

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“EFECTO DE DOS TIPOS Y NIVELES DE FIBRA SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y PESO RELATIVO DE ÓRGANOS EN
POLLOS DE CARNE DE 21 DÍAS DE EDAD”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA

IVAN GONZALO MEZA QUISPE

LIMA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“EFECTO DE DOS TIPOS Y NIVELES DE FIBRA SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y PESO RELATIVO DE ÓRGANOS EN
POLLOS DE CARNE DE 21 DÍAS DE EDAD”**

**Tesis para optar el título de:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentado por:
IVAN GONZALO MEZA QUISPE**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. María Elena Villanueva Espinoza
Presidente

PhD. Víctor Guevara Carrasco
Miembro

M. Sc. Víctor Vergara Rubín
Miembro

PhD. Carlos Vílchez Perales
Patrocinador

DEDICATORIA

A mis padres Pelayo Meza Poma y Luzmila Quispe Quispe por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos Rodrigo y Benjamín Meza Quispe por creer y ser pacientes conmigo; a mi primo Melitón Vera Rivas y demás familiares en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi mamá, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor es para mí invaluable. Junto a mi papá me has educado, me proporcionaron todo y cada cosa que he necesitado. Sus enseñanzas las aplico cada día; tengo mucho por agradecerles... Su apoyo ha sido fundamental para la culminación de mi carrera y de la tesis. Les doy las gracias, mamá y papá.

A mi universidad que me dio la bienvenida al mundo como tal, las oportunidades que me ha brindado son incomparables, y antes de todo esto ni pensaba que fuera posible que algún día si quiera me topara con una de ellas.

Estoy agradecido por la confianza, la paciencia y apoyo de mi co-asesor de Tesis y muy buen amigo, el Ing. Mg. Sc. Cristian Uculmana Morales, quien me ofreció el tema y los recursos para culminar la presente; agradezco también a mi asesor de tesis, el Dr. Carlos Vílchez Perales por la confianza depositada y por orientarme en este camino.

A mi compañero, el Ing. Daniel Huaranga Esteban, con quien compartimos instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) para llevar a cabo algunos experimentos; gracias por el apoyo y los consejos brindados.

A mi amigo y promoción Jorge Enrique Pérez Clemente, y mi amiga Liliana Jiménez Huachaca por apoyarme en la parte final del proceso experimental de mi tesis, junto con algunos miembros del Círculo de Investigación en Avicultura (CIA), fue un día muy agotador, pero supimos mantener el orden trabajando como un gran equipo.

Finalmente, pero no menos importante, quiero agradecer enormemente a una persona muy especial en mi vida, mi enamorada Teresa Puertas Carrera, aquella persona cuyo apoyo ha sido fundamental y estuvo conmigo incluso en los momentos más turbulentos; conocerte no fue algo bueno, fue lo mejor que me ha pasado. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste ahí motivándome, presionándome y ayudándome hasta donde tu esfuerzo y tu trabajo te lo permitían, sé que siempre querrás lo mejor para mí y con esto espero retribuirte el apoyo brindado.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades de la fibra.	3
a. Concepto de fibra	3
b. Naturaleza y clasificación	4
c. Propiedades	4
2.2 Fuentes de fibra usados en Avicultura.	7
a. Fuentes de fibra convencionales	7
b. Concentrado de fibra insoluble	7
2.3 Beneficios de la fibra en la nutrición avícola.	8
a. Respuesta productiva	8
b. Digestibilidad y absorción de nutrientes	9
c. Actividad enzimática	11
d. Microbiota	12
e. Relación de la microbiota con el sistema inmune	12
f. Salud intestinal	13
2.4 Efectos de la fibra en Avicultura.	14
a. Efecto de la fibra en gallinas ponedoras	14
b. Efecto de la fibra en reproductoras pesadas	14
c. Efecto de la fibra en pollos de engorde	15
III. METODOLOGÍA	16
3.1 Lugar de ejecución y duración	16
3.2 Animales experimentales	16
3.3 Instalaciones y equipos	16
3.4 Productos evaluados	17
a. Subproducto de trigo	17
b. Concentrado de fibra insoluble (Arbocel® RC Fine)	17
3.5 Tratamientos	17
3.6 Materiales e instrumentos	17
3.7 Metodología para la toma de muestras	18

3.8 Programa de alimentación	19
3.9 Formulación de las dietas	19
3.10 Manejo sanitario	20
3.11 Manejo de las aves	20
3.12 Identificación de las aves	21
3.13 Mediciones	22
a. Peso de recepción	22
b. Peso vivo y ganancia de peso semanal	23
c. Consumo de alimento semanal y acumulado	23
d. Conversión del alimento semanal y acumulada	23
e. Mortalidad	23
f. Peso relativo de órganos	24
3.14 Diseño estadístico	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1 Peso vivo y ganancia de peso	25
4.2 Consumo de alimento y conversión alimenticia	28
4.3 Rendimiento de carcasa	29
4.4 Peso relativo de órganos	30
V. CONCLUSIONES	32
VI. RECOMENDACIONES	33
VII. BIBLIOGRAFÍA	34
VIII. ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición porcentual calculado de las dietas experimentales.....	19
Tabla 2: Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales	20
Tabla 3: Parámetros productivos de los pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (1 a 21 días de edad).....	26
Tabla 4: Efecto de los tipos de fibra sobre el peso relativo de órganos en pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (1 a 21 días de edad).....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Identificación de los animales experimentales.....	22
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Registro semanal para los pesos vivos (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	40
ANEXO 2: Registro semanal para la ganancia de peso (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	41
ANEXO 3: Registro semanal para el consumo de alimento (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	42
ANEXO 4: Registro semanal para el consumo de alimento acumulado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	43
ANEXO 5: Registro semanal para la conversión alimenticia de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	44
ANEXO 6: Registro semanal para la conversión alimenticia acumulada de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	45
ANEXO 7: Registro para la mortalidad acumulada (%) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	46
ANEXO 8: Registro para el peso de proventrículo (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	47
ANEXO 9: Registro para el peso de molleja (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	48
ANEXO 10: Registro para el peso de hígado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	49
ANEXO 11: Registro para el peso de intestino delgado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	50
ANEXO 12: Registro para el peso de páncreas (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	51
ANEXO 13: Registro para el peso de corazón (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	52
ANEXO 14: Registro para el peso de ciegos (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.	53
ANEXO 15: Suplemento informativo sobre el rendimiento y nutrición de pollos de engorde Cobb500 (datos hasta los 21 días de edad).	54

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos del nivel y tipo de fibra sobre la respuesta productiva y peso relativo de órganos en pollos de carne de 21 días de edad. Para ello, 200 pollos de la línea Cobb 500 de un día de edad fueron distribuidos aleatoriamente en 40 unidades experimentales y asignados, durante 21 días, a una de las siguientes dietas en harina formuladas para cubrir los requerimientos nutricionales de la línea genética (3070 Kcal EM; 20% de PC): T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de un Concentrado de Fibra Insoluble (CFI); T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo (SPT); T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de CFI y T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de SPT. El día 21 se evaluó el rendimiento productivo (peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) luego, todos los pollos fueron sacrificados por dislocación cervical para realizar el pesaje de los órganos (proventrículo, molleja, hígado, intestino delgado, páncreas, ciegos y corazón). Los datos fueron analizados bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos, 8 repeticiones y 5 animales por cada unidad experimental, aplicando el procedimiento ANOVA y la prueba de Duncan para comparar las medias. Los resultados mostraron que el peso vivo, la ganancia de peso y la conversión alimenticia fueron afectados por los tratamientos ($P < 0.05$), lo mismo ocurrió con el consumo de alimento ($P < 0.05$) en donde los tratamientos con CFI (T2 y T4) tuvieron un menor consumo de alimento sin afectar los parámetros productivos. En comparación con el T1, el T5 tuvo mayor peso de molleja (+26.9%; $P < 0.05$), mayor peso de intestino delgado (+20.1%; $P < 0.05$) y, por tanto, menor rendimiento de carcasa (-1.43%; $P < 0.05$). Los tratamientos con CFI (T2 y T4) no presentaron diferencias significativas con el T1 respecto al peso de la molleja y el intestino delgado ($P > 0.05$); tampoco se vio afectado el rendimiento de carcasa. Se concluye que al incrementar los niveles de fibra sólo se observa un menor rendimiento productivo cuando el tipo de fibra es el SPT, mas no el CFI.

Palabras Claves: Concentrado de Fibra Insoluble, Subproducto de Trigo, Digesta, Digestibilidad de Nutrientes, Actividad de la Molleja, Integridad Intestinal.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effects of the level and type of fiber on the productive response and relative weight of organs in meat chickens of 21 days of age. For this, 200 chicks of the Cobb 500 line of one day of age were randomly distributed in 40 experimental units and assigned, for 21 days, to one of the following diets in flour formulated to cover the nutritional requirements of the genetic line (3070 Kcal ME, 20% CP): T1: 2.6% fiber (corn and soy only); T2: 3.0% fiber including 0.6% of an Insoluble Fiber Concentrate (IFC); T3: 3.0% fiber with 5.18% inclusion of Wheat Bran (WB); T4: 3.14% fiber with inclusion of 0.8% IFC and T5: 3.14% fiber including 7% WB. On day 21 the productive performance (live weight, weight gain, feed intake and feed conversion) was evaluated. All the chickens were then sacrificed by cervical dislocation to carry out the weighing of the organs (proventriculus, gizzard, liver, small intestine, pancreas, blind and heart). The data were analyzed under a Completely Randomized Design (CRD) with 5 treatments, 8 repetitions and 5 animals for each experimental unit, applying the ANOVA procedure and the Duncan test to compare the means. The results showed that the live weight, the weight gain and the feed conversion were affected by the treatments ($P < 0.05$), the same happened with the feed intake ($P < 0.05$) where the treatments with CFI (T2 and T4) had a lower consumption of food without affecting the productive parameters. Compared with T1, T5 had a higher weight of gizzard (+26.93%, $P < 0.05$), greater weight of small intestine (+20.10%, $P < 0.05$) and, therefore, lower carcass yield (-1.43%, $P < 0.05$). The treatments with CFI (T2 and T4) did not present significant differences with the T1 regarding the weight of the gizzard and the small intestine ($P > 0.05$); neither was the carcass performance affected. It is concluded that when increasing fiber levels, only a lower productive performance is observed when the fiber type is the SPT, but not the CFI.

Key Words: Insoluble Fiber Concentrate, Wheat Bran, Digesta, Nutrient Digestibility, Gizzard Activity, Intestinal Integrity.

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una actividad que ha alcanzado grandes avances en las últimas décadas, y esto se debe principalmente a la acción conjunta entre genética, sanidad, manejo y nutrición. En la actualidad, se vienen estudiando insumos que aporten características específicas dentro de los componentes de las dietas y que puedan mejorar el rendimiento productivo, la palatabilidad y la digestibilidad de los nutrientes. Este es el caso del uso de la fibra en la alimentación. La fibra está presente de forma natural en los ingredientes de alimentos de origen vegetal y es un componente importante en las dietas para aves. Sus efectos fisiológicos no fueron motivo de gran interés para los nutricionistas durante años, los primeros trabajos se limitaban a estudiar sus efectos negativos mas no los beneficios que realmente aportan.

La mayoría de las fuentes de fibra son subproductos de la industria de alimentos, es por esto que muchas veces se dispone de aquellas que se encuentran en la región y que no son necesariamente las mejores para las aves. En este sentido, las fuentes de fibra soluble, como el subproducto de trigo, contienen pectina que posee la capacidad de aumentar la viscosidad de la digesta dentro del tracto gastrointestinal e impide la absorción de nutrientes. Alternativamente, la fibra insoluble, como las cascarillas de leguminosas, contienen hemicelulosa, celulosa y lignina y son conocidas por su efecto sobre la actividad de la molleja y el tránsito del tracto gastrointestinal que podría promover la digestibilidad de nutrientes. Su uso moderado mejora la fisiología y la motilidad del aparato digestivo y estimula positivamente el aumento de la longitud de las vellosidades intestinales. Este último tipo de fibra ha demostrado tener un efecto positivo en la salud y en el rendimiento productivo de los pollos dependiendo del tipo y la cantidad incorporada. Sin embargo, se ha publicado poco acerca de elegir alimentar a los pollos de carne con dietas que contengan materiales fibrosos y más específicamente, con ingredientes que aporten fibra insoluble.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los efectos del nivel y tipo de fibra sobre la respuesta productiva (medidas a través de la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y rendimiento de carcasa) y el peso relativo de órganos en pollos de carne de 21 días de edad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la fibra

La fibra es difícil de definir desde el punto de vista químico y, además, su medición en los alimentos es una tarea difícil (Asp, 2004; Mertens, 2003). Se entiende por fibra a los restos vegetales que no pueden ser digeridos por las aves. Por ello, se debe destinar parte de nuestra atención a buscar una fuente de fibra que otorgue los máximos beneficios; para ello, se debe tener en cuenta: a) la fuente de la fibra, b) la estructura física y tamaño de partícula de la fibra, c) el nivel de fibra y d) las fracciones fibrosas (Uculmana, 2017).

a) Concepto de fibra

La fibra es un grupo diverso de moléculas con distintos grados de solubilidad, tamaño molecular y estructura, que pueden influir en las propiedades reológicas del contenido gastrointestinal, el flujo de la digesta y el proceso de digestión y absorción de nutrientes (Bach, 2001). Está formada por complejos de polímeros de hidratos de carbono con otros componentes que incluyen: celulosa, lignina, hemicelulosa, pectinas, gomas y otros polisacáridos y oligosacáridos asociados con plantas (Esposito et al., 2005). Ahora también, se define como partes comestibles de plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado (Mongeau, 2003).

Tradicionalmente, la fibra ha sido considerada como un diluyente y un factor antinutricional en las dietas de pollos de engorde con efectos negativos sobre el consumo de alimento, la digestibilidad de nutrientes, la microbiota y el crecimiento (Hetland et al., 2004). Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que esto podría no ser el caso y que dependerá de la composición de los ingredientes de la dieta, la edad de las aves, el tipo y el nivel de la fuente de fibra utilizada (Cáceres, 2014).

b) Naturaleza y clasificación

La fibra es convencionalmente clasificada en dos categorías según su solubilidad en agua: fibra soluble (FS) tales como pectina, gomas y mucílagos; y la fibra insoluble (FI) como la celulosa, parte de hemicelulosa y lignina (Esposito et al., 2005).

La FS corresponde a los polisacáridos extraíbles con agua y que precipitan en soluciones de alcohol o acetona e incluye, entre otros, los betaglucanos de cebada y avena, los arabinoxilanos de trigo y centeno, las pectinas de frutas y pulpas y los galactomananos de las leguminosas (Knudsen, 2001). Esta se puede determinar como la diferencia entre la fibra total (FT) y la FI (Van Soest et al., 1991). La FI está formada principalmente por material de la pared celular e incluye la celulosa, hemicelulosa y ciertas cantidades de sustancias pécticas, proteína ligada a la fibra y lignina (Knudsen, 2001). Ejemplos de fuentes de FI son las pajas de cereales y las cascarillas de leguminosas (Bach, 2001).

La estructura y composición química de los ingredientes de la dieta afectan las propiedades físico químicas de la digesta y la microbiota en el tracto gastrointestinal (TGI) (Lentle y Janssen, 2008). Por lo tanto, el tipo de fibra en la dieta puede afectar de diferentes maneras el desarrollo y el estado de salud del TGI y la utilización de los nutrientes en pollos de engorde (Dahiya et al., 2006).

c) Propiedades

Las principales propiedades de la fibra que influyen en el aspecto nutricional son: la capacidad de intercambio catiónico y de hidratación, la viscosidad y la habilidad para absorber compuestos orgánicos (Knudsen, 2001). Estas propiedades están asociadas en gran medida con su estructura física, su composición química y sus relaciones intermoleculares (McDonald et al., 2002). Las propiedades de hidratación definen la solubilidad, la capacidad de hinchamiento y la capacidad de retención de agua (CRA). Estas características están interrelacionadas, pero no son necesariamente independientes; por ejemplo, existe una fuerte correlación entre la CRA y la voluminosidad de la fibra y entre su solubilidad y su viscosidad. Sin embargo, el material fibroso puede hincharse sin llegar a solubilizarse (Mateos et al., 2002). Dentro de las paredes celulares de la fibra existen espacios vacíos que son responsables de la gran voluminosidad y escasa densidad de los ingredientes fibrosos. En presencia de agua los espacios vacíos son ocupados por el líquido (McDonald et al., 2002). Polisacáridos tales como la celulosa y los xilanos pueden retener agua en forma

similar a una esponja a pesar de que la viscosidad asociada a su inclusión en el alimento es relativamente baja (Hetland et al., 2004). Las propiedades de la fibra se hacen más evidentes cuando permanece durante un tiempo prolongado en el TGI (Farran, 2013).

Probablemente, la solubilidad es la propiedad que mejor explica los efectos nutricionales de la fibra en aves. El proceso de solubilización de la fibra se inicia con el hinchamiento de las partículas fibrosas y su dispersión, y depende de la presencia de componentes hidrofílicos en la matriz microfibrilar de la celulosa. Las partículas fibrosas se hinchan en proporción variable, así, las pectinas aisladas tienden a hincharse rápidamente, pero si forman parte de un complejo con sustancias menos hidrofílicas el efecto es menor. Por el contrario, las fibras que adoptan formas y estructuras regulares, como las microfibras de la celulosa, no pueden solubilizarse. La lignina es un componente secundario de la fibra que rara vez excede el 20% de las paredes celulares pero su presencia tiene importante impacto sobre la fisiología digestiva. Debido a su naturaleza insoluble actúa como cementante de la pared celular aumentando las conexiones entre las microfibras de celulosa y hemicelulosa. En consecuencia, la presencia de lignina estabiliza la estructura macromolecular de la fibra, aumenta su resistencia física a la rotura y reduce su solubilidad (Bosse and Pietsch, 2017).

Ahora, si hablamos de la FS, podemos decir que esta presenta dos importantes características en el tracto digestivo (TD) y que determinan su efecto sobre el animal, estas son su capacidad de incrementar la viscosidad de la digesta intestinal y su fácil fermentabilidad (Harlander-Matauschek et al., 2006). El incremento de la viscosidad producido por las fracciones solubles de β -glucanos y arabinosilanos de los cereales suele ir acompañado de una reducción de la digestibilidad de otros nutrientes, especialmente de la grasa, lo que empeora los rendimientos productivos (Farran, 2013). Hetland et al. (2014) coinciden con el reporte anterior y mencionan el hecho de que el incremento de la viscosidad intestinal está implicado en la reducción de la digestibilidad.

La mayor viscosidad intestinal provocada por la FS también: ralentiza la velocidad de tránsito, lo que resulta a su vez en una reducción del consumo y disminuye el contenido en materia seca de las heces, lo que puede incrementar la incidencia de camas húmedas (Butchers y Miles, 2009). La menor velocidad de tránsito favorece el desarrollo de la microbiota intestinal que parece agravar el efecto de la viscosidad al deconjugarse los ácidos

biliares y/o adherirse a la superficie de la mucosa alterando su funcionamiento normal (Rezaei et al., 2011).

Uculmana (2017), menciona algunas propiedades de la FS que tienen impacto sobre la fisiología nutricional de los pollos de carne, estas son:

- Una peor difusión y transporte de lipasas y sales biliares en el lumen intestinal.
- Mayor dificultad en el contacto entre los principios inmediatos y las secreciones digestivas.
- Empeoramiento del transporte de los nutrientes hasta la superficie epitelial.
- Incremento de la secreción de mucus por parte de la mucosa con el consiguiente incremento de la viscosidad en la capa de agua adyacente a la misma, lo que perjudica la absorción de los nutrientes.
- Mayor secreción pancreático-biliar y menos capacidad de absorción de compuestos endógenos, lo que incrementa las pérdidas de las sustancias endógenas.

Por otra parte, existe cierta evidencia de que la FI tiene efectos positivos sobre ciertos parámetros seleccionados en la producción de aves; por lo tanto, la digestibilidad del almidón es mayor y la velocidad de paso de la digesta es más rápida cuando existe un nivel moderado de FI presente en la dieta. Debido a la mayor velocidad de pasaje, hay menos acumulación de sustancias tóxicas en el TGI (Hetland, 2014). El efecto de la FI sobre las funciones intestinales se debe a su capacidad de incrementar la actividad de la molleja, que parece regular la velocidad de pasaje de la digesta y la digestión de nutrientes en el intestino. En estudios recientes en criadores de pollos de engorde se demuestra que la FI tiene un impacto positivo en el rendimiento del ave (Farran y Akilian, 2014); además, hay indicios claros de que las dietas ricas en FI son preventivas de brotes de canibalismo en gallinas ponedoras (Nielson et al., 2011).

En términos generales, Bosse y Pietsch (2017), indican que con la inclusión de cantidades moderadas de FI se mejora la respuesta productiva en los siguientes aspectos:

- Mejora el desarrollo de órganos relacionados con la digestión.
- Incrementa la producción de ácido clorhídrico (HCl), disminuyendo el pH de la digesta a nivel de proventrículo/molleja. Con esto se mejora drásticamente la digestión de las proteínas ya que beneficia la acción de la pepsina.

- Hay un incremento en el tiempo de retención de la digesta en los primeros segmentos del TGI. De esta manera, las enzimas pueden actuar por más tiempo sobre el sustrato.
- Existe mayor producción de bilis, lo que ayudará a la emulsificación y digestión de los lípidos, por lo que hay mayor energía metabolizable del mismo alimento.
- Mejora la actividad de las enzimas pancreáticas.
- Potencia la movilidad gastrointestinal (estímulo de retroperistalsis más potente).
- Sincronización entre el proceso de digestión y absorción.
- Beneficia el crecimiento de la microbiota deseada desde el punto de vista de salud intestinal.
- Mejora el bienestar animal.

2.2 Fuentes de fibra usados en Avicultura

a) Fuentes de fibra convencionales

Salvado de trigo: La mayor parte de la fibra que se encuentra en las capas externas del grano (pericarpio y capa de la semilla) se llama típicamente salvado de trigo. Es un subproducto industrial que se produce durante la molienda de harina de trigo y consiste en las capas protectoras de los granos de trigo (Carson y Edwards, 2009).

Es una de las fuentes más ricas de fibra, el 46% son polisacáridos no almidonados (PNA). Los principales PNA presentes son: arabinoxilano, celulosa y beta glucano que son respectivamente, 70%, 24% y 6% de los PNA del salvado de trigo (Maes y Delcour, 2002). La concentración de FS en el salvado de trigo es significativamente menor que en otros cereales, por ejemplo, cebada y avena, 3 – 11% y 3 – 7%, respectivamente (Wood, 1997), comparado con lo que señala Vitaglione et al. (2008) que es de 1,5 – 4%; mientras que el contenido de FI es de 35.0 – 48.4% (Vitaglione et al, 2008).

b) Concentrado de fibra insoluble

El concentrado de fibra insoluble (CFI) es una fibra aislada, extraída o sintetizada, que otorga beneficios fisiológicos y en la salud del animal (Bersamin et al., 2008). Se obtiene a partir de material de plantas leñosas lignificadas que tienen un contenido de fibra estandarizado de alrededor de 50 – 65% (Pottgüter, 2008). Químicamente, se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina, que no son viscosas ni fermentables bajo condiciones propias del ambiente intestinal (Bosse y Pietsch, 2017).

El CFI es un tipo de fibra cuyos méritos, como parte de la dieta de los animales, son objeto de investigación en estudios recientes. Las preparaciones comerciales de este aditivo para dietas ya están disponibles a nivel local y ahora se están utilizando en las dietas de animales en algunas granjas.

2.3 Beneficios de la fibra en la nutrición avícola

Los estudios iniciales establecieron que la fibra representaba la materia indigestible de las plantas y, por tanto, diluía la dieta (Van Soest, 1985). Más aún, numerosos nutricionistas establecían que la fibra no contribuía al valor alimenticio de la dieta y estimaban que la incidencia de procesos entéricos en animales jóvenes aumentaba con el nivel de fibra (Janssen y Carré, 1985). Este tipo de estudios aumentó el interés por reducir su contenido y provocó que en muchas ocasiones no se valorare en su justa medida la contribución real de la fibra en la alimentación de monogástricos (González et al., 2007).

Hoy en día, además de proporcionar una importante fuente de fibra para los pollos de carne, gallinas de postura y otras especies monogástricas, el uso de ingredientes fibrosos puede ayudar a prolongar el tiempo que toman para comer el alimento balanceado, mejorando la saciedad. En cuanto a las gallinas, también ayudaría a aliviar los problemas de comportamiento durante la etapa de postura (Farran y Akilian, 2014).

a) Respuesta productiva

La respuesta productiva de los pollos de engorde depende de las condiciones ambientales y de manejo, así como del suministro de los niveles nutricionales apropiados mediante una adecuada elección de materias primas (Aviagen, 2012). El desempeño de estas aves se correlaciona positivamente con el consumo de alimento durante los primeros días de vida (Gonzales et al., 2003).

Los pollos de engorde convierten el alimento en carne muy efectivamente. Esto significa que el pollo de engorde moderno es uno de los animales más eficientes en la conversión de alimento utilizado para obtener un determinado peso (Moradi et al., 2013). Este tipo de pollo ha sido científicamente creado para ganar peso en un corto tiempo y usar los nutrientes eficientemente (Aviagen, 2012). La clave para alcanzar tales índices dependerá de la

comprensión de los factores básicos que los afectan y un compromiso con la práctica de métodos básicos de crianza que perfeccionan tales factores (Castello, 2001).

Se ha observado en un par de ensayos independientes que la FI tiene un impacto positivo en la digestión, este impacto es probablemente la razón de un mejor rendimiento (Svihus y Denstadli, 2010). Dependiendo de la especie, se ha reportado un mejor rendimiento de la carcasa, un mejor porcentaje de postura, una mejor conversión alimenticia o un mejor aumento de peso. Este impacto positivo en el rendimiento es válido especialmente para el CFI (Pietsch, 2017).

b) Digestibilidad y absorción de nutrientes

Tradicionalmente, la fibra no se recomienda en la dieta de aves porque estas tienen una capacidad muy limitada para digerir el componente de celulosa del alimento (Jiménez-Moreno et al., 2009). En muchos países, el trigo es el ingrediente principal en las dietas de pollos de engorde y en gallinas ponedoras debido a su alto contenido de proteínas y almidón (Hetland et al., 2003). Ocasionalmente, la digestibilidad del almidón de trigo ha sido considerablemente bajo, y algunos investigadores han informado que la FI mejora la digestibilidad del almidón, debido a las estructuras físicas que estimulan la actividad de la molleja (Moradi et al., 2013).

La FI estimula el proventrículo para producir más HCL y aumentar la secreción de amilasa y sales biliares en el quimo yeyunal (Hetland y Svihus, 2001; Hetland et al., 2003; Hetland et al., 2005). De manera similar, las cáscaras de avena mejoran la digestión del almidón, a través de la estimulación de la molleja (Svihus et al., 2002). Esta estimulación promueve el su desarrollo y aumenta la contracción muscular, haciendo que la descomposición de los gránulos de almidón sea más eficiente (Hetland et al., 2004). La cáscara de avena contiene aproximadamente 50% de hemicelulosa y puede mejorar la utilización de almidón de baja calidad (Hetland et al., 2003).

El experimento de Mollah y Annison (1981) indicó que el contenido de hemicelulosa en el maíz es más digerible que en el trigo y una adición del 5% de cáscaras de avena (contenido de hemicelulosas de 400 g / kg) en la dieta basada en el trigo mejoró su digestibilidad del 8 al 14%. La fermentación de hemicelulosa en el TD es esencial para el mantenimiento de una microbiota intestinal favorable. Además, González et al., 2007 encontraron que la inclusión

de cáscara de avena en las dietas de pollos de engorde mejoró la digestibilidad del almidón; este aumento se asoció con un aumento del pH ileal.

Svihus et al. (2002) sugirieron que una molleja activa puede estimular la contracción del intestino delgado (ID), lo que conduce a una aceleración de la velocidad de paso de la digesta al recorrerlo. Esto puede disminuir la proliferación de microorganismos potencialmente perjudiciales, incluido *Clostridium perfringens*. Mikulski et al. (2006) declararon que la infección por *Clostridium perfringens*, en pollos de engorde, conduce a un rendimiento deficiente de la producción. Una de las funciones de la molleja es regular la motilidad del TGI, sugiriendo que una molleja poco desarrollada está asociada con la disminución de la digestibilidad de los nutrientes y el crecimiento de las aves (González-Alvarado et al., 2008). La deficiencia en el desarrollo de la molleja conduce a la aparición de hipertrofia y dilatación proventricular (Liu et al., 2009), que podría aumentar la mortalidad de los pollos como resultado de la ascitis a través del bloqueo de la cavidad torácica que conduce a una función alterada del corazón y los pulmones (Jones y Taylor, 2001).

Hetland et al. (2003) informaron que la concentración de ácidos biliares en la molleja aumentó en aves alimentadas con cáscaras de avena. Las cantidades totales de ácidos biliares se duplicaron en la molleja de las aves alimentadas con avena en comparación con el trigo (Hetland et al., 2005). Los ácidos biliares se secretan en el tracto intestinal entre el duodeno y el yeyuno. Un aumento del nivel de ácidos biliares en la molleja indicó un aumento en el reflujo de quimo del duodeno a la molleja mediada por la inclusión de FI en la dieta (Hetland et al., 2004). Además, la concentración de enzimas digestivas puede aumentar en la parte superior del TD al aumentar el reflujo (Hetland et al., 2004). Posiblemente, el reflujo de la digesta en la parte superior del TD prolonga la exposición de la digesta al sistema enzimático y mecánico del TGI (Sacranie et al., 2008). Esta circunstancia puede llevar a un aumento del tiempo de digestión y absorción en el intestino superior (Sacranie et al., 2008). Según lo sugerido por Hetland et al. (2004) la molleja desempeña un papel principal en la digestión del reflujo gastro-duodenal y la molleja podría ser incapaz de afectar los movimientos de la digesta cuando carecen de estímulos alimenticios. Es decir, esta hipótesis sugiere que las aves necesitan tener componentes estructurales para provocar el TD anterior, incluida la molleja.

Taylor y Jones (2004) informaron que una molleja activa aumenta el movimiento peristáltico del intestino. Las acciones musculares muelen los gránulos de almidón grandes y los preparan para la amilolisis mediante enzimas pancreáticas en el intestino. Los experimentos de González et al. (2007) indicaron que el desarrollo de la musculatura de la molleja era muy deficiente en la ausencia de fibras en la dieta. En otros estudios, el consumo de cáscaras y virutas de madera produjo una digestibilidad elevada del almidón ileal (Hetland et al., 2003; Hetland et al., 2004). Se concluyó que el contenido insoluble de las cáscaras de avena puede aumentar la secreción de amilasa y ácidos biliares y, por lo tanto, mejorar la digestibilidad del almidón (Hetland et al., 2003). Además, Hetland et al. (2003) informaron propiedades antibacterianas y antifúngicas de las cáscaras de avena.

c) Actividad enzimática

Las enzimas son proteínas de estructura tridimensional sumamente complejas, son biocatalizadores cuya función es acelerar ciertas reacciones bioquímicas específicas que forman parte del proceso metabólico de las células (Carlson, 2007).

La FI, el cual se distribuye en toda la matriz de alimentación, podría aumentar la eficiencia de la degradación enzimática de los ingredientes del alimento al disminuir las propiedades de carga del alimento, lo que implica una mayor penetración de las enzimas digestivas en la matriz del alimento; esto se traduce en que una mayor tasa de digestión enzimática excluiría a los microorganismos que naturalmente habitan en el tracto digestivo de estas aves para que no accedan a los nutrientes (Amerah et al., 2007).

Svihus y Denstadli (2010) reportan que el nivel moderado de FI prolonga el tiempo de retención de la digesta en la molleja, lo cual puede mejorar la eficiencia de las enzimas exógenas. Debido al tiempo de retención prolongado hay más tiempo para la interacción enzima-sustrato.

Yokhana et al. (2014) reportaron un aumento significativo de la actividad de las enzimas que están involucradas en la digestión de proteínas con la inclusión de 1.5% de CFI; para ello, usaron un CFI que contenía cantidades significativas de corteza.

d) Microbiota

Dentro del TGI existen múltiples interacciones entre las células del huésped (ave), el ambiente intestinal, las células bacterianas y los componentes alimenticios. Estas interacciones enfatizan el papel extremadamente importante de la microbiota intestinal en la salud y bienestar del huésped, aunque la forma exacta en la que esto ocurre no se conoce del todo (Bosse and Pietsch, 2017).

La microbiota intestinal forma una barrera protectora que recubre el intestino y evita el crecimiento de bacterias patógenas, como *Salmonella*, *Campylobacter* y *Clostridium perfringens*. Este principio se conoce comúnmente como exclusión competitiva. Las teorías sugieren que la microbiota comensal (o amigable) domina los sitios de acoplamiento de las células intestinales, reduciendo la oportunidad de acoplamiento y colonización de los patógenos (Boguslawska-Tryk et al., 2015).

Otro mecanismo propuesto es que la microbiota intestinal es capaz de segregar compuestos, entre ellos ácidos grasos volátiles, ácidos orgánicos y compuestos antimicrobianos naturales (conocidos como bacteriocinas), que inhiben el crecimiento o hacen que el ambiente sea inadecuado para las bacterias menos favorables (Bosse and Pietsch, 2017).

e) Relación de la microbiota con el sistema inmune

Ciertos estudios que usaron animales libres de gérmenes también demostraron que la microbiota intestinal es importante en la estimulación y desarrollo del sistema inmune. Se piensa que la microbiota comensal mantiene el sistema inmune del intestino en un estado de alerta para que pueda reaccionar rápidamente ante los patógenos (Bosse and Pietsch, 2017).

La microbiota intestinal también se considera un factor importante en el desarrollo y maduración del sistema inmune. Los estudios han demostrado que los animales que carecen de microbiota intestinal son más susceptibles a enfermedades y sus tejidos inmunes están poco desarrollados (Boguslawska-Tryk et al., 2015).

Además de la protección contra enfermedades y la estimulación del sistema inmune, la microbiota intestinal puede influir en la tasa de crecimiento del huésped al producir

nutrientes adicionales a través de la fermentación de fibras vegetales que las aves no pueden digerir (Bosse and Pietsch, 2017).

f) Salud intestinal

Mientras que la FS tiene efectos perjudiciales en la nutrición avícola (principalmente por interferir con la digestión/absorción de nutrientes, aumentar la viscosidad de la digesta y aumentar la probabilidad de ocasionar disenterias); la FI viene demostrando tener un efecto altamente beneficioso ya que potencia la salud intestinal y mejora la respuesta productiva de todas las especies avícolas; a diferencia de la FS, la FI tiene una alta capacidad de absorción de agua y, por tanto, tendremos un bolo alimenticio más hidratado en donde las reacciones enzimáticas se darán con mayor eficiencia (Bosse and Pietsch, 2017).

La FI afecta la función intestinal y modula la digestión de nutrientes. Por lo tanto, la absorción de almidón es mayor y la velocidad de pasaje de la digesta es más rápida cuando hay un nivel moderado de FI en la dieta (Hetland et al., 2004). Debido a este tránsito intestinal acelerado, existe un menor riesgo de colonización de bacterias dañinas. Rezaei et al. (2011) investigaron el uso de FI micronizadas a través de la alimentación en pollos. Ellos observaron un número mayor de células caliciformes debido al uso de FI. Las células caliciformes son células epiteliales cuya función es secretar un gel formando mucinas, que es el componente principal de la mucosa intestinal. Este gel protege la mucosa donde se encuentran las células caliciformes (Pietsch, 2017). La fibra aumenta la secreción de mucina para propósitos de lubricación y la deficiencia de fibra da como resultado fragilidad de la mucosa colónica (Strugala et al., 2003).

También tienen un papel en la inmunología. Está bien establecido que las bacterias dañinas no pueden colonizar tan fácilmente en las mucosas intactas. Por lo tanto, el aumento en el número de células caliciformes debido al uso de FI tiene un efecto positivo en la salud intestinal (Pietsch, 2017).

La FI afecta, por lo tanto, la salud intestinal de dos modos de acción diferentes, un tránsito más rápido y un mayor número de células caliciformes (Pietsch, 2017). Su uso a través de la alimentación durante un cierto período de tiempo debería, por lo tanto, reducir el número de bacterias dañinas en el tracto gastrointestinal (Boguslawska-Tryk et al., 2015).

2.4 Efectos de la fibra insoluble en avicultura

En aves, la FI es más resistente a la fermentación microbiana y, por tanto, menos susceptible a la degradación que la FS. En cualquier caso, los efectos más importantes de la fibra, sea esta soluble o insoluble, no están relacionados con su contribución energética, sino más bien con sus efectos fisiológicos y moduladores de la microbiota del TGI (Bosse and Pietsch, 2017).

a) Efecto de la fibra insoluble en gallinas ponedoras

Las gallinas alimentadas con un CFI responden con una mayor digestión de proteínas e incremento del peso relativo de la molleja (mejora la retroperistalsis) (Yokhana et al., 2016). Además, aquellas gallinas que consumen este tipo de fibra aumentan su producción de huevos, mejoran su conversión alimentaria y tienen una retribución económica mayor en comparación a otras aves que no reciben este tipo de alimento (Lim et al., 2013).

Se observa también que las pollitas en levante que consumen CFI dentro de su dieta tienen una molleja más grande y potente. Esto es importante para poder afrontar el estrés del inicio de postura. Si se maneja bien la primera etapa de postura se puede maximizar la producción de huevos e incrementar la persistencia de la postura. Adicionalmente, las gallinas en etapa de levante mejoran el desarrollo del sistema inmune (estímulo directo en las placas de Peyer) (Hussein et al., 2016).

b) Efecto de la fibra insoluble en reproductoras pesadas

Dietas con fuentes de FI mejoran el desempeño productivo (más huevos/gallina) sin afectar el desempeño reproductivo, además de reducir el estrés ocasionado por la restricción de alimento (Moradi et al., 2013).

Las gallinas que consumen FI tienen mayor energía metabolizable del alimento final, aumentando así la digestión de los aminoácidos esenciales y en un período de seis meses tuvieron más pollitos por ave alojada (Mohamad et al., 2017).

c) Efecto de la fibra insoluble en pollos de engorde

Las dietas pre-iniciadoras de pollitos BB se basan en cereales y leguminosas descascarilladas y se caracterizan por su alto contenido en energía y proteína con menosprecio de los alimentos fibrosos. Los efectos del nivel de fibra sobre el consumo voluntario y la utilización de los nutrientes es un tema de debate entre investigadores (Hademann et al., 2006; Moran, 2006). Es práctica común reducir el nivel de fibra de las dietas de primera edad por sus efectos negativos sobre la digestibilidad de los nutrientes y la productividad. Sin embargo, investigaciones recientes (Montagne et al., 2003; Jiménez-Moreno et al., 2004, 2005, 2006a, b y c; Gonzales Alvarado et al., 2004, 2005, 2006a, b, c y d) indican que la inclusión de cantidades y tipos de fibra adecuados favorecen la adaptación del TGI a las condiciones que operan en los sistemas productivos intensivos y reducen los trastornos digestivos en un escenario de alimentación sin antibióticos.

Es conocido que la performance final de pollos de engorde está directamente correlacionada con un buen desempeño a la primera semana de edad. El TGI de los pollos BB no está bien adaptado a la digestión y absorción de algunos componentes, por ello, se recomienda la utilización de ingredientes muy digestibles en etapas iniciales; sin embargo, dietas altamente digestibles por lo general son bajas en fibra, por tanto, habrá menor desarrollo de la molleja y motilidad intestinal (Bosse and Pietsch, 2017).

La FI estimula las contracciones del TGI para un mejor aprovechamiento de todos los nutrientes y promueve una mejor población bacteriana (mayor cantidad de *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, y menor cantidad de *Escherichia coli* y *Clostridium spp.*) (Boguslawska et al., 2015). Es importante conocer que este tipo de fibra es poco fermentable por las bacterias potencialmente patógenas, disminuyendo así la probabilidad de disbacteriosis (Bosse and Pietsch, 2017).

El CFI tiene relación con la digestión y absorción de grasas; así como en la mejora del metabolismo de lípidos y el nivel de lipoproteínas (Boguslawska et al., 2016a, 2016b). Además, su inclusión en las dietas disminuye la humedad en cama (Farran et al., 2013).

III. METODOLOGÍA

3.1 Lugar de ejecución y duración

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El alimento fue preparado en la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos. El tiempo de duración del ensayo experimental fue de 21 días, comprendidos entre el 01 de Febrero y el 22 de Febrero del 2018.

3.2 Animales experimentales

Se utilizaron un total de 200 pollos BB machos de carne de la línea comercial Cobb 500 de un día de edad, provenientes de la empresa GUILLERMO LI S.A.C.

Las aves fueron distribuidas al azar en cinco (5) tratamientos con ocho (8) repeticiones, teniendo 40 jaulas o unidades experimentales debidamente identificadas con 5 aves en cada una.

3.3 Instalaciones y equipos

La crianza de las aves se llevó a cabo en 2 baterías móviles de 5 pisos con base estructural de ángulos metálicos y calefacción eléctrica controlada por termostatos. Cada piso contó con 4 jaulas de alambre galvanizado las cuales tenían como medidas: 0.88 m de largo por 0.85 m de ancho y 0.23 m de alto, haciendo un área total de 0.75 m² para albergar 5 aves. Las jaulas estaban implementadas con comederos laterales y bebederos lineales frontales para el alimento y el agua respectivamente. Además, cada piso contaba con 2 bandejas de material galvanizado para el depósito y colección de excretas.

3.4 Productos evaluados

a) Subproducto de trigo

Este insumo es un subproducto de la molienda seca del grano de trigo común (*Triticum aestivum L.*) y también uno de los principales subproductos agroindustriales utilizados en la alimentación animal. Está constituido por proporciones variables de tegumentos, germen, capa de aleurona y endospermo harinoso; dicho contenido hace que este sea clasificado principalmente como fibra.

b) Concentrado de fibra insoluble (Arbocel® RC Fine)

El aditivo comercial evaluado fue Arbocel® RC Fine, perteneciente a la empresa alemana J. RETTENMAIER & SOHNE GMBH & CO. Es un concentrado de fibra cruda insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) con una altísima capacidad de adsorción de agua (800%). Arbocel® RC Fine crea una red de fibras en el ID. Esta red de fibras amplía y deja libre el bolo alimenticio para que el ave tenga una acción enzimática más eficiente.

3.5 Tratamientos

Los tratamientos fueron:

- Tratamiento 1: Maíz y soya – 2.16% de fibra cruda.
- Tratamiento 2: Maíz y soya, con 0.6% de concentrado de fibra insoluble suplementada – 3.0% de fibra cruda.
- Tratamiento 3: Maíz y soya, con 5.18% de fibra soluble (Salvado de trigo) suplementada – 3.0% de fibra cruda.
- Tratamiento 4: Maíz y soya, con 0.8% de concentrado de fibra insoluble suplementada – 3.14% de fibra cruda.
- Tratamiento 5: Maíz y soya, con 7.0% de fibra soluble (Salvado de trigo) suplementada – 3.14% de fibra cruda.

3.6 Materiales e instrumentos

a. Para la evaluación de los parámetros productivos se utilizaron:

- Dos baterías metálicas de cinco pisos.
- Una balanza electrónica de precisión ES-2002H de 2000g x 0,01g para el pesaje de los pollos y del alimento.
- Un termo-higrómetro digital HTC-8, para el control de la temperatura y la humedad.

- Registros físicos para el control de los parámetros evaluados.
- Bebederos tipo tongo con capacidad de 1 litro para pollitos BB durante sus primeros 5 días de crianza.

b. Para la evaluación del peso relativo de órganos se utilizaron:

- Una balanza digital para joyería EHA701 de 200g x 0,01g.
- Tijeras y guantes quirúrgicos
- Plumones y cinta masking tape para identificar y separar las aves en lugares determinados.

3.7 Metodología para la toma de muestras de órganos

Al término de la fase de crianza de las aves se realizó el sacrificio de los animales por cada unidad experimental, 24 horas después de su última comida. El sacrificio fue por dislocación cervical.

La dislocación cervical es una técnica que se ha utilizado durante muchos años y, cuando es realizada adecuadamente por personal entrenado, es efectiva y humanitaria. Una persona fácilmente puede realizar esta práctica. El ave se debe sujetar de las patas y con la otra mano se sujeta la cabeza, posteriormente se hace un movimiento rápido y firme jalando la cabeza hacia delante y hacia arriba para desarticular la primera vértebra cervical del cráneo. El ave puede mostrar movimientos musculares bruscos que van a desaparecer tan pronto pierda la conciencia. Se menciona que ya dislocada, el ave se mantiene consciente por unos 13 segundos (Valladares, 2014).

Después del sacrificio, las aves se pusieron en posición ventral boca arriba, separando los miembros posteriores y extendiendo las alas lateralmente; luego se realizó un corte que iba desde la parte anterior del cuello hasta la cloaca, intentando cortar solo la piel. Para la apertura de la cavidad celómica se realizó un corte con las tijeras en la zona que se encuentra por debajo de la pechuga. Se realizaron dos pequeños cortes laterales hasta llegar a las costillas, y luego un corte de las costillas en dirección craneal. En este instante se evaluaron la presencia de exudados diversos y el estado de sacos aéreos (Dolz and Majó, 2011). Los órganos de la cavidad celómica se extrajeron conjuntamente. Se retiró el tracto gastrointestinal con el hígado y el bazo (tomando sólo el hígado como muestra). El

proventrículo y la molleja se separaron del intestino. Se tomó el intestino delgado con todas sus porciones (duodeno, yeyuno e íleon), los ciegos y se tomó el páncreas que se encontraba adherido al mesenterio duodenal. Adicionalmente se tomó el corazón. Todos los órganos extraídos fueron pesados para el análisis alométrico (Reis et al., 2005).

3.8 Programa de alimentación

Se trabajó con un solo alimento por cada tratamiento para los 21 días de duración del experimento, procurando mantener el comedero lineal lleno para que las aves tengan un consumo constante y así obtengan un mejor desempeño.

3.9 Formulación de las dietas

La composición porcentual y el contenido nutricional calculado de las dietas se presenta en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1: Composición porcentual calculado de las dietas experimentales

Composición	Dietas*				
	T1	T2	T3	T4	T5
Maíz grano – 6.92% PB	59.80	58.64	54.32	58.26	53.39
Afrecho	0.00	0.00	5.18	0.00	7.00
Torta de Soya – 48% PB	32.16	32.33	31.28	32.39	30.97
Aceite de Soya	4.04	4.43	5.23	4.56	5.65
L-lisina	0.19	0.19	0.20	0.18	0.21
DL-metionina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
L-treonina	0.05	0.05	0.06	0.05	0.07
Carbonato de Calcio	0.98	0.98	1.00	0.98	1.01
Fosfato Dicálcico	1.69	1.70	1.64	1.70	1.63
Sal	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Cloruro de Colina	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezcla Vitaminas y Minerales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Secuestrante de Micotoxinas	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Inhibidor de hongos	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Zinc Bacitracina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Arbocel®	0.00	0.60	0.00	0.80	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

*Dietas: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

Tabla 2: Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales

Contenido Nutricional	Dietas*				
	T1	T2	T3	T4	T5
Energía Metabolizable, Kcal/Kg	3070	3070	3070	3070	3070
Proteína Cruda, %	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Fibra Cruda, %	2.6	3.0	3.0	3.14	3.14
Extracto Etéreo, %	6.71	1.06	7.86	7.17	8.26
Lisina Digestible, %	1,115	1,115	1,115	1,115	1,115
(Met + Cisteína) Digestible, %	0.840	0.840	0.840	0.840	0.840
Treonina Digestible, %	0.730	0.730	0.730	0.730	0.730
Calcio, %	0.870	0.870	0.870	0.870	0.870
Fósforo Disponible, %	0.435	0.435	0.435	0.435	0.435
Sodio, %	0.180	0.180	0.180	0.180	0.180

*Dietas: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

3.10 Manejo sanitario

Para la recepción de los pollos, se realizó el lavado, limpieza y desinfección del galpón experimental, cortinas, comederos y bebederos; además, se hizo el control de roedores e insectos con productos obtenidos en casas comerciales. Las campanas de las baterías se encendieron cinco horas antes de la llegada de los animales.

Para la desinfección del ambiente de crianza (baterías) y los materiales del microclima (cortinas y techo) se utilizó un producto desinfectante muy concentrado, con una composición sinérgica de 4 principios activos. Este producto se aplicó cada 5 días con una dilución recomendada de 0.25% (2.5ml de Virocid por cada litro de Agua) asegurando combatir contra todos los microorganismos: bacterias, hongos, esporas y virus. Además, este producto fue utilizado para la preparación del pediluvio, el cual era cambiado semanalmente.

3.11 Manejo de las aves

Toda la etapa de crianza de las aves se llevó a cabo de acuerdo a las prácticas normales de manejo empleado en el sistema de baterías. El suministro de alimento fue bajo la forma de harina. Se llevaron registros de mortalidad (Anexo VII) y controles semanales para el peso vivo (Anexo I), consumo de alimento (Anexo III), ganancia de peso de las aves (Anexo II) y conversión alimenticia (Anexo V). Se tomaron las medidas preventivas para una conducción normal de crianza, tales como el control de la ventilación, temperatura, humedad

relativa, uso de pediluvios, restricción del ingreso al ambiente por parte de personas foráneas, etc. Por último, se realizaron labores de limpieza diaria y desinfección del ambiente, antes y después del ingreso de las aves.

3.12 Identificación de las aves

Los animales de cada unidad experimental serán identificados con un plumón negro permanente con ancho de trazo de 2mm que marcará un punto específico en una de sus patas. Esta marca será una línea circunferencial a la altura de los extremos (superior o inferior) de la tibia; esto los diferenciará con una numeración del 1 al 5 con el fin de facilitar la conducción y llevar un registro más ordenado y preciso durante toda la fase experimental (Figura 1). Esta identificación se realizó de la siguiente manera:

- Pollo #1: A nivel del extremo superior de la tibia de la pata izquierda del ave.
- Pollo #2: A nivel del extremo inferior de la tibia de la pata izquierda del ave.
- Pollo #3: A nivel del extremo superior de la tibia de la pata izquierda del ave.
- Pollo #4: A nivel del extremo inferior de la tibia de la pata izquierda del ave.
- Pollo #5: Sin marcas en ambas patas.

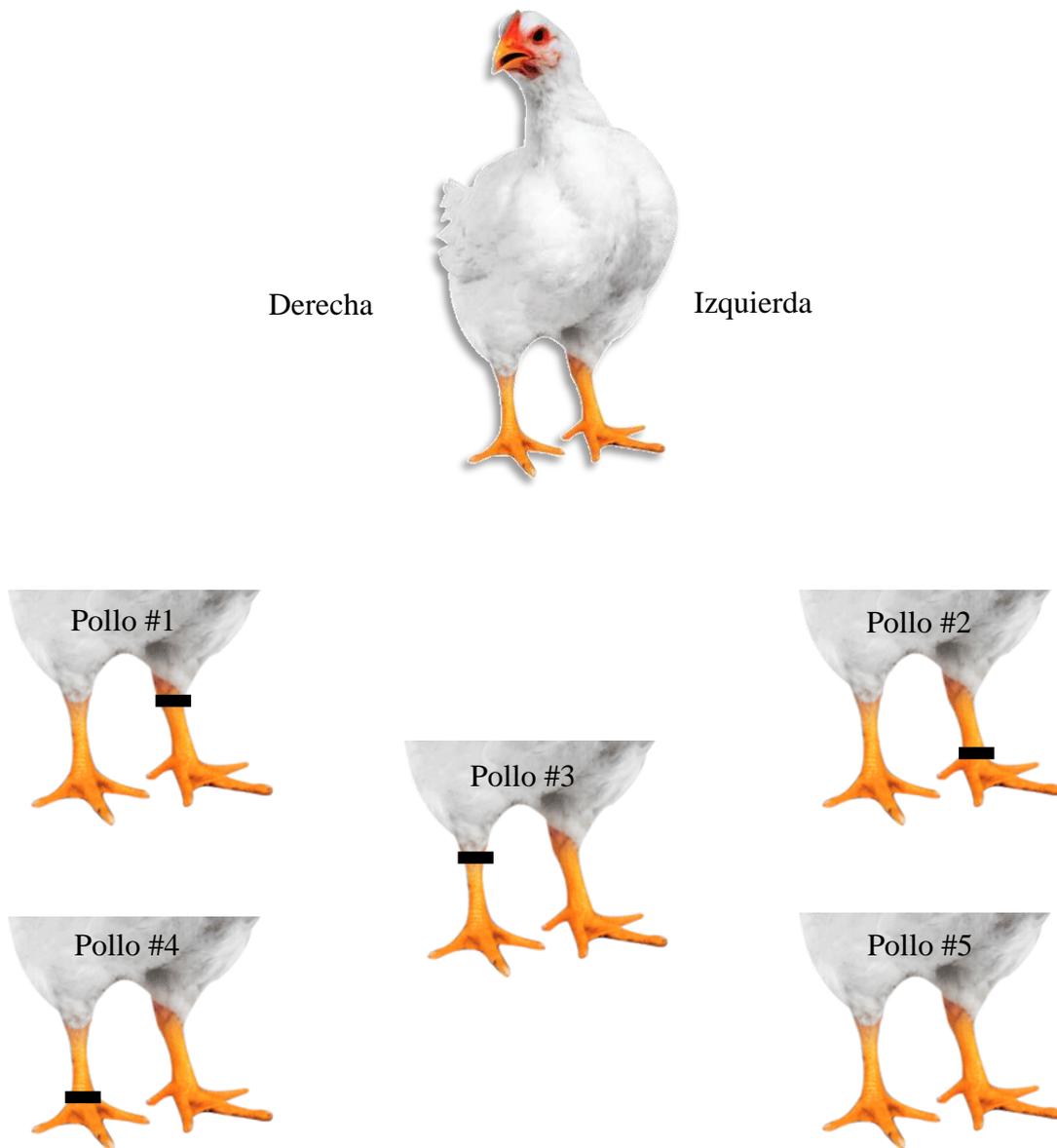


Figura 1: Identificación de los animales experimentales

3.13 Mediciones

a) Peso de recepción

El día de la llegada de los pollos BB se verificó su calidad en términos de apariencia física, cumpliendo esta con los parámetros establecidos. Estos fueron identificados y pesados de forma individual; posteriormente se registraron sus pesos.

b) Peso vivo y ganancia de peso semanal

Se determinó por pesaje individual de todos los pollos de cada unidad experimental desde la recepción hasta el último día del experimento con una periodicidad semanal. La ganancia de peso semanal se determinó mediante la diferencia entre el peso final (peso en la semana “n”) y el inicial (peso de recepción) de cada pollo.

$$\text{Ganancia de peso semanal (g / pollo)} = \text{Peso vivo (semana “n”)} - \text{Peso vivo (recepción)}$$

c) Consumo de alimento semanal y acumulado

Se determinó por diferencia entre la cantidad total de alimento suministrado durante la semana y el alimento residual del mismo de cada unidad experimental, obteniéndose el consumo neto semanal. El consumo de alimento acumulado fue el consumo total de alimento durante toda la fase experimental (Anexo IV).

d) Conversión del alimento (Conversión alimenticia) semanal y acumulada

Expresada tanto como un promedio semanal y acumulado, el cual fue calculado utilizando la información de los dos parámetros anteriores (Anexo VI).

$$\text{Conversión alimenticia semanal} = \frac{\text{Consumo de alimento semanal}}{\text{Ganancia de peso semanal}}$$

$$\text{Conversión alimenticia acumulada} = \frac{\text{Consumo de alimento acumulado}}{\text{Ganancia de peso final}}$$

e) Mortalidad

Se registró la mortalidad diaria en cada unidad experimental y se obtuvo el porcentaje de mortalidad semanal y al final del experimento para cada tratamiento.

$$\text{Mortalidad/tratamiento (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de pollos (inicio)} - \text{N}^\circ \text{ de pollos (final)}}{\text{N}^\circ \text{ de pollos (inicio)}} \times 100$$

f) **Peso relativo de órganos**

Estas variables serán evaluadas el día 21 con el sacrificio de todos los animales. Para ello, se hará uso de una balanza digital para joyería de 200g x 0,01g, con el cual se tomarán los pesos de los siguientes órganos:

- Proventrículo.
- Molleja.
- Páncreas.
- Hígado.
- Intestino Delgado.
- Ciegos.
- Corazón.

3.14 Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado para los parámetros productivos y el peso relativo de órganos fue el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 8 repeticiones. El Modelo Aditivo Lineal General fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Con: $i = 1, \dots, 5$ y $j = 1, \dots, 8$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable respuesta

μ = Media poblacional

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1, 2, 3, 4$ y 5)

ε_{ij} = Efecto del error experimental

El análisis de varianza de los parámetros productivos y el peso relativo de órganos se efectuaron aplicando el procedimiento ANOVA del programa MINITAB y para la diferencia de medias se utilizó la prueba de Duncan.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros productivos de los pollos de carne alimentados con dietas que contienen diferentes niveles y tipo de fibra durante un periodo de crianza de 21 días se presentan en la Tabla 3. Mientras que el efecto de las dietas sobre el peso relativo de órganos es presentado en la Tabla 4.

4.1 Peso vivo y ganancia de peso

En el análisis de los resultados para peso vivo y ganancia de peso (Tabla 3), se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos T1 y T5. Los pollos alimentados con la dieta T5 tuvieron un peso vivo y ganancia de peso mayor al del tratamiento T1 al término de la prueba.

Estos resultados coinciden con los datos reportados por Alvarado et al. (2007) quienes muestran que la ganancia de peso en pollos de engorde mejora de manera significativa cuando aumenta el contenido de fibra de la dieta de 14 a 21 días de edad, pero no afecta a las aves más jóvenes. No obstante, los resultados para estos dos parámetros indican que hay una mejora al aumentar el nivel de fibra, mas no dejan notar la eficiencia del CFI.

Por otro lado, los datos obtenidos difieren de los reportados por Lawska-Tryk (2005) quienes mostraron que la alimentación de pollos parrilleros de 0 a 42 días de edad con CFI en cuatro niveles diferentes: 0% (control), 0.45%, 0.7% y 0.95% aumentó significativamente el peso vivo en los niveles más bajos y más altos en comparación al control; esto puede deberse a que el periodo experimental se llevó a cabo por más tiempo y que los niveles de CFI utilizados superan al de la prueba (+0.1% en T2 y +0.15% en T4).

Tabla 3: Parámetros productivos de los pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (1 a 21 días de edad)

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia de peso (g/ave)	Consumo de alimento (g/ave)	Conversión alimenticia	Rendimiento de carcasa (%)
T1	48.67 ^a	793.06 ^b	744.39 ^b	923.74 ^b	1.24 ^b	85.63 ^a
T2	48.78 ^a	812.00 ^{ab}	763.22 ^{ab}	950.35 ^b	1.25 ^b	85.18 ^a
T3	48.41 ^a	829.32 ^{ab}	780.91 ^{ab}	1063.20 ^a	1.36 ^a	85.02 ^a
T4	48.67 ^a	798.39 ^{ab}	749.72 ^b	932.40 ^b	1.24 ^b	85.23 ^a
T5	48.70 ^a	843.33 ^a	794.63 ^a	1092.89 ^a	1.38 ^a	84.43 ^b

^{a,b} Promedios con diferente letra en superíndice difieren significativamente (P<0.05).

Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel[®]; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel[®]; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

Tabla 4: Efecto de los tipos de fibra sobre el peso relativo de órganos en pollos de carne alimentados con las dietas experimentales (1 a 21 días de edad)

Tratamiento*	Proventrículo (g)	Molleja (g)	Páncreas (g)	Intestino delgado (g)	Ciegos (g)	Hígado (g)	Corazón (g)
T1	4.07 ^a	23.32 ^b	2.62 ^a	45.32 ^b	8.09 ^a	22.12 ^a	8.68 ^a
T2	4.08 ^a	24.53 ^b	2.61 ^a	48.97 ^{ab}	8.04 ^a	23.43 ^a	8.82 ^a
T3	4.10 ^a	26.05 ^b	2.64 ^a	50.88 ^{ab}	8.55 ^a	24.07 ^a	7.95 ^a
T4	3.97 ^a	24.07 ^b	2.41 ^a	47.00 ^b	8.44 ^a	23.27 ^a	8.80 ^a
T5	4.44 ^a	29.60 ^a	2.52 ^a	54.43 ^a	9.01 ^a	25.85 ^a	6.47 ^b

^{a,b} Promedios con diferente letra en superíndice difieren significativamente (P<0.05).

Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

Además, este impacto positivo en el rendimiento de los pollos con el uso de un CFI ha sido reportado por Westendarp et al. (2014) en términos de ganancia de peso ($P < 0.05$), ya que el CFI causó un aumento de peso adicional de 100g en 33 días a una tasa de inclusión de 0.8% semejante al nivel usado en el tratamiento T4; del mismo modo, Liu et al. (2009) reportó un aumento de peso diario debido al uso de CFI en un ensayo con pollos de carne en un periodo de engorde de 35 días (en este ensayo, el CFI se utilizó en lugar de salvado de trigo). Nuevamente los datos reportados difieren debido al tiempo en que se llevó a cabo el experimento.

4.2 Consumo de alimento y conversión alimenticia

El análisis de los resultados para el consumo de alimento (Tabla 3), presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en los tratamientos T3 y T5 frente a los tratamientos T1, T2 y T4, los cuales muestran un consumo menor comparado con los tratamientos mencionadas inicialmente. En ello se puede contrastar la diferencia existente entre el nivel y tipo de fibra comparando los tratamientos T2 con T4 y T3 con T5 en la cual se observa que el CFI disminuye el consumo de alimento sin afectar los otros parámetros productivos.

Estos resultados coinciden con lo observado por Liu et al. (2009) quienes realizaron un ensayo con un CFI basado en lignocelulosa el cual reemplazó al salvado de trigo; ellos reportaron una mejora significativa en la conversión alimenticia debido al uso de este tipo de fibra en pollos de engorde de 35 días. Además, el análisis de regresión mostró que la tasa de inclusión más eficiente estaba en un nivel de 0.76% de CFI; este nivel de fibra tiene cierta diferencia con el usado en el tratamiento T4 cuyo nivel de inclusión fue de 0.8% y donde se obtuvo también el mejor resultado para este parámetro.

Por otro lado, sabemos que la conversión alimenticia está relacionada con el consumo de alimento en un tiempo determinado, un menor consumo indicaría mayor eficiencia en la conversión alimenticia lo cual se reporta en este experimento y que coincide con los datos reportados por Pietsch (2017), cuyo ensayo indica que el menor consumo de alimento diario observado en pollos suplementados con FI micronizada mejora la conversión alimenticia y puede deberse a su mayor utilización de nutrientes. Debido a que la FI micronizada no alteró significativamente la ingesta diaria de alimento de estas aves, es probable que el aumento del rendimiento no se deba al aumento de la ingesta de alimento.

Finalmente, Sarikhan et al. (2010) reportan que la adición de cantidades moderadas (0.25 – 0.75%) de un CFI, que contiene una fracción de Fibra de Detergente Ácido (FDA) de 86.5%, a una dieta de pollos de engorde puede influir positivamente en el crecimiento de las aves y la eficiencia de la alimentación, principalmente en el periodo de crecimiento. En este caso, el presente ensayo se llevó a cabo sólo en la fase inicial, careciendo de datos en la fase de crecimiento para que puedan ser comparados. No obstante, se rescata la tasa de inclusión de CFI cuyos niveles para los tratamientos T2 y T4 se encuentran dentro del rango establecido en su reporte.

4.3 Rendimiento de carcasa

En el análisis de resultados para el rendimiento de carcasa (Tabla 3), existen diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos T1 y T5. Sin embargo, con los tratamientos T2 y T4 se obtienen resultados cercanos a los del tratamiento T1 y mayores si lo comparamos con los tratamientos que contienen la FS (T3 y T5). Esto se debe principalmente a que el peso de órganos en los tratamientos T3 y T5 son más elevados respecto a los tratamientos T2 y T4, elevando así esta cifra.

De forma similar, Jiménez-Moreno et al. (2010) registraron un aumento lineal significativo en el peso relativo de la carcasa con incrementos en el nivel de suplementación con celulosa microcristalizada (CMC) como fuente de FI con respecto a la cascarilla de avena y la pulpa de remolacha azucarera como fuentes de FS. Esto se debe a que en ambos ensayos los pesos del TGI eran menores con el uso de FI que con la FS, además, los animales pertenecían a la misma línea genética y fueron criados hasta la misma edad de 21 días pudiendo compararse mejor los resultados.

Por otro lado, estos datos difieren con lo reportado por Sadeghi et al. (2015) quienes observaron un mejor rendimiento de carcasa cuando se utilizó la FS (70.9%) en comparación con el uso de FI (73.1%) y con la mezcla de ambas (FS/FI) en cantidades iguales (74.3%). Esto puede deberse a que en el experimento mencionado se usaron dos fuentes y niveles de fibra distintas, siendo la pulpa de remolacha azucarera la fuente de FS y la cascarilla de arroz la fuente de FI; así también, los niveles de uso de estas fuentes de fibra (3% en ambos casos) fueron superiores en comparación con los usados en este experimento.

4.4 Peso relativo de órganos

Al analizar estos resultados (Tabla 4), se observa que el peso del hígado no presentó diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos; algo similar ocurre con el peso del proventrículo, páncreas y ciego ($P>0.05$).

También, los informes de Longstaff y McNab (1991) observaron que el aditivo de la fibra de la cáscara de haba no afectó el peso del páncreas de pollo.

Por otro lado, sí se encontró significancia ($P<0.05$) para los pesos relativos de la molleja, el intestino delgado y el corazón. Sobre el peso de la molleja, el tratamiento T5 tuvo mayor peso con respecto a los otros tratamientos, mientras que los tratamientos T2 y T4 mostraron resultados similares al de la dieta control.

Estos resultados coinciden con el ensayo de Jiménez-Moreno et al. (2010), quienes reportaron que la inclusión de celulosa microcristalizada resultó en un tamaño relativo similar de la molleja y el intestino delgado en comparación con la dieta de control. Esto puede deberse a que en ambos casos la reducción de los pesos de órganos se da con el uso de la FI a un nivel moderado mas no con la FS que, en ese caso, el valor para el peso relativo de estos dos órganos fue mayor (+26.93% y +20.10% respectivamente).

Los pesos de algunos órganos reportados en este ensayo pueden aumentar el peso del TGI. Esto se confirma con el ensayo dirigido por Gonzales-Alvarado et al. (2006), quienes observaron que el peso del TGI disminuía en términos relativos con el uso de FI y, al incluir 3% de FS en la ración de pollitos, el tamaño del TGI aumentó, lo que coincide con los resultados obtenidos en el presente experimento y con otros autores como Hetland y Svihus (2001).

En otro ensayo, Gonzales-Alvarado et al. (2005) estudiaron la influencia del tipo de grasa añadida al alimento de inicio de pollos de engorde y de la inclusión de dos tipos diferentes de fibra al 3%, estas son: cascarilla de avena (fuente de FI) y pulpa de remolacha azucarera (fuente de FS) sobre el peso relativo de órganos digestivos. Se observó que la inclusión de FS aumentaba el peso del TGI, así como el proventrículo y la molleja y que el efecto de la

fibra dependía tanto del tipo de fibra estudiada como del tramo digestivo u órgano considerado.

Todos estos ensayos concuerdan con resultados de otros autores (Monsnthin et al., 1999; Moran, 2006). Durante su tránsito por el TGI la fibra se hincha en grados variables incrementando la voluminosidad y el peso del quimo. Por tanto, cabe esperar un mayor peso del TGI en aves que consumen FS; así también, se espera que el efecto varíe en función de las características de esta fibra ya que su principal efecto puede estar relacionado con fenómenos de distensión física.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación y en función a los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. Al incrementar los niveles y tipos de fibra en la dieta de pollos de carne se observa un menor rendimiento productivo cuando la fuente de fibra es el subproducto de trigo mas no cuando es el concentrado de fibra insoluble.
2. Con un nivel de fibra del 3.14% con inclusión de 7% de subproducto de trigo aumentó significativamente el peso de la molleja y del intestino delgado. Lo mismo ocurrió al evaluar el rendimiento de carcasa.
3. Con un nivel de fibra del 3% con inclusión de 0.6% de concentrado de fibra insoluble se mejoró numéricamente el rendimiento productivo del ave.

VI. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

1. Realizar pruebas con dietas que incluyan dentro de su formulación el concentrado de fibra insoluble en pollos de carne hasta los 42 días de edad.
2. Utilizar el concentrado de fibra insoluble con un nivel de inclusión de 0.6% en la dieta de pollos de engorde a fin de obtener mejores parámetros productivos.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Andriquetto JM, Perly L, Minardi I, Gemael A, Flemming JS, Souza GA, et al. 1986. Nutrição animal – As bases e os fundamentos da nutrição animal. Vol.1. 5a ed. São Paulo, Brasil: Nobel. p. 395.

Asp, N. G. 2004. Definition and analysis of dietary fiber in the context of food carbohydrates. Pages 21–26 in Dietary Fibre: Bio-active Carbohydrates for Food and Feed. J. N. van der Kamp, N. G. Asp., J. Miller Jones, and G. Schaafsma, ed. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands.

Bach Knudsen, K. E. 2001. The nutritional significance of dietary fibre analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 90, 3-20.

Branton, S. L., B.D. Lott, J. W. Deaton, W. R. Maslin, F. W. Austin, L.M. Pote, R. W. Keirs, M. A. Latour, and E. J. Day. 1997. The effect of added complex carbohydrates or added dietary fibre on necrotic enteritis lesions in broiler chickens. *Poult. Sci.* 76:24-28.

Cáceres, M. 2014. Actualización de ingredientes para raciones de ponedoras. II Simposio de Avicultura do Nordeste Brasil.

Carson GR, Edwards NM. 2009. Criteria of wheat and flour quality. In: Khan K, Shewry P, editors. *Wheat chemistry and technology*. 4th ed., St Paul, MN: American Association of Cereal Chemists. pp 97–118.

Case LP, Carey DP, Hirakawa DA. 1998. Nutrição canina e felina: manual para profissionais. Madrid, España: Harcourt Brace. p. 424

Castello, A. 2001. Influencia del medio ambiente sobre el crecimiento y los resultados productivos del broiler. Jornadas Profesionales. Real escuela de Avicultura. Barcelona, España. Technol. 129:60-88.

Cavalari, APM. 2003. Digestibilidade de alimentos energéticos e protéicos para cães adultos. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa; 24 p. Dissertação (Mestrado).

Choct M. 2001. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford MR and Partridge GG. Enzymes in Farm Animal Nutrition. Oxon, U.K.: CAB International.

Dahiya, J. P., D. C. Wilkie, A. G. Van Kessel, and M. D. Drew. 2006. Potential strategies for controlling necrotic enteritis in broiler chickens in post-antibiotic era. Anim. Feed Sci.

Dolz, R. and Majó, N. 2011. Atlas de necropsia aviar. Servet. Zaragoza. España.

Esposito F, Arlotti G, Bonifati AM, Napolitano A, Vitale D, Vincenzo F. 2005. Antioxidant activity and dietary fiber in durum wheat bran by- products. Food Res Int 38:1167– 73.

González-Alvarado, J. M., E. Jiménez-Moreno, D. González Sánchez, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2010. Effect of inclusion of oat hulls and sugar beet pulp in the diet on productive performance and digestive traits of broilers from 1 to 42 days of age. Anim. Feed Sci. Technol. 162:37–46.

Gonzales E, Kondo N, Saldanha ÉSPB, Loddy MM, Careghi C, Decuypere E. 2003. Performance and physiological parameters of broiler chickens subjected to fasting on the neonatal period. Poultry Science 82, 1250–1256. doi:10.1093/ps/82.8.1250.

Hetland, H., M. Choct, and B. Svihus. 2004. Role of insoluble nonstarch polysaccharides in poultry nutrition. Worlds. Poult. Sci. J. 60:415–422.

Hetland H, Svihus B and Choct M. 2005. Role of insoluble fiber on gizzard activity in layers. J Appl Poult Res 14: 38-46.

Hetland H, Svihus B and Krogdahl A. 2003. Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. *Br Poult Sci* 44: 275-282.

Janssen, W. M. M. A., and B. Carré. 1985. Influence of fiber on digestibility of broiler feeds. Pages 78–93 in *Recent Advances in Animal nutrition*. D. J. A. Cole and W. Haresign, ed. Butterworths, London, UK.

Jiménez-Moreno, E., J. M. González-Alvarado, A. Gonzales-Serrano, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2009b. Effect of dietary fiber and fat on performance and digestive traits of broilers from one to twenty-one days of age. *Poult. Sci.* 88:2562-2574.

Jiménez-Moreno, E., J. M. González-Alvarado, R. Lázaro, and G. G. Mateos. 2009b. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. *Poult. Sci.* 88:1925–1933.

Jiménez-Moreno, E., González-Alvarado, J. M., González-Sánchez, D., Lázaro, R., & Mateos, G. G. (2010). Effects of type and particle size of dietary fiber on growth performance and digestive traits of broilers from 1 to 21 days of age. *Poultry Science*, 89(10), 2197–2212. doi:10.3382/ps.2010-00771

Jiménez-Moreno, E., C. Romero, J. D. Berrocoso, M. Frikha, and G. G. Mateos. 2011. Effects of the inclusion of oat hulls or sugar beet pulp in the diet on gizzard characteristics, apparent ileal digestibility of nutrients, and microbial count in the ceca in 36-day-old broilers reared on floor. *Poult. Sci.* 90(Suppl. 1):153. (Abstr.)

Jiménez-Moreno, E., M. Frikha, A. De Coca-Sinova, J. García, and G. G. Mateos. 2013a. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers 1. Effects on growth performance and nutrient digestibility. *Anim. Feed Sci. Technol.* 182:33–43.

Jiménez-Moreno, E., M. Frikha, A. de Coca-Sinova, R. P. Lázaro, and G. G. Mateos. 2013b. Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers. 2. Effects on the development of the gastrointestinal tract and on the structure of the jejunal mucosa. *Anim. Feed Sci. Technol.* 182:44–52.

Knudsen, K.E.B. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Sci. Technol.* 67, 319-338.

Lentle, R. G., and P. W. M. Janssen. 2008. Physical characteristics of digesta and their influence on flow and mixing in the mammalian intestine. A review. *J. Comp. Physiol. B.* 178:673-690

Longo, F. A., J. F. M. Menten, A. A. Pedroso, A. N. Figueiredo, A. M. C. Racanicci, and J. O. B. Mateos, Jiménez-Moreno, E., Serrano, M., and Lázaro, R. 2012. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. appl. Poult. Res.* 21:156-174.

Maes C, Delcour JA. 2002. Structural characterisation of water extractable and water unextractable arabinoxylans in wheat bran. *J Cereal Sci* 35:315–326.

Manual de Procedimientos Técnicos de Laboratorio, 5° Edición 2007. Editado por MVZ J.C. Valladares, 2007, Laboratorio de Control de Calidad y Patología Aviar, PAPSA, México. <http://www.veterinaria.org/revistas/vetenfinf/nfondevila/Necropsias%20en%20aves.htm>

Mateos, G.G., Lázaro, R. y Gracia, M. 2002. *J. Apl. Poult. Res.* 11:437-452.

Mateos, G.G., Martín, F., La Torre, M.A., Vicente, B. y Lázaro, R. 2006a. *Anim. Sci.* 82:57-63.

McDougall, G.J.; Fry, S.C. 1998. Structure-activity relationships for xyloglucan oligosaccharides with antiauxin activity. *Plant Physiol.* 89, 883–887.

Mendes, WS. 2002. Efeito do processamento térmico sobre a digestibilidade e valores energéticos do milho, sorgo e soja para suínos em crescimento. Belo Horizonte, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais; 42 p.

Mertens, D. R. 2003. Challenges in measuring insoluble dietary fiber. *J. Anim. Sci.* 81:3233–3249.

Mongeau R. 2003. Dietary fiber. In: Macrae R, Robinson RK, Sadler MJ, editors. Encyclopedia of food science and nutrition. New York: Academic Press. p 1362–87.

Montagne L, Pluske JR and Hampson DJ. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim Feed Sci Tech* 108: 95-117.

Nir I, Levanon M. 1993. Effect of posthatch holding time on performance and on residual yolk and liver composition. *Poultry Science* 72, 1994–1997. doi:10.3382/ps.0721994.

Pezzato, LE. 2006. Apostilha sobre digestibilidade. Botucatu, Brasil: Universidade Estadual Paulista; 30 p.

Strugala V, Allen A, Dettmar PW, Pearson JP. 2003. Colonic mucin: methods of measuring mucus thickness. *Proc Nutr Soc* 62:237–43

Pottgüter R. 2008. Fiber in layers diet. *Lohmann Information* 43: 22-31.

Reis, S.T.C.; Guerrero, C.M.J.; Aguilera, B.A. y Mariscal, L.G. 2005. Efecto de diferentes cereales sobre la morfología intestinal de lechones recién destetados. *Téc Pecu Mex*, 43: 309-321.

Rogel, A. M., D. Balnave, W. L. Bryden, and E. F. Annison. 1987. Improvement of raw potato starch digestion in chickens by feeding oat hulls and other fibrous feedstuffs. *Aus. J. Agric. Res.* 38:629-637.

Sadeghi, A., Toghyani, M., & Gheisari, A. (2015). Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. *Poultry Science*, 94(11), 2734–2743. doi:10.3382/ps/pev292.

Sarikhan M, Shahryar HA, Gholizadeh B, Hosseinzadeh MH, Beheshti B and Mahmoodnejad A. 2010. Effect of insoluble fiber on growth performance, carcass traits and ileum morphological parameters on broiler chicks males. *Int J Agric Biol* 12: 531-536.

Sell, J. L. 1996. Physiological and carcass composition of broilers fed different carbohydrate and protein sources in the pre starter phase. *J. Appl. Poult. Res.* 16:171-177.

Svihus B and Hetland H. 2001. Ileal starch digestibility in growing broiler chickens fed a wheat-based diet is improved by mash feeding, dilution with cellulose or whole wheat inclusion. *Br Poult Sci* 42: 633–637.

Uni, Z., Y. Noy, and D. Sklan. 1999. Posthatch development of small intestinal function in the poult. *Poult. Sci.* 78:215-222.

USDA. 2011. Dietary, functional and total fiber.

http://www.nal.usda.gov/fnic/DRI/DRI_Energy/339-421.pdf. Accessed 31 March 2011.

Valladares, Juan Carlos. 2014. Necropsias en Aves. *Los Avicultores y su entorno*, N° 86, BM Editores, México; 11 p.

Van Soest, P., J. Robertson, and B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

Vitaglione P, Napolitano A, Fogliano V. 2008. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends Food Sci Technol* 19:451–463.

Wisker E, Feldheim W. 1992. Fecal bulking and energy value of dietary fiber. In: Schweizer TF, Edwards CA, editors. *Dietary fiber-A component of food*. London: Springer-Verlag. p 233–46.

Wood P. 1997. Functional foods for health: opportunities for novel cereal processes and products. In: Campbell GM, Webb C, McKee SL, editors. *Cereals novel uses and processes*. New York: Plenum Press. pp 233–239.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Registro semanal para los pesos vivos (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	1ra	159,57	162,45	181,34	172,72	187,22	177,31	179,41	176,21	174,53
	2da	404,00	425,00	449,20	445,20	454,40	430,00	428,00	453,80	436,20
	3ra	769,60	816,60	835,80	800,60	818,80	784,60	737,75	780,75	793,06
T2	1ra	173,42	163,90	189,51	178,84	171,96	175,21	172,36	172,04	174,65
	2da	449,00	421,80	457,80	459,00	412,60	445,00	440,25	445,20	441,33
	3ra	795,40	756,40	853,00	826,40	771,40	786,00	871,00	836,40	812,00
T3	1ra	183,65	184,51	180,62	178,15	178,27	181,41	176,37	183,12	180,76
	2da	449,80	466,00	467,00	441,20	428,00	456,00	482,60	448,20	454,85
	3ra	820,80	842,75	811,00	834,40	749,20	846,80	908,80	820,80	829,32
T4	1ra	177,54	177,12	175,50	166,64	169,76	177,62	170,63	175,57	173,80
	2da	445,25	436,20	458,20	428,80	453,80	437,25	461,20	418,80	442,44
	3ra	771,00	812,20	868,00	763,20	828,00	822,33	778,00	744,40	798,39
T5	1ra	178,11	163,66	157,34	176,25	177,34	163,41	162,35	171,52	168,75
	2da	455,40	440,75	405,00	464,00	464,20	447,00	422,00	438,80	442,14
	3ra	864,60	811,25	777,00	883,60	894,80	890,00	816,20	809,20	843,33

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 2: Registro semanal para la ganancia de peso (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		Peso Inicial								
		48.80	48.60	48.60	48.40	48.60	49.00	49.20	48.60	48.73
T1	1ra	110.77	113.85	132.74	124.32	138.62	128.31	130.21	127.61	125.80
	2da	244.43	262.55	267.86	272.48	267.18	252.69	248.59	277.59	261.67
	3ra	365.60	391.60	386.60	355.40	364.40	354.60	309.75	326.95	356.86
	G.P. Acumulada	720.80	768.00	787.20	752.20	770.20	735.60	688.55	732.15	744.34
		Peso Inicial								
		48.80	48.40	49.00	49.00	48.20	48.60	48.60	49.00	48.70
T2	1ra	124.62	115.50	140.51	129.84	123.76	126.61	123.76	123.04	125.95
	2da	275.58	257.90	268.29	280.16	240.64	269.79	267.89	273.16	266.68
	3ra	346.40	334.60	395.20	367.40	358.80	341.00	430.75	391.20	370.67
	G.P. Acumulada	746.60	708.00	804.00	777.40	723.20	737.40	822.40	787.40	763.30
		Peso Inicial								
		49.00	48.40	48.80	48.40	49.00	49.00	48.60	48.20	48.68
T3	1ra	134.65	136.11	131.82	129.75	129.27	132.41	127.77	134.92	132.09
	2da	266.15	281.49	286.38	263.05	249.73	274.59	306.23	265.08	274.09
	3ra	371.00	376.75	344.00	393.20	321.20	390.80	426.20	372.60	374.47
	G.P. Acumulada	771.80	794.35	762.20	786.00	700.20	797.80	860.20	772.60	780.64
		Peso Inicial								
		48.40	49.20	48.80	48.20	48.60	48.20	48.40	48.20	48.50
T4	1ra	129.14	127.92	126.70	118.44	121.16	129.42	122.23	127.37	125.30
	2da	267.71	259.08	282.70	262.16	284.04	259.64	290.57	243.23	268.64
	3ra	325.75	376.00	409.80	334.40	374.20	385.08	316.80	325.60	355.95
	G.P. Acumulada	722.60	763.00	819.20	715.00	779.40	774.13	729.60	696.20	749.89
		Peso Inicial								
		48.40	48.20	48.20	48.40	48.40	49.00	49.20	49.00	48.60
T5	1ra	129.71	115.46	109.14	127.85	128.94	114.41	113.15	122.52	120.15
	2da	277.29	277.09	247.66	287.75	286.86	283.59	259.65	267.28	273.40
	3ra	409.20	370.50	372.00	419.60	430.60	443.00	394.20	370.40	401.19
	G.P. Acumulada	816.20	763.05	728.80	835.20	846.40	841.00	767.00	760.20	794.73

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 3: Registro semanal para el consumo de alimento (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	1ra	122.88	117.62	123.61	156.49	127.87	125.04	139.65	125.42	129.82
	2da	286.34	312.02	358.71	369.25	352.09	320.97	340.45	320.67	332.56
	3ra	458.42	477.07	455.48	468.21	450.27	446.98	450.36	484.07	461.36
T2	1ra	139.29	122.70	157.53	156.63	157.44	146.73	114.54	139.48	141.79
	2da	355.49	338.20	337.68	355.39	314.50	323.19	332.61	475.36	354.05
	3ra	437.57	445.99	496.73	509.68	440.86	408.24	412.13	484.81	454.50
T3	1ra	151.39	213.87	184.38	167.16	168.68	163.32	134.80	145.72	166.16
	2da	391.88	398.06	397.74	444.37	365.59	369.23	307.31	359.28	379.18
	3ra	541.07	505.88	487.34	548.76	505.53	529.04	556.02	499.22	521.61
T4	1ra	137.89	145.09	127.43	165.54	134.08	142.77	120.45	149.48	140.34
	2da	313.12	348.89	483.21	345.01	334.93	353.68	326.20	347.06	356.51
	3ra	390.24	464.73	478.36	433.28	496.17	341.35	443.32	436.87	435.54
T5	1ra	167.22	151.38	204.03	158.93	164.51	159.00	151.10	161.66	164.73
	2da	405.68	326.56	456.30	440.45	332.51	405.35	404.22	421.69	399.10
	3ra	562.47	415.58	544.29	571.99	553.10	485.40	536.80	562.86	529.06

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arboce1®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arboce1®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 4: Registro semanal para el consumo de alimento acumulado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	1ra	122.88	117.62	123.61	156.49	127.87	125.04	139.65	125.42	129.82
	2da	409.22	429.64	482.32	525.74	479.96	446.01	480.10	446.09	462.38
	3ra	990.51	1024.33	1061.41	1150.44	1058.10	1018.03	1070.12	1055.58	1053.56
T2	1ra	139.29	122.70	157.53	156.63	157.44	146.73	114.54	139.48	141.79
	2da	494.78	460.90	495.21	512.02	471.93	469.92	447.15	614.85	495.84
	3ra	1071.63	1029.59	1149.47	1178.33	1070.22	1024.89	973.82	1239.14	1092.14
T3	1ra	151.39	213.87	184.38	167.16	168.68	163.32	134.80	145.72	166.16
	2da	543.26	611.93	582.11	611.54	534.26	532.55	442.11	505.01	545.35
	3ra	1235.72	1331.68	1253.83	1327.46	1208.47	1224.91	1132.93	1149.95	1233.12
T4	1ra	137.89	145.09	127.43	165.54	134.08	142.77	120.45	149.48	140.34
	2da	451.01	493.98	610.64	510.55	469.00	496.45	446.65	496.54	496.85
	3ra	979.14	1103.80	1216.44	1109.37	1099.25	980.57	1010.42	1082.90	1072.74
T5	1ra	167.22	151.38	204.03	158.93	164.51	159.00	151.10	161.66	164.73
	2da	572.91	477.94	660.33	599.39	497.02	564.36	555.32	583.35	563.83
	3ra	1302.61	1044.89	1408.65	1330.31	1214.64	1208.76	1243.23	1307.88	1257.62

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 5: Registro semanal para la conversión alimenticia de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	1ra	1.11	1.03	0.93	1.26	0.92	0.97	1.07	0.98	1.04
	2da	1.17	1.19	1.34	1.36	1.32	1.27	1.37	1.16	1.27
	3ra	1.25	1.22	1.18	1.32	1.24	1.26	1.45	1.48	1.30
T2	1ra	1.12	1.06	1.12	1.21	1.27	1.16	0.93	1.13	1.12
	2da	1.29	1.31	1.26	1.27	1.31	1.20	1.24	1.74	1.33
	3ra	1.26	1.33	1.26	1.39	1.23	1.20	0.96	1.24	1.23
T3	1ra	1.12	1.57	1.40	1.29	1.30	1.23	1.06	1.08	1.26
	2da	1.47	1.41	1.39	1.69	1.46	1.34	1.00	1.36	1.39
	3ra	1.46	1.34	1.42	1.40	1.57	1.35	1.30	1.34	1.40
T4	1ra	1.07	1.13	1.01	1.40	1.11	1.10	0.99	1.17	1.12
	2da	1.17	1.35	1.71	1.32	1.18	1.36	1.12	1.43	1.33
	3ra	1.20	1.24	1.17	1.30	1.33	0.89	1.40	1.34	1.23
T5	1ra	1.29	1.31	1.87	1.24	1.28	1.39	1.34	1.32	1.38
	2da	1.46	1.18	1.84	1.53	1.16	1.43	1.56	1.58	1.47
	3ra	1.37	1.12	1.46	1.36	1.28	1.10	1.36	1.52	1.32

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 6: Registro semanal para la conversión alimenticia acumulada de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Semana	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	1ra	0.77	0.72	0.68	0.91	0.68	0.71	0.78	0.71	0.75
	2da	1.01	1.01	1.07	1.18	1.06	1.04	1.12	0.98	1.06
	3ra	1.29	1.25	1.27	1.44	1.29	1.30	1.45	1.35	1.33
T2	1ra	0.80	0.75	0.83	0.88	0.92	0.84	0.66	0.81	0.81
	2da	1.10	1.09	1.08	1.12	1.14	1.06	1.02	1.38	1.12
	3ra	1.35	1.36	1.35	1.43	1.39	1.30	1.12	1.48	1.35
T3	1ra	0.82	1.16	1.02	0.94	0.95	0.90	0.76	0.80	0.92
	2da	1.21	1.31	1.25	1.39	1.25	1.17	0.92	1.13	1.20
	3ra	1.51	1.58	1.55	1.59	1.61	1.45	1.25	1.40	1.49
T4	1ra	0.78	0.82	0.73	0.99	0.79	0.80	0.71	0.85	0.81
	2da	1.01	1.13	1.33	1.19	1.03	1.14	0.97	1.19	1.12
	3ra	1.27	1.36	1.40	1.45	1.33	1.19	1.30	1.45	1.34
T5	1ra	0.94	0.92	1.30	0.90	0.93	0.97	0.93	0.94	0.98
	2da	1.26	1.08	1.63	1.29	1.07	1.26	1.32	1.33	1.28
	3ra	1.51	1.29	1.81	1.51	1.36	1.36	1.52	1.62	1.50

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 7: Registro para la mortalidad acumulada (%) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Número de aves al inicio (día 0)	Número de aves al final (día 21)	Número de aves muertas	Mortalidad acumulada (%)
T1	40	38	2	5.00
T2	40	39	1	2.50
T3	40	39	1	2.50
T4	40	36	4	10.00
T5	40	38	2	5.00

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arboce1®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arboce1®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 8: Registro para el peso de proventrículo (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Proventrículo	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	4.01	4.32	4.74	4.13	4.47	3.71	3.12	4.08	4.07
T2	g / g	4.17	4.08	4.14	4.00	4.15	3.47	4.26	4.36	4.08
T3	g / g	3.74	4.11	4.02	4.25	3.58	4.32	4.64	4.13	4.10
T4	g / g	4.45	3.96	4.16	3.48	4.03	4.12	3.80	3.74	3.97
T5	g / g	4.40	4.45	4.05	4.84	4.26	4.72	4.47	4.38	4.44

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 9: Registro para el peso de molleja (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Molleja	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	22.67	25.95	24.83	20.90	25.24	23.00	22.23	21.78	23.32
T2	g / g	26.28	19.48	25.40	23.28	23.40	23.52	26.24	28.65	24.53
T3	g / g	26.33	27.25	25.42	26.03	22.16	24.12	28.71	28.36	26.05
T4	g / g	24.38	26.65	27.01	21.69	22.06	23.43	22.74	24.60	24.07
T5	g / g	30.95	25.68	27.91	32.02	32.22	31.14	28.91	27.97	29.60

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 10: Registro para el peso de hígado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Hígado	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	20.79	21.70	24.04	22.72	23.84	21.76	22.62	19.47	22.12
T2	g / g	24.24	21.64	23.04	25.36	22.89	21.76	22.62	19.47	22.63
T3	g / g	25.16	26.18	23.04	25.36	22.89	22.78	28.47	23.12	24.62
T4	g / g	25.73	25.36	24.43	21.39	23.22	22.45	22.96	20.64	23.27
T5	g / g	28.36	22.17	22.55	34.06	28.97	23.58	20.74	26.39	25.85

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 11: Registro para el peso de intestino delgado (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Intestino delgado	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	50.25	49.68	47.31	39.19	47.94	45.11	40.62	42.48	45.32
T2	g / g	47.27	46.08	51.62	48.12	46.19	40.74	56.08	55.66	48.97
T3	g / g	48.21	59.26	48.31	50.84	39.34	49.17	55.64	56.28	50.88
T4	g / g	45.58	47.61	49.06	40.67	46.96	53.35	49.02	43.81	47.01
T5	g / g	56.14	54.58	49.90	55.87	57.71	58.83	52.87	49.53	54.43

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 12: Registro para el peso de páncreas (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Páncreas	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	2.55	2.60	2.72	2.60	2.98	2.47	2.41	2.64	2.62
T2	g / g	2.26	2.29	2.85	2.48	2.53	2.40	3.20	2.90	2.61
T3	g / g	2.40	2.69	2.46	2.57	2.33	2.72	3.19	2.80	2.64
T4	g / g	2.20	2.50	2.80	2.31	2.36	2.65	2.33	2.13	2.41
T5	g / g	2.70	2.56	2.49	2.62	2.58	2.86	2.50	1.84	2.52

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 13: Registro para el peso de corazón (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Corazón	Repeticion								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	8.34	9.09	9.72	8.46	8.42	9.13	7.84	8.44	8.68
T2	g / g	8.96	7.73	9.23	8.41	8.91	8.56	8.86	9.88	8.82
T3	g / g	8.98	7.31	7.99	8.36	6.77	6.58	8.19	9.46	7.95
T4	g / g	8.79	9.94	9.49	7.10	8.77	8.03	9.78	8.52	8.80
T5	g / g	6.10	6.25	7.04	6.61	6.22	6.61	6.69	6.24	6.47

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 14: Registro para el peso de ciegos (g) de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento*	Peso de Ciegos	Repetición								Promedio
		1	2	3	4	5	6	7	8	
T1	g / g	7.68	7.14	8.15	7.84	9.12	8.99	6.77	9.07	8.09
T2	g / g	7.26	5.99	7.87	8.22	9.32	8.53	9.39	7.75	8.04
T3	g / g	7.84	7.63	7.07	9.12	8.91	9.64	9.79	8.36	8.55
T4	g / g	9.76	7.88	10.95	7.61	7.55	8.29	8.30	7.20	8.44
T5	g / g	8.12	6.86	7.90	9.58	10.54	8.77	9.89	10.45	9.01

*Tratamientos: T1: 2.6% fibra (sólo maíz y soya); T2: 3.0% fibra con inclusión de 0.6% de Arbocel®; T3: 3.0% fibra con inclusión de 5.18% de Subproducto de Trigo; T4: 3.14% fibra con inclusión de 0.8% de Arbocel®; T5: 3.14% fibra con inclusión de 7% de Subproducto de Trigo.

ANEXO 15: Suplemento informativo sobre el rendimiento y nutrición de pollos de engorde Cobb500 (datos hasta los 21 días de edad).

OBJETIVOS DE DESEMPEÑO – SISTEMA INGLÉS						
Edad en días	Peso para la edad (g)	Ganancia diaria (g)	Ganancia diaria promedio (g)	Conversión alimenticia acumulada	Consumo diario de alimento (g)	Consumo de alimento acumulado (g)
0	42	0				
1	63	21				
2	74	11				
3	90	16				
4	110	20				
5	135	25				
6	164	29				
7	194	29	27.6	0.75		146
8	230	37	28.8	0.79	37	183
9	271	41	30.1	0.83	43	226
10	316	45	31.6	0.87	50	276
11	365	49	33.2	0.91	57	333
12	418	53	34.8	0.95	64	397
13	474	56	36.5	0.99	74	471
14	534	60	3.1	1.02	76	547
15	597	63	39.8	1.05	80	627
16	664	67	41.5	1.08	87	714
17	733	7	43.1	1.1	93	807
18	806	73	44.8	1.13	107	914
19	882	76	46.4	1.16	112	1027
20	960	79	48	1.19	116	1143
21	1042	81	49.6	1.21	120	1263

Fuente: Cobb – Vantress Inc. Julio, 2015Fuente: Cobb – Vantress Inc. Julio, 2015.