



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD
ANIMAL

EVALUACIÓN DE UN PREBIÓTICO INULINA SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN POLLO DE
ENGORDA.

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A
ANA SAETH REYES GÓMEZ

TUTOR:
MARÍA DEL PILAR CASTAÑEDA SERRANO

COMITÉ TUTORAL:
JUAN CARLOS DEL RÍO GARCÍA
NÉSTOR LEDESMA MARTÍNEZ

MÉXICO, D.F

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 mi Mamá por ser una mujer excepcional, siempre mi ejemplo a seguir, por todo el esfuerzo y sacrificios que realizó para que su hija fuera una profesional. “Mami te quiero y te amo” gracias por siempre estar conmigo, por no dejarme caer, por brindarme una palabra de aliento en los momentos difíciles, por siempre creer en mí y lo más importante por ser mi amiga. Lo mejor de mi te lo debo a ti.

A ti mi primita consentida Sarahi por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, por apoyarme en los momentos difíciles, por soportar mi mal humor, por las desveladas que junto conmigo pasaste, por acompañarme en esta etapa de mi vida, pero sobre todo por siempre creer en mí, sin ti no podría haber logrado esto.

A mi adorada y siempre querida Tía Letty, por siempre formar parte de mi vida, y brindarme tu cariño y sonrisa incondicional, gracias por todo el apoyo, la motivación para seguir y lograr culminar esta etapa de mi vida, al igual que a mis primos Belén y Ramón por siempre creer en mí, y decirme que puedo llegar hasta donde mis sueños me lo propongan.

*Todos vivimos en el mismo cielo, pero
algunos levantamos los ojos hacia las estrellas.
Óscar Wilde*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por ser parte fundamental en mi formación profesional.

A DGAPA por el apoyo, y los recursos económicos para la elaboración de la presente tesis, a través del proyecto PFMAMO No PI201306.

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de la presente maestría.

Al Centro de Enseñanza, Investigación, Extensión y Producción Avícola (CEIEPAV) de la UNAM, a todos los que laboran en el centro por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo especialmente al Dr. Ernesto Ávila y al Dr. Arturo Cortés por su atención, consejos, ayuda y paciencia.

A la Dra María del Pilar Castañeda Serrano, por ser parte fundamental en este proyecto y por haber aceptado que formara parte del mismo sin conocerme.

Al Dr. Juan Carlos del Río García, por todo el apoyo y el cariño con el que siempre me impulsó a seguir en este proyecto, por brindarme su amistad incondicional y sincera, por las palabras de aliento, por siempre tener una sonrisa para mí en los momentos difíciles, por creer en mí, y no dejarme caer, pero sobre todo, por tener la oportunidad de conocer a una persona tan valiosa en la vida, como lo es usted. Gracias por ser mi Maestro y mi amigo.

Al Departamento de Producción Animal: Aves por todas las facilidades brindadas, para este proyecto, especialmente al Dr. Néstor Ledesma Martínez por todos los consejos y apoyo brindado en todo momento.

Al Dr Carlos López Coello, por todo el apoyo y ánimo brindado, durante toda la maestría, por ser un excelente maestro y una excelente persona.

A mi querido amigo PEPE, por todo tu apoyo y cariño, por impulsarme a nunca dejarme caer ante ninguna situación por más difícil que parezca, por todo lo que nos falta vivir, gracias por tu amistad sincera y valiosa.

A mi amiga Alejandra y César por brindarme su incondicional amistad y su apoyo, pero sobre todo por el tiempo que se tomaron a impulsarme a seguir por mas difíciles que parecieran las cosas en el camino

A mis amigos de la granja: Roxana, Martha, Paty, Mercedes, Itzel, Isaías, Badhí, gracias por todo el apoyo brindado durante mi estancia sin ustedes no hubiera sido lo mismo.

A mis amigos del Departamento de Aves: Estivalis, Diego, Ernesto, Sonia, , Israel, Andrés, Gabriel, Karina, Carlos, Xóchitl, Lili, Alberto, a cada uno de ustedes gracias por siempre brindarme una palabra de aliento, una sonrisa, por ayudarme en menor o mayor grado pero sobre todo por su valiosa amistad que llevare en mi corazón por siempre.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

	Página	
1.1	Introducción	1
1.2	Alimentos funcionales	2
1.3	Antecedentes del uso de alimentos funcionales en la alimentación humana y animal	3
1.4	Prebióticos	3
1.5	Inulina	7
1.6	Antecedentes en el uso de la inulina	9
1.7	Desarrollo del tracto gastrointestinal en pollo de engorda	10
1.8	Desarrollo morfológico	11
1.9	Tracto gastrointestinal del pollo de engorda	11
1.10	Establecimiento de la microbiota intestinal, en el pollo de engorda	13
1.11	Manipulación de la microbiota intestinal	15
1.12	Rendimiento de la canal en pollo de engorda	16
1.13	Pigmentación	17
1.14	Evaluación del color en la piel del pollo	19
2.1	Justificación	21
3.1	Objetivo general	22
4.1	Objetivos particulares	22
5.1	Hipótesis	23
6.1	Material y Métodos	23
6.2	Análisis estadístico	26

7.1	Resultados y Discusión	27
8.1	Conclusiones	48
10.1	Literatura Citada	49
11.1	Anexos	61

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el peso corporal (PC) en pollos de engorda.	30
Cuadro 2. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la ganancia de peso (GP) en pollos de engorda.	31
Cuadro 3. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el consumo de alimento semanal (CAS) en pollos de engorda.	35
Cuadro 4 Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la conversión alimenticia (CA) en pollos de engorda.	36
Cuadro 5. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la mortalidad acumulada (MA) en pollos de engorda.	37
Cuadro 6. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la uniformidad del peso corporal (coeficiente de variación) de la parvada en pollo de engorda.	38
Cuadro 7. Tiempo de tránsito gastrointestinal (TTG) en pollo de engorda en diferentes edades.	40
Cuadro 8. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el rendimiento de la canal, el rendimiento de la pechuga,	43

y rendimiento pierna con muslo en pollo de engorda

Cuadro 9. Valor de la pigmentación amarilla (b^*) semanal en vivo en pollos de engorda 46

Cuadro 10 Valor de la pigmentación amarilla en canal (b^*) en caliente y en frío en pollos de engorda 47

INDICE DE FIGURAS.

	Página
Figura 1. Estructura química de la inulina de glucosa(β -d-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa(β -D-fructopiranosil) (B) (1)	7
Figura 2. Procesos de obtención industrial de la inulina y derivados	8

1.1 Introducción.

Desde la segunda mitad del siglo pasado, la avicultura ha tenido una expansión considerable en la producción de pollo de engorda, este aumento en el volumen y eficacia en la producción es atribuido a los avances genéticos y nutricionales. El progreso que ha tenido la nutrición del pollo de engorda desde hace 50 años se debe a un gran número de factores, que incluyen la utilización de vitaminas, enzimas sintéticas y el uso de aditivos, todos estos han favorecido un mayor desarrollo de los programas de alimentación animal, encaminados a satisfacer las necesidades especiales durante el ciclo productivo y de las nuevas líneas genéticas¹. En México la industria avícola productora de carne de pollo ha requerido la modernización tecnológica para mejorar los parámetros productivos, recurriendo, entre otras medidas, al uso de antibióticos utilizados a dosis sub-terapéuticas como promotores del crecimiento². Sin embargo debido al uso indiscriminado de estos en la alimentación animal se ha demostrado la presencia de mecanismos genéticos de transferencia de resistencia de la microflora intestinal en animales y humanos³.

Alrededor del mundo las empresas encargadas de la producción de pollo y ganado están bajo presión de reducir el uso de antibióticos utilizados como promotores de crecimiento en la alimentación animal, por consiguiente, las nuevas prácticas de nutrición y formulación de dietas, apuntan a balancear la microflora intestinal.

La composición de la microflora intestinal depende mucho del equilibrio entre las poblaciones de microorganismos y la composición de la dieta, así como la fuente de los substratos para los microorganismos intestinales⁴. Los principales

candidatos sustitutos de los antibióticos utilizados como promotores de crecimiento son los probióticos y prebióticos dentro de este último grupo se pueden mencionar, los oligofruktosacáridos los cuales son monómeros de fructosa encontrados en cereales como la cebada y el trigo considerados como prebióticos. Se denominan así porque los oligofruktosacáridos no son digeridos por las enzimas presentes en el intestino delgado, sino que tienen la función de fermentarse en el intestino grueso estimular selectivamente a las poblaciones bacterianas. El uso de prebióticos, oligosacáridos ha tenido gran aplicación en la nutrición de aves de corral, cerdos y otros animales domésticos⁴.

RESUMEN

ANA SAETH REYES GÓMEZ. Evaluación de un prebiótico inulina sobre el comportamiento productivo y las características de la canal en pollo de engorda. (Bajo la supervisión de PhD. María del Pilar Castañeda Serrano, DC. Juan Carlos del Río García, DC. Néstor Ledesma Martínez).

El experimento fue diseñado para evaluar el efecto de la suplementación en la dieta con un prebiótico inulina, sobre los parámetros productivos y las características de la canal en pollo de engorda. Se utilizaron 288 pollos de 1 día de edad, hembras, estirpe Cobb 500, los cuales fueron asignados a 3 tratamientos con 3 réplicas cada uno. Los tratamientos fueron: 1) Control, dieta basal; 2) Dieta basal adicionada con inulina al 0.5%; 3) Dieta basal adicionada con inulina al 1%. Se evaluaron peso corporal, ganancia de peso semanal, consumo de alimento semanal, conversión alimenticia, mortalidad y uniformidad de la parvada como parámetros productivos, fueron evaluados cada semana hasta el fin del ciclo productivo (49 días de edad). El tiempo de tránsito gastrointestinal (TTG) fue analizado a los 10 y 20 días de edad. El grado de pigmentación cutánea se evaluó a partir de la tercera semana, hasta el final del ciclo productivo y en canal (amarillamiento (b^{*}). Al final del ciclo productivo fueron evaluados el rendimiento de la canal, de pechuga y pierna con muslo. Los resultados obtenidos después de 49 días de experimentación mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos en cuanto a conversión alimenticia se refiere. No se observaron diferencias estadísticas entre

los tratamientos en la medición de Tiempo de Tránsito Gastrointestinal. El rendimiento de la canal, pechuga, pierna con muslo no mostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos. Los resultados de los niveles de pigmentación amarilla en vivo no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamiento. La evaluación del los niveles de pigmentación en frío mostró diferencia estadística significativas ($P < 0.05$), en los tratamientos suplementados con inulina y grupo control, siendo el tratamiento con inulina al 1% el que obtuvo los niveles más altos de amarillamiento (b^*).

Palabras Clave: Alimento Funcional, Prebiótico, Inulina.

ABSTRACT.

The present experiment evaluated the effect of dietary supplementation with prebiotic inulin in performance of broiler chickens and carcass characteristics.

Two hundred eighty-eight female chickens of Cobb 500 strain, of one-day-old, were assigned to 3 treatments with 3 replicates each. The treatments were: 1) control, basal diet, 2) basal diet supplemented with 0.5% inulin, 3) basal diet supplemented with 1% inulin. The productive parameters like body weight, feed consumption, feed conversion and weight gain were evaluated per week until the end of the production (49days). The mortality and de uniformity were evaluated also. Gastrointestinal transit time (GTT) was analyzed at 10 and 20 days old. The degree of skin pigmentation was measured since the third week until 49 days old.

At the final of the production the flock was processed under commercial standards, at the processing the skin pigmentation was measured in the carcass after the picking (hot carcass) and after the chilling (cold carcass). The results after 49 days of the experiment were significantly different ($P<0.05$) among treatments just in the parameter of feed conversion. There were no statistical differences between treatments in the measurement of Gastrointestinal Transit Time. The yield performance for breast fillets and chicken leg quarters did not show statistical differences ($P<0.05$) among treatments.

The result of the levels of yellow pigmentation during the production showed no statistically significant differences between treatments. However in the processing the skin pigmentation in cold carcass showed higher values in yellowness (b^*) for

the 1% inulin treatment, compared with 0.05% and control groups. However in the processing the skin pigmentation in cold carcass showed higher values in yellowness (b^*) for the 1% inulin treatment, compared with 0.05% and control groups.

Keywords: Functional Food, Prebiotic, Inulin.

1.2 Alimentos funcionales.

Un alimento funcional (AF), se puede definir como un alimento convencional de origen natural que es consumido como parte de una dieta normal, pero que ha sido adaptado o suplementado mediante varias estrategias con uno o varios componentes de tipo biótico (prebióticos, probióticos, simbióticos, ácidos omega 3,6, etc)⁵, para proporcionar efectos de tipo benéfico y fisiológico en las funciones normales del organismo del huésped, además de poseer efectos de nutrición⁶. Para que un alimento pueda ser considerado como funcional tiene que cumplir con alguna de las siguientes características:

1. Que en alguno de sus componentes alimenticios (nutrientes o no) alguno de ellos, genere efectos benéficos en una o varias funciones del organismo.
2. Poder generar, un efecto fisiológico mayor que el efecto generado en la nutrición tradicional⁶.

1.3 Antecedentes del uso de alimentos funcionales en la alimentación humana, y animal.

El uso de alimentos funcionales utilizados en alimentación humana ha ido en aumento, sin embargo estos se consumen desde hace tiempo como componentes normales de los alimentos, o como alimentos fermentados⁷, de tal forma que el uso de bacterias ácido lácticas en la elaboración de este tipo de alimentos representa el 25% de los componentes de la dieta en humanos. La

suplementación de la dieta con este tipo de microorganismos benéficos, no solo se ha utilizado en la alimentación humana, también ha sido empleada en producción animal principalmente en pollos de engorda, ganado cerdos, conejos, así como en la agricultura⁸.

1.4 Prebióticos.

Dentro de los productos de tipo biótico los más usados en la formulación de alimentos funcionales son los prebióticos, el término prebiótico fue introducido por Gibson y Roberfroid (1995)⁹ y se define como un ingrediente no digestible que se encuentra en el alimento y que tiene la función de actuar de forma benéfica para el huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o la actividad de uno o de un número limitado de bacterias presentes en la microbiota intestinal, mejorando así la salud del hospedero⁶.

Para que un ingrediente alimenticio pueda entrar en la clasificación de prebiótico tiene que cumplir con las siguientes tres características de acuerdo a su definición original:

1. Que resista la digestión.
2. Ser un sustrato selectivo para una o varias bacterias benéficas presentes en la microbiota intestinal.

3. Tener un efecto de tipo benéfico sobre la microbiota intestinal el cual se asocia con una mejor salud.

Los diferentes mecanismos por los cuales los denominados alimentos funcionales como prebióticos afectan la microbiota del tracto intestinal, no han sido analizados del todo a fondo; sin embargo, en diversos estudios realizados se han encontrado los siguientes efectos:

1. Estimulan la población de microbiota benéfica principalmente de bifidobacterias presentes en el tracto gastrointestinal.^{10,11}
2. Estimulan la motilidad intestinal. Ayuda a aliviar la constipación intestinal.⁶
3. Favorecen la absorción de minerales principalmente de Ca, Mg y Fe.^{10,12}
4. Reducen los niveles de colesterol en sangre
5. Favorecen el metabolismo de los lípidos, principalmente la producción de ácidos grasos de cadena corta.¹³
6. Modifican la actividad enzimática
7. Modifican de forma positiva la permeabilidad de la mucosa intestinal.¹³

8. Estimulan el sistema inmunitario.¹⁴
9. Inhiben la diarrea especialmente cuando esta signología está asociada con la presentación de infección de origen intestinal, esto se puede deber al efecto inhibitorio que provocan las bifidobacterias en el crecimiento de bacterias de tipo patógeno Gram (+) y (-).¹⁵
10. Inhiben las concentraciones en el ciego de bacterias patógenas de *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, y *Camylobacter spp* en pollos.¹⁶
11. En humanos reducen los factores carcinogénicos a nivel intestinal, principalmente en colon.
12. En seres humanos reducen de manera significativa el riesgo de presentar enfermedad de tipo degenerativo como osteoporosis y arterioesclerosis.⁶
13. Reduce el pH intestinal, lo cual es sumamente importante para inhibir el crecimiento de especies bacterianas patógenas.¹³
14. Son relativamente baratos, fáciles de fabricar o de extraer de las plantas.¹³

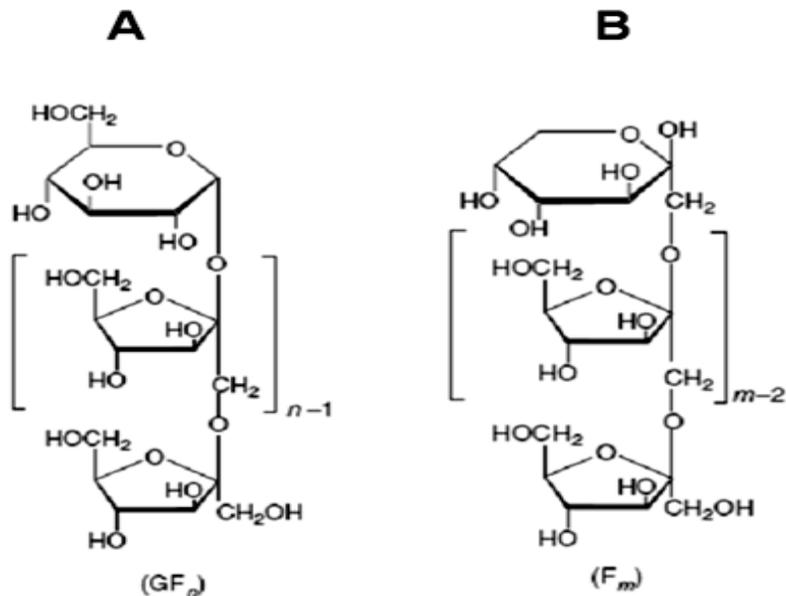
15. Son una buena alternativa al uso de probióticos que pueden ser de difícil digestión en algunos ingredientes.¹³
16. Favorecen una modificación benéfica en la flora intestinal, ya que son rápidamente fermentables por la microbiota con la producción final de acetato y de otros ácidos grasos de cadena corta.¹⁰
17. Aumenta el número de bifidobacterias, lo que trae consigo una disminución en las concentraciones de amoníaco que emanan de la caseta de producción del pollo de engorda.¹⁷
18. Aumenta la síntesis y la absorción del complejo B debido al incremento de absorción a nivel de intestino delgado y a la síntesis de bacterias presentes en este.¹⁰

1.5 Inulina.

La inulina (Figura 1), es un oligofruetosacárido, que pertenece al grupo de los conocidos como fructanos, son carbohidratos de reserva para las plantas, estos se encuentran presentes en 36,000 especies de plantas y numerosos vegetales tales como plátano, ajo, esparrago, alcachofa, cebolla, nopal, avena y principalmente en la raíz de chicoria (*Cichoriumintybus*).¹⁸

FIGURA1

Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa (b-D-glucopiranosil) (A) y con una molécula terminal de fructosa (b-D-fructopiranosil) (B) (1)

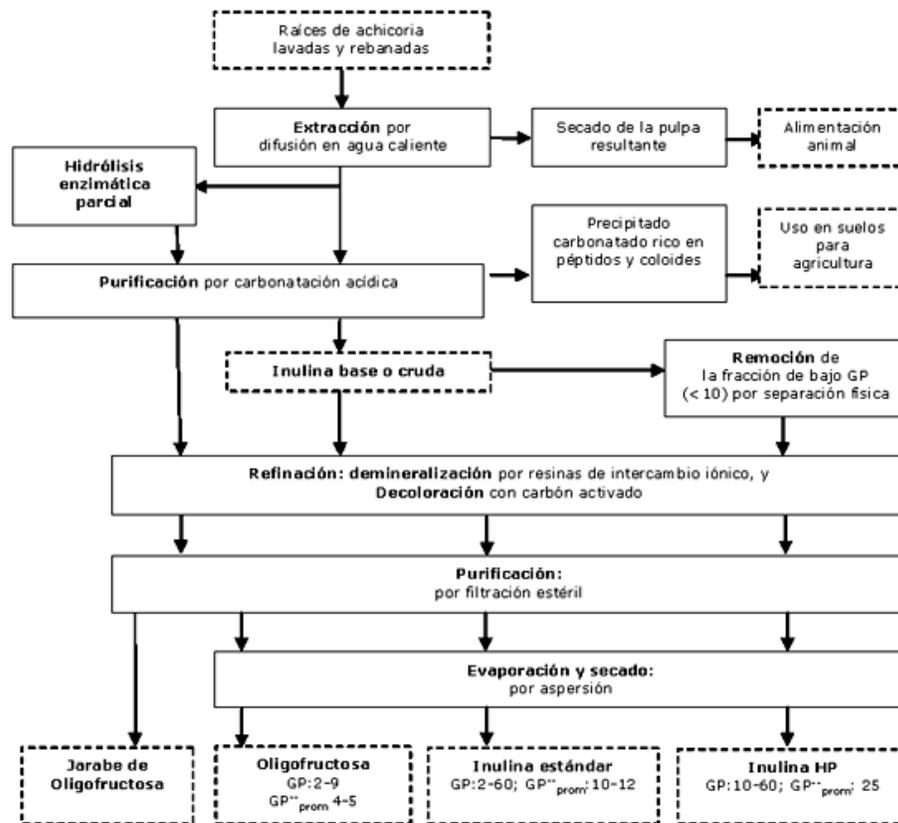


La inulina que actualmente se comercializa está presente en diferentes productos, es utilizada como ingrediente de algunos alimentos, es sintetizada a partir de la sacarosa o de la raíz de chicoria (*Cichorium intybus*), es mejor conocida por su gran uso en la fabricación de sustitutos de café, la raíz de dicha planta contiene de 15-20% de inulina y 5-10% de oligofructosa.

El procedimiento para la obtención de inulina es similar a la extracción de azúcar, la inulina se extrae de la raíz usando un proceso de difusión simple con agua caliente la cual es previamente purificada, el producto resultante tiene un grado de

polimerización de 2 a 60 unidades de fructosa unidas por enlaces de tipo glucosídico β (2-1) con una unidad terminal de glucosa se le llama inulina (Raftilina) y la oligofructosa producida por la hidrólisis de la inulina es llamada Raftilosa (menos de 10 unidades). (Figura 2)

Figura 2.-Procesos de obtención industrial de la inulina y derivados



El polvo final de la inulina contiene 6-10% de azúcares representado como glucosas, fructosas y sacarosas, no se necesita agregar ningún producto extra después de la extracción.¹¹

Los prebióticos oligosacáridos como la inulina son fermentados en el colon de los mamíferos donde ellos promueven el crecimiento de las poblaciones bacterianas asociadas con la salud, así como el buen funcionamiento del colon. Esta estimulación selectiva ocurre debido a que los oligofruktosacáridos son fácilmente fermentados por bacterias de tipo benéfico presentes en el colon y no son tan efectivamente utilizados por especies bacterianas patógenas.⁹

Los tipos de bacterias benéficas presentes en el tracto gastrointestinal del pollo de engorda incluyen *Bifidobacterias*, *Lactobacillus*, y *Eubacterias*.

1.6 Antecedentes en el uso de inulina.

Xu *et al.* (2003)¹⁹ realizaron un estudio donde observaron los efectos en la dieta de pollos de engorda suplementados con oligofruktosacáridos sobre la actividad de las enzimas digestivas y la microflora intestinal así como su morfología. Con la suplementación de 4.0g/kg de oligofruktosacáridos se observó un crecimiento de las poblaciones benéficas en tracto gastrointestinal de *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, se inhibió el crecimiento de microorganismos patógenos como *E.coli* en intestino delgado y se observó un incremento en la ganancia de peso. Sin embargo en la suplementación con niveles de 8.0g/kg de oligofruktosacáridos en la dieta no se encontraron efectos significativos en cuanto a ganancia de peso, actividad de enzimas digestivas, incremento o cambio en la microflora intestinal.

Wu *et al.* (1999)²⁰ realizaron un estudio donde se observó que los niveles óptimos de FOS varían entre 2.5 a 5.0g/kg los cuales tienen efectos benéficos en la ganancia de peso y conversión alimenticia, mientras que niveles altos de FOS

en la dieta 10g/kg tienen efectos negativos en el tracto gastrointestinal con la presentación de signos como diarrea.

También observaron en los tratamientos con altos niveles de FOS en la dieta la presencia de una baja cantidad de población bacteriana benéfica presente en el tracto gastrointestinal de las aves sometidas a estos tratamiento.

1.7 Desarrollo del tracto gastrointestinal en pollo de engorda.

Los primeros días después de nacimiento son críticos para el desarrollo y la supervivencia del pollo de engorda y de las aves en general²¹, al eclosionar el pollo está sujeto a grandes cambios en la utilización de nutrientes, ya que los que le proporciona el vitelo son reemplazados por una alimentación exógena, al mismo tiempo el pollo experimenta un rápido desarrollo físico y funcional del aparato gastrointestinal para así poder lograr una rápida capacidad de digerir y asimilar su nueva alimentación.²²

El páncreas, hígado e intestino delgado se desarrollan rápidamente después del nacimiento, alcanzando el intestino delgado su máximo desarrollo entre los días 6 y 10²³, llegando a cerca del 0.008% del peso corporal²². Los diferentes segmentos del tracto gastrointestinal muestran una diferencia en la velocidad con la que se desarrollan, ya que el duodeno es el que más rápido crece comparado con el yeyuno e íleon.

1.8 Desarrollo morfológico

La longitud del intestino aumenta durante la primera semana de vida incluso en la ausencia de alimento; sin embargo, el consumo de alimento es esencial para el desarrollo de las vellosidades intestinales. Cinco días antes de la eclosión, las vellosidades intestinales comienzan gradualmente a alargarse alcanzando su máximo desarrollo a los días 6 de edad en el duodeno y 10 días en yeyuno e íleon, paralelamente aumenta la superficie intestinal y el número de vellosidades intestinales.²⁴

1.9 Tracto gastrointestinal en el pollo de engorda.

El aparato gastrointestinal es el primer sitio para la administración oral de diversos componentes que incluyen los ingredientes presentes en la dieta, la función principal de este sistema incluye procesos como digestión y absorción de nutrientes.²⁵

La digestión comprende todos los cambios físicos y químicos que pueden experimentar los alimentos antes de ser absorbidos en el intestino delgado y grueso.²⁶ La absorción incluye los procesos que resultan en el paso de moléculas pequeñas desde la luz del TG a través de las células de la mucosa que recubre la superficie de dicha luz-a los vasos sanguíneos o linfáticos²⁷. Los carbohidratos presentes en las dietas de las aves tienen como función principal proveer una fuente de energía para los procesos vitales normales como mantener la temperatura corporal y las funciones esenciales del organismo, como movimiento y las reacciones químicas involucradas en la síntesis de los tejidos y la eliminación de los desechos^{27,28}, los carbohidratos presentes en la dieta se dividen en digestibles y no digestibles de acuerdo al número de átomos de

carbono por molécula y en el número de moléculas de azúcar del compuesto²⁷. Los carbohidratos digeribles se deben convertir en azúcares simples denominados monosacáridos (sacarosa, maltosa y almidón²⁸, los cuales son digeridos por enzimas especiales que participan en la digestión de dichos carbohidratos como por ejemplo la amilasa pancreática presente en el lumen intestinal o por las disacaridasas adheridas a la mucosa del epitelio intestinal²⁶. Los carbohidratos no digeribles son aquellos que no son digeridos por en TGI , la mayoría de estos forma parte de la pared celular de las plantas o vegetales, entre los cuales destaca como componente principal la celulosa y en menor cantidad la hemicelulosa , no son digeribles debido a que las aves no poseen enzimas digestivas capaces de hidrolizar la celulosa, a pesar de que es semejante al almidón, desde el punto de vista estructural²⁸ ,otros carbohidratos no digeribles son lo heteropolisácaridos como : pectinas, gomas, oligofructosa e inulina , estos carbohidratos de origen vegetal son el sustrato energético primario para estimular el crecimiento de microorganismos en el intestino además de contribuir a la formación de heces y el correcto funcionamiento del tracto gastrointestinal¹³. Los productos de la fermentación de los carbohidratos, son ácidos grasos principalmente de cadena corta (AGCC) los cuales tienen un efecto benéfico en la salud intestinal, además, las bacterias tales como los *Lactobacillus* generadores de ácido láctico, pueden desempeñar un papel significativo en el mantenimiento de la resistencia a la colonización de ciertos microorganismos patógenos, con una amplia variedad de mecanismos en la población bacteriana intestinal. Por otra parte, actualmente se reconoce que muchas bacterias que habitan en el intestino

grueso todavía no se identifican, otro factor importante a tener en cuenta cuando se utiliza un prebiótico (carbohidratos no digerible) para modificar selectivamente la composición del microbiota intestinal, es que la utilización de prebióticos solo puede incrementar el crecimiento de las bacterias que están presentes en el intestino grueso.

1.10 Establecimiento de la microbiota intestinal en el pollo de engorda.

El establecimiento de la microbiota intestinal juega un rol importante en la salud del huésped, teniendo efectos en la morfología intestinal, nutrición, y la respuesta inmunitaria²⁹.

La microflora del intestino se establece desde el primer día de edad del pollito en la granja, siendo una población dinámica. Las primeras poblaciones de bacterias que aparecen son de tipo cocoide como *Enterococcus spp*, entre el segundo y séptimo día se presentan bacterias alargadas (bacilos y cocobacilos, otras especies como *E. coli*, *Lactobacillus spp* o *Bacteroides spp*, al día 11 puede observarse *Fusobacterium*, y a partir del día 15 se forma un entramado de filamentos que se extiende entre los cuerpos bacterianos, formando una red que evita la colonización de otras bacterias.

Las bacterias del género *Lactobacillus* son las que pueden producir esta colonización, después de la tercera semana de edad, la flora intestinal se puede considerar como estable. La población bacteriana predominante en los ciegos de las aves es obligatoriamente anaerobia, con niveles de 10^{11} por gramo de contenido²⁹. Diversos estudios se han realizado para determinar los diferentes géneros bacterianos encontrados en el ciego de las aves, (López *et al*, 2006)³⁰

reportan que las principales poblaciones encontradas son: *Eubacterium*, *Bacteroides*, *Fuasobacterium*, *Peptostreptococcus*, *Bifidobacterium*, *Gemminger*, *Clostridium*, *Lactobacillus* o *Propionibacterium*, en concentraciones superiores a 10^9 UFC/g, pudiendose observar *Staphylococcus*, *Streptococcus* o *E. coli* en concentraciones de 10^8 UFC/g³⁰.

Mead (1989)³¹ encontró que las principales poblaciones bacterianas encontradas en los ciegos se componían de *Bacteroidaceae* (20%), *Eubacterium spp.* (16%), *Bifidobacterium spp.* (9%), *Gemminger formicilis* (5%) y *Clostridium spp.* (5%). El ileón, ciego y colón en las aves son conocidos por su alta concentración en población bacteriana. Reportes recientes han investigado la composición de la microflora en ileón y ciego usando diferentes metodologías, Fuller *et al.* (1971)³² reportaron que *Lactobacillus salivaris*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus reuteri*, y *Lactobacillus acidofilus* fueron las especies más detectadas.

En la microbiota intestinal del pollo de engorda se pueden encontrar 2 tipos principales de especies bacterianas:

- Las denominadas autóctonas que son ubicadas en el tracto gastrointestinal y ocupan todos los nichos disponibles, se puede mencionar como ejemplo de este tipo de bacterias a las ácido lácticas y las bifidobacterias
- Las denominadas aloautóctonas que son especies bacterianas que se encuentran fuera del huésped es decir provienen de otro hábitat gastrointestinal, o bien son introducidas de un factor externo de colonización como puede ser el agua o el alimento.

Las bacterias benéficas incluyen principalmente las *bifidobacterias* y *lactobacillus*, estas últimas mantienen saludable el intestino delgado y en conjunto con la microbiota cecal controlan los grupos patógenos evitando la colonización por dichas bacterias³⁰.

Los diferentes mecanismos de la colonización de la microbiota pueden estar influenciados por factores de tipo externo o interno propios del huésped.

Los factores externos son: medioambiente, densidad bacteriana, dieta, hábitos alimenticios, y estrés.³³

Los factores internos son los relacionados con el huésped: edad, fisiología, genética, metabolismo, el pH intestinal, temperatura corporal, peristálsis, producción de ácidos biliares, respuesta inmune.^{33,34}

Lan *et al.* (2004)³⁵ señalaron que factores externos afectaban la composición de la microbiota intestinal, observaron que en los pollos criados bajo condiciones de estrés calórico, la microbiota intestinal presente en el intestino delgado principalmente en la porción del yeyuno se modificaba.

1.11 Manipulación de la microbiota intestinal.

Como se mencionó anteriormente la colonización de la microbiota intestinal, puede ser modificada por diversos factores entre los cuales se encuentra, la composición de la dieta, esta juega uno de los factores más importantes a tomar en cuenta, debido a que tiene gran influencia sobre el sustrato disponible para las poblaciones bacterianas.³⁶

Las dietas que tienen alto contenido en carbohidratos no digestibles son importantes sustratos para las bacterias intestinales⁵. Esto ha llevado a la introducción de una nueva terapia basada en el consumo de cultivos de microorganismos vivos o sustratos específicos para poblaciones bacterianas (AF).

1.12 Rendimiento de la canal en pollo de engorda.

Si bien el mejoramiento genético aplicado a la producción avícola basó sus objetivos en aspectos de tipo zootécnico (peso, consumo, conversión alimenticia) también incorporó en sus índices de selección parámetros asociados al rendimiento, al procesamiento, y a la obtención de cortes de mayor valor comercial.^{37, 38}

La gran demanda en el consumo de carne de pollo en México y en muchos países del mundo es debido a su aporte nutritivo y al precio accesible del producto, esto a inducido a tener una industria más especializada en el procesamiento del producto terminal³⁹. El procesamiento, es el punto más importante de la cadena productiva; ya que implica todo el trabajo realizado desde las reproductoras, incubación y la crianza del ave.⁴⁰

Dentro de las partes que componen a la canal, la pechuga, la pierna, y el muslo son las regiones musculares de mayor valor y utilización comercial, por tanto un incremento en el porcentaje de estos productos esta directamente relacionadas con el peso de la canal.^{39,41}

El rendimiento de la canal en pollo de engorda en los años 70´ era de aproximadamente 65% respecto a su peso vivo, en la actualidad dicho rendimiento

es superior al 72% ⁴², lo que juega un papel muy importante en el desarrollo de productos avícolas con valor agregado, estos productos son aquellos elaborados de carne de pollo procesada, el incremento a nivel de mercado comercial de dichos productos es debido a la popularidad que ha adquirido la comida rápida y la facilidad que ofrecen los productos “listos para consumirse” al ser más cómodos y convenientes para la vida actual.⁴³

Muchos países están iniciando en este nuevo tipo de mercado, por lo que el rendimiento de la canal y el procesamiento de carne de pollo, se ha convertido en una parte importante en el negocio avícola en el mundo.⁴⁴

1.13 Pigmentación.

La apariencia visual, especialmente el color, es la característica más importante de los alimentos y determina la elección o el rechazo del producto por el consumidor.⁴⁵

Esto también ocurre en los productos avícolas, en los cuales el color juega un rol fundamental para la comercialización y aceptación del producto.⁴⁶

La relación del color con la salud de los pollos, definitivamente constituye una ventaja comercial, que se traduce en mejor precio de venta y preferencia por pollos que tengan la piel y tarsos pigmentados, que aquéllos que no la tienen o presentan una coloración más clara.⁴⁷ En las aves el color es una característica muy importante que se relaciona estrechamente con la calidad del producto. Una piel amarilla en los pollos de engorda se asocia con aves sanas, por ese motivo

muchos de los consumidores prefieren el color amarillo en la piel y lo relacionan a un ave libre de enfermedades.⁴⁵

Los carotenoides son los principales componentes responsables del color de la piel en pollos de engorda³⁹ y principalmente entre ellos se destaca el uso de las xantofilas que son las principales fuentes naturales concentradas de carotenoides en la flor de cempasúchil, los cuales son empleados para la formulación de raciones en avicultura.⁴⁵

La pigmentación se considera como un mecanismo biológico en donde el pigmento presente en la dieta es absorbido por el intestino, transportado por la sangre y depositado en la piel o en la yema de huevo.⁴⁸ El sitio principal de absorción de los pigmentos se lleva a cabo en el asa duodenal y en la parte superior y media del íleon⁴⁹, esta absorción es promovida en presencia de ácidos y sales biliares. En el pollo de engorda los carotenoides se movilizan y se depositan hacia la piel, los tejidos grasos y los tarsos.⁵⁰

Una vez que los carotenoides son absorbidos en la porción del tracto gastrointestinal, son reesterificados en las células de la mucosa y transportados en quilomicrones vía sanguínea al hígado, en las aves pasan por vía directa al torrente sanguíneo y de este al hígado. Los carotenos presentes en la sangre así como en los tejidos son liberados de una manera controlada, dicha regulación está controlada por lipoproteínas acarreadoras de muy baja y alta densidad y por medio de receptores de proteínas.⁵¹ Los carotenoides encontrados en plasma, no están esterificados y generalmente se concentran en la fracción de la lipoproteína de alta

densidad que tiene la función de transportadores de xantofilas hacia los órganos blanco.⁵²

Al cruzar la barrera intestinal, la luteína libre representa el 96% del total, mientras que el 4% restante es en forma de mono-éster.

En el hígado la luteína libre representa cerca del 80%, mientras que los mono-esteres representan el 20%. En este órgano, los carotenoides van a ser deacilados, esterificados, y almacenados con el fin de ser disponibles y distribuidos lentamente hacia órganos blancos entre los que se encuentran los tejidos grasos, piel y patas. Cabe señalar, que la capacidad pigmentante de cada organismo está relacionada con el grado de asimilación a nivel de intestino delgado y por la afinidad específica de cada carotenoide por depositarse en un tejido determinado.^{48,51}

El proceso de pigmentación cutánea es un fenómeno acumulativo, siendo la grasa subcutánea y la epidermis donde se depositan la mayor parte de los carotenoides que dan color a la piel del pollo. El color de la piel está en función de la estirpe del ave, su alimentación, las condiciones en que se maneje, el tiempo de administración y la dosis de pigmento que se utilice; y por supuesto la salud del ave durante su desarrollo.⁵³

1.14 Evaluación del color en la piel de pollo.

El color es una variable muy subjetiva, a pesar de ser una característica física de la materia, la forma en que lo perciben los ojos del observador puede ser afectada por la luz del medio ambiente, ya sea natural o artificial⁵⁴, el tipo de material y la

presencia de humedad en la superficie del objeto a evaluar puede afectar la percepción de los colores.⁵⁵

Con la finalidad de evitar la subjetividad en la evaluación del color de la piel de pollo, se utiliza como un método de referencia la medición del color con el colorímetro de reflectancia Minolta CR 400⁵⁶, este instrumento puede medir hasta 20 colores diferentes, sin embargo, en el caso de las mediciones para la piel del pollo, se usan tres variables, L^* la luminosidad que va del blanco al negro, a^* es el eje de los rojos a verdes y el b^* es el de los amarillos a azules, las cuales se basan en el sistema CIELAB.

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación de la dieta con el prebiótico inulina sobre el comportamiento productivo, y las características de la canal en pollo de engorda.

4.1 Objetivos particulares

- Evaluar el peso corporal semanal, la ganancia de peso semanal, consumo semanal, conversión alimenticia semanal, uniformidad y mortalidad los días 7, 14, 21,28, 35,42 y 49 días de edad del pollo de engorda suplementados con el prebiótico inulina.
- Evaluar el tiempo de tránsito gastrointestinal a los 10 y 20 días en pollos de engorda suplementados con en prebiótico inulina.
- Evaluar el efecto de la alimentación con inulina en el rendimiento de la canal, rendimiento de la pechuga y pierna con muslo, suplementados con el prebiótico inulina.
- Evaluar el efecto de la inulina sobre la pigmentación en vivo y en frío en los pollos de engorda suplementados con el prebiótico inulina.

5.1 Hipótesis

La inclusión del prebiótico inulina en la dieta optimiza el comportamiento productivo y las características de la canal en pollo.

2.1 Justificación.

La industria avícola desde años atrás ha venido utilizando a los antibióticos a dosis sub-terapéuticas como promotores de crecimiento, sin embargo la tendencia actual en el mundo es restringir y prohibir su uso debido a su relación con el desarrollo de resistencia a una gran gama de drogas antibacterianas.

Sin embargo se debe tener en cuenta que al prescindir de la utilización de antibióticos promotores de crecimiento en la alimentación del pollo de engorda, se puede afectar la ecología de la microbiota intestinal, debido a la colonización por flora bacteriana patógena, la cual está asociada con la contaminación de productos avícolas destinados al consumo humano, también en el animal hay bajos índices de productividad e incremento de los índices de mortalidad.

Debido a que el tracto gastrointestinal es el sitio donde se absorben los nutrimentos, por lo general la conversión alimenticia empeora en forma marcada cuando aparece una infección intestinal, haciendo que se requiera una mayor cantidad de alimento para lograr un crecimiento neto inferior. Finalmente, las parvadas en las que se ha presentado alguna enfermedad entérica, o una deficiente salud intestinal con frecuencia carecen de uniformidad en el peso corporal.

Por los motivos anteriormente señalados hoy en día se plantea la utilización de nuevas alternativas como lo son el uso de los denominados alimentos funcionales en particular la utilización de los prebióticos los cuales estimulan la población

bacteriana no patógena presente en el tracto intestinal de ave, proporcionándole efectos benéficos. La tendencia actual en los consumidores es la demanda de productos avícolas libres de antibióticos.

Con este trabajo de investigación se pretende adquirir información relacionada con las características, modo de acción, efecto de la utilización del prebiótico inulina sobre la microbiota intestinal del pollo de engorda, así como la relación de este con los diferentes parámetros productivos y producto final.

6.1 Material y métodos

- Diseño Experimental
- La presente investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México ubicado en la Delegación Tlahúac en México, D.F., el cual se encuentra a una altitud de 2250msnm, entre los paralelos de 19° 15' latitud oeste, con una temperatura media anual de 18°C y una precipitación pluvial de 727mm.
- Se utilizaron 288 pollitos hembras de un día de edad de la estirpe Cobb 500, las cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 4 repeticiones de 18 pollos cada una en donde:

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Control	Inulina al 0.5%	Inulina al 1%
Dieta Basal	Dieta adicionada con inulina al 0.5%	Dieta adicionada con inulina al 1%

- Las dietas basales administradas fueron formuladas con base a sorgo-pasta de soya.
- El tiempo de tránsito gastrointestinal (TTG) fue evaluado a los 10 y 20 días de edad, se utilizaron dos aves por réplica en cada tratamiento, los mismos pollos

cada semana. Se utilizó como marcador el óxido férrico a una dosis de 200mg/kg peso vivo para determinar el TTG.

- Los pollos seleccionados se restringieron en consumo de alimento durante 2 horas, posterior a esto se colocaron en cajas limpias cubiertas de papel blanco, posterior al tiempo de ayuno el marcador fue administrado por vía oral en una cápsula de gelatina que fue colocada en la orofaringe del ave para su deglución espontánea. Las cápsulas de gelatina se administraron al mismo tiempo a 2 pollos de cada réplica. Se revisaron sus excretas cada 10 minutos en las primeras horas post administración del marcador, y después frecuentemente hasta encontrar el tinte rojo del marcados en las heces. El tiempo en el que el marcador se administró y el tiempo en el que apareció la tonalidad roja en la excreta fue registrado para cada pollo. El TTG fue calculado como la diferencia entre estos dos tiempos de registro en minutos.
- Las variables a evaluar fueron, peso corporal, consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, uniformidad y mortalidad de las aves en los días 7, 14, 21,28, 35,42 y 48 días de edad. Las aves y el alimento proporcionado fue pesado en una báscula digital y los pesos fueron registrados en gramos.
- La evaluación del rendimiento de la canal fue registrada con el peso de 96 pollos seleccionados aleatoriamente por tratamiento a los 49 días de edad, 32

aves por tratamiento y a su vez 8 aves por réplica respectivamente y se designó como peso vivo, se realizó el procesamiento de sacrificio de estas aves bajo condiciones comerciales, para posteriormente registrar el peso de la canal eviscerada (g).

- El rendimiento de la canal fue la relación centesimal del peso de la canal con el peso vivo de ave. Así mismo, se evaluó el rendimiento de la pechuga y de la pierna con muslo al pesar la carne (con hueso) en una báscula digital, el resultado obtenido se expresó como porcentaje en relación al peso vivo de la canal eviscerada.

- Los valores de pigmentación se midieron utilizando un colorímetro de reflectancia Minolta CR400, las lecturas se realizaron en la zona conocida como apterilo lateral los días 21, 28, 35, 42 y 49. La evaluación de la pigmentación en piel se hizo en los pollos vivos y en las canales después del desplume (pollo caliente).

6.2 Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos, se realizó con un software comercial SPSS.⁵⁷ El modelo estadístico fue un Diseño Completamente Aleatorizado para la evaluación de parámetros productivos, rendimiento de la canal, y el grado de pigmentación. Se utilizó un modelo de Parcelas Divididas. Los

datos fueron analizados por Análisis de Varianza con el procedimiento de Modelos Lineales Generales. Las diferencias entre tratamientos fueron determinadas por comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey con una significancia predeterminada estadística de $P < 0.05$.

7.1 Resultados y Discusión

7.2 Parámetros productivos

Peso corporal semanal.

Los resultados obtenidos para la variable de peso corporal semanal se muestran en el Cuadro 1, en donde no se observaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos durante el tiempo de estudio, sin embargo es importante señalar, que en la 3er semana del experimento los tratamientos con inclusión del prebiótico inulina al 0.5% (619g) y al 1% (644 g) tuvieron pesos mayores a comparación del tratamiento control (611g), estos resultados van de acuerdo con lo propuesto por otras investigaciones (Ammerman *et al.*, 1988⁵⁸, Bailey *et al.*, 1991⁵⁹, Fukata, 1999⁶⁰ y Wu *et al.*, 1999²⁰) quienes han reportado incrementos en el peso corporal a consecuencia de la adición de FOS (fructooligosacáridos) en las dietas de pollo de engorda en las primeras semanas de vida.

Estos resultados demuestran que los mayores pesos a la tercer semana se obtuvieron en los grupos suplementados con diferentes porcentajes de inulina como lo reportó Wu *et al.* (1999)²⁰ quienes observaron que el nivel óptimo de FOS en la dietas de pollo de engorda fue de 2.5 a 5.0g/Kg. donde obtuvieron los mejores pesos, mientras que una concentración de FOS de 10g/Kg. en la dieta de las aves causó diarrea, lo que disminuyó el rendimiento de la producción. Durante la duración del estudio, no hubo influencia en los diferentes tratamientos sobre el peso corporal, manteniendo una similitud con lo propuesto por Biggs *et al.* (2007)⁶¹ quien señala que después del día 21 la inulina no ejerce ningún efecto sobre la microbiota intestinal y por lo tanto no se

encuentran respuestas significativas en cuanto a peso corporal. Coincidiendo con Waldroup *et al.* (1993)⁶² quienes no reportaron ningún efecto en parámetros productivos de pollos productores de carne alimentados con FOS durante el ciclo productivo.

Ganancia de peso.

Para la variable ganancia de peso, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos ($P < 0.05$), durante el ciclo productivo, como se muestra en el Cuadro 2, sin embargo es importante señalar que aunque no se encontraron diferencias estadísticas significativas, durante la 3er semana, los tratamientos suplementados con inulina a diferentes porcentajes 0.5% (253g) y 1% (633g) tuvieron mejores pesos en comparación al tratamiento control (237g). Estos resultados apoyan el estudio de Van Leeuwen *et al.* (2006)⁶³ quienes reportaron que al adicionar diferentes niveles de inulina, en la dieta de pollo de engorda, se obtenían diferencias estadística significativa ($P < 0.05$) en ganancia de peso en la tercer semana de estudio, entre los grupos adicionados con inulina a 20g/Kg. (504g) y a10g/Kg., (490g) en comparación con el grupo control (473.2g), estos investigadores llegaron a la conclusión de que la inulina solo tiene acción del día 1 –21 de edad del ave. El experimento apuntó a cuantificar el efecto de la inulina sobre el pollo de engorda. Los resultados mostraron efectos positivos de la inulina sobre parámetros productivos en las primeras semanas de vida, señalando que la inulina ejerce efectos de tipo benéfico sobre la microbiota presente en el TGI. Durante el ciclo productivo de este estudio, no hubo influencia en los diferentes tratamientos sobre la ganancia de peso, concordando con lo propuesto por

Waldroup *et al.* (1993)⁶², quienes adicionaron al alimento 3.75g/Kg. de inulina en pollos de engorda y no encontraron respuestas significativas en cuanto a ganancia de peso en pollos alimentados hasta los 49 días.

Biggs *et al.* (2007)⁶¹, no encontraron ningún efecto estadísticamente significativo en las dietas adicionadas con diferentes prebióticos, sobre los parámetros productivos y la digestibilidad de los nutrientes

Es importante señalar que en la última semana del ciclo productivo, los tratamientos a los que se les adiciono inulina en diferentes concentraciones 0.5% (424g) y 1%(401g) tuvieron mejores ganancias de peso respecto con el tratamiento control, (345g), resultados parecidos encontraron Xu *et al.*(2003)¹⁹ quienes al administrar diferentes dosis de fructooligosacáridos en la dieta de pollos de engorda, observaron que la mayor ganancia de peso la obtuvo el tratamiento a el que se le adiciono 4.0g/Kg. de inulina (367.7grms) en comparación con el grupo testigo (330.12grms), por el contrario Stanczuk *et al.*(2005)⁶⁴ adicionaron inulina a 4grms/Kg. en el alimento de pavos hasta las 16 semanas y no encontraron efectos sobre la ganancia de peso.

Los autores antes mencionados, demuestran como la inclusión de FOS en dietas para pollo productor de carne produce un efecto positivo sobre la ganancia de peso.

Cuadro 1. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el peso corporal (PC)¹

SEMANAS (Peso en gramos)	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio en Semanas
1 SEMANA	163 ±0.0	165 ±2.9	170 ±1.5	166 ^a ±1.4
2 SEMANA	374 ±10.10	366 ±11.52	381 ±9.68	373 ^b ±10.43
3 SEMANA	611 ±2.34	619 ±8.08	644 ±12.51	625 ^c ±7.6
4 SEMANA	1250 ±22.21	1294 ±5.66	1245 ±22.61	1263 ^d ±16.82
5 SEMANA	1795 ±34.27	1815 ±66.89	1781 ±35.73	1797 ^e ±45.63
6 SEMANA	2411 ±67.14	2438 ±26.99	2377 ±45.92	2408 ^f ±46.68
7 SEMANA	2756 ±64.51	2862 ±31.10	2778 ±28.07	2799 ^g ±41.22

1 Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

2 Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

3 Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Cuadro 2. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la ganancia de peso semanal (GP) en pollos de engorda¹

GANANCIA DE PESO	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio Semanas
1 SEMANA	118 ±3.44	118 ±1.31	125 ±3.20	120 ^a ±2.65
2 SEMANA	210 ±12.08	202 ±10.33	211 ±8.98	208 ^b ±10.46
3 SEMANA	237 ±11.69	253 ±11.64	263 ±12.57	251 ^c ±11.96
4 SEMANA	638 ±21.08	674 ±6.91	601 ±31.38	638 ^d ±19.79
5 SEMANA	545 ±15.54	521 ±65.96	536 ±18.42	534 ^e ±33.30
6 SEMANA	616 ±36.71	623 ±61.17	596 ±15.16	612 ^f ±37.86
7 SEMANA	345 ±23.19	424 ±18.03	401 ±26.03	390 ^g ±22.41

¹ Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Consumo de alimento semanal (CAS)

El consumo de alimento semanal (CAS) no mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos durante el ciclo productivo, es importante señalar que en la tercera semana del estudio los mayores consumos semanales se presentaron en los grupos con el prebiótico inulina 0.5% (586g) y 1% (571g) respecto al grupo control, donde los consumos fueron menores (563g), coincidiendo por lo encontrado por VanLeeuwen *et al.* (2009)⁶³ quienes observaron que los grupos a los que se les adicionó inulina a una concentración de 10g/Kg. (679g) e inulina a una concentración de 20g/Kg. (703g) tuvieron consumos semanales mayores respecto al grupo control (666.4g).

En contraste Biggs *et al.* (2007)⁶¹ obtuvieron consumos a la tercer semana, en donde , el control positivo tuvo un consumo de alimento mayor (591g) respecto al grupo suplementado con inulina en el alimento a una concentración de 8g/Kg. (572g), aunque cabe señalar que no de igual forma no reportaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$).

Estos resultados mantienen similitud con lo propuesto por Rebolé *et al.* (2010)⁶⁵, los cuales aunque no encontraron diferencias estadísticas significativas respecto al consumo de alimento entre los diversos tratamientos, se observaron menores consumos y mejores conversiones alimenticias en el tratamiento suplementado con inulina a una concentración de 10g/Kg., con consumos para la cuarta semana de (779g) y conversiones de (1.43).

Mountzouris *et al.*(2007)⁶⁶, obtuvieron consumos menores de alimento en pollos de 6 semanas a los cuales se les administró un AF en la dieta (3.929kg) en comparación con el tratamiento control (4.012kg).

Conversión alimenticia (CA).

Para la variable conversión alimenticia los resultados se muestran en el Cuadro 4, en donde se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, en el promedio acumulado de los tratamiento donde las mejores conversiones alimenticias se encontraron en el tratamiento control (1.57) y el tratamiento 0.5% de inclusión de inulina (1.55) con respecto al grupo con inulina al 1%(1.51) en donde se observo las menores conversiones Estos resultados coinciden con los obtenidos por Van Leeuwen *et al.* (2009)⁶³ quienes encontraron mejores conversiones alimenticias en los pollos a los que alimentaron con un AF (prebiótico inulina) en las primeras semanas de vida a una concentración de 2g/kg(1.015) en comparación con el grupo control (1.083) y a distintas concentraciones de inulina.

Estos resultados demuestran que la utilización de prebióticos en particular el uso de la inulina mejora las conversiones alimenticias, esto principalmente se presento durante los días 1-21 días de edad. La etapa en el cual los efectos positivos de la inulina fueron observados coincide con el período de colonización por parte de la microbiota y el desarrollo de la superficie intestinal el cual sugiere relaciones entre estos aspectos.

Xu *et al.* (2003)¹⁹, obtuvieron conversiones alimenticias menores (2.02) en los grupos a los que adicionaron 4.0g/kg de inulina en la dieta, en comparación

con los grupos controles (2.22). Es importante señalar que Awad *et al.*(2009)⁶⁷ en sus investigaciones encontraron resultados similares de conversión alimenticia menores en los grupos a los que se les adicionó un simbiótico en la dieta el cual contenía inulina (1.75) en comparación al grupo control(1.89).

Mountzouris *et al.* (2007)⁶⁶ también encontraron mejores conversiones alimenticias en los tratamientos a los que adicionó un AF obteniendo valores de CA de (1.79) en comparación al grupo control de (1.81), cabe señalar que es difícil evaluar los diferentes estudios donde se utilizan probióticos ya que la eficacia de estos depende de un sinnúmero de factores entre los que se encuentran: la cantidad administrada, el método de aplicación, la edad de las aves, factores de estrés ambiental como: temperatura, densidad de población, etc.

Sin embargo estos resultados no concuerdan con lo establecido por Cobb-Vantress-Inc (2008)⁶⁸, donde se señalan valores de conversión alimenticia a los 49 días de edad de 1.93, esto puede deberse a las condiciones diferentes en cuanto al manejo zootécnico incluyendo el tipo de alojamiento, instalaciones, así como el tipo de dieta proporcionada durante el estudio.

El papel primario de la dieta no solo es proporcionar nutrientes para las diversas funciones metabólicas del organismo sino también modular los diferentes efectos del organismo, la mejora en la eficiencia del crecimiento y en la alimentación de pollos suplementados con prebióticos en la dieta probablemente se puede deber a la acción de mantener una microflora bacteriana benéfica, mejorando los productos de la digestión y alterando el metabolismo bacteriano⁶⁹, reflejándose en mejores parámetros productivos.⁶⁷

Cuadro 3. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el consumo de alimento semanal (CAS) en pollos de engorda¹

CONSUMO DE ALIMENTO	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio Semanas
1 SEMANA	146 ±8.0	156 ±1.93	151 ±7.22	151 ^a ±5.71
2 SEMANA	335 ±7.75	343 ±8.49	334 ±5.10	337 ^b ±7.11
3 SEMANA	563 ±12.58	586 ±1.47	571 ±11.51	573 ^c ±8.52
4 SEMANA	892 ±38.47	886 ±27.45	792 ±31.87	856 ^d ±32.59
5 SEMANA	1049 ±27.10	1063 ±16.92	1039 ±38.92	1050 ^e ±27.64
6 SEMANA	1263 ±83.73	1256 ±74.62	1219 ±45.45	1245 ^f ±67.93
7 SEMANA	1204 ±85.65	1344 ±19.03	1313 ±16.07	1287 ^f ±40.25

¹ Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Cuadro 4. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la conversión alimenticia semanal (CA) en pollos de engorda¹

Conversión Alimenticia	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio Semanas
1 SEMANA	0.89 ±0.07	0.95 ±0.02	0.89 ±0.030	0.91 ^a ±0.04
2 SEMANA	1.29 ±0.0	1.36 ±0.1	1.27 ±0.1	1.31 ^b ±0.06
3 SEMANA	1.70 ±0.02	1.75 ±0.0	1.64 ±0.1	1.51 ^c ±0.04
4 SEMANA	1.55 ±0.14	1.51 ±0.04	1.47 ±0.10	1.65 ^d ±0.09
5 SEMANA	1.66 ±0.10	1.67 ±0.16	1.62 ±0.06	1.70 ^d ±0.10
6 SEMANA	1.76 ±0.02	1.75 ±0.08	1.73 ±0.07	1.74 ^d ±0.05
7 SEMANA	1.97 ±0.08	1.96 ±0.05	1.95 ±0.10	1.96 ^e ±0.07
Promedio acumulado de los tratamientos	1.57^a ±0.06	1.55^a ±0.06	1.51^b ±0.08	1.54 ±0.06

¹ Los valores representan el promedio de 4 replicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Mortalidad acumulada.

Para la variable de mortalidad acumulada no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$) durante el ciclo productivo, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 5

Cuadro 5. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre la mortalidad acumulada (MA) en pollos de engorda¹

TRATAMIENTO	% de Mortalidad
Control Positivo ²	5.5±3.2 ^a
Dieta con Inulina al 0.5% ²	8.3±2.7 ^a
Dieta con Inulina al 1% ²	11.1±4.7 ^a

¹ Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) Error Estándar.

Uniformidad de la parvada (coeficiente de variación).

La uniformidad de la parvada trata de reducir al mínimo la variación en los pesos corporales, el cual es un excelente indicador de la salud y el manejo de la parvada en general. Cabe mencionar que en las plantas de procesamiento automatizadas de pollo de engorda, la uniformidad juega un papel primordial en la línea de producción.⁷⁰

Para la variable de uniformidad de la parvada, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), como se muestra en el Cuadro 6, pero numéricamente los mejores coeficientes de variación los obtuvieron los grupos a los que se les adicionaron diferentes porcentajes de inulina al 0.5% y 1% respectivamente (6.1) y (6.8) en comparación con el grupo control (10.0).

Debido al crecimiento tan acelerado en el pollo productor de carne y aun sin fin de factores que afectan el desarrollo del ave durante los primeros días de vida, al presentarse un mal inicio en el peso corporal, no hay tiempo suficiente durante el ciclo productivo para compensar un mal inicio de la parvada.

En cambio una parvada uniforme es más fácil de manejar, debido a que todas las aves responderán de forma similar, esto es especialmente importante para las líneas genéticas de alto rendimiento.

Cuadro 6. Efecto de la suplementación de un prebiótico inulina sobre la uniformidad del peso corporal (coeficiente de variación) de la parvada en pollo de engorda¹

Parámetro	Control ²	Dieta con Inulina al 0.5% ²	Dieta con Inulina al 1% ²
UNIFORMIDAD	10.0	6.1	6.8

¹ Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05) Error Estándar.

Tiempo de tránsito gastrointestinal.

La definición de tiempo de tránsito gastrointestinal (TTG) indica que es el tiempo que toma el alimento en pasar a través del tracto gastrointestinal. Las aves en lo particular tienen un TTG relativamente más corto que la mayoría de los mamíferos, lo cual se puede atribuir a lo pequeño de su tracto gastrointestinal.⁷¹

Con base en los resultados obtenidos se puede observar que en los diferentes tratamientos no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al día 10, como se muestra en el Cuadro 6, sin embargo, cabe señalar que en los tratamientos donde se encontró un mayor TTG fue a los que se les

administro inulina al 1% (159min) y al 0.5% (148 min) en comparación al tratamientos control (140 min) respectivamente , concordando con Nava (2002)⁷⁰, quien encontró en su estudio TTG más lentos para los tratamientos a los que les administró un AF en comparación con los grupos controles, concluyendo que el alimento suplementado con AF permanece por más tiempo en el lumen del tracto gastrointestinal, fenómeno que permite mejor digestión física y química y absorción de nutrientes a través de la mucosa intestinal.

La pared intestinal es la única barrera física entre un medio contaminado con millones de microorganismos patógenos y el “interior” del organismo sano. Hay una serie de compuestos químicos y biomoléculas de diversos orígenes, que interactúan continuamente para mantener el delicado equilibrio entre lo interno y externo, además de permitir la absorción de nutrientes evitando el paso a microorganismos patógenos al sistema circulatorio.⁷¹

Las evaluaciones mostraron un TTG promedio en el día 10 de 150min, concordando con lo propuesto por Dávila, (2005)⁷³, quien obtuvo TTG similares al día 10, aunque es útil señalar que el autor se evaluó la acción de un MOS (mananooligosacárido).

El tiempo de tránsito gastrointestinal se desarrolla anatómica y fisiológicamente con la edad.

Los resultados promedio obtenidos en la evaluación TTG en el día 20 se muestran en el Cuadro 7, donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Sin embargo es conveniente señalar que los tratamientos donde se encontraron mayores TTG fueron a los que se les adiciono inulina al 1% (249min) y inulina al 0.5% (247min) respectivamente,

comparado con el control positivo (215min) donde se observaron tiempos menores, concordando con Shires *et al.*(1987)⁷⁴ quienes obtuvieron resultados similares, concluyendo que el tiempo de retención media (TRM) se elevó a medida que aumento el PC de las aves, concluyendo que el TTG es más lento en aves adultas que en las jóvenes.

Numerosos factores influyen en el TTG en pollos productores de carne entre los que destacan: estrés de ave, edad, temperatura, genotipo, la cantidad de alimento consumido, y la composición de la dieta. Entre estos la dieta juega el papel más importante ya que es el principal factor que afecta el TTG. Las dietas pueden contener características específicas en cantidad y tipos de nutrientes como lo son: carbohidratos, proteínas, grasas y aditivos todos ellos pueden alterar el TTG.⁷⁵

Cuadro 7. Tiempo de tránsito gastrointestinal (TTG) en pollo de engorda de diferentes edades¹

Parámetro	Control Positivo ²	Dieta con Inulina al 0.5% ²	Dieta con Inulina al 1% ²
TTG DÍA 10	140 ^a ±11.34	148 ^a ±4.84	159 ^a ±15.06
TTG DÍA 20	215 ^a ±26.65	247 ^a ±15.66	249 ^a ±14.20

¹ Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Negativo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%.

³ Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Rendimiento de la canal.

En el siglo anterior, las casas genéticas productoras de pollo de carne se concentraron en el desarrollo e investigación de nuevos híbridos comerciales los cuales cuentan con rasgos deseados de funcionamiento, optando por apuntar su mejoramiento genético a mejores rendimientos no solo de canal son también enfocándose a rendimientos de pechuga.⁴⁴

En la actualidad, el rendimiento de la canal es el parámetro de mayor importancia, debido al crecimiento de compañías que producen productos deshuesados con valor agregado los cuales demandan de aves de alto rendimiento y de rápido crecimiento.³⁹

El parámetro de rendimiento en canal generalmente se mide en pollo faenado eviscerado, es decir que se consideran como pérdidas del faenado a sangre y plumas, productos con los que se pueden procesar subproductos como harina de sangre, de pluma o mixtas; también son pérdidas las patas, cabeza, vísceras, cuello, hígado, corazón y molleja, aunque éstas últimas tienen un valor comercial en el mercado latinoamericano.

Para la variable de rendimiento de la canal los resultados se muestran en el Cuadro 8, en donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las medias de los grupo, concordando con lo señalado Gornowicz *et al.* (2009)⁴⁴, quienes determinaron rendimientos de la canal en pollo productor de carne en niveles de 70.5%, el cual no se vio influenciado por el sexo del animal, concluyendo que los niveles obtenidos se encontraron estables.

Awad *et al.* (2009)⁶⁷ realizaron un estudio donde encontraron valores de rendimientos de la canal de (66.77%) en el grupo de pollos suplementados con un simbiótico, (59.54%) en el grupo suplementado con un probiótico y (60.82%) en el testigo positivo, aunque cabe mencionar que no encontraron diferencias estadísticas entre el grupo control y los grupos suplementados con alimentos funcionales, sin embargo es importante señalar que el grupo que fue suplementado con simbióticos obtuvo un 6 a 7% de rendimiento de la canal sobre los otros.

Rendimiento de pechuga

En cuanto a los resultados obtenidos en rendimiento de la pechuga no hubo evidencia estadística de que alguno de los tratamientos fuera diferente en esta evaluación. Lo anterior coincide con lo propuesto por Mérida (2008)⁷⁶ quién no obtuvo diferencias estadísticas significativas en rendimiento de pechuga al comparar la acción de un alimento funcional con dietas control, esta autora obtuvo valores de rendimiento de pechuga de 31 a 32% en promedio en los grupos estudiados, similares a los obtenidos en este estudio.

Rendimiento de pierna con muslo

Finalmente en cuanto a los resultados obtenidos para rendimiento de pierna y muslo no hubo evidencia estadística significativa ($P < 0.05$), sin embargo es necesario mencionar, que los valores obtenidos en este estudio (29%) de rendimiento de pierna y muslo en promedio en todos los tratamientos, concuerdan con lo propuesto por Fernández *et al.* (2003)⁴² y Suárez-García *et*

al. (2004)⁷⁷ quienes señalan valores de rendimiento de pierna y muslo en pollos productores de carne de entre 25 a 30%. Es importante señalar que de acuerdo al mecanismo de acción de la inulina como prebiótico, se esperaría una mejora en la microbiota benéfica en el huésped lo cual se vería reflejado en un mejoramiento en la utilización de nutrientes, en los procesos de absorción y digestión, reflejándose así en ganancia de peso y por ende en desarrollo del músculo, este trabajo mostró que los pollos productores de carne que lograron los mayores pesos en vivo fueron los suplementados con inulina al 0.5%,obteniendo valores de rendimiento relevantes en comparación con aquellos que obtuvieron menores pesos.

Cuadro 8. Efecto de la suplementación del prebiótico inulina sobre el rendimiento de la canal, el rendimiento de la pechuga y rendimiento pierna con muslo en pollo de engorda¹

Determinación (%)	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²
Rendimiento de la canal	70.5 ^a ±0.7	71.3 ^a ±0.3	69.9 ^a ±0.4
Rendimiento de pechuga	23.8 ^a ±3.22	24.7 ^a ±2.8	24.9 ^a ±2.6
Rendimiento de pierna con muslo	29.6 ^a ±3.1	29.8 ^a ±2.6	28.8 ^a ±2.0

¹Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Positivo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%

³Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Grado de pigmentación.

La coloración de las canales es un factor económico muy relevante de particular importancia en la industria avícola⁷⁸, y en especial de la mexicana, ya que la apariencia visual especialmente la pigmentaciones la característica más importante para determinar la selección por el consumidor ya que generalmente relaciona el color con el sabor de los alimentos.^{51, 79}

Los resultados promedio obtenidos en la evaluación de la pigmentación amarilla semanal en vivo se muestran en el Cuadro 9, los cuales no mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos durante la permanencia del estudio

Castañeda *et al.* en el 2005³⁹ obtuvo valores similares, en lo que respecta a la evaluación de los niveles de pigmentación amarilla de la piel de aves sanas en vivo que consumieron pigmentos naturales (-0.851^a 6.503)

Los resultados de la evaluación de la pigmentación amarilla en caliente se muestran en el Cuadro 10, donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde el grupo control obtuvo un valor de pigmentación en caliente (15.89) respecto al tratamiento con inulina 0.5%(15.12) y inulina al 1% (15.24).

Los resultados antes mencionados concuerdan con lo encontrado por Castañeda *et al.* (2005)³⁹, quienes evaluaron el uso de pigmentos naturales y sintéticos en las dietas de pollo de engorda a nivel comercial y obtuvieron valores de amarillamiento (b^*) en pollo caliente de 6.539 hasta 15.75

Los resultados de la evaluación de la pigmentación amarilla en frío, se muestran en el Cuadro 10, en donde se encontraron diferencias estadísticas

entre las medias de los tratamientos ($P < 0.05$). Siendo el tratamiento con inulina al 0.5% significativamente mayor con un valor medio de (38.92) al tratamiento control, e inulina al 1%, los cuales tuvieron una media de (36.13) y (35.96) respectivamente.

Hubo una respuesta positiva de la inclusión de inulina en la dieta sobre este parámetro, siendo esto indicativo de un buen estado de salud intestinal en este grupo de aves en particular, lo cual permitió una mejor absorción y deposición del pigmento. Mérida, (2008)⁷⁶ obtuvo valores similares, en la evaluación de la inclusión de un prebiótico en la dieta en este caso un MOS (mananoligosacárido) encontrando mejores niveles de amarillamiento en el grupo al que administró MOS (0.1%), (43.36) en comparación del grupo control (41.21). Las bacterias "alimentadas" por un sustrato específico (prebiótico), presentan la ventaja de una mayor proliferación comparada con el resto de las bacterias del tracto intestinal (Nava y Téllez., 2001)⁸⁰. Estudios *in vitro* e *in vivo* con prebióticos han demostrado que algunos de estos tienen actividad bifidogénica, capacidad de reducir el pH del contenido intestinal, incrementar la producción de ácidos grasos volátiles, favorecer la síntesis de metabolitos bacterianos y restaurar la ecología intestinal en los individuos (Téllez *et al.*, 2003⁸¹, Berg, 1998⁸², Audisio *et al.*, 2001⁸³), traducándose esto en un mejor salud intestinal, y en pollos sanos que absorben los pigmentos de su dieta, los cuales son transportados vía sanguínea hacia la grasa subcutánea y en la piel donde son almacenados.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos están dentro del rango de lo encontrado por (Bello, 2002)⁸⁴ quien realizó un estudio en el Mercado de

“San Juan” en México D.F. y midió los niveles de amarillamiento (b*) en pollo frío que requieren las empresas comerciales, encontrando niveles de 31.4 hasta 40.24.

Cuadro 9. Valor de la pigmentación amarilla (b*) semanal en vivo en pollos de engorda¹

Semana	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio Semanas
Tercera	1.57 ±.29	0.39 ±.14	0.82 ±.20	0.93 ^a ±0.21
Cuarta	7.51 ±.13	7.85 .15	7.73 ±.13	7.70 ^b ±0.13
Quinta	12.25 .24	12.60 ±.25	12.82 .28	12.56 ^c ±0.25
Sexta	15.61 ±.26	14.86 ±.30	14.79 ±.29	15.10 ^d ±0.28

¹Los valores representan el promedio de 4 réplicas por tratamiento

² Control Positivo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%

³Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

Cuadro 10. Valor de la pigmentación amarilla en canal (b*) en caliente y en frío en pollos de engorda¹

Pigmentación	Control Positivo²	Dieta con Inulina al 0.5%²	Dieta con Inulina al 1%²	Promedio Medición
CALIENTE	15.89 ±.53	15.12 ±.41	15.24 ±.45	15.42 ^a ±0.46
FRIO	36.13 ^b ±.69	38.92 ^a ±.56	35.96 ^b ±.70	37.00 ^b ±0.65

¹Los valores representan el promedio de 4 replicas por tratamiento

² Control Positivo: Dieta Basal; Dieta con inulina al 0.5%; Dieta adicionada con inulina al 1%

³Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativa (P<0.05)
Error Estándar ±

9. Conclusiones

En este trabajo se evaluó el efecto de la inclusión de un prebiótico inulina en la dieta de pollos de engorda sobre el comportamiento productivo, y las características de la canal.

Los resultados del presente estudio indican que el uso del prebiótico inulina en la dieta, puede ser una herramienta útil en cuanto a parámetros productivos en pollo de engorda.

Se observó un efecto positivo, en el parámetro de conversión alimenticia, la cual fue mejor en el tratamiento al que se adiciono un prebiótico inulina a una concentración de 0.5%.

El Tiempo de Tránsito Gastrointestinal, no fue modificado entre tratamientos.

La evaluación en cuanto a rendimiento de la canal, pechuga y pierna con muslo no mostró ningún efecto entre tratamientos.

La evaluación de la pigmentación en vivo, no mostró ningún efecto entre tratamientos. La evaluación en frío de la pigmentación, mostró efectos positivos en la deposición de pigmento en la piel en los tratamientos a los que se les suplemento inulina lo cual puede ser indicativo que los procesos de digestión y absorción en el intestino se llevaron a cabo de manera eficiente.

El uso de la inulina como aditivo en las dietas de pollo productor de carne

Se sugiere continuar con investigaciones que aporten más datos acerca de los niveles óptimos de inclusión de inulina en las dietas de pollo de engorda, ya que no se ha establecido todavía el nivel óptimo de inclusión en la dietas.

11.1 ANEXOS

ANEXO 1. Se muestra la composición de las dietas basales de iniciación y finalización empleadas en este estudio.

INGREDIENTE	Iniciación (0-21 días)	Finalización (21-49 días)
Sorgo	544.773	586.625
Pasta de Soya	368.352	318.511
Carbonato de Calcio	15.344	13.935
Aceite Vegetal	39.885	48.141
Fosfato de Calcio	18.586	16.410
Sal	4.343	4.616
Vitaminas	2.5	2.5
Minerales	2.5	2.5
DL-Metionina	3.033	2.364
L- lisina HCL	1.899	1.515
Cloruro de Colina	1.00	1.00
Pigmento Amarillo	-----	5.333
Antioxidante	0.050	0.050
Treonina	0.235	0.000
Total	1000	1000

Análisis Calculado

EM Kcal/kg	3040	3140
Proteína Cruda%	22.00	20.00
Metionina%	0.632	0.539
AMetionina+ Cistina%	0.970	0.850
Lisina%	1.350	1.180
Treonina%	0.870	0.639
Triptofano%	0.290	0.263
Calcio%	1.000	0.900
Fosforo Disponible%	0.500	0.450
Sodio%	0.180	0.190

*Proporciona por kilogramo. Vitamina A 3 000 000 UI; Vitamina D3 750 000 UI; Vitamina E 6 000 UI; Vitamina K3 1.0g; Riboflavina, 4g; B12 0.060g; Piridoxina, 3.0g; Pantotenato de Calcio , 13.0g; Niacina, 25g, Biotina, 0.063g, Cloruro de colina 250 g.

**Proporciona por Kg. Selenio,. 0.2g; Cobalto, o.1g; Yodo, 0.3g; Cobre, 10g; Zinc 50g; Fierro 100g, Manganeso 100g; excipiente cbp1000g.

12.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

AF	Alimento funcional
APC	Antibiótico promotor de crecimiento
AGCC	Ácidos grasos de cadena corta
PC	Peso Corporal
GP	Ganancia de Peso
CAS	Consumo Alimento Semanal
CA	Conversión Alimenticia
MA	Mortalidad Acumulada
TTG	Tiempo de Tránsito Gastrointestinal
Ph	Potencial de Hidrógeno
TGI	Tracto Gastrointestinal
MOS	Mananooligosacárido

Literatura citada.

1. ZEHAVA U. Impact of early nutrition on poultry: Review of presentations. *Applied Poultry Science* 1998; 7: 452-455.
2. REYES SE, MORALES BE, ÁVILA GE. Evaluación de promotores de crecimiento en pollos de engorda, en un sistema de alimentación restringida y a libre acceso *Vet. Mex.* 2000; 31 (1): 1-9.
3. TEUBER M. Veterinary use and antibiotic resistance. *Curr Opin Microbiology* 2001; 4(5):493-499.
4. SPRING, P. The role of mannan oligosaccharide in maximizing intestinal health and animal performance. *Journal Veterinary Pharmacol. Therap* 2009; 29 (Suppl.1), 41-46.
5. SALMINEN S, BOULEY C, BOUTRON-RUAUTL MC, CUMMINGS JH, FRANK A, GIBSON GR, ISOLUARI E, MOREAU MC, ROBERFROID M, ROWLAND I. Functional food science and gastrointestinal physiology and function. *Br J Nutr* 1998; 80 (suppl 1):147.
6. ROBERFROID, MB. Concepts in functional foods: the case of inulin and oligofructose. *Journal of Nutrition* 1999; 129: 1398-1401.
7. PATTERSON JA., BURKHOLDER KM. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science* 2003; 82: 627-631.
8. THITARAM SN, CHUNG CH, DAY DF, HINTONA, BAILEYJS, SIRAGUSA GR. Isomaltooligosaccharide increases cecal *bifidobacterium* population in young broiler chickens. *Poultry Science* 2005; 84: 998-1003.

9. GIBSON GR, ROBERFROID MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutri*1995;25: 1401-1412.
10. JENKIS A, CYRIL W, KENDALL C, VUKSA V. Inulin, oligofructose and intestinal function. *J of Nutrition*1999; 129:1431S-1433S.
11. NINESS RK. Inulin and oligofructosa: what are they?. *Journal of Nutrition*1999; 129:1402-1406.
12. GREGER JL. Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability. *Journal of Nutrition* 1999; 129:1434-1435.
13. MACFARLANE S, MACFARLANE T, CUMMINGS JH. Prebiotics in the gastrointestinal tract. *Aliment Pharmacol Ther* 2006; 24, 701–714.
14. YUSRIZAL T, CHEN TC. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *International of Poultry Science*2003; 2: 214-219.
15. CUMMINGS H. Probiotics, prebiotics and antibiotics in inflammatory bowel disease. *Gut* 2004; 53:1610-1616.
16. REHMAN H, ROSENKRANZ C, BOHM J, ZENTEK J. Dietary inulin affects the morphology but not the sodium-dependent glucose and glutamine transport in the jejunum of broilers. *Poultry Science* 2007; 86:118-122.
17. ORBAN J, PATTERSON J, SUTTON A, RICHARDS G. Effect of sucrose thermal oligosaccharide caramel, dietary vitamin-mineral level, and brooding temperature on growth and intestinal bacterial populations of broiler chickens. *Poultry Science* 1997;76: 482-490.

18. VAN LOO J, COUSSEMENT P, LEENHEER LD, HOEBREGS H, SMITS G. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Crit Rev Food Sci Nur* 1995; 35: 525-552.
19. XU ZR, HU C, XIA SM, ZHAN XA, WANG MQ. Effects of dietary Fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broiler. *Poultry Science* 2003; 82:1030-1036.
20. WU T, DAI J, LIND Y. Effects of fructooligosaccharide on the broiler production. *Acta Agric. Zhejiangesis* 1999; 11:85-87.
21. BARNES EM, MEAD CG, BARNUM E, HARRY G. The intestinal flora of chicken in the period 2 to 6 weeks of age, with particular reference to anaerobic bacteria. *Br. Poultry Science* 1972; 13:311-326.
22. UNI Z, FERKET RP. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Science Journal* 2004; 60: 101-111.
23. MURAKAMI H, AKIBA Y, HORIGUCHI M. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. *Growth, Development, and Aging* 1992; 56:75-84.
24. SKLAN, D. Development of the digestive tract of poultry. XXI World Poultry Congress. 2000. Montreal, Canadá. Agosto 21-29.
25. DIBNER J. Feeding hatching poultry, avoid any delay. *Feed International* 1999; 12:30-34.
26. WHITTOW, GC. *Sturki'es Avian Physiology*. 5a ed. USA. Academic Press, 2000.

27. CHURCH DC, POND WG, POND KR. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2da edición. México, D.F: Trillas 2003.
28. ÁVILA GE. Alimentación de la Aves. 2da edición. México DF: Trillas 1990.
29. JIANGRANG L, UMELAALIM I, HARMON B, HOFARE C, MAURER J, LEE M. Diversity and succession of the intestinal bacterial community of the maturing broiler chicken. Applied and Environmental Microbiology 2003; 69.11: 6816-6864.
30. LÓPEZ CC, ÁVILA GE, ARCE M J. Mitos y realidades del sistema digestivo y sus Implicaciones sobre la productividad. 2006 julio; Asociación Española de Ciencias Avícolas. 2006.
31. MEAD, CG. Microbiotes of avian cecum; types presents and substractes utilized. J. Exp. Zoo 1989; 3 (Supplement): 48-54.
32. FULLER, R. TURVEY, A. Bacteria associated with the intestinal wall of the fowl (*Gallus domesticus*) J. Appl. Bact. 1971; 34: 61-67.
33. COLLINS MD, GIBSON GR. Probiotics, prebiotics and simbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. Am Journal of CI Nutrition 1999; 69(5):1052S-1057S.
34. VAUGHAN EE, DE VRIES MC, ZOETENDAL EG, BEN-AMOR K, AKKERMANS AD, DE VOS WM. The intestinal labs. Anton Van Leeuw 2002; 82(1-4):341-352.
35. LAN PT, SAKAMOTO M, BENNO Y. Effects of two jejunal lactobacillus strains on jejunal and cecal microbiota of broiler chicken under acute

heat stress condition as revealed by molecular analysis of 16s r RNA genes. *Microbiol and Immunol*2004; 48 (12):35S-40S.

- 36.MANZANILLA EG, PÉREZ JF, MARTÍN M, KAMEL C, BAUCCELLS F, GASA J. Effects of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early weaned pigs. *Journal Animal Science*.2004; 84: 3210-3218.
- 37.FLETCHER DL, CASON JA. Comparison of two methods for determining broiler yield. *Poultry Science*1991;70: 1010-1014.
- 38.RICHARSON IR, MEAD CG. *Ciencia de la carne de ave*. 1^{era} ed. Zaragoza-España .Editorial Acribia, 2001.
- 39.CASTAÑEDA MP, HIRSCHLER EM, SAMS AR. Skin pigmentation evaluation in broilers fed natural and synthetic pigments. *Poultry Science*2005; 84:143-147.
- 40.FERNÁNDEZ CR, HERNÁNDEZ JG, POLANCO G, TABOADA P, GARCÍA JA. Mermas de la transportación de broilers hacia el matadero. *Rev. Cubana de Ciencia Avícola* 1991;18:162-167.
- 41.CHEN TC, OMAR S, SCHULTZ D, DILWORTH BC, DAY EJ. Processing, parts and deboning Yields of four ages of broilers. *Poultry Science* 1987; 66:1334-1349.
- 42.FERNÁNDEZ MV, MARSÓ MA. Estudio de la carne de pollo en tres dimensiones: valor nutricional, representación social y formas de preparación. (Tesis de licenciatura) Buenos Aires, Argentina. Instituto Universitario de Ciencias de la Salud. 2003.

43. RUBIO GARCÍA ME. Procesamiento, industrialización y comercialización del pollo productor de carne. Capítulo XIV. Sistema de Producción Animal I Volumen 2. División Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2001.
44. GORNOWICZ E, LEWKO L, PIETRZAK M, GORNOWICZ J. The Effect of Broiler Chicken origin on carcass and the muscle yield and quality. Journal Central European Agriculture 2009;10(3):193-200.
45. WILLIAMS WD. Origin and impact of color on consumer preference for food. Poultry Science 1992 71;(4):744-746.
46. FRANCHINI A, PADOA E. I pigmenti nell' alimentazione del pollo da carne. Rivista di Avicoltura 1996;65:22-30
47. MARTÍNEZ PM, CORTÉS CA, ÁVILA GE. Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (tapetes erecta) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. Técnica Pecuaria en México 2004; 42(1):105-111.
48. VICENTE SJL. Aspectos básicos sobre la pigmentación en la industria avícola. Diplomado en producción avícola; Módulo III: Alimentación y nutrición de las aves II; 2000 marzo; Universidad Nacional Autónoma de México. México (DF): División de Educación Continua y el Departamento de Producción Animal: Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2000: 94-98
49. DUSSAN GL. La pigmentación trabajo en equipo. Memorias de la III Jornada Médico Avícola; 1992; Universidad Nacional Autónoma de

- México. México (DF): División de Educación Continua y Departamento de Producción Animal: Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1992: 112-120.
50. ARCE MJ, VÁZQUEZ PC, LÓPEZ CC, ÁVILA GE. Xantófilas en dietas para pollos de engorda. *Síntesis Avícola* 1990; 6:16-18.
51. CANELA HA. Pigmentación en pollos de engorda alimentados con dietas contaminadas con micotoxinas, análisis de funcionamiento hepático y pigmentos en hígado por HPLC. (Tesis de Maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. 2007.
52. PETRONE V, ACEVES C, GARCÍA A. Fisiopatología de la pigmentación en aves domesticas. *Memorias de IX Jornadas Médico Avícolas*; 2003 febrero 19-21; Universidad Nacional Autónoma de México. México (DF): División de Educación Continua y Departamento de Producción Animal: Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2003:141-146.
53. TIRADO AFJ. Pigmentos y pigmentación. X Ciclo de conferencias Internacionales sobre avicultura. *Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal*. México (DF) 1991;181-197.
54. BECERRIL GM. Evaluación del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollo de engorda y gallinas de postura con un colorímetro de reflectancia. (Tesis de Maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 1989.
55. FERNÁNDEZ S. 2001. Pigmentación en avicultura. *Memorias de Producción Avícola en Nutrición y Alimentación Avícola*. 2001. Universidad Nacional Autónoma de México (DF): División de Educación

Continua y Departamento de Producción Animal: Aves. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.2001:150-174.

56. JANKY, DM. The use of the minolta reflectance chromameter II for pigmentation evaluation of broiler shanks. Poultry Science 1986; 65:491-496.
57. SPSS. Programa Estadístico Software Comercial.
58. AMMERMAN E, QUARLES C, TWINING PV. Effect of fructooligosaccharide on feed efficiency in floor-pen reared male broilers. Poultry Science 1988. 67 (Suppl1):46 (Abstract).
59. BAILEY JS, BLANKENSHIP C, COX NA. Effect of fructooligosaccharide on *salmonella* colonization of the chicken intestine. Poultry Science 1991; 70:2433-2438.
60. FUKATA T, SASSAI K, MIYAMOTO T, BABA E. Inhibitory effects of competitive exclusion and fructooligosaccharide, singly and in combination, on *Salmonella* colonization of chicks. J. Food Prot. 1999;62:229-233
61. BIGGS P, PARSONS CM, FAHEY GC. The effects of several oligosaccharides on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. Poultry Science 2007; 86: 2327-2336.
62. WALDROUP A, SKINNER R, HIERHOLZER E, An evaluation of fructooligosaccharide in diets for broiler chickens and effects on salmonellae contamination of carcasses. Poultry Science 1993;2:643-650.

63. VANLEEUEWEN VP, VERDONK AJ., VAN DERKLIS JD., VANN LOO, J. Inulins (chicory fructans) improve performance of Young broilers. XIII European Poultry Conference (EPC); 2006 Septiembre 10-14; Verona, Italia.
64. STANCZUK J, ZDUNCZYK J, JUSKIEWICZ J, JANKOWSKI Z. Indices of response of young turkeys to diets containing mannanoligosaccharide or inulin. *Vet. Zootech*2005; 31:98-101.
65. REBOLÉ A, ORTÍZ LT, RODRÍGUEZ C, ALZUETA C, TREVIÑO J, VELASCO S. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat-and barley-based diet. *Poultry Science* 2010;89: 276-286.
66. MOUNTZOURIS KC, TSIRTSIKOS P, KALAMARA E, NITSCH S, SCHATZMAY RG, FEYEROS K. Evaluation of the efficacy of a probiotic containing *lactobacillus*, *bifidobacterium*, *enterococcus*, and *pediococcus* strains in promoting broiler performance and modulating cecal microflora composition and metabolic activities. *Poultry Science* 2007;86: 309-317.
67. AWAD WA, GHAREEB K, ABDEL-RAHEEM S, BOHM J. Effects of dietary inclusion of probiotic and symbiotic on growth performance, organs weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science* 2009; 88:49-55.

68. COBB -VANTRESS INC. "Cobb 500 Broiler Performance"2008. Arkansas. USA. [http:// www.cobb-vantress.com](http://www.cobb-vantress.com).
69. JIN L, HO W, ABDULLAN N, JALALUDIN S. Probiotics in poultry: modes of action. *Worlds Poultry Science Journal* 1997; 53:352-368
70. NAVA MG. Alimentos funcionales: modificación de la ecología gastrointestinal del pollo de engorda neonato con la inclusión de un prebiótico en la dieta. (Tesis de Maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 2002.
71. VERGARA P, JIMENEZ M, FERRANDO C, FERNANDEZ E, GOÑALONS E. Age influence on digestive transit time of particulate and soluble markers in broiler chickens. *Poultry Science* 1989; 68: 185-189.
72. APAJALAHTI J, BEDFORD MR. Improve bird performance by feeding its microflora *World Poultry* 1999;15: 20-23.
73. DÁVILA V. Caracterización y pureza de vesículas de membrana de borde de cepillo como indicador de la integridad del epitelio intestinal: valoración de dos alimentos funcionales en pollos de engorda (Tesis de Maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 2005.
74. SHIRES A, THOMPSON JR, TUNER VB, KENNEDY PM, GOH K. Rate of passage of corn-canola meal and corn-soybean meal diets through the gastrointestinal tract of broiler and white leghorn chickens. *Poultry Science* 1997; 66: 289-298.
75. GOLIAN A, MAURICE DV. Dietary poultry fat and gastrointestinal transit time of feed and fat utilization in broiler chickens. *Poultry Science* 1992; 71: 1357-1363.

76. MÉRIDA CPA. Efecto de un manano oligosacárido sobre la composición de la microbiota intestinal y el comportamiento productivo del pollo de engorda. (Tesis Maestría). México DF: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.
77. SUÁREZ-GARCÍA L, FUENTES RM, TORRES HM, LÓPEZ DS. Efecto de la restricción alimenticia sobre el comportamiento productivo de pollos de engorda. *Revista Agraria-Nueva Época* 2004;1:24-30.
78. SUNDAE, M. The scientific way to pigment Poultry products. *Poultry Science* 1992(71); 709-710.
79. VILÁ B. Factores que afectan a la pigmentación natural en la avicultura. *Selecciones Avícolas* 1997; 276-277
80. NAVA MG, TÉLLEZ IG. Exclusión competitiva y uso de prebióticos. Diplomado en Producción Avícola, Nutrición y Alimentación Avícola. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, D.F. 2001: 272-276.
81. TELLEZ G, DEAN CE, CORRIER DE, DELOACH JG, JAEGER L, HARGIS BM. Effect of dietary lactose on cecal morphology, pH, organic acids, and *Salmonella enteritidis* organ invasion in Leghorn chick. *Poultry Science* 2003; 72(4):636-42.
82. BERG RD. Probiotics, prebiotics or cornbiotics. *Trends Microbiol* 1998; 89(6):89.
83. AUDISIO M, OLIVER G, APELLA MC. Effect of different complex jejunal source on growth and bacteriocin synthesis of enterococcus faecium. *Int J Food Microbiol.* 2001; 63: 235-241.

84.BELLO, JC. 2002. México BASF. Cuernavaca Morelos México,
Comunicación Personal.

