller*, son los aspectos más importantes al vigilar en la planta procesadora.⁶³

2.16.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA PIGMENTACIÓN CON EL COLORÍMETRO DE REFLECTANCIA

La evaluación se realiza en la zona conocida como vena de la grasa derecha o izquierda de manera individual. Se sujeta al ave viva de los tarsos dejándola en posición vertical y se procede a descubrir la zona de lectura localizándose debajo de las alas. Se debe quitar cualquier pluma que pueda hacer interferencia al momento de llevar a cabo la lectura. Una vez descubierta la zona, se procede a hacer la evaluación. El lector del equipo tiene que hacer contacto suave con la piel. Nunca se debe presionar el lector o separar el mismo de la piel porque se obtiene un resultado falso.⁶³

3.0 JUSTIFICACIÓN

La industria avícola se ha apoyado en la utilización de antibióticos promotores de crecimiento (APC) como aditivos de tipo no nutricional para optimizar la eficiencia del uso de la dieta (la cual representa no menos de entre el 60 y 70 % de los costos de producción, de ahí la importancia), mejorar la productividad; además de proteger contra microorganismos patógenos y reducir los índices de mortalidad. Aún con los beneficios que los APC aportan a la zootecnia avícola, sin un análisis de riesgos previo a su uso, varios grupos de éstos podrían ser parte de los efectos de resistencia de bacterias potencialmente patógenas para el humano y las aves, así como la posible toxicidad y problemas en salud pública por generar residuos peligrosos en los productos de origen animal.

Debido a estimaciones por parte de organismos internacionales de salud y alimentación, una de las mayores causas de muerte en el mundo para los años venideros será debido a infecciones por bacterias resistentes a antibióticos, es por ello que se están tomando medidas para restringir o reducir el uso de los APC.

Sin embargo, en algunos casos, existen ciertas desventajas que podrían impactar negativamente a la industria avícola al no utilizar APC tales como el incremento en el costo del control de enfermedades subclínicas y aumento en el consumo de alimento.

Se deben considerar alternativas al uso de APC en la producción avícola, tales como: prebióticos, probióticos, simbióticos, ácidos orgánicos, extractos vegetales y enzimas, que promuevan el equilibrio de la microflora y el crecimiento de bacterias benéficas en el tracto gastrointestinal, para mantener su integridad y de esta manera pueda desarrollar todo su potencial productivo. Por lo anterior, es importante la evaluación de los efectos de la pared celular de levadura *Saccharomyces cerevisiae* como prebiótico, sobre los parámetros de producción en el pollo de engorda.

4.0 OBJETIVO GENERAL

Evaluación del efecto de la inclusión de Pared Celular de Levadura (PCL) de *Saccharomyces cerevisiae* en alimento comercial sobre los parámetros productivos, mortalidad y pigmentación de la piel en el pollo de engorda.

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar el efecto de la inclusión en el alimento de PCL en 2 diferentes contenidos y un grupo control: 0.5 Kg/Ton, 1 Kg/Ton y 0 Kg/Ton (partes por millón: ppm) en el alimento y medir la respuesta de parámetros productivos: consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en el pollo de engorda en un período de 49 días.
- Evaluar el efecto de la PCL sobre la mortalidad.
- Medir la intensidad de pigmentación de la piel de las aves al día 40 del período de producción (amarilleamiento *b) con un colorímetro de reflectancia Konica-Minolta.
- Evaluar el costo beneficio del uso de PCL en base a los resultados de los parámetros productivos.

5.0 HIPÓTESIS

Al adicionar el prebiótico pared celular de levadura PCL en el alimento comercial para pollo de engorda, se mejorarán los parámetros productivos consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia; disminuirá la mortalidad, habrá un incremento en la calidad de la pigmentación de la piel y el costo beneficio de la PCL será favorable gracias a la mejora de la salud intestinal de las aves y su impacto en las variables productivas antes mencionadas.

6.0 MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en la caseta de investigación y producción del Módulo de Aves del Centro de Enseñanza Agropecuaria (CEA), dentro de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, de la Universidad Nacional Autónoma de México, que se ubica en la carretera Cuautitlán - Teoloyucan Km. 2.5, San Sebastián Xhala 54714, Cuautitlán Izcalli, Estado de México (paralelo 19° 40' 50", meridiano 99° 12' 25", a una altura promedio de 2, 252 msnm.

6.1 PAREDES CELULARES DE *Saccharomyces cerevisiae*

La fuente de PCL utilizada en el presente experimento fue del producto comercial Safmannan®, usado como prebiótico, el cual es un mejorador de la salud y de los parámetros productivos en animales, el cual contiene cantidades concentradas de mananos y betaglucanos obtenidos por autólisis de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, cepas de panadería, cuya composición descrita en el cuadro 7.

Cuadro 7. Composición química de Safmannan®

Parámetros	%
Materia Seca	97 – 98
Mananos	22 – 24
Beta-glucanos	24 – 26
Proteína	14 - 17
Grasa	20 – 22
Fósforo	1 – 2
Ceniza	3 – 5

6.2 CASETA DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN DEL MÓDULO DE AVES

En la caseta de aves se utilizaron:

- Cortinas de plástico transparente al interior de la caseta con filtro UV para el control de la temperatura y ventilación en la fase inicial de crecimiento de los pollos.

- Criadoras de gas marca PSI 10 kw LP modelo 134, para el control de la temperatura en la fase inicial del crecimiento de los pollos (33 °C al día uno del experimento disminuyendo semanalmente hasta llegar a 21° promedio).
- Termómetros, 1 “indoor/outdoor” y 1 digital infrarrojo de tipo pistola.
- 9 corraletas plásticas para formar lotes de tratamientos y grupo control. Cada corraleta medía aproximadamente 1.2 m² (10 aves / m²).²
- 9 bebederos manuales de un galón de capacidad, para las primeras 2 semanas de vida de las aves.
- 9 bebederos automáticos tipo campana para después de las 2 semanas de edad de las aves.
- 9 comederos “chick feeder” para las primeras 2 semanas de vida de las aves.
- 9 comederos tipo tolva de 5 kg para uso posterior a las 2 semanas de edad de las aves.
- Mezcladora industrial de alimento seco con cintas de acero (Modelo Mix 20, con capacidad de 20 kg) para incorporar homogéneamente las paredes celulares de levadura a las dietas.
- Aserrín para la cama de los pollos.
- Tapetes sanitarios para las diferentes zonas de la caseta (zona negra, gris y blanca), además de una para el ingreso a área de los lotes. Los tapetes contenían cuaternarios de amonio al 20%.

Previo a la instalación de todo el equipo y materiales para la recepción de los pollos se realizó la limpieza con agua y jabón a presión, para posteriormente desinfectar con cuaternarios de amonio al 10% tanto el interior de la caseta como el material utilizado.

- Para la dieta de las aves se utilizaron 490 kg de alimento balanceado en migaja de la marca “Nutrición Técnica Animal”, fórmulas alimenticias para pollo de engorda, iniciador y finalización sin ninguna fórmula de enriquecimiento alimenticio, la composición del alimento se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de garantía de alimento iniciador y de finalización pollo de engorda.

Muestra	Proteína %	Grasa %	Fibra %	Cenizas %	Humedad %	Sólidos totales %	Carbohidratos %
Iniciador	20.9	5.12	2.7	5.69	8.27	91.73	43.3
Finalización	18.26	6.32	4	5.95	8.19	91.81	54.75

6.3 VARIABLES PRODUCTIVAS

Los pollos se marcaron con anillos plásticos de colores en las patas hasta las primeras 3 semanas de edad y posteriormente se pigmentaron las alas con pintura no tóxica a base de aceite, para diferenciar y marcar a cada una de las aves.

Se utilizó una báscula digital TOR-REY, donde se realizó el pesaje individual de los pollos semanalmente y acumulado; así como registros semanales de gramos de consumo de alimento y gramos de alimento rechazado por semana por cada corraleta hasta el final del experimento.

Para saber el consumo por semana se realizó el cálculo diferencial entre el alimento ofrecido y el alimento rechazado.²

El cálculo del índice de conversión se llevó a cabo de la siguiente manera:

Índice de conversión = kg de alimento consumido/ kg de peso vivo

Se retiraron las aves muertas, en caso de presentarse, por bioseguridad y para el registro de la mortalidad.

6.4 INMUNIZACIÓN

Se utilizó una vacuna contra la enfermedad de Newcastle (Paramixovirus), liofilizada de virus vivo cepa La Sota de tipo lentogénico desarrollado en embrión de pollo SPF (libre de patógenos específicos) por instilación ocular (una gota en el ojo por ave) a los 7 y 35 días de edad.

Es una vacuna que no revierte a estados patógenos por el tipo de cepa que se utiliza, sin embargo, confiere protección sólida contra la enfermedad de Newcastle incluso en zonas de alta incidencia o recurrencia.

Presentaciones: frascos con 25, 50, 100, 500 y 1, 000 dosis.

6.5 MEDICIÓN DEL PIGMENTO

El alimento de finalización contenía Xantófilas grado alimenticio (apocaroteno) 35 ppm liofilizado. Dicho alimento se ofreció a las aves después de la 4 semana para medir al día 48 la pigmentación de la piel de los pollos.

Se utilizó un colorímetro de reflectancia Konica-Minolta CR400.

La evaluación se realizó en la zona conocida como vena de la grasa derecha o izquierda de manera individual. Se sujetó al ave viva de los tarsos dejándola en posición vertical y se procedió a descubrir la zona de lectura localizándose debajo de las alas. Se quitó cualquier pluma que pudiera haber hecho interferencia al momento de llevar a cabo la lectura. Una vez descubierta la zona, se procedió a hacer la evaluación. El lector del equipo hizo contacto suave con la piel. No se presionó el lector o separar el mismo de la piel porque se pudo haber obtenido un resultado falso ²⁸.

6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizaron los resultados obtenidos mediante un método estadístico de ANOVA (análisis de varianza) de una vía para las variables paramétricas y la comparación de medias se hizo utilizando la prueba de LSD Least Significant Difference (diferencia mínima significativa). Los datos se analizaron utilizando el software estadístico Statgraphics Centurion 16® con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

6.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

- 90 pollitos de engorda de la estirpe ROSS 308 de 1 día de edad sin sexar, distribuidos en 2 tratamientos y un grupo control con 3 repeticiones y 10 pollitos por repetición
- El período experimental fue de 49 días para simular un ciclo productivo comercial.
- La distribución de los tratamientos se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Características de los tratamientos

Tratamiento	Concentración de pared celular de levadura (PCL) en el alimento
I	0.5 Kg/Ton.
II	1 Kg/Ton.
Control	0 Kg/Ton.

7.0 RESULTADOS

PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS AL UTILIZAR PARED CELULAR DE LEVADURA (PCL)

SEMANA 1

Tabla 1. Parámetros zootécnicos para la semana 1, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	152.2 ^a ; ±2.6572 EE	138.9 ^b ; ±8.4713 EE	0.91
PCL 2	162.81 ^b ; ±1.8767 EE	140.21 ^b ; ±3.9113 EE	0.86
CONTROL	148.93 ^a ; ±2.0543 EE	94.95 ^a ; ±5.7731 EE	0.63

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

Los resultados obtenidos de los parámetros productivos en el experimento para esta semana indican que para la variable **Peso**, hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) ya que **PCL 2** de 162.81 g (**b**) fue mayor que **PCL 1** de 152.2 g (**a**) seguida de **Control** de 148.93 g (**a**); por otro lado el **Consumo** más alto lo obtuvo **PCL 2** de 140.21 g (**b**) después **PCL 1** de 138.9 g (**b**) y por último el **control** de 94.95 g (**a**); por lo que en la **Conversión Alimenticia** el resultado óptimo fue el de **Control (0.63)**, seguido de **PCL 2 (0.86)** y por último **PCL 1 (0.91)**.

SEMANA 2

Tabla 2. Parámetros zootécnicos para la semana 2, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	379.36 ^a ; ±7.9557 <i>EE</i>	305.0 ^b ; ±20.1308 <i>EE</i>	0.80
PCL 2	407.89 ^b ; ±7.8736 <i>EE</i>	293.98 ^b ; ±32.1489 <i>EE</i>	0.72
CONTROL	410.14 ^b ; ±4.5447 <i>EE</i>	196.49 ^a ; ±7.2627 <i>EE</i>	0.47

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

Para esta semana en el **Consumo** se obtuvo la diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos de **Control** 196.49 g (**a**) y **PCL 1** 305.0 g (**b**), **PCL 2** 293.98 g (**b**), alrededor de 100 g más que impactará negativamente en la conversión alimenticia para estos dos últimos tratamientos.

El **Peso** mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento **PCL 1** 379.36 g (**a**) y **PCL 2** 407.89g (**c**), **Control** 410.14 g (**b**), sin embargo para esta semana estas diferencias en el **Peso** no impactan de forma importante en la **Conversión Alimenticia**.

SEMANA 3

Tabla 3. Parámetros zootécnicos para la semana 3, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	816.25 ^a ; ±16.1865 <i>EE</i>	656.567 ^a ; ±21.5021 <i>EE</i>	0.80
PCL 2	907.125 ^b ; ±16.1846 <i>EE</i>	631.613 ^a ; ±84.7187 <i>EE</i>	0.69
CONTROL	846.8 ^a ; ±10.0853 <i>EE</i>	564.713 ^a ; ±63.9867 <i>EE</i>	0.66

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

El **Peso** alcanzado por el tratamiento **PCL 2** 907.125 g (**b**) mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) frente a **PCL 1** 816.25 g (**a**) y **Control** 846.8 g (**a**) lo que corresponde a una mejor ganancia de **Peso** para esta semana por parte del tratamiento **PCL 2**.

En la variable **Consumo** no se obtuvo diferencia significativa ($p > 0.05$) en los tres tratamientos, sin embargo el grupo **Control**, mostró el valor más bajo.

La **Conversión Alimenticia** para el grupo **Control** (**0.66**) fue la mejor debido a que registró el más bajo **Consumo** contra los tratamientos de **PCL1** (**0.80**) y **PCL2** (**0.69**).

SEMANA 4

Tabla 4. Parámetros zootécnicos para la semana 4, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	1,299.57 ^a ; ±24.6945 <i>EE</i>	1,496.6 ^a ; ±105.694 <i>EE</i>	1.15
PCL 2	1,422.65 ^b ; ±23.3834 <i>EE</i>	1,423.98 ^a ; ±78.7432 <i>EE</i>	1.0
CONTROL	1,308.88 ^a ; ±37.673 <i>EE</i>	1,582.54 ^a ; ±72.8827 <i>EE</i>	1.2

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias \pm EE (error estándar).

El **Peso** del tratamiento de **PCL 2** de 1,422.65 g (**b**) fue el mayor, mostrando una diferencia significativa ($p < 0.05$) frente a **Control** de 1,308.88 g (**a**) y **PCL 1** de 1,299.57 g (**a**).

No existió diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos para la variable **Consumo**.

La **Conversión Alimenticia** con mayor desempeño fue para **PCL 2 (1.0)**, a diferencia de **PCL 1 (1.15)** y **Control (1.2)**.

SEMANA 5

Tabla 5. Parámetros zootécnicos para la semana 5, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	1,914.6 ^b ; ±31.2628 <i>EE</i>	2,493.05 ^a ; ±104.515 <i>EE</i>	1.3
PCL 2	2,086.14 ^c ; ±23.3834 <i>EE</i>	2,504.44 ^a ; ±72.106 <i>EE</i>	1.2
CONTROL	1,640.86 ^a ; ±37.673 <i>EE</i>	2,614.73 ^a ; ±84.7975 <i>EE</i>	1.59

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias \pm EE (error estándar).

En la variable **Consumo** se demostró que no existió diferencia significativa ($p > 0.05$), ya que los valores para **PCL 1** (2, 493.05 g) y **PCL 2** (2, 504.44 g) son ligeramente menores en comparación con el grupo **Control** (2, 614.73 g), lo cual dio como resultado un mejor desempeño digestivo en presencia de la pared celular de levadura a 1 ppm (1 Kg/Ton).

Para los resultados de **Peso**, existió diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo PCL 2 el tratamiento con más rendimiento con 2, 086.14 (**c**), teniendo una diferencia neta de 445.28 g con el grupo **Control** (**a**), y 171.54 g con el grupo **PCL 1** (**a**).

Para la variable de **Conversión Alimenticia**, **PCL 2** (**1.2**), obtuvo el resultado más eficiente, seguido de **PCL 1** (**1.3**) y por último el grupo **Control** (**1.59**).

SEMANA 6

Tabla 6. Parámetros zootécnicos para la semana 6, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	2,453.13 ^b ; ±49.614 <i>EE</i>	3,435.85 ^a ; ±103.384 <i>EE</i>	1.4
PCL 2	2,726.0 ^c ; ±28.9137 <i>EE</i>	3,321.54 ^a ; ±67.0282 <i>EE</i>	1.21
CONTROL	2,144.08 ^a ; ±45.5035 <i>EE</i>	4,557.08 ^b ; ±83.2313 <i>EE</i>	2.12

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

En la sexta semana los valores de **Peso**, específicamente entre **Control (a)** y **PCL 2 (c)**, obtuvieron mayor diferencia a comparación de la quinta semana.

El **Consumo** en el grupo **Control (b)** con respecto a los valores de **PCL 1 (a)** y **PLC 2 (a)**, mostró una diferencia de más de un kilogramo de alimento consumido por el **Control**.

SEMANA 7

Tabla 7. Parámetros zootécnicos para la semana 7, al utilizar Pared Celular de Levadura en el alimento comercial de pollo de engorda.

Tratamiento	Peso g	Consumo g	Índice de conversión
PCL 1	2,824.0 ^b ; ±51.4421 <i>EE</i>	5,227.6 ^a ; ±108.503 <i>EE</i>	1.85
PCL 2	3,182.29 ^c ; ±47.6194 <i>EE</i>	5,434.38 ^a ; ±81.6589 <i>EE</i>	1.7
CONTROL	2,450.0 ^a ; ±58.9361 <i>EE</i>	5,469.08 ^a ; ±94.8933 <i>EE</i>	2.2

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

En la **Conversión Alimenticia**, el valor para **PCL 2** fue de (1.7), de mayor desempeño que **PCL 1** (1.85) y **Control** (2.2).

En la variable de **Peso** se obtuvo una diferencia significativa ($p < 0.05$), **PCL 1** y **PCL 2**, mostraron valores mayores con respecto al grupo **Control** y específicamente **PCL 2** con 3,182.29 g (**c**), el cual mostró una diferencia de 732.29 g en comparación con el grupo **Control** con 2,450.0 g (**a**), es decir, que aunque los **Consumos** no muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos, la **Conversión Alimenticia** de mayor desempeño de los 3 tratamientos la obtuvo **PCL 2**.

MORTALIDAD AL UTILIZAR PARED CELULAR DE LEVADURA (PCL)

Tabla 8. Mortalidad al final del experimento (día 49), al utilizar Pared Celular de Levadura (PCL).

Tratamiento	Mortalidad total
PCL 1	1.0 ^a ; ± 0.0 <i>EE</i>
PCL 2	1.333 ^a ; ± 0.0 <i>EE</i>
CONTROL	2.0 ^b ; ± 0.210 <i>EE</i>

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

^{a, b, c} Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

Los resultados para la mortalidad al final del ciclo muestran mayor impacto de dicha variable en el grupo control ya que obtuvo un 2% a diferencia de los 2 tratamientos de PCL 1 (0.5 ppm) y PCL 2 (1 ppm) que obtuvieron 1% y 1.3% respectivamente.

PIGMENTACIÓN AL UTILIZAR PARED CELULAR DE LEVADURA (PCL)

Tabla 9. Pigmentación al utilizar Pared Celular de Levadura (PCL) al día 48 del ciclo de producción.

Tratamiento	Pigmento
PCL 1	18.066 ^{ab} ; ± 0.694 <i>EE</i>
PCL 2	18.954 ^b ; ± 1.486 <i>EE</i>
CONTROL	14.396 ^a ; ± 1.334 <i>EE</i>

Pared celular de levadura (PCL). PCL 1 (0.5 Kg/Ton); PCL 2 (1 Kg/Ton); Control (0 Kg/Ton)

a, b, c Dentro de una misma columna, medias con literales diferentes muestran diferencia significativa LSD ($p < 0.05$). Medias ± EE (error estándar).

En la pigmentación in vivo de los pollos, los resultados muestran que el grupo **control (a)** muestra diferencia significativa ($p < 0.05$) frente a los demás grupos **PCL 1(ab)** con 18.066 unidades delta y **PCL 2 (b)** con 18.954 unidades delta, obtuvo una pigmentación menor (14.396 unidades delta).

7.1 DISCUSIÓN

PARÁMETROS PRODUCTIVOS

SEMANA 1

Dichos resultados estuvieron sujetos a las características existentes en el estado del desarrollo morfofisiológico del aparato digestivo, ya que la mucosa intestinal está parcialmente desarrollada a esta edad, por lo que efecto levadura no fue evidente durante el período de arranque como lo mencionan Gao *et al.*, 2008⁶⁴; sin embargo la mejor ganancia de peso la obtuvo el tratamiento de **PCL 2**, por lo cual se esperó que los tratamientos con el prebiótico tuvieran mejores resultados en comparación con el **control** a medida que se completó el desarrollo del aparato digestivo.

SEMANA 2

El **peso** de los tratamientos mostró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el tratamiento PCL 1 379.36 g (**a**) y PCL 2 407.89g (**c**), **control** 410.14 g (**b**), Santin *et al.*, 2001⁴⁷ mencionan que a partir del día siete de vida del pollito, existe un mayor aumento de la altura de las vellosidades intestinales, sin embargo para esta semana estas diferencias en el **peso** no impactan de forma importante en la **conversión** alimenticia.

SEMANA 3

El tratamiento de **PCL 2** es prácticamente similar a **control** en cuanto a conversión alimenticia; esto quiere decir que el organismo de las aves comienza a aprovechar mejor los nutrientes con el prebiótico gracias al desarrollo progresivo del aparato digestivo, coincidiendo con Iji *et al.*, 2001a⁶⁵ acerca de los estudios realizados sobre la morfometría de las vellosidades intestinales del pollo, que indican que sus principales cambios ocurren entre los primeros 21 días de edad.

SEMANA 4

A esta edad en las aves se apreció claramente el comienzo del aprovechamiento de los tratamientos con el prebiótico debido al desarrollo morfofisiológico de la mucosa intestinal que se ha incrementado. Santin *et al.*, 2001⁴⁷ y Zhang *et al.*, 2005³² reportaron una mayor altura de las vellosidades y un mejor desempeño en las aves con suplementación de toda levadura o pared celular de levadura. Sin embargo en el trabajo de Zhang *et al.* 2005⁶⁶, con una concentración de 0.3% de PCL a esta semana no observaron mejoras en comparación del grupo control para la variable de ganancia de peso.

SEMANA 5

Hooge, D., 2004⁶⁷, mostraron que los MOS mejoraron en la conversión alimenticia (1.99% más) en comparación con el grupo control; lo cual concuerda con la **conversión** alimenticia **PCL 2 (1.2)** del presente trabajo, que obtuvo el resultado más eficiente, seguido de **PCL 1 (1.3)** y por último el grupo **control (1.59)**. Lo anterior debido a los efectos que tienen diversos componentes presentes en el prebiótico, tales como Manano Oligosacáridos (MOS).

SEMANA 6

A medida que el desarrollo del aparato digestivo de las aves aumenta, éstas aprovechan mejor los nutrientes en los grupos en los que las dietas contienen pared celular de levadura. La **PCL** comercial se compone de 30 a 60 % de polisacáridos (15 a 30% de β -1, 3/1, 6-glucano y de 15 a 30% de polímeros de azúcar manano), 15 a 30 % de proteínas, 5 a 20% de lípidos, y no más de 5% de quitina (Aguilar-Uscanga y Francois, 2003⁶⁸). La mayoría de la proteína está ligada a los mananoligosacáridos (MOS) y se conoce como el complejo de manoproteínas (MP). En el tracto digestivo de los animales, los MOS presentes en PCL actúan como ligaduras de alta afinidad, con el beneficio de ofrecer un sitio de unión competitiva para las bacterias patógenas específicas de fimbrias tipo 1 para manosa, efecto citado por Spring *et al.*, 2000⁶⁹.

Morales, 2007⁷⁰, mostró en dietas con PCL a concentración de 0.5 g/Kg, mejora en el índice de conversión respecto al empleo de una dieta control, de esta forma se incrementó el peso vivo promedio al día 42.

El **consumo** en el grupo **control (b)** con respecto a los valores de PCL **1 (a)** y **PLC 2 (a)**, mostró una diferencia de más de un kilogramo de alimento consumido por el **control**, lo que quiere decir que a esta edad con las concentraciones de 0.5 Kg/Ton. (PCL1) y 1Kg/Ton. (PCL 2) fueron favorables los efectos del prebiótico.

SEMANA 7

Dichos resultados están relacionados fuertemente con los efectos de los componentes de la pared celular de levadura (MOS), que tienen sobre la morfofisiología del aparato digestivo, tales como la exclusión de patógenos, estimulación del desarrollo de la mucosa digestiva y estimulación del sistema inmune (Morales, 2007)⁷⁰. Dicho autor menciona que los efectos positivos en los parámetros productivos ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se obtuvieron a una concentración de 0.5 mg/Kg y Santin *et al.* 2001⁴⁷, recomiendan una concentración de 0.2% de PCL en el alimento.

MORTALIDAD

Al equilibrar la microflora intestinal y la estimulación de la respuesta inmune, se ha demostrado MOS un aumento en el crecimiento de pollos de engorde (Hooge, 2004)⁶⁷, por lo que los resultados favorables en cuanto a la reducción porcentual de esta variable tiene una estrecha dependencia con los efectos de los componentes del prebiótico. Morales, 2007⁷⁰, relaciona el favorecimiento de la salud intestinal por parte de los efectos antes mencionados, con la mejora de los mecanismos de resistencia innata a escala digestiva que permitieron mantener un mejor estado de inmunocompetencia del ave, situación que

beneficia cuando las aves presentan estrés o en presencia de desafíos patógenos.

PIGMENTACIÓN

El obtener una pigmentación aceptable en pollo de engorda para su comercialización es un gran reto, debido a que puede ser influenciado por varios factores, entre ellos, la nutrición.

Los parámetros productivos alcanzados en los pollos de engorda, sobre todo un bajo índice de conversión alimenticia asociado a una rápida ganancia de peso, se deben en gran medida a los programas de alimentación y nutrición aplicados que inician con la transferencia de nutrientes de la reproductora, tanto en cantidad, como en disponibilidad hacia el embrión, así como en el desarrollo anatómico y fisiológico del sistema digestivo ⁶³. Estudios realizados por Pérez-Vendrell *et al.*, 2001 ⁷¹, con referencia al comportamiento de los parámetros productivos de pollos alimentados con xantófilas, no repercuten en el comportamiento productivo de los pollos de engorda.

Tyczkowski - Hamilton. 1991⁷² menciona que las xantófilas son absorbidas por la pared intestinal, para luego ser transportadas en sangre, y finalmente ser almacenadas en los tejidos del ave (tejido adiposo subcutáneo, piel y los tarsos) principalmente en forma esterificada.

8.0 CONCLUSIONES

A partir de la semana 4, los resultados obtenidos muestran la aceptación de nuestra hipótesis alterna que espera mejores efectos en las variables productivas al incluir la pared celular de levadura en el alimento comercial, ya que existe un mejor aprovechamiento nutricional por parte del organismo de las aves.

Las PCL causaron efecto positivo en el desarrollo de la mucosa digestiva del pollo, ya que los grupos alimentados con PCL mostraron un mayor crecimiento en relación a los grupos controles sin PCL.

La inclusión de PCL en dosis de 0.5 y 1 Kg/Ton en el alimento de pollo de engorda optimizan los parámetros productivos de ganancia de peso, consumo e índice de conversión a partir de la semana 4 del ciclo de producción; siendo mejor la concentración de 1 Kg de PCL/Ton por brindar resultados más altos en ganancia de peso y pigmentación, así como resultados bajos en consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad.

La inclusión de PCL en dosis de 0.5 y 1 Kg/Ton en el alimento de pollo de engorda disminuyen el impacto de la variable mortalidad en una parvada en donde se tiene un esquema correcto de medicina preventiva, manejo y nutrición; en especial la concentración de 0.5 Kg de PCL/Ton de alimento al final del ciclo de producción.

La inclusión de PCL en dosis de 0.5 y 1 Kg/Ton en el alimento de pollo de engorda tiene un efecto positivo en la intensidad de la pigmentación de la piel mediante el empleo del pigmento proveniente de la Flor de Cempasúchil *Tagetes erecta*; resultando la concentración de 1 Kg de PCL/Ton de alimento la mejor pigmentación por arrojar el valor más alto en unidades delta (β).

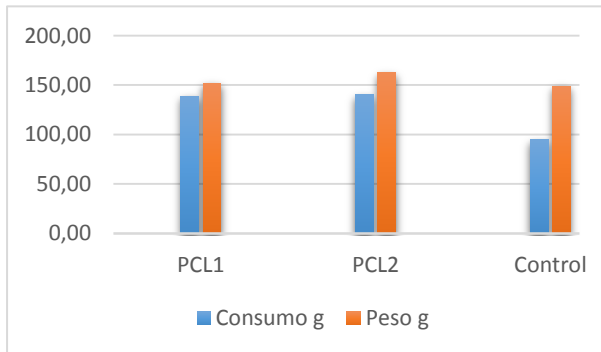
Con la finalidad de realizar una continuación del presente experimento, sería de interés hacer el seguimiento del estudio comparando los efectos entre el uso de paredes celulares de levadura y uno o más antibióticos promotores de crecimiento, además de añadir a dicho estudio un desafío para el organismo de las aves, como puede ser una bacteria por ejemplo.

9.0 ANEXO GRÁFICOS

GRÁFICAS - PARÁMETROS PRODUCTIVOS

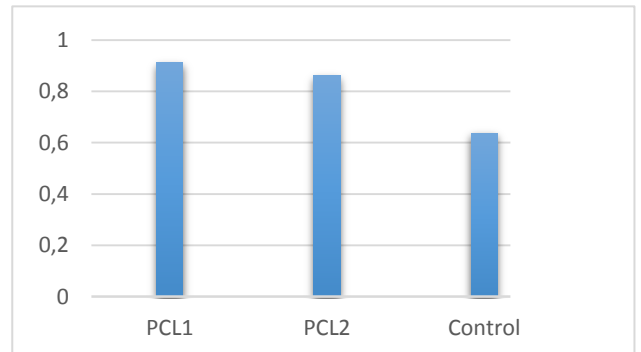
SEMANA 1

Gráfica 1-A



Pesos y consumos semana 1

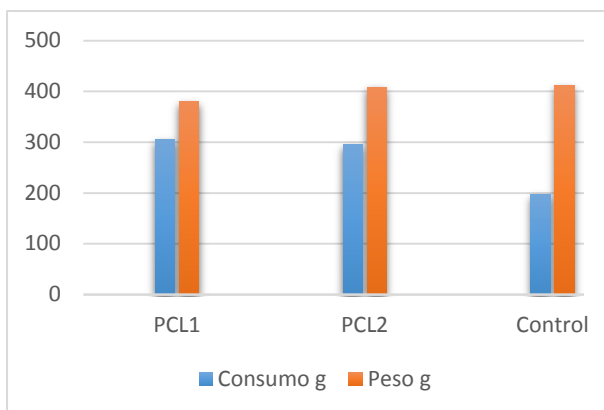
Gráfica 1-B



Índice de conversión semana 1

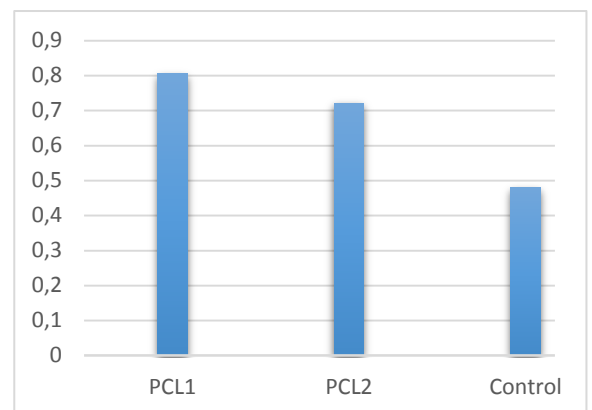
SEMANA 2

Gráfica 2-A



Pesos y consumos semana 2

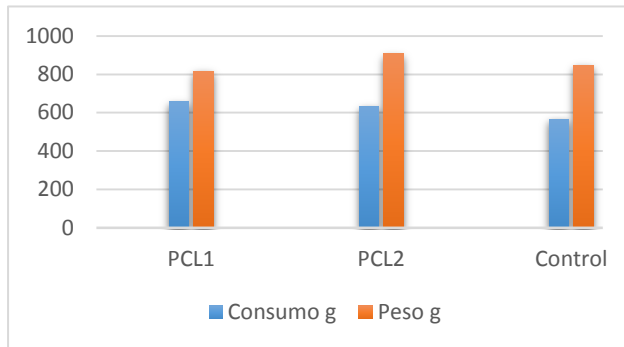
Gráfica 2-B



Índice de conversión semana 2

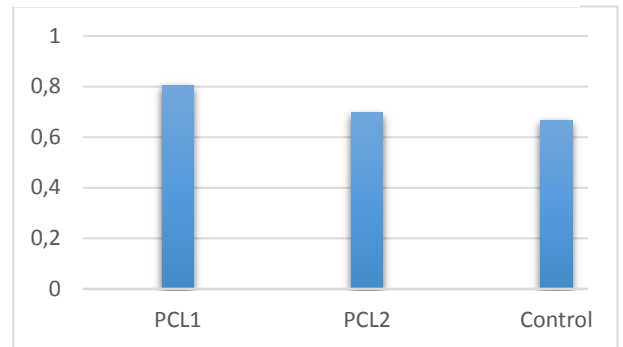
SEMANA 3

Gráfica 3-A



Pesos y consumos semana 3

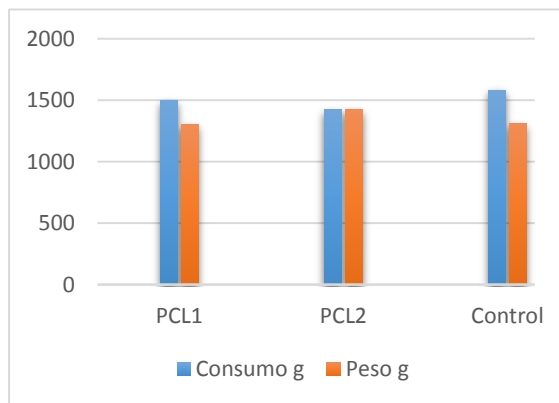
Gráfica 3-B



Índice de conversión semana 3

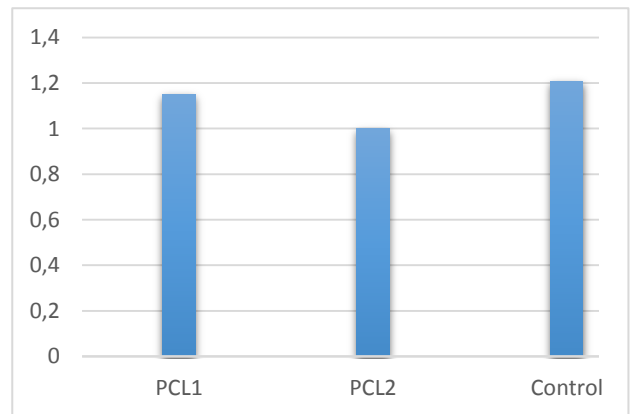
SEMANA 4

Gráfica 4-A



Pesos y consumos semana 4

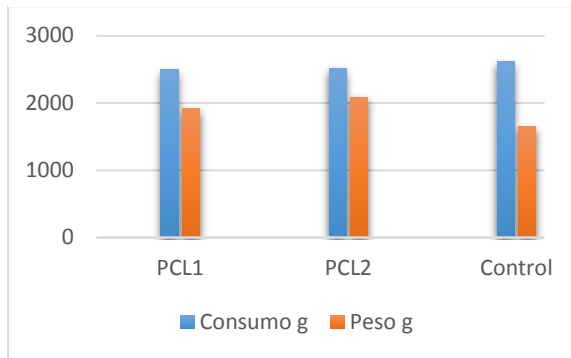
Gráfica 4-B



Índice de conversión semana 4

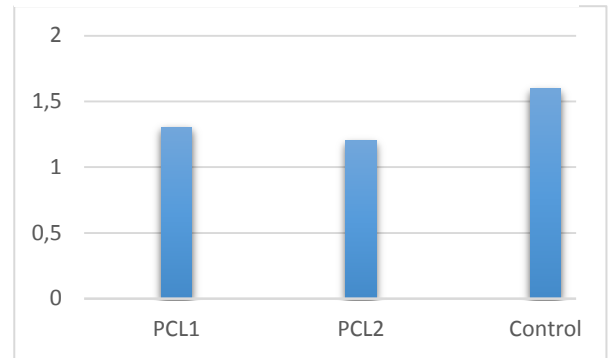
SEMANA 5

Gráfica 5-A



Pesos y consumos semana 5

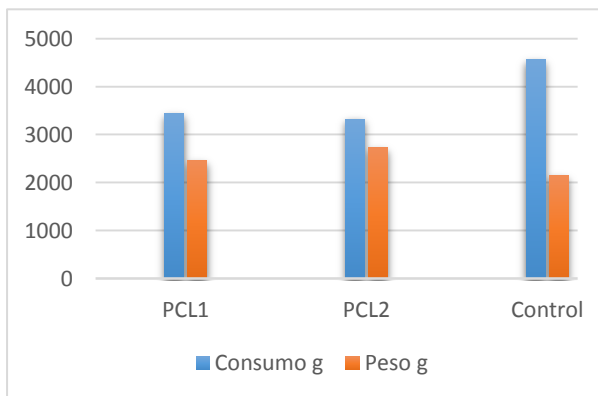
Gráfica 5-B



Índice de conversión semana 5

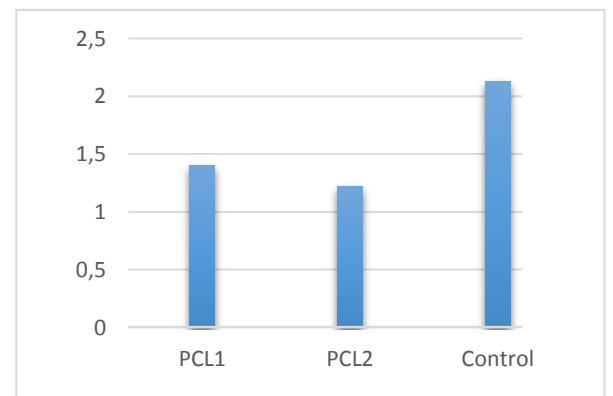
SEMANA 6

Gráfica 6-A



Pesos y consumos semana 6

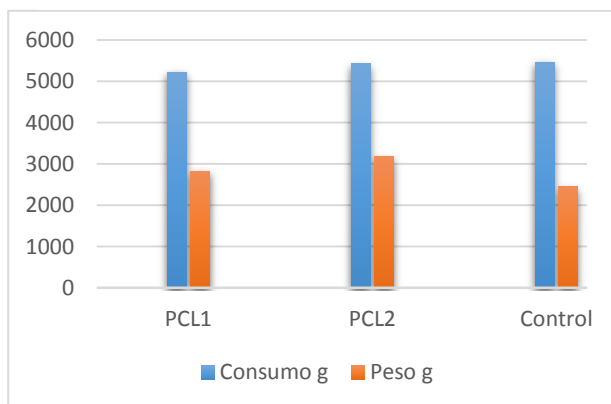
Gráfica 6-B



Índice de conversión semana 6

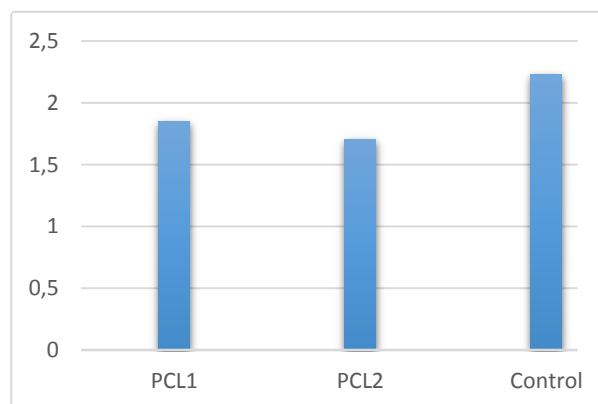
SEMANA 7

Gráfica 7-A



Pesos y consumos semana 7

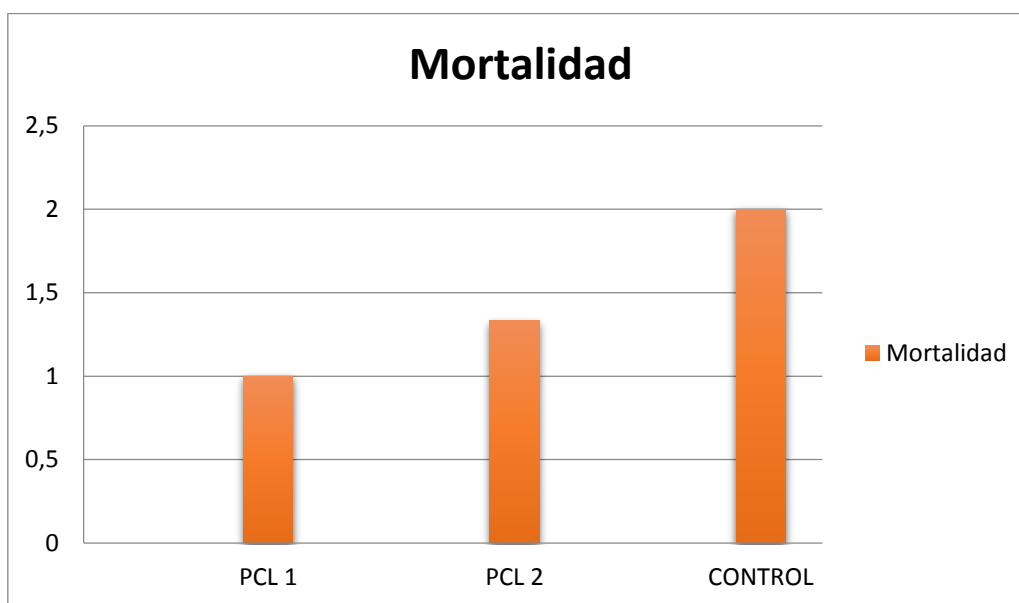
Gráfica 7-B



Conversión alimenticia semana 7

GRÁFICA - MORTALIDAD

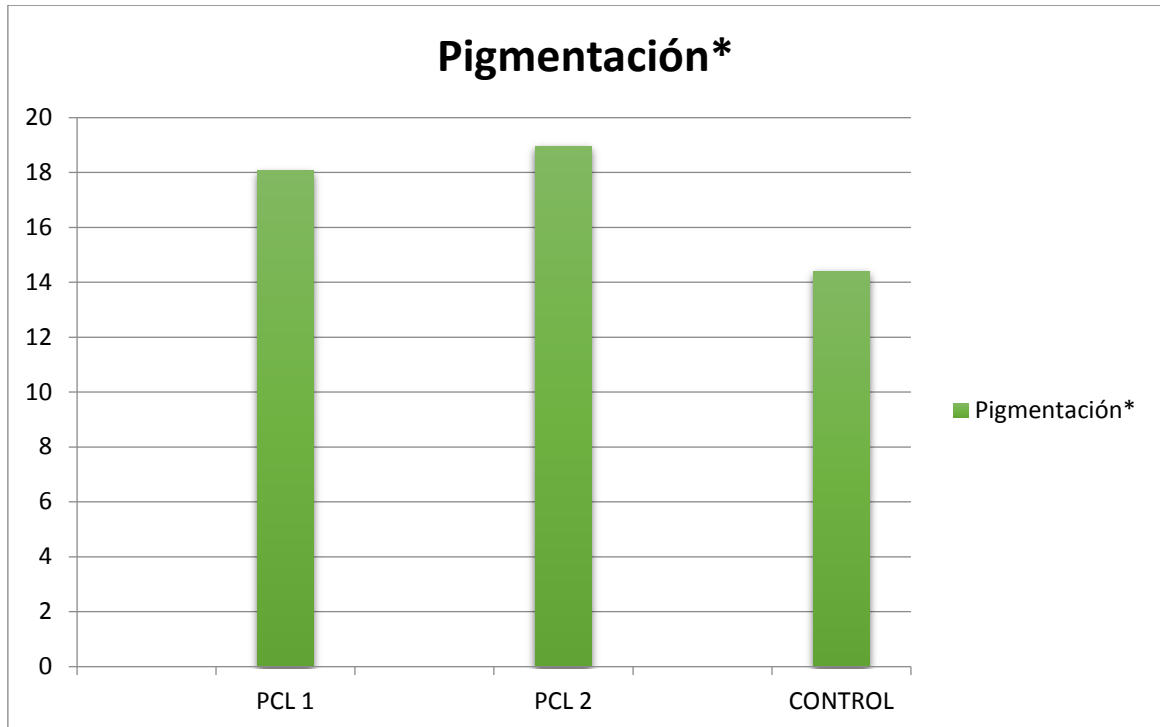
Gráfica 8



Mortalidad a la semana 7

GRÁFICA - PIGMENTACIÓN

Gráfica 9



Medición de pigmentación de la piel en unidades Delta a los 40 días del ciclo productivo

10.0 REFERENCIAS

1. National Geographic en Español. Vol. 34. Número 5. Mayo de 2014. pp. 18-49.
2. Quintana, J.A. Avitecnia. Manejo de las Aves Domésticas más comunes. 4ª Edición. México, D.F. Trillas 2011.
3. UNAM. FMVZ. Introducción a la Zootecnia. Ciudad Universitaria, México D.F. 2ª Edición. 2012.
4. Ávila González, Ernesto. Alimentación de las Aves. 2ª Edición. México, D.F. Trillas 1997.
5. Monografía del Pollo. Financiera Rural. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. Dirección Ejecutiva de Análisis Sectorial. Febrero 2012.
6. Unión Nacional de Avicultores. Indicadores económicos de México 2016. www.una.org.mx
7. Hill, Wyse, Anderson. Fisiología Animal. Madrid, España. Editorial Médica Panamericana. 2006.
8. Dukes. Fisiología de los Animales Domésticos. España. Acribia 2004.
9. Sumano & Gutiérrez. Farmacología Clínica en Aves Comerciales. Cuarta Edición. México D.F. Mc Graw Hill 2010.
10. Klasing, K.C. (2006) En: *Avian gut function in health and disease (Poultry science symposium series)*. Perry, G.C. (Ed). CAB International p. 210-223.
11. Koutsos, E. (2006) En: *North Carolina poultry nutrition conference*. NC, p 29-33.
12. Springs, P. (2002) En: *12ª Ronda latino-americana da Alltech* P 57-70.
13. Santos Jr., A.A. y Ferket, P.R. (2007) En: *Conf. APINCO de ciencia e tecnología avícola*. Santos, p 143-159.
14. Batal, A.B. y Parsons, C.M. (2002) *Poult. Sci* 81: 400-407.
15. Church *et al.* Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ª Edición. México, D.F. LIMUSA 2009.

16. González, A. y L. Valenzuela. 2006. *Saccharomyces cerevisiae*. http://www.microbiología.org.mx/microbiosenlínea/CAPITULO_20/Capítulo20.pdf. Accessed Aug.2006.
17. Stewart, G, G, and I. Russell. 1998. An Introduction to brewery science & technology. Series III. Brewer's yeast. The institute of brewing, 33 Clarges street, London W1Y 8EE, England.
18. Prescott, *et al.* Microbiología. Editorial Mc Graw Hill. 5ª Edición. España 2002.
19. Mewes, *et al.* 1997. Overview of the yeast genome. *Nature*. 387: 7-9.
20. Peralta, *et al.* Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos de carne. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. IX, núm. 10, octubre, 2008, pp. 1-11. Veterinaria Organización. Málaga, España.
21. Nitta, K., and F. Kobayashi.199. Brewer's yeast as health foodstuff. *New Food Ind. (Japan)*. 41: 17-23.
22. Romero, R., and J. Gomez-Basauri.2003. Yeast, Yeast products, past present, and future: From flavor to nutrition and health. Pages 365-371. Nutritional biotechnology in the feed and food industries. T. P. Lyons and K. A. Jacques, eds. *Nottingham University Press*, Nottingham, UK.
23. Stone, C. W. 2006. Yeast Products in the Feed Industry. A Practical Guide for Feed Professionals. <http://www.diamondv.com/articles/booklet/booklet.html>.
24. Oriol, E. 2004. SAF-Mannan: Origen, Producción y Análisis. CD in VI Seminario Internacional (Microbiología aplicada a Nutrición Animal). Lesaffre Feed Additives/Saf Agri. Nov. 4, Veracruz, México.
25. Klis, F. M. 1994. Review: Cell wall assembly in yeast. *Yeast*. 10: 851-869.
26. Perry, F. G. Biotechnology in animal feeds and feeding, an overview. Pages 1-15 in biotechnology in animal feeds and feeding. R. J. Wallace and A. Chesson, eds. VCH Verlagsgesellschaft, Wienheim and New York. 1995.

27. Conzelmann *et al.* 1988. Two different types of lipid moieties are present in glycosyl phosphatidylinositol-anchored membrane proteins of *Saccharomyces cerevisiae*. *EMBO J.* 11: 457-466.
28. Ballou C. E. 1990. Yeast cell wall and cell surface molecular biology of the yeast *saccharomyces*: Metabolism and gene expression cold spring. Harbor Laboratory. Benda.
29. Rinsum J., Frans M. y Herman V. 1991. Cell Wall Glucomannoproteins of *S. cerevisiae* mnn9. *Yeast.* 7:717-726.
30. Aguilar-Uscanga, B., and J. M. Francois. A study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation. *Lett. Appl. Microbiol.* 2003. 37: 268-274.
31. Elorza M., Rico H. y Setendreu R. 1985. Calcofluor white alters the assembly of chitin fibrils in *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida albicans* cells. *J. Gen. Microbiol.* 129: 1577-1582.
32. Pastor *et al.*. 1990. Structure of the *Saccharomyces cerevisiae* cell wall. *Biochem. Biophys. Acta.* 802: 292-300.
33. Zlotnik *et al.*. 1984. *Saccharomyces cerevisiae* mannoproteins form an external cell wall layer that determines wall porosity. *J. Bacteriol.* 159: 1018-1026.
34. Blagoeva J., Stoev G. y Venov P. 1991. Glucan Structure in a Fragile Mutant of *S. cerevisiae*. *Yeast.* 7: 455-461.
35. Savage T. y Elzbieta Z. 1996. The Effect of Feeding a Mannan Oligosaccharide on Immunoglobulins, Plasma IgG and Bile IgA of Wrolstad MW Male Turkeys. Seventeenth Annual Meeting of the Southern Poultry Science Society. January 22-23. World Congress Center Atlanta. Georgia. P. 148.
36. Stanley *et al.*. 1996. Effect of Lactose and BIO-MOS in Dietary Application on Growth and Total Coliform Bacteria Reduction in Broiler Chicks. Seventeenth Annual Meeting of the Southern Poultry Science Society. January 22-23. World Congress Center Atlanta. Georgia. p. 61.
37. Acevedo *et al.*. 2000. β (1,3) glucano. Influencia sobre la inmunidad humoral y mediada por células en pollos jóvenes. V Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. 19-23 de Julio. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba . Pag. 257.

38. Safmannan®. Fuente altamente concentrada de mananos y β -glucanos. LFA LESAFFRE. FEED ADITIVES.
39. Álvaro AA. (2002). Efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento como promotor de crecimiento, sobre los parámetros productivos en el pollo de engorda (tesis de licenciatura). Morelia, Michoacán, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
40. Dallies *et al.*(1998). New method for quantitative determination of polysaccharides in the yeast cell wall. Application to the cell wall defective mutant of *Saccharomyces cerevisiae*. Page: 1297-1306.
41. Kollar *et al.* Architecture of the yeast cell wall B-1,6glucan interconnects mannoprotein, B-1,3-glucan and chitin. *J. Biol. Chem* 1997; (272): 17762-17775.
42. Santín *et al.* Humoral immunity against Newcastle disease virus in broilers fed *S. Cerevisiae* cell Wall and aflatoxin. *J AnimSci* 1999; (Suppl 79): 1-301.
43. Spring *et al.* 2000. Los efectos de manano oligosacáridos dietéticos en los parámetros del cecales y las concentraciones de bacterias del intestino en la ceca de polluelos de la parrilla salmonella-desafiados. *La ciencia de Poultry*. Feb 79. Pág: 205,211.
44. Fernández *et al.* 2000. Evaluation of the effect of mannanoligosaccharides on the competitive exclusion of *Salmonella* enteritis colonization in broiler chicks. *Avian Pathology*. Page: 575-581.
45. Parks *et al.* 2001. The effect of Mannanoligosaccharides, Bambermycins, and Virginiamycin on Performance of Large White Male Market Turkeys. *Poultry*. Page: 718 723.
46. Lahnborg *et al.* The effect of glucan-a host resistance activator and ampicillin on experimental intrabdominal sepsis. *Reticuloendothelial Society* 1982; (32):347-353.
47. Santin, *et al.* 2001. La actuación y el desarrollo de la mucosa intestinal de pollos de parrilla alimentados con dietas que contienen *saccharomyces* de la pared celular. *El periódico aplicado de la pollería investigación*. Pág: 236-244.

48. Truong- Ding N, Gadioux J. Brevet: WO 89/04369, Procedé de purification de polysaccharides, CBB Developpement, Chimie Fine, 1999; 15-90.
49. Ferket, P. R. (2004). Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations. En: Re Imagining the Feed Industry. 20th International Feed Industry Symposium. Lexington, Kentucky, USA.
50. Hooge, D. (2004). Los Oligosacáridos Mananos mejoran el rendimiento en broilers. En: Avicultura Profesional. Page: 22; 2.
51. Pedroso *et al.* 1993. Evimunk (\exists 1,3 glucano): Actividad sobre macrófagos peritoneales de ratón y la infección experimental de ratones con *Salmonella typhimurium*. Rev. Salud Animal. 15: 9-12.
52. Langeris, *et al.* 1997. Production of beta- glucan-mannan preparations by autolysis of cells under certain pH, temperature and time conditions. Patente W9702356. Datos proporcionados por la base de datos de esp .cenet.test-12.
53. Pedroso *et al.* 1995. \exists 1,3 glucano. Influencia en la reducción del nitrobluetetrazolium por polimorfonucleares neutrófilos de terneros tratados. Rev. Salud Animal. 17: 167-170.
54. Acevedo *et al.* 1999. Respuesta humoral en ratones ante la Administración oral del β -1-3- glucano particulado. Rev Salud Animal 21:91-96.
55. Acevedo *et al.* 2000. β (1,3) glucano. Influencia sobre la inmunidad humoral y mediada por células en pollos jóvenes. V Congreso Nacional de Ciencias Veterinarias. 19-23 de Julio. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba . Pag. 257.
56. Glaims *et al.* 1993. Effects of mannan in adsorption and phagocytosis in cells of immune system. Journal Of Leucocyte Biology. 54: 564571.
57. Abel, G. y Czop, J, K. 1992. Stimulation of human monocyte β glucan receptors by glucans particles induces production of TNF α . and IL $-\beta$. Immunopharmacology 14: 1363-1373.
58. Marca, J. 1999. Condicionantes físicos, químicos y biológicos de la respuesta inmune: inmunomoduladores, adyuvantes, adaptógenos.

- Seminario. Inmunoprofilaxis en producción animal. Organizado por: Calier, Nutreco. Madrid.
59. Hashimoto *et al.*. 1991. Oral administration of SSG, a β -glucan obtained from *Sclerotinia sclerotiorum*, affects the function of Peyer's Patch cells. *Int. Journal Immunopharmacol.* 13: 437-442.
 60. Ozherelkov *et al.*. 1995. An immunomodifier staphylococcal anatoxin prevents the development of immunosuppression caused by informational stress in mice. *Zh- Mikrobiol- Epidemiol- Immunobiol.* 41: 71- 74.
 61. Abbas, *et al.* 1991. Chapter nine: B cell activation and antibody production. Thymus independent antigens. In: *Cellular and Molecular Immunology*. P: 199.
 62. Benda *et al.* 1986. Glucan stimulates the antibody response to a T dependent antigen in chicken. *Acta Vet. Brno.* 59:345-351.
 63. División del Sistema de Universidad Abierta. Coordinación de Especializaciones. UNAM – FMVZ. Sistema de Producción Animal I. Vol. 1 AVES. Ciudad Universitaria, Coyoacán, D.F. 2007.
 64. Gao *et al.* Effects of Yeast Culture in Broiler Diets on Performance and Immunomodulatory Functions. *2008 Poultry Science* 87: 1377-1384.
 65. Iji *et al.* (2001d). Intestinal structure and function of broiler chickens on diets supplemented with a mannan oligosaccharide. *J. Sci. Food. Agric.* 81: 1186-1192.
 66. Zhang *et al.* 2005. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poult. Sci.* 84: 1015–1021.
 67. Hooge, D., 2004. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. *Int. J. Poultry Sci.*, 3: 163-174.
 68. Aguilar-Uscanga, B., and J. M. Francois. 2003. A study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation. *Lett. Appl. Microbiol.* 37: 268– 274.
 69. Spring *et al.* 2000. The effects of dietary mannanoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of *Salmonella*- challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79: 205–211.

70. Morales L. René. Las paredes celulares de levadura de *saccharomyces cerevisiae*: un aditivo natural capaz de mejorar la productividad y salud del pollo de engorde. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. 2007.
71. Pérez Vendrell *et al.* Influence of source and ratio of xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poul Sci* 2001; 80: 320-326.
72. Tyczkowski J., Hamilton p.B. Absorption, transport, and deposition in chickens of lutein diester, a carotenoid extracted from marigold (*Tagetes erecta*) petals. *Poultry Sci.* 1986; 65: 1526-1531.