



01674

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MÉXICO

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA
SALUD ANIMAL

CÁLCULO DEL ÓPTIMO ECONÓMICO DE RETIRO DEL
ALIMENTO PREVIO AL SACRIFICIO Y EVALUACIÓN DE
LAS MERMAS ECONÓMICAS

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

GONZALO NICANDRO SALAZAR MATALÍ

TUTOR:

ME Francisco Alonso Pesado

COMITÉ TUTORAL:

PhD María del Pilar Castañeda Serrano

PhD Mariano González Alcorta

México D.F.

2005

m345669



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Gonzalo Nicandro

Salazar Matalí

FECHA: 17 06 05

FIRMA: 

CÁLCULO DEL ÓPTIMO ECONÓMICO DE RETIRO DEL ALIMENTO PREVIO AL SACRIFICIO Y EVALUACIÓN DE LAS MERMAS ECONÓMICAS

Tesis que presenta el:

MVZ Gonzalo N. Salazar Matalí

Para obtener el grado de Maestría en Ciencias de la Producción y la Salud Animal

Comité Tutorial:

ME Francisco Alonso Pesado

PhD María del Pilar Castañeda Serrano

PhD Mariano González Alcorta

México D. F. junio de 2005.

II. RESUMEN	4
III. INTRODUCCIÓN	6
Retiro del alimento antes del sacrificio.....	9
Captura del pollo antes del sacrificio.....	15
Transporte	17
Sacrificio y procesamiento.....	18
Calidad de la canal.....	19
Microbiología de la canal y tiempo de retiro del alimento.....	22
IV. JUSTIFICACIÓN	25
V. OBJETIVO GENERAL	25
VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
VII. HIPÓTESIS	26
VIII. MATERIAL Y MÉTODOS	26
Etapa 1	29
Etapa 2	30
Etapa 3	31
Cálculo del consumo de alimento.....	32
Cálculo del rendimiento en canal.....	33
Precios del pollo para análisis económico.....	33
Modelo para optimización	33
Cálculo del ingreso bruto al comercializar canales de aves con diferente ayuno.....	34
IX. RESULTADOS	35
Etapa 1	35
Etapa 2	38
Etapa 3	41
Experimento 3.0.....	41
Experimento 3.1.....	43
Experimento 3.2.....	51
X. DISCUSIÓN.....	54
XI. CONCLUSIONES.....	57
XII. LITERATURA CITADA.....	58

Abreviaturas:

CME=	Cuadrado medio del error.
DIF=	Diferencia en el peso desde el inicio del experimento hasta el sacrificio.
GLM=	Modelo general lineal.
MAA=	Muertes al arribo.
PCV=	Peso de la canal con vísceras.
PI=	Peso inicial (Peso de las aves al inicio del experimento).
PIB=	Producto Interno Bruto.
ppm=	Partes por millón.
PSV=	Peso de la canal sin vísceras.
RCV=	Rendimiento de la canal con vísceras.
RSV=	Rendimiento de la canal sin vísceras.
TA=	Tiempo de ayuno.
TRA=	Tiempo de retiro del alimento.
TGI=	Tracto gastrointestinal.

I. CÁLCULO DEL ÓPTIMO ECONÓMICO DE RETIRO DEL ALIMENTO PREVIO AL SACRIFICIO Y EVALUACIÓN DE LAS MERMAS ECONÓMICAS

II. Resumen

Con el objeto de conocer las mermas económicas asociadas al retiro del alimento previo al procesamiento y determinar el óptimo económico, se llevó a cabo el presente trabajo en una planta de procesamiento de pollo. Se realizó una primera etapa en la que se utilizaron 80 pollos que pesaban en promedio 2,860 gramos, se asignaron de forma aleatoria en 8 grupos, se les dio desde 0 hasta 12 horas de ayuno previo al sacrificio y se encontró que el rendimiento sin vísceras de aves sin periodo de ayuno es de 67.16 % y a partir de ahí se incrementa un 0.22 % por hora de ayuno. Las aves que se mantienen con alimento hasta el sacrificio aumentan aproximadamente 129.33 gramos en 12 horas, mientras que al incrementar el periodo de ayuno pierden 13.34 gramos por hora. Las vísceras de desecho pierden 4.46 gramos por hora de ayuno, mientras que las vísceras vendibles solo pierden 2.47 gramos. En una segunda etapa se utilizaron 80 pollos divididos en 4 grupos, se evaluaron periodos entre 8 y 14 horas de ayuno y se encontró que las aves no presentan diferencia en el peso de las vísceras y solo se encuentra diferencia en el rendimiento sin vísceras durante este periodo. En la tercera etapa se realizaron tres repeticiones de un modelo experimental en el que se utilizaron 120 pollos divididos en 8 grupos por cada repetición, se evaluaron por separado por que el peso de las aves al inicio de los experimentos era diferente. Se les dieron 24 horas de adaptación a las aves con un alimento comercial. Se encontró que al incrementarse el periodo de ayuno en las aves el comercializador obtendrá mayor ingreso por kilo adquirido en pie. En las últimas horas previas al sacrificio, el ave llega a consumir 150 gramos de alimento. El periodo del ayuno óptimo se encontró entre 4 horas 8 minutos (alimento a \$ 3.90 pesos por kilogramo y el pollo a \$ 6.00 pesos por kg) y 8 horas 19 minutos (alimento a \$ 2.60 pesos por kg. y el pollo a \$17.50 pesos por kg.). Se observa mejora en los rendimientos en canal al aumentar el tiempo de ayuno, pero se debe utilizar el peso de las canales para análisis económicos, ya que es la unidad comercial.

Abstract

To know the economic losses associated with feed withdrawal and determine the optimum time off feed prior to processing in poultry, this work was conducted on a poultry processing plant. A first stage was conducted in that 80 birds weighing 2,860 grams on average that was randomly distributed in eight groups, those birds were kept without feed from 0 through 12 hours prior to processing, the average carcass yield of 0 hour group was 67.16 %, from this value the birds gain 0.22 % of carcass yield per every withdrawal hour. Birds with a full feed gain 129.33 grams in 12 hours, meanwhile the feed withdrawal time increases birds lost 13.34 grams per hour. Non comestible giblets loss 4.46 grams per hour and comestible giblets loss 2.47 grams per hour of feed withdrawal. On a second stage 80 birds randomly distributed in 4 groups were kept with different withdrawal time from 8 through 14 hours, the giblets did not shown difference in viscera weight, at this stage carcass yield shown difference. On the third stage an experimental model was conducted three times with the same design, these data was evaluated separately because the weight of birds at the beginning of the experiments was statistically different. The birds receive 24 hour adaptation period with a commercial feed. While feed withdrawal increases the poultry dealer will obtain a bigger income for the live weight bought. In the last 14 hours prior to processing, the bird can eat 150 feed grams. The optimum feed withdrawal time founded was between 4 hours 8 minutes (feed cost at \$ 3.90 pesos per kilo and the carcass sale price at \$ 6.00 pesos per kilo), 8 hours and 19 minutes (feed cost at \$ 2.60 pesos per kilo and the carcass sale price at \$ 17.50 pesos per kilo). Improvements in carcass yield were observed at increases in feed withdrawal time, but the carcass weight is a best measure on economic analyses, because it is the commercial unit.

III. Introducción

La producción mundial de carne de pollo, entre los años 1994 y 2001, ha mostrado un crecimiento promedio anual de 5.3%. México es el 4° productor mundial de pollo y aunque la exportación no es representativa con respecto al mercado interno, las exportaciones se incrementaron en promedio 28.7% anualmente en el periodo de 1996 a 2000.¹

La industria avícola mexicana genera 900 mil empleos: 150 mil directos y 750 mil indirectos, en su mayoría en el sector rural. La avicultura produce más de 4 millones de toneladas de alimento al año. En el año 2000, la participación de la avicultura en el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario fue del 8.3% y de 33.4% dentro del PIB pecuario.¹

Existen diversas causas que favorecen el consumo de carne de pollo en México, entre las principales están la confianza en la calidad de los productos (frescura) y la tendencia de consumo hacia carnes con bajo contenido de grasa además de que la carne de pollo tienen en el mercado un precio muy competitivo y los puntos de venta de carne de pollo se han incrementado.¹

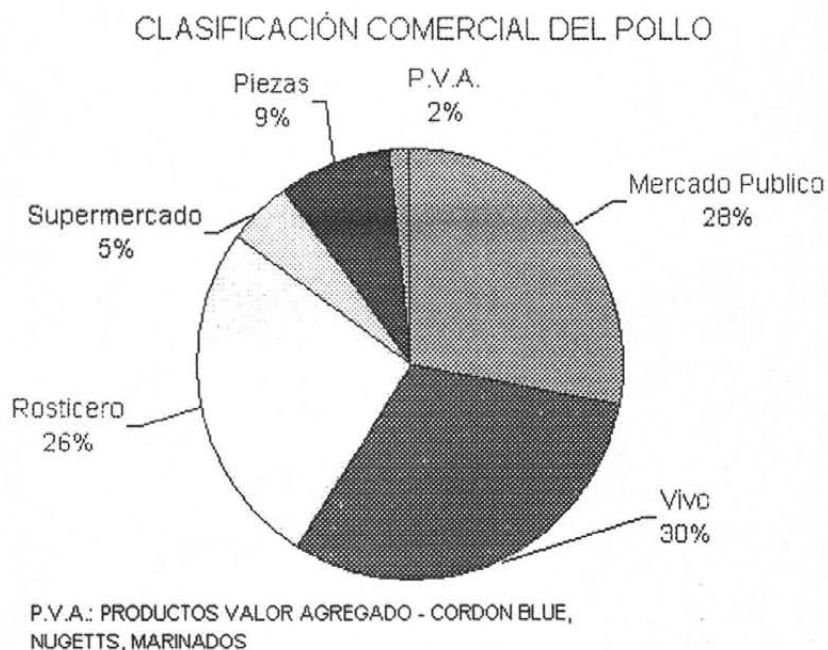
En la actualidad la globalización ha orillado a las empresas productoras de alimentos en México a mejorar sus condiciones sanitarias así como sus condiciones de producción para llegar a la mayor eficiencia técnica y económica.²

La producción de carne de pollo, se concentra principalmente en once estados y la producción se distribuye de la siguiente forma: Querétaro (11%), Jalisco (11%), Veracruz (11%), la zona de la Comarca Lagunera (10%), Puebla (8%), Nuevo León (7%), Aguascalientes (7%), Estado de México (6%), Guanajuato (5%), Sinaloa (5%) y Yucatán (4%).¹

La carne de pollo se sigue comercializando como un producto genérico en un 90%, es decir, no se reconoce con una marca de productor, por lo que su precio de venta está relacionado con la oferta y la demanda en un mercado con una fuerte tendencia al oligopolio. Los principales canales de comercialización para la carne de pollo son: mercado público (pollerías), restaurantes de comida rápida y tiendas de autoservicio. En términos reales, el precio de la carne de pollo se ha reducido en 47% de 1996 a 2000.¹

En la Figura 1 se representan las principales formas de comercialización del pollo de engorda en México.¹

Figura 1. Clasificación comercial del pollo



Fuente: <http://www.una.com.mx/>

La calidad de los productos alimenticios se expresa por todas las características que determinan su aceptación por los consumidores. Este concepto va un paso adelante pensando en la calidad como el valor del producto, es decir los consumidores pagarán más por un producto de mayor calidad en comparación con un producto de menor calidad.³

La tendencia a futuro es la implementación de la medida “tolerancia cero” a partículas fecales o material contaminante en las canales procesadas, por lo que el manejo de las aves previo al sacrificio toma particular importancia.⁴

El manejo e inmovilización de los animales antes del sacrificio debe ser visto desde cuatro perspectivas que se relacionan entre ellas y en ocasiones se contraponen; la eficiencia técnica, la seguridad del trabajador, la economía y el trato humanitario a los animales.⁵

El bienestar de los animales es uno de los temas que actualmente se tratan con mayor frecuencia en la industria avícola, el transporte de los animales hacia la planta de procesamiento es una de las actividades en las que las condiciones pueden ser adversas para los animales. La crianza intensiva de pollos de engorda en lugares dispersos geográficamente hace necesario que los animales sean transportados por carretera al final del ciclo hacia la planta de procesamiento. Durante el transporte las aves sufren condiciones estresantes impuestas por el microclima dentro del transporte, como son: falta de agua y alimento, interrupción del orden social, aceleración, vibración, movimientos bruscos, impactos y ruido. Las condiciones adversas que las aves sufren en el transporte además de tener implicaciones de normatividad y de bienestar animal, exponen a las aves a sufrir mortalidad y disminuyen la calidad del producto.⁶

La consistencia en seguridad, calidad, rendimiento y valor de los productos comercializados son metas comunes de la industria avícola. La eficiencia del procesamiento de las aves está ampliamente influenciada por la calidad y condición de las aves con edad para el mercado (por ejemplo, salud de la parvada, peso, uniformidad, condición del emplume y los programas nutricionales y de manejo utilizados durante la crianza), y algunos aspectos antes del sacrificio.⁷

La edad de las reproductoras, composición energética y la cantidad de grasa en la dieta afectan significativamente el peso de los pollos al final de la engorda y el rendimiento en canal expresado como porcentaje del peso vivo.⁸

Los machos de la estirpe Ross y las aves de mayor peso presentan un mayor rendimiento de la canal sin vísceras. En el caso de los machos el rendimiento va de 69.70 % en aves de 1.6 kg. a 72.90 % en el caso de aves de 3.6 kg.⁹

Retiro del alimento antes del sacrificio

La eficiencia en el procesamiento del pollo de engorda está influenciada por diversos eventos anteriores al sacrificio, como son la programación de parvadas para el sacrificio, la implementación de programas de retiro de agua y alimento, captura, el transporte, así como la distancia y el tiempo de transporte hacia la planta de procesamiento.⁴

La contaminación de la superficie de las canales con el contenido fecal o alimento sin digerir es una preocupación continua en las plantas de procesamiento de carne de pollo. Durante el procesamiento, las canales se pueden contaminar cuando el contenido sale del buche o de la cloaca, o cuando el tracto gastrointestinal es cortado o torcido y por consiguiente el contenido difunde a los alrededores. El tiempo de tránsito gastrointestinal y la posibilidad de que se contaminen las canales de las aves están influidos por muchos factores, como son: el estado de salud de la parvada, los programas de alimentación restringida, temperaturas ambientales extremas, estrés al momento de la captura o enjaulado y el tiempo de retiro del alimento antes del sacrificio.¹⁰

La efectividad del programa de retiro del alimento en el control de la contaminación de canales varía bajo diferentes condiciones comerciales, debido principalmente a la implementación inconsistente de los programas de retiro del alimento en la granja.⁴

En ocasiones, se restringe el alimento durante el periodo de engorda del pollo con la finalidad de controlar la mortalidad por síndrome ascítico, esto puede causar alteraciones en el patrón de alimentación de las aves, ya que los animales, ingieren una gran cantidad de alimento en periodos cortos, esta condición puede llevar a que se encuentre alimento sin digerir en el tracto digestivo superior (buche y proventrículo) incluso unas horas después de que se han retirado los comederos. También una disminución en el consumo de agua en las aves puede prolongar el tiempo de vaciamiento del tracto digestivo.⁴

Es frecuente que las aves experimenten periodos de ayuno mayores a 12 horas antes del sacrificio, debido a factores tales como: ayuno voluntario, falta de alimento en los comederos, elevación de comederos antes del tiempo programado, cambios de última hora en la programación de la captura y transportación, así como retrasos en los itinerarios de la planta de procesamiento.⁴

El tiempo de retiro del alimento debe ser al menos 8 horas para favorecer el vaciado del Tracto Gastrointestinal (TGI), pero no debe llegar a 16 horas, ya que las aves comerán material de la cama (contaminado con excretas) y presentarán merma en el peso debido a un proceso de catabolismo de proteínas para generar energía de mantenimiento.⁴

La contaminación potencial de canales, la merma en peso vivo, en el peso vendible y las pérdidas en el rendimiento, deben ser tomadas en cuenta al implementar el programa de retiro del alimento para los pollos de engorda.⁴

Las canales de las aves durante el procesamiento pueden ser contaminadas por materia fecal proveniente del intestino, por alimento sin digerir proveniente de goteo del buche y por una ruptura de la vesícula biliar durante los procesos manuales o automatizados de evisceración. La identificación y el manejo de las canales contaminadas durante el procesamiento, incrementa el tiempo de procesamiento, ya que las canales deben ser retiradas de la línea y lavadas o en casos extremos decomisadas antes de entrar al tanque de enfriamiento. Los decomisos y el reprocesamiento de las canales, retrasa el trabajo en la planta de procesamiento e incrementa los costos de producción.^{4, 11}

La contaminación por materia fecal y alimento sin digerir en las canales de pollos, causa problemas tanto al productor como a la planta de procesamiento. Las pérdidas son ocasionadas por los decomisos y por la reducción de la velocidad de la línea para identificar las canales que se deben enjuagar por presentar contaminación visible. En algunos trabajos se ha encontrado que 4 horas de retiro del alimento antes del sacrificio en los pavos son suficientes para que el tracto gastrointestinal se vacíe adecuadamente sin que la vesícula biliar se llene demasiado y se pierda peso en la canal.¹²

Se ha encontrado que la resistencia de las paredes del intestino disminuye con tiempos de dietado prolongados y por consecuencia las vísceras son más frágiles cuando el tiempo de dietado se prolonga más de 12 horas. Se reporta en la literatura que la resistencia de la pared del proventrículo, duodeno y el colon permanece sin cambios, mientras que la resistencia del intestino delgado se reduce un 22 % cuando el tiempo de dietado aumenta de 12 hasta 18 horas. Las aves durante las primeras 6 horas de dietado pierden aproximadamente 0.60 % del peso corporal, entre las 6 y las 12 horas 0.35 %, entre 12 y 18 horas pierden 0.30 % y de las 18 a las 24 horas pierden 0.33%.¹⁰

Durante las primeras 5 o 6 horas sin alimento, las aves pierden peso principalmente por la evacuación del tracto gastrointestinal y las aves a las que no se les retira el alimento tienen peso significativamente mayor que las aves que están ayunados.¹⁰

La pérdida de peso durante el desangrado de las aves es entre 2.7 y 3.8 %, la variación no tiene relación con el tiempo de dietado.¹⁰

El periodo de ayuno antes del sacrificio no solo minimiza el desperdicio de alimento sin digerir que se pueda encontrar en el tracto gastrointestinal (TGI) de los pollos de engorda, sino que también reduce la posibilidad de contaminación de la canal por la ingesta y/o heces durante la evisceración automatizada.⁷

Una vez que se han identificado las parvadas que serán comercializadas y se han calendarizado para su sacrificio, el alimento se retira unas horas antes de la captura, el agua se debe suministrar hasta la captura para facilitar el vaciado del TGI alto (buche y proventrículo).⁷

Bajo condiciones controladas, el periodo de 8 a 12 horas de retiro del alimento (totales) ha demostrado ser el tiempo óptimo para minimizar el contenido del TGI. Aunque de manera comercial es poco probable que se puedan programar tiempos totales de retiro menores a 8 horas, ya que para obtener el tiempo total de retiro se debe tomar en cuenta el tiempo que las aves permanecen en la granja sin alimento, la captura, el transporte y el tiempo de espera en el andén antes de que las aves se cuelguen en la línea de procesamiento.⁷

El tiempo de retiro del alimento debe ser lo suficientemente largo para permitir un adecuado vaciado del TGI, pero también lo más corto posible para reducir las pérdidas de peso y baja en el rendimiento de la canal, la pérdida de peso durante las horas iniciales (primeras 5 horas) de retiro del alimento se atribuye a la evacuación del TGI. Los pollos de engorda tienen reservas de energía limitadas (glucógeno), las cuales duran por unas 6 horas durante el ayuno. Si las aves son sometidas al ayuno más allá de este periodo, los requerimientos de energía para mantenimiento se obtienen a partir de la grasa (lipólisis) y de las proteínas (gluconeogénesis).⁷

La glucosa en la sangre disminuye con el retiro del alimento, mientras que los ácidos grasos no esterificados aumentan. También el glucógeno hepático disminuye hasta cero con un periodo de retiro del alimento mayor a 6 horas, lo que afecta el pH del hígado en el periodo postmortem. Se ha encontrado que la concentración de glucosa en la sangre se comporta de manera errática, a las 4 horas de retiro empieza a disminuir hasta las 10 horas de ayuno y posteriormente incrementa nuevamente hasta un valor que no es diferente estadísticamente al valor basal.¹³

Se reporta que la reducción de peso vivo tiene un comportamiento lineal y usualmente se encuentra dentro del rango de 0.20 a 0.40 % del peso corporal por hora según Bilgili en 1999, mientras que Nicol en 1990 manifestó que la pérdida por hora puede ser hasta de 0.5 % del peso, la merma en el peso es una combinación de pérdida de tejidos y humedad durante el ayuno. Periodos prolongados de ayuno antes del sacrificio también afectan las condiciones de las vísceras comestibles, principalmente el color, rendimiento y composición del hígado.^{7, 14} Por otra parte se menciona que el retiro del alimento previo al sacrificio de las aves ocasiona una ligera pérdida de peso corporal, que en ocasiones puede llegar al 6 %.¹⁵

Se han realizado investigaciones para identificar el tiempo óptimo de retiro del alimento antes del sacrificio de las aves y las condiciones para mantener la eficiencia en el sacrificio y el procesamiento. La aplicación comercial de programas de retiro del alimento puede variar de un país a otro, debido a las diferencias que existen en las prácticas de producción y diversas regulaciones del sacrificio y la inspección.⁷

En ocasiones los tiempos de retiro programados se ven comprometidos por demoras en el itinerario de los transportes o algunos otros factores inherentes a la producción. Cuando el periodo de retiro del alimento se prolonga en exceso se produce una licuefacción de la mucosa del TGI, haciendo más fácil la colonización de bacterias en algunas regiones del TGI, además de que la pared del intestino se vuelve más frágil, estas condiciones incrementan el riesgo de contaminación durante la evisceración. Incluso un periodo de retiro considerado óptimo, causa una reducción en la motilidad del TGI y por lo tanto un vaciamiento incompleto.¹⁵

Se han llevado a cabo experimentos con la finalidad de probar suplementos alimenticios de alta digestibilidad que contienen carbohidratos y proteínas de alta solubilidad y rápida digestión, con estos se ha logrado un mejor vaciamiento del TGI y reducir la pérdida de peso de las aves, incluso mejorar los rendimientos sin la necesidad de periodos prolongados de retiro del alimento.¹⁵

Un periodo de retiro del alimento de 5 horas previo a la captura de las aves en algunas condiciones de transporte, da como resultado un tiempo de retiro total de 8 horas, mismo que reduce la posibilidad de que las canales se contaminen de manera directa o cruzada con material proveniente del intestino, sin causar un decremento importante en el peso de las canales. Sin embargo las plantas de procesamiento carecen de un método objetivo para monitorear el vaciamiento del tracto gastrointestinal de las aves.¹³

El rendimiento en canal de las aves se incrementa con el retiro del alimento, en un estudio realizado en Holanda se encontró un rendimiento en canal eviscerado de aves sin retiro del alimento de 70 a 71 %, mientras que en aves con retiro del alimento (hasta 12 horas) el rendimiento fue aumentando hasta 72 y 73 %.¹³

Existe controversia entre los autores al respecto de la cantidad de contenido en el intestino después de 12 horas de retiro del alimento, ya que las condiciones de las aves, el material de cama, y la ingesta del material de cama afectan la motilidad y el contenido intestinal. En un experimento se encontró que aves con tiempo de dietado entre 0 y 3 horas contenían alimento sin digerir en el tracto gastrointestinal en el momento del sacrificio, lo que puede causar contaminación de la canal. En las aves procesadas con tiempo de dietado entre 9 y 12 horas se encontró material de cama y algo de bilis (30%) en el tracto gastrointestinal, aunque los intestinos de esas aves se encontraban en condiciones óptimas para el sacrificio, ya que se encontraban vacíos y aplanados. Con el tiempo de dietado entre 9 y 12 horas se encontró que la fuerza de las paredes del intestino era mayor en comparación con aves con 0, 18 y 24 horas de dietado. En las aves con más de 14 horas de dietado, se aprecia pérdida de integridad de la mucosa del intestino y se presenta fermentación bacteriana expresada por la forma cilíndrica de los intestinos y el contenido de gas. Por las evidencias que se encuentran en ese estudio concluyen que la condición de las vísceras se deteriora con tiempos de ayuno prolongados y esa condición también predispone a contaminación de las canales.⁶

En la producción de pollos de engorda, es necesario contar con las mejores condiciones ambientales en la granja, así como vigilar los aspectos nutricionales, sanitarios

y de manejo desde la llegada del pollito hasta el final de su ciclo productivo para poder obtener la mayor rentabilidad económica y eficiencia técnica de las empresas.¹⁶

Captura del pollo antes del sacrificio

Los pollos al final del ciclo de engorda son capturados en las granjas para ser llevados a la planta de procesamiento. La captura de las aves es el trabajo menos tecnificado en la industria avícola y el más intenso en cuanto a la cantidad de mano de obra utilizada. Los animales son capturados manualmente por equipos de personas contratados directamente por las empresas avícolas integradas o por el propietario de la granja. La tarea de captura es cansada y se realiza en una atmósfera incómoda, ya que el movimiento de las aves, el equipo y las personas dentro de la caseta generan un ambiente polvoriento por el material de cama que se levanta, además de que se realiza en la madrugada en la mayoría de los casos.¹⁷

La captura del pollo es un tema muy discutido en las empresas avícolas integradas cuando se presentan problemas con la calidad de los pollos procesados. Europa Occidental es la región más avanzada en cuanto a la carga de pollos y toma la calidad del producto con mucha seriedad, incluso paga a las empresas de acuerdo con la calidad. En esta parte del mundo el consumidor exige una buena presentación, un pollo con escaso contenido de agua y un mínimo de imperfecciones.¹⁸

En la forma tradicional de captura los trabajadores toman a los pollos por una sola pata y cargan desde 3 hasta 7 pollos por cada mano, los perjuicios económicos que puede causar a la procesadora de pollo este tipo de carga pueden ser importantes, teniendo que retirar piezas dañadas hasta en el 15 % de los animales en casos extremos. Existe una variante que consiste en tomar dos pollos por las dos patas en cada mano para llevarlos a las jaulas, en esta variante la velocidad de captura se reduce ligeramente, pero el daño a las aves es menor.¹⁸

Los pollos también se pueden atrapar por el dorso (1 a la vez) y sujetar las alas contra el cuerpo del ave, la ventaja que ofrece éste método es que se presentan menos hematomas y petequias en la pechuga y muslo en relación con la carga por las patas. Las canales dañadas se pueden reducir hasta el 1 %. Los pollos se inmovilizan y no baten con las alas. Para mejorar la calidad del producto procesado es necesario disminuir el estrés de las aves.¹⁸

La captura manual, manejo, carga y transporte del pollo previo al sacrificio han sido identificados como las mayores causas de estrés para las aves. En algunos países se ha legislado al respecto de los transportes y los sistemas de contención de las aves (módulos y jaulas), aunque la complejidad y la escala de la avicultura moderna exacerbaban la dificultad en el manejo de los animales y comprometen las condiciones de bienestar.¹⁹

El bienestar de las aves en la planta de procesamiento está íntimamente ligado a la captura y el transporte de las aves, se ha encontrado que entre un 0.22 y 0.42 % de las aves mueren en el transporte, a estas aves se les conoce como “Muertes al Arribo” (MA), las causas más comunes de muertes al arribo son: asfixia, falla cardíaca, hemorragia asociada a la dislocación de la articulación coxofemoral y ruptura del hígado, en general estas causas de muerte se asocian a maltrato y estrés durante la captura y el transporte.²⁰

Existen problemas asociados a la captura y el transporte de los pollos, como son muertes al arribo a la planta de procesamiento (MA), lesiones (fracturas y moretones), deterioro de las características de la canal y respuestas fisiológicas por estrés.¹⁴

En algunos estudios no se han encontrado diferencias en la concentración de epinefrina, norepinefrina y corticoesteroides en el plasma de aves con diferentes tiempos de permanencia en jaulas, por otra parte se reporta que estas hormonas indicadoras de estrés en las aves tienen un aumento a las 3 horas de estar enjauladas y después de 2 minutos de sujeción. También se reporta que la angustia que sienten las aves al ser expuestas a manejos bruscos, vibraciones y sonidos extraños durante el transporte son estresores mas potentes que la ausencia del alimento o el periodo de enjaulado además de que el periodo de

enjaulado tiene un efecto importante en la disminución de glucógeno en los músculos del muslo de los pollos.²¹

Transporte

Las aves son capaces de mantener su temperatura corporal constante bajo condiciones normales, pero cuando la producción interna de calor y la temperatura ambiental aumentan por encima de la capacidad del ave para disipar calor, la temperatura corporal aumentará. Los efectos del aumento de temperatura en los pollos se vuelven más severos desde las 4 semanas hasta la edad de sacrificio, esto toma importancia por que es el periodo en el que se transportan a las aves y se incrementan las MA.²²

En la actualidad se han desarrollado sistemas de ventilación muy eficientes para las casetas avícolas, en el caso de los vehículos de transporte, la ventilación es un tema que se ha investigado poco y no tiene mucho avance, además de que es más difícil controlar el ambiente en un vehículo que en una caseta. La presión del aire y la temperatura en diferentes regiones del área de carga en un vehículo varían. El calor que producen 6,000 pollos alojados en un vehículo solo se puede disipar con el vehículo en movimiento.²³

Los animales pueden regular su temperatura corporal de varias maneras, perdiendo calor por convección, conducción, radiación y evaporando agua por la piel y el aparato respiratorio. Cuando las aves están enjauladas la capacidad de perder calor se ve comprometida, ya que no pueden cambiar de posición fácilmente, la pérdida por conducción y radiación se limita por la cercanía con otras aves por que todas tienen la misma temperatura, así que la única alternativa que les queda a las aves para perder calor es la evaporación de agua por el jadeo.²³

La sangre tiene como función principal transportar nutrientes, gases y desechos en el organismo de los animales, además funge un papel importante en la termorregulación. Las aves presentan una redistribución sanguínea hacia la piel y las extremidades cuando se

exponen a estrés calórico. La viscosidad de la sangre puede alterar la resistencia periférica en la circulación sanguínea, lo que puede afectar la circulación en las áreas a través de las que se disipa el calor a través de la piel. Se ha encontrado que los machos reproductores obesos presentan mayor mortalidad y temperatura corporal, además estas aves tienen el doble de viscosidad en la sangre en comparación con machos en peso adecuado. También se reporta que la viscosidad de la sangre, el hematocrito y el conteo de eritrocitos tienden a ser mayores durante los periodos de oscuridad en comparación con los periodos de iluminación en el pollo de engorda, esto se puede explicar por la deshidratación que sufren las aves ya que durante el periodo de oscuridad no ingieren agua, otra posible explicación es que el agua contenida en la sangre migre hacia otros tejidos debido a la postración o a la baja actividad y baja en la tasa metabólica.²⁴

Sacrificio y Procesamiento

Se ha reportado que hasta un 90 % de las aves criadas en casetas a densidades comerciales presentan claudicaciones perceptibles a la edad de sacrificio que indican debilidad en las piernas. Por lo que las aves pueden sentir dolor a la hora que son colgadas en la línea de sacrificio, esta condición se vuelve más crítica cuando hay un retraso entre el colgado y el aturdimiento.²¹

El Consejo de bienestar animal para animales de granja del Reino Unido (Farm Animal Welfare Council) recomienda que las aves se mantengan en los ganchos el tiempo suficiente para que dejen de aletear antes de entrar en el aturdidor y que el aturdimiento sea adecuado.²¹

Un tiempo excesivo de colgado de las aves puede afectar la calidad de la carne de la pechuga, ya que los músculos de esta región están involucrados en el aleteo, además de que el aleteo causa puntas rojas en las alas y ocasionalmente huesos fracturados. Cuando se cuelga a las aves, aproximadamente el 90 % aletean inmediatamente, 30 % de las aves aletean con cambios abruptos de dirección en la línea y 66 % con irregularidades sobre la

línea, aunque no se ha establecido relación entre el aleteo y un incremento en la corticosterona circulante.²¹

Calidad de la canal

La calidad de la carne de ave puede afectarse por prácticas de manejo inadecuadas previas al sacrificio. Al exponer las aves a estrés, se producen y metabolizan mayores cantidades de epinefrina y corticoesteroides, esta condición modifica el metabolismo y la calidad de la carne. La carne Pálida Suave y Exudativa (PSE) en los cerdos, pavos y pollos y la carne Oscura Firme y Seca (DFD) en los bovinos son características detrimentales que se asocian a condiciones de estrés previo al sacrificio en los animales.²⁵

La calidad del esqueleto de las aves es muy importante para que resistan el estrés al que se les somete durante la captura, transporte y procesamiento. Se ha encontrado que las dietas deficientes en fósforo causan debilidad en los huesos que se refleja en una calidad deficiente de la canal después de la captura y el transporte, aunque no se afecte el rendimiento después del enfriamiento de la canal en el chiller.²⁶

Los defectos en la canal son el mayor problema del procesamiento en Latinoamérica, tanto para el mercado tradicional de pollo fresco como para el pollo de supermercado. Es necesario que la piel de las canales que se comercializan se encuentre libre de moretones, coloraciones diferentes al pigmento de la piel y que la canal no tenga huesos rotos, ya que si estos defectos se presentan el consumidor rechazará el producto. El mercado tradicional de pollo fresco es el más sensible a los defectos en las canales, ya que en el pollo para el supermercado se pueden ocultar los defectos en el empaque o retirar las partes afectadas. En ambos mercados, la industria pierde rendimiento de su producto y el consumidor no está satisfecho cuando se encuentran anomalías en las canales.²⁷

La identificación de la causa de los defectos en una canal es el primer paso en la corrección de los mismos. Sin embargo, en las empresas avícolas, la identificación de un problema causa que los departamentos se culpen entre sí.²⁷

Se pueden presentar coloraciones rojas en las capas superiores de la piel causadas por hemorragias menores provenientes de vasos capilares, pero no del músculo. Algunas veces los capilares pueden ser observados como pequeñas líneas rojas. Estos cambios de color pueden ser observados en las piernas cerca de la articulación del corvejón y en la región principal del muslo. En los músculos de las piernas, estas áreas de cambios de color son generalmente redondas y puede haber varias en una línea. Otra lesión común es el cambio de color en la punta de las alas y en la superficie externa del ala.²⁷

Las contusiones son las lesiones más comunes en las que ocurre coloración anormal de la piel y en el tejido muscular que se encuentra debajo. Las contusiones pueden tener bordes muy claros entre el tejido normal y tejido hemorrágico o pueden tener bordes difusos. El color y la difusión de la lesión son los principales indicios de la evolución de la lesión. Las contusiones son indicativas de lesiones ante mortem, porque después de que el corazón deja de latir ya no hay presión sanguínea para causar hemorragias. Las contusiones comúnmente se encuentran en la superficie interna de las piernas, muslos y en las alas.²⁷

Cuando se mencionan huesos rotos, pueden referirse a huesos que son desarticulados y a aquellos en los cuales el largo del hueso es verdaderamente roto. Los huesos desarticulados o rotos pueden tener hemorragias o estar “limpios”, es decir sin sangre. Entre las lesiones más comunes se encuentran la dislocación de la cadera, del codo y del hombro, mientras que la clavícula y las piernas (tibia) son los huesos que se rompen con mayor frecuencia.²⁷

Las hemorragias en los músculos son los defectos más comunes encontrados en las canales de los animales sacrificados. El aturdimiento eléctrico induce hematomas en las canales de borregos, cerdos y pollos, la susceptibilidad de los animales a presentar hematomas depende de una serie de factores que involucran: la constitución del animal

determinada por factores genéticos y ambientales, así como la condición física de los animales al momento del aturdimiento.²⁸

La actividad de las aves puede disminuir por la cantidad de alimento ingerido, la densidad de población y por malformaciones genéticas debidas al rápido crecimiento. Cuando se restringe el alimento a lo largo del ciclo de producción las aves presentan mayor actividad física y menor crecimiento.²⁸

Las aves criadas a bajas temperaturas presentan adaptaciones patológicas en el aparato circulatorio como el síndrome ascítico, estas aves no responden bien ante el estrés térmico agudo que se presenta en las aves al momento de la captura, transporte y espera previos al sacrificio y son particularmente vulnerables a los mecanismos que afectan el metabolismo de la energía en el músculo, lo que puede ocasionar daño muscular y hemorragias.²⁸

La conversión de glucógeno en ácido láctico y su almacenamiento en los músculos es capaz de afectar varios parámetros de la calidad de la carne como son: pH, color, capacidad de retener agua y terneza.²⁹

Se reconoce que la exposición de las aves a temperaturas ambientales altas tiene un efecto detrimental en la eficiencia de la producción de pollo y en el rendimiento en canal. Existen reportes de que los pollos expuestos a un estrés calórico agudo inmediatamente antes del sacrificio presentan características de carne pálida suave y exudativa. Las condiciones de estrés agudo se pueden presentar durante el transporte o en el tiempo de espera en el andén. Es posible que el estrés por calor en la fase antemortem cause alteraciones en la permeabilidad de la membrana, mismos que pueden influir en la calidad de la canal.³⁰

Aunque el retiro del alimento por si solo causa cambios en la calidad de la carne, no se conoce si el consumidor puede ser capaz de notar los cambios en la calidad.²⁵

Existe una preocupación creciente en la industria debido a la presentación de carne con características PSE, DFD y de lesiones en las canales como hematomas, puntas de las alas con hematomas, huesos rotos y dislocaciones debidos al estrés de las aves previo al sacrificio; aunque la calidad de la carne en el pollo de engorda es un aspecto que no se contempla con atención en la industria avícola, a excepción de la carne que se destina a productos con valor agregado, en cuyo caso la calidad de la carne cobra gran importancia. Sin embargo es muy importante empezar a cuidar más los aspectos de calidad de la carne y bienestar animal previos al sacrificio de las aves.²⁵

Microbiología de la canal y tiempo de retiro del alimento

La preparación de las aves previa a la captura es un punto crítico por el riesgo que representa la contaminación de las canales con residuos de alimento y partículas fecales. En caso de contaminación de las canales es necesario el reproceso o lavado de las canales que contengan partículas de alimento o heces visibles.¹⁵

Retirar el alimento antes de la transportación, reduce la cantidad de excretas dentro de las jaulas durante el transporte por lo que las aves entran más limpias al procesamiento, también se reduce la defecación durante el aturdimiento y el desangrado, por lo tanto se reduce la posibilidad de que haya contaminación cruzada entre las canales, de la sala y equipo de evisceración.³¹

Un manejo adecuado del tiempo de retiro del alimento antes del sacrificio, reduce la posibilidad de contaminación de la canal sin afectar los rendimientos de las aves. De tal forma que la contaminación de las canales durante el procesamiento se asocia con tiempos de retiro de alimento insuficientes.³¹

El buche de las aves puede servir como reservorio de *Salmonella* en los pollos y un tiempo de retiro del alimento excesivo puede causar un incremento en la concentración de bacterias de este género en el buche. Se ha encontrado que el pH aumenta en 1.0 después de

las primeras 6 horas de retiro del alimento. Las bacterias de la familia *Enterobacteriaceae* y *S. typhimurium* generalmente disminuyen en el buche durante las 12 primeras horas sin alimento, y permanecen sin cambio o se incrementan de las 12 a las 24 horas posteriores al retiro. El número de bacterias productoras de ácido láctico recuperadas del buche van disminuyendo en la medida que el tiempo de retiro aumenta. Se reporta que una disminución en las bacterias que producen ácido láctico en el buche aumenta el pH, lo que puede causar que las bacterias de la familia *Enterobacteriaceae* proliferen durante periodos de retiro de alimento prolongados.³¹

El retiro del alimento produce cambios físicos, químicos y microbiológicos en el buche de las aves, dichos cambios pueden reducir la resistencia natural de las aves para la colonización por bacterias de la familia *Enterobacteriaceae* en el buche como el caso de *Salmonella* que puede incrementar su concentración hasta un logaritmo y *Campylobacter*, ambas son patógenas. Este incremento en la cantidad de bacterias puede deberse a un aumento en el pH del buche debido a que las bacterias de flora normal y las productoras de ácido láctico disminuyen su población.^{31,32}

Se ha encontrado que el buche pierde el 64 % del peso después de las primeras 6 horas de retiro del alimento, se menciona que para ese tiempo el buche casi se ha vaciado por completo. Mientras que un retiro muy prolongado aumenta la posibilidad de encontrar bacterias patógenas en el buche.³¹

El ciego y el buche se consideran los sitios principales del tracto gastrointestinal de las aves en los que *Salmonella* puede colonizar. En las plantas de procesamiento se observa con mayor frecuencia que se rompan los buches en comparación con los ciegos de las canales, por lo tanto el buche es una fuente importante de contaminación de la canal en las plantas de procesamiento.³²

Aunque se ha encontrado un incremento en la cantidad de bacterias del género *Campylobacter* que contiene la canal al incrementar el tiempo de retiro del alimento hasta 12 horas en comparación con aves que no han sido ayunadas, parece que este incremento

no es de consideración para una planta de procesamiento comercial, además que el tiempo de retiro del alimento no tiene efecto en la cuenta de bacterias después del enfriamiento con agua que contiene 20 ppm de hipoclorito de sodio.³³

IV. Justificación

En México no existen trabajos que contemplen variables económicas asociadas al retiro de alimento o ayuno previo al procesamiento de aves por lo que es necesario realizar investigación en el área. Para obtener los mejores rendimientos en la avicultura es necesario contar con las mejores condiciones de manejo desde el nacimiento del pollito hasta su procesamiento y distribución. Durante la captura, transporte y proceso se maneja el pollo al final del ciclo productivo, cuando ya se ha realizado la mayor parte de la inversión, por lo que las mermas son más costosas que en las actividades anteriores de la crianza del pollo. Las mermas en peso corporal, aves muertas, decomisos y deterioro del producto, afectan la eficiencia de la planta procesadora, comercialización y beneficios económicos de las empresas.

V. Objetivo General

Conocer la relación que tiene el retiro del alimento previo al sacrificio de las aves y el rendimiento de la canal con y sin vísceras e identificar las razones técnicas que pueden producir pérdidas y mermas. Proponer soluciones a las mismas y definir el tiempo óptimo económico para el retiro del alimento antes del sacrificio de las aves en la planta de procesamiento.

VI. Objetivos específicos

- Identificar las causas de merma o deterioro de las aves durante el proceso de dietado, sacrificio y procesamiento de las aves.
- Determinar el monto de las mermas de acuerdo al tiempo de retiro del alimento.

- Determinar el tiempo óptimo de retiro del alimento para la planta de procesamiento.
- Determinar el costo o beneficio atribuible al dietado para el productor y el introductor (comercializador).
- Calcular el rendimiento de las canales con y sin vísceras de acuerdo a diferentes tratamientos antes del sacrificio.
- Proponer soluciones a los problemas encontrados.

VII. Hipótesis

- Si se modifica el tiempo de retiro del alimento, entonces se puede incrementar la utilidad que se obtiene al vender el pollo después del sacrificio.
- Si se modifica el tiempo de retiro del alimento previo al sacrificio, entonces se pueden optimizar los rendimientos en canal con vísceras y sin vísceras de las aves.

VIII. Material y Métodos

Diseño experimental

Se planteó un experimento en una primera etapa para conocer el fenómeno en el cual se pesó a todas las aves cada 2 horas durante el periodo de ayuno, posteriormente se pesó a las aves al momento del sacrificio y se pesaron las canales con vísceras y sin vísceras para calcular los rendimientos.

- Determinar el tiempo óptimo de retiro del alimento para la planta de procesamiento.
- Determinar el costo o beneficio atribuible al dietado para el productor y el introductor (comercializador).
- Calcular el rendimiento de las canales con y sin vísceras de acuerdo a diferentes tratamientos antes del sacrificio.
- Proponer soluciones a los problemas encontrados.

VII. Hipótesis

- Si se modifica el tiempo de retiro del alimento, entonces se puede incrementar la utilidad que se obtiene al vender el pollo después del sacrificio.
- Si se modifica el tiempo de retiro del alimento previo al sacrificio, entonces se pueden optimizar los rendimientos en canal con vísceras y sin vísceras de las aves.

VIII. Material y Métodos

Diseño experimental

Se planteó un experimento en una primera etapa para conocer el fenómeno en el cual se pesó a todas las aves cada 2 horas durante el periodo de ayuno, posteriormente se pesó a las aves al momento del sacrificio y se pesaron las canales con vísceras y sin vísceras para calcular los rendimientos.

En una segunda etapa se determinó ayunar a las aves por un periodo desde 8 hasta 14 horas, se observó que en el periodo que va de las 0 horas de ayuno a las 8 ocurren cambios importantes en el peso de las aves. En esta etapa se decidió cambiar la hora de sacrificio de las aves al inicio de la matanza del rastro para que mientras se pesaban las canales con vísceras los trabajadores del rastro evisceraran a las aves de matanza comercial y al final se evisceraran las aves del experimento, para que al final de la matanza se pudieran pesar a las canales sin vísceras y no se interfiriera con la matanza comercial.

En la tercera etapa se decidió dar un periodo de adaptación a las aves previo al periodo de ayuno para que el estrés del transporte a la planta de procesamiento no afectaran el consumo de las aves que se mantienen consumiendo alimento más tiempo, se pesó a todas las aves al inicio del experimento, al momento del sacrificio y las canales con y sin vísceras para calcular los rendimientos.

Se calculó el periodo óptimo económico de retiro del alimento con una de las repeticiones de la tercera etapa, en la que se decidió analizar los experimentos por separado, debido a que el peso de las aves al inicio presentaba diferencia significativa.

El estudio se llevó a cabo en el Rastro Municipal de León, Guanajuato, que está situado a los $101^{\circ} 41' 00''$ de arco, equivalente a 6 horas 46 minutos 44 segundos de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a $21^{\circ} 07' 22''$ latitud norte. Su temperatura media anual es de 19.2°C . La precipitación pluvial media anual es de 697.6 milímetros; los vientos dominantes provienen del oeste, la temperatura máxima es de 35.3°C y la mínima de 0°C .³⁶

El volumen de procesamiento de la planta es aproximadamente de 5,000 aves al día llegando a sacrificar un máximo de 12,000 aves en temporadas de alta demanda de pollo.

Procesamiento

El sacrificio de las aves se llevó a cabo en una línea de procesamiento en la que se cuelga a las aves manualmente por los miembros pélvicos en ganchos de acero inoxidable. La línea se trabajó a una velocidad de 38 ganchos por minuto y cada trabajador colgó un pollo cada 4.5 segundos. La línea contó con lonas oscuras de rozamiento antes de entrar al aturdidor, las aves estuvieron en medio de las lonas de rozamiento por un periodo de 12 segundos.

Posteriormente las aves se aturdieron durante 9 segundos con 40 voltios de corriente eléctrica directa, en un aturdidor de parrilla metálica y baño de agua salina al 0.1 % de cloruro de sodio.

El sacrificio se llevó a cabo de forma manual con una cuchilla y se cortó la arteria carótida del lado derecho de las aves por la parte interna del pico, el tiempo de desangrado de las aves fue de 3 minutos 11 segundos.

El escaldado se llevó a cabo en un tanque de 4,000 litros de agua a 57° C durante 2 minutos y 20 segundos, se utilizó un escaldado fuerte ya que se deseaba que se desprendiera la cutícula de la piel del pollo.

Para el desplumado se utilizaron tres máquinas, de las cuales la primera y la tercera son de tipo "Barriles", la segunda desplumadora es de "Discos", la cual cuenta con 4 hileras de 8 discos cada una, cada disco a su vez consta de 16 dedos de hule de dureza 60. En la primera desplumadora se hizo pasar a los pollos durante 7 segundos, en la segunda 9 segundos y en la tercera 6 segundos.

Posterior a la inspección postmortem se pesaron las canales de las aves con vísceras y posteriormente se pasaron a la línea de evisceración.

Proceso de evisceración

Las aves fueron colgadas en la línea de evisceración por el cuello, posteriormente se cortaron las patas, y se colgaron las canales por las piernas, después se le cortó el cuello desde la base. Se realizó un corte alrededor de la cloaca con el equipo específico. Se realizó un corte en el abdomen de las canales para abrir la cavidad abdominal, el trabajador introdujo la mano en la incisión y exteriorizó las vísceras, se extrajo el buche y los pulmones de las canales, cada una de las actividades fueron realizadas por un trabajador especializado en la actividad específica por lo que se asume fueron realizadas de la misma forma en todas las canales.

Para pesar a las aves y el alimento se utilizó una báscula digital de acero inoxidable marca Tor Rey® modelo PS-5 de 5 Kg. de capacidad y 5 gr. de precisión.

Etapas 1

- Se realizó un experimento en el cual se utilizaron 80 pollos Ross X Ross marcados individualmente y divididos de forma aleatoria en 8 grupos de 10 pollos cada uno, a cada grupo se le asignó diferente tiempo de ayuno, iniciando con 12 horas, 10, 8, 6, 4 y 2 horas, a 2 grupos se les dio alimentación a libre acceso hasta el sacrificio.
- Se pesó a todas las aves de todos los grupos al inicio del experimento, al momento del sacrificio y cada 2 horas durante el periodo de ayuno.
- Se programó sacrificar a las aves al final de la matanza comercial para no interferir con las labores de la planta de procesamiento.
- Se tomaron los pesos de las canales con y sin vísceras, se calcularon los rendimientos en canal con y sin vísceras, se pesaron las vísceras que se destinan al consumo (hígado, corazón y molleja) y las vísceras de desecho incluyendo el buche. Se pesaron las patas y la cabeza de cada ave.

- Para comparar los pesos de cada 2 horas durante el periodo de ayuno se utilizó el Método Mixto de SAS[®] para separar los efectos principales en la varianza, analizando el efecto del peso, tratamiento de dietado, hora a la que se pesa (Tiempo de pesaje) y la interacción entre la dieta y el tiempo. Se compararon las varianzas de los diferentes grupos en todos los tiempos de ayuno.
- El modelo estadístico fue:

$$PT_{i,j,k} = \mu + \beta PI_{i,j,k} + D_i + T_j + D_i * T_j + \varepsilon_{i,j,k}$$

Donde PT= Peso a los diferentes tiempos de pesaje.

μ = Media del peso de las aves en cada tiempo.

βPI = Covariable del peso al inicio de las aves.

D= Tratamiento (Tiempo de ayuno).

T= Tiempo de pesaje.

D*T= Interacción entre la dieta y el tiempo de pesaje.

ε = Error remanente.

- Para el resto de las variables se utilizó la rutina GLM del mismo programa.

Etapa 2

- Al demostrar que la ganancia o pérdida de peso de las aves cada 2 horas durante el periodo de ayuno no presenta un comportamiento continuo, se decidió pesar a las aves solo al inicio del experimento y al sacrificio.
- Se incrementó el número de aves en cada grupo.
- Se utilizaron 80 pollos Ross X Ross marcados individualmente y divididos aleatoriamente en 4 grupos de 20 pollos cada uno, a cada grupo se le dio diferente tiempo de ayuno, iniciando con 14, 12, 10 y 8 horas.
- Se pesó a todas las aves de todos los grupos al inicio del experimento y al momento del sacrificio.

- Se tomaron los pesos de las canales con y sin vísceras, se calcularon los porcentajes de rendimiento en canal con y sin vísceras. Se pesaron las vísceras que se destinan al consumo (hígado, corazón y molleja) y las vísceras de desecho incluyendo el buche.
- Para el análisis de los datos se utilizó la rutina GLM de SAS[®] tomando como efecto principal el tiempo de dietado y como covariable el peso al inicio.
- El modelo estadístico fue:

$$Y = \mu + T + PI + \varepsilon$$

Donde Y= Peso de la canal.

μ = Media general de los grupos

T= Tratamiento (Tiempo de ayuno)

PI= Peso Inicial

ε = Error estadístico

Etapas 3

- Se determinó que las aves al llegar a la planta de procesamiento tuvieran un periodo de 24 horas de adaptación previo al tratamiento de ayuno para que el estrés del transporte no influyera en el consumo de alimento de las aves.
- En cada repetición se utilizaron 120 pollos Ross X Ross marcados individualmente y divididos aleatoriamente en 8 grupos de 15 pollos cada uno, a los cuales se les dio 24 horas de adaptación con agua y alimento antes del tratamiento de ayuno. A cada grupo se le asignó diferente tiempo de ayuno iniciando con 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2 y 0 horas.
- Todas las aves fueron pesadas al inicio (Después de las 24 horas de adaptación) y al momento del sacrificio, además las aves de cada grupo se pesaron al momento del retiro del alimento para determinar el peso ganado durante el periodo que se mantuvieron con alimento.

- Para el caso de este trabajo, a la ganancia o pérdida de peso de las aves durante el tratamiento se le denominó “peso marginal”.
- Se tomaron los pesos de las canales con y sin vísceras, se calculó el porcentaje de rendimiento en canal con y sin vísceras.
- Para el análisis de los datos se utilizó la rutina GLM del programa SAS® para establecer las diferencias entre el peso final, peso de la canal con vísceras y peso de la canal sin vísceras, así como los rendimientos con y sin vísceras, en el modelo se tomaron como covariables el peso al inicio del experimento y el peso marginal.

El modelo estadístico para las diferentes variables que se analizaron fue:

$$Y_{i,j,k} = \mu + \beta PI_{i,j,k} + D_i + T_j + \varepsilon_{i,j,k}$$

Donde Y= Peso de la canal.

μ = Media general de los grupos.

βPI = El peso inicial como covariable.

D= Peso marginal.

T= Tratamiento (Tiempo de dietado).

ε = Error estadístico.

Cálculo del consumo de alimento

- Se estimó el consumo de alimento de manera indirecta de la siguiente forma, se proporcionó a cada grupo de 15 aves un comedero con 3.5 Kg. de alimento para un periodo máximo de 14 horas, al retirar el alimento a cada grupo se pesó y se restó esa cantidad a la cantidad original, obteniendo así el alimento consumido por grupo, para estimar el consumo por ave se dividió el alimento consumido entre el número de aves del grupo.

Cálculo del rendimiento en canal

- El porcentaje de rendimiento en canal se calcula dividiendo el peso de la canal entre el peso del ave al momento del sacrificio y multiplicando el resultado por cien. En los experimentos se calculó el rendimiento con vísceras ya que una gran parte de los pollos se comercializan de esta forma y se denominan “Tipo mercado público mexicano” o “*New York dressed*”. También se calculó el porcentaje de rendimiento sin vísceras,.

Precios del pollo para análisis económico

- Los precios promedio mensuales del pollo en pie, pollo procesado y pollo eviscerado fueron proporcionados por la Unión Nacional de Avicultores. Se hizo un promedio con los cuatro precios mensuales más bajos, los medios y los precios altos, para plantear tres escenarios ya que el precio del pollo a lo largo del año presenta una gran fluctuación.

Modelo para optimización

- Para determinar el óptimo económico del retiro del alimento previo al sacrificio se utilizaron los parámetros de la regresión de una de las repeticiones del último experimento.
- Se utilizó la rutina Solver[®] de Excel[®] para determinar el óptimo económico basado en los parámetros de la regresión tomando en cuenta el peso marginal durante el ayuno y el alimento consumido por las aves previo al sacrificio, se plantearon 3 escenarios de costo del alimento (\$ 2.60, \$ 3.25 y \$ 3.90 pesos por kilo) y para cada escenario se plantearon 3 posibles precios de venta del pollo en pie (\$ 6.00, \$ 12.00 y \$ 17.50 pesos por kilo).

Cálculo del ingreso bruto al comercializar canales de aves con diferente ayuno

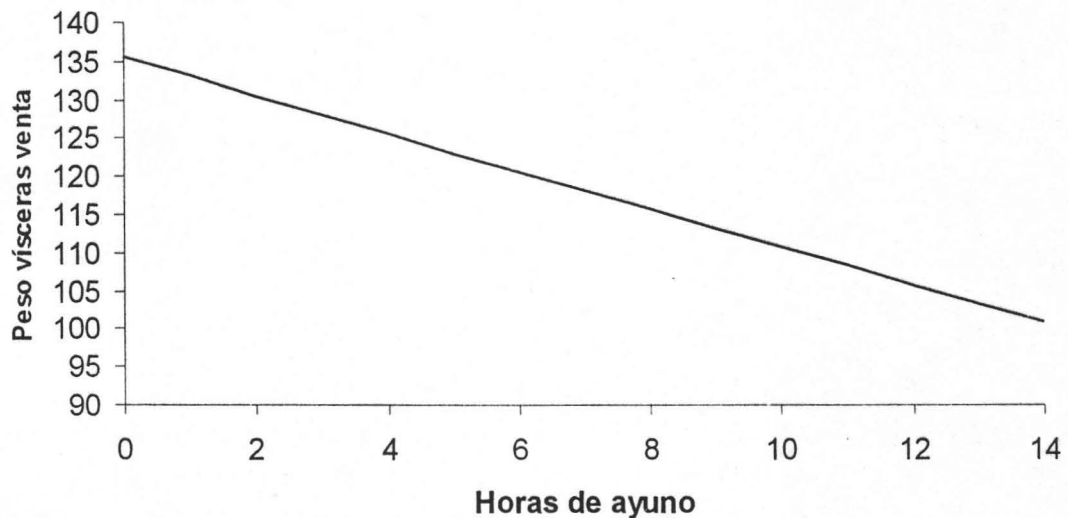
- Se realizó el cálculo del ingreso bruto que se puede percibir al comercializar canales sin vísceras de aves que recibieron diferente tratamiento de ayuno tomando en cuenta el rendimiento sin vísceras que presentan las aves a las diferentes horas de ayuno, se plantearon 3 diferentes posibles precios de venta de la canal sin vísceras (\$ 12.00, \$ 18.00 y \$ 24.00 pesos por kilo).

IX. Resultados

Etapa 1

En la Gráfica 1 se modela el peso de las vísceras de venta ($p=0.000$, $r^2=0.354$) de acuerdo al tiempo de ayuno de las aves, la regresión presenta un intercepto al origen (α) de 135.46 gramos, lo que se interpreta como el peso de las vísceras en promedio antes del ayuno. La regresión presenta un valor (β) de 2.47 gramos, lo que se interpreta como el peso que pierden las vísceras cada hora que se incrementa el ayuno.

Gráfica 1. Peso de las vísceras de venta.

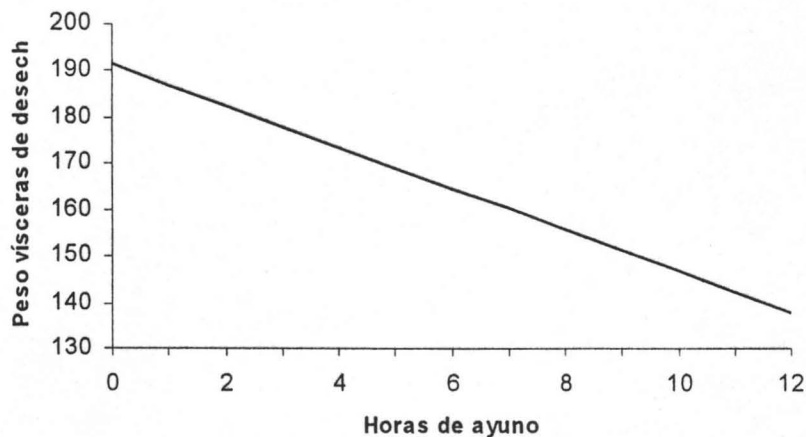


$$\text{Peso de las vísceras de venta} = 135.46 + (\text{Horas de ayuno} * (-2.47))$$

$$p=0.000, r^2=0.354$$

En la Gráfica 2 se representa el modelo del peso de las vísceras de desecho, el modelo presenta un intercepto al origen (α) de 191.32 que se interpreta como el peso de las vísceras cuando las aves no han recibido ayuno, de ahí pierden 4.46 gramos por cada hora de ayuno.

Gráfica 2. Peso de las vísceras de desecho

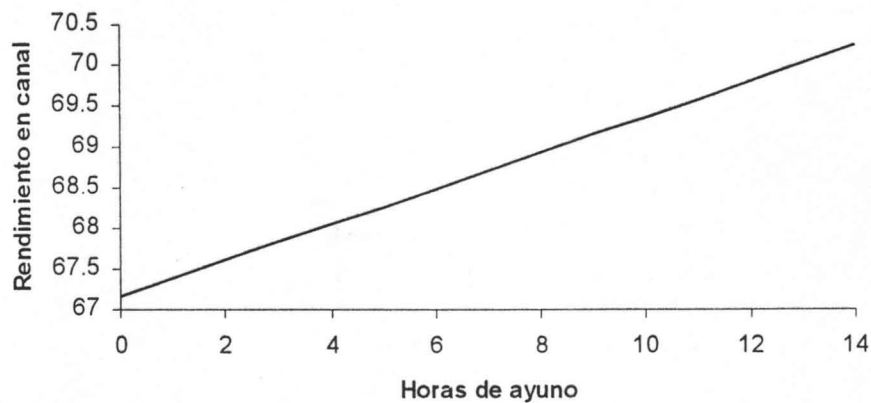


$$\text{Peso vísceras de desecho} = 191.32 + (\text{Horas de ayuno} * (-4.46))$$

$$p = 0.000, r^2 = 0.254$$

El rendimiento sin vísceras (Gráfica 3) presenta un intercepto al origen (α) de 67.16 % que se interpreta como el promedio de rendimiento en canal de las aves que han recibido alimentación hasta el momento del sacrificio, de ahí van ganando 0.22 % (β) por cada hora en que se incrementa el tiempo de ayuno ($p = 0.001, r^2 = 0.127$).

Gráfica 3. Rendimiento sin vísceras

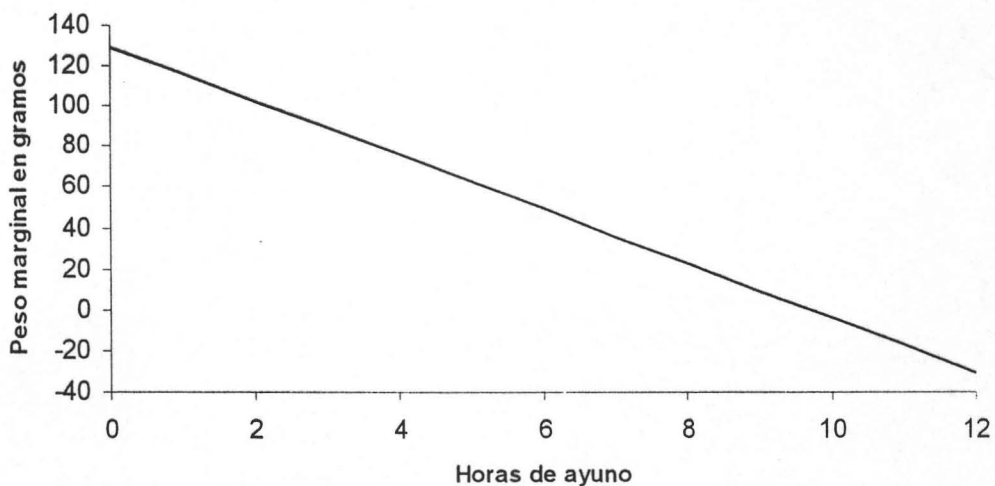


$$\text{Rendimiento sin vísceras} = 67.17 + (\text{Horas de ayuno} * 0.22)$$

$$p = 0.001, r^2 = 0.127$$

La diferencia en el peso presenta un intercepto al origen (α) de 129.33 gramos (Gráfica 4) que debe interpretarse como el promedio de peso que ganan las aves al recibir alimento hasta el momento del sacrificio, de ahí disminuye este peso en 13.34 (β) gramos por cada hora de ayuno, este valor es el resultado de la diferencia del peso que ganan las aves que reciben alimento con el peso que pierden las aves que no reciben alimento ($p=0.000$, $r^2=0.445$).

Gráfica 4. Peso marginal durante el ayuno



$$\text{Peso marginal durante el ayuno} = 129.33 + (\text{Horas de Ayuno} * (-13.34))$$

$$p=0.000, r^2=0.445$$

Para el caso de las patas, cabezas y el rendimiento con vísceras no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los grupos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Etapa 1. Promedio de los pesos de las vísceras de venta, de desecho, patas, cabeza y Rendimientos en canal con y sin vísceras.

Tiempo de Ayuno	Vísceras de venta	Vísceras de desecho	Patatas	Cabeza	Rendimiento con Vísceras %	Rendimiento sin Vísceras %
0 Horas	137.00 a	186.25 a	101.50	136.50	90.97	67.56 b, c
2 Horas	128.50 a, b	173.50 a	101.00	139.00	90.99	66.95 c
4 Horas	123.50 b	191.00 a	103.00	138.50	90.88	68.53 a, b, c
6 Horas	115.50 b, c	163.50 a, b	97.50	125.50	90.79	68.20 b, c
8 Horas	125.50 a, b	179.00 a	97.50	135.00	90.84	67.39 b, c
10 Horas	107.50 c	138.00 b, c	96.50	135.50	91.11	69.65 a, b
12 Horas	106.00 c	125.50 c	102	137.50	91.27	70.66 a
Error estándar	1.97	4.22	1.29	1.69	0.008	0.29
Significancia	0.000	0.000	0.791	0.489	0.797	0.0001

a, b, c. Literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa.

Etapa 2

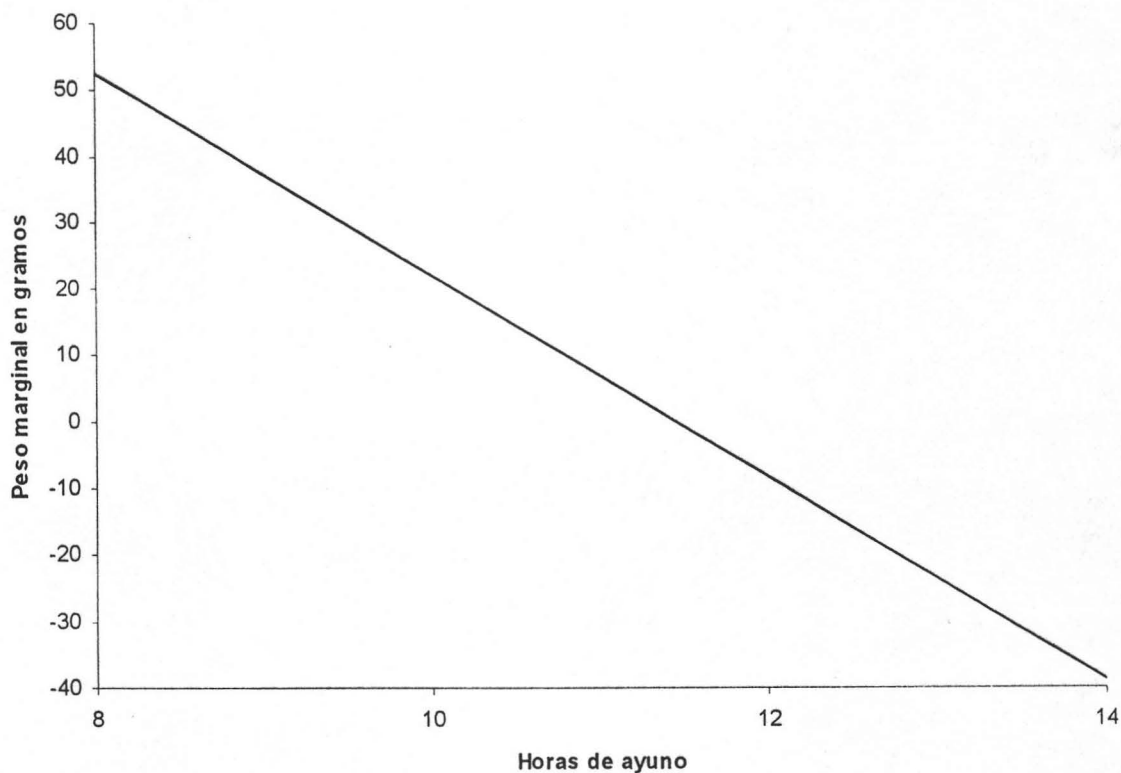
En el Cuadro 2 se presentan los promedios del rendimiento con vísceras, rendimiento sin vísceras y el peso de las vísceras de venta y de desecho. El rendimiento con vísceras presenta diferencia significativa ($p=0.015$), el rendimiento sin vísceras presenta diferencia cerca de ser significativa ($p=0.088$). Al incrementarse el tiempo de ayuno las aves dejan de ganar peso en relación con las que se mantienen con alimento más horas incluso llegando a perder peso, se encontró que las aves pierden en promedio 15.18 gramos por cada hora en que se incrementa el tiempo de ayuno (β), con un intercepto al origen (α) de 173.88 gramos en este modelo la r^2 que se obtiene es de 0.460 (Gráfica 5).

Cuadro 2. Promedio del rendimiento con vísceras, rendimiento sin vísceras, peso de las vísceras de venta y de las vísceras de desecho.

Tiempo de Ayuno	Rendimiento con vísceras	Rendimiento sin vísceras	Vísceras de venta	Vísceras de desecho
8 Horas	90.68 a, b	69.15	113.50	135.75
10 Horas	90.48 b	71.15	116.05	120.26
12 Horas	91.40 a, b	72.75	109.75	124.25
14 Horas	91.43 a	71.77	115.00	119.75
Error estándar	0.13	0.52	2.49	2.88
Significancia	0.015	0.088	0.828	0.170

Literales distintas en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa.

Gráfica 5. Peso Marginal durante el Ayuno

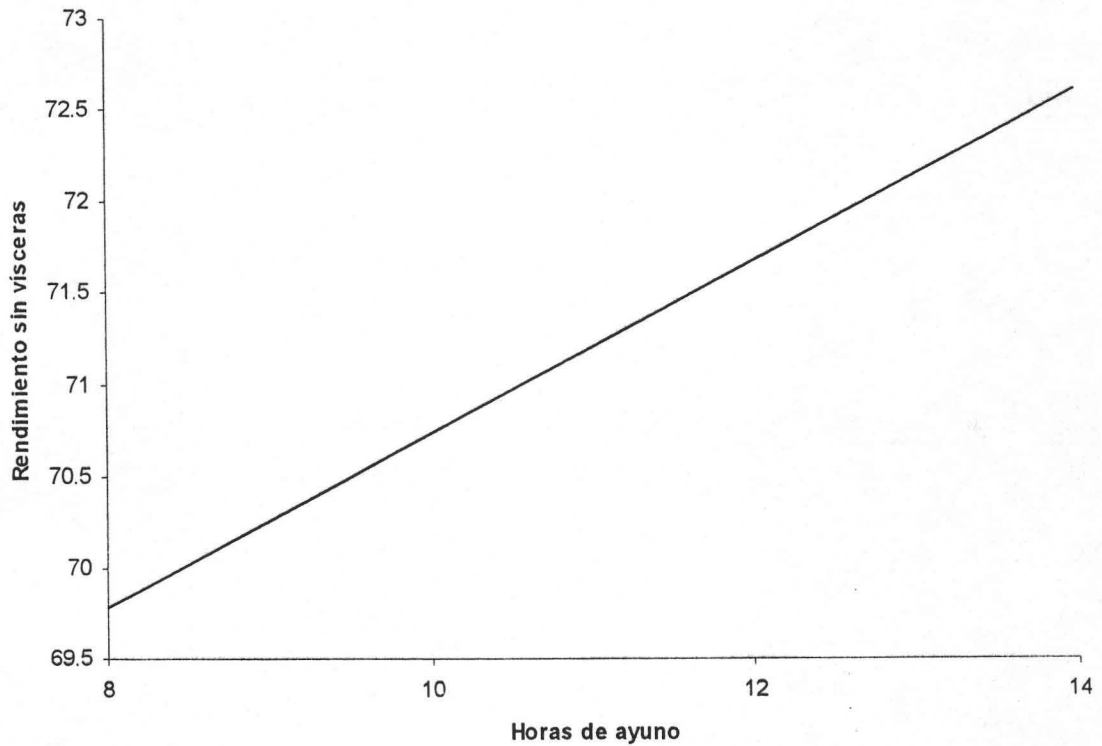


$$\text{Peso marginal} = 173.88 + (\text{Horas de ayuno} * (-15.88))$$

$$p=0.000, r^2=0.46$$

En el caso del rendimiento sin vísceras (Cuadro 2 y Gráfica 6) se obtiene un valor de $p=0.040$, el intercepto al origen (α) es de 65.99 % y se va incrementando 0.473 % por cada hora de ayuno (β) ($r^2=0.25$). En este experimento se encontró que el rendimiento con vísceras de las aves se incrementó en 0.158 % por cada hora de ayuno (β) ($r^2=0.2270$), en ambos casos el valor de la r^2 es muy bajo.

Gráfica 6. Rendimiento sin Vísceras



$$\text{Rendimiento sin vísceras} = 65.995 + (\text{Horas de ayuno} * 0.473)$$

$$p=0.04, r^2=0.25$$

Etapa 3

Se encontró diferencia significativa entre los pesos de las aves del experimento 3.2 con respecto a las del 3.1 y 3.0 (Cuadro 3), como en los experimentos de las etapas 1 y 2 se había encontrado que el peso inicial de las aves influye en los rendimientos de las mismas al sacrificio se tomó la decisión de comparar los experimentos por separado aunque las repeticiones se llevaron a cabo de la misma forma.

Cuadro 3. Peso de las aves al inicio de los experimentos

Experimento	Peso al inicio del experimento
3.0	2906.46 a
3.1	2826.08 a
3.2	2574.13 b
Error Estándar	19.30
Significancia	p=0.0001

a, b. Literales distintas indican diferencia estadísticamente significativa

Experimento 3.0

Los resultados de los análisis del experimento 3.0 se encuentran en los Cuadros 4 y 5.

En el caso del peso de la canal con vísceras y el peso de la canal sin vísceras, se encuentra que se pueden modelar por medio de regresión con gran exactitud, obteniendo valores de r^2 de 0.99 para el peso de la canal con vísceras y 0.96 para el peso de la canal sin vísceras (Cuadro 4).

Para el peso de la canal con vísceras y sin vísceras (Cuadro 4) la variabilidad se encuentra explicada por el peso inicial y el peso marginal $p < 0.01$.

Cuadro 4. Valores de las ecuaciones del peso de la canal con vísceras y peso de la canal sin vísceras considerando el Peso inicial, diferencia, dieta y la dieta al cuadrado.

Parámetro	Peso canal con vísceras		Peso canal sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	-2.477063	20.966500	-102.170781	37.338841
β Peso Inicial	0.912366 **	0.007019	0.714898 **	0.012500
β Peso marginal	0.753556 **	0.056877	0.561338 **	0.101292
β Dieta	-1.903861	1.829098	6.415645	3.257406
β Dieta ²	-0.093915	0.113898	-0.242718	0.202839
Promedio	2591.133333		1975.083333	
CME	511.421046		1621.990801	
R ²	0.993354		0.966448	

** Probabilidad < 0.01

En el caso de los rendimientos de la canal con vísceras y sin vísceras la r^2 que se obtiene es de 0.16 y 0.25 respectivamente, siendo significativo solo la diferencia en el peso de las aves $p < 0.01$ (Peso marginal durante el experimento).

Cuadro 5. Valores de las ecuaciones del rendimiento con vísceras y el rendimiento sin vísceras considerando el peso inicial, diferencia, dieta y la dieta al cuadrado.

Parámetro	Rendimiento con vísceras		Rendimiento sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	90.583300	0.738465	65.829901	1.290811
β Peso inicial	0.000198	0.000247	0.000730	0.000432
β peso marginal	-0.005397 **	0.002003	-0.004645	0.003501
β Dieta	-0.076270	0.064423	0.216345	0.112609
β Dieta ²	-0.002484	0.004011	-0.008023	0.007012
Promedio	90.725416		69.143000	
CME	0.634435		1.938438	
R ²	0.161251		0.254941	

** Probabilidad < 0.01

Experimento 3.1

Los resultados de los análisis de regresión del experimento 3.1 se encuentran en los Cuadros 6 y 7.

En el Cuadro 6 se expresan los valores de las ecuaciones del peso de la canal con vísceras y sin vísceras considerando el peso inicial, la diferencia en el peso, el tiempo de ayuno (dieta) y el tiempo de ayuno al cuadrado.

Para el peso de la canal con vísceras se encuentra que el peso inicial y la diferencia en el peso presentan un efecto estadísticamente significativo $p < 0.01$. Para el peso de la canal sin vísceras se encuentra que el peso inicial, la diferencia en el peso y el tiempo de ayuno presentan efecto altamente significativo $p < 0.01$ y las horas de ayuno al cuadrado presentan efecto estadísticamente significativo $p < 0.05$.

Cuadro 6. Valores de las ecuaciones del peso de la canal con vísceras y de la canal sin vísceras considerando el peso inicial, diferencia, la dieta y la dieta al cuadrado.

Parámetro	Peso canal con vísceras		Peso canal sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	-35.525041	13.717933	-43.196904	27.522014
β Peso inicial	0.923783 **	0.004417	0.690009 **	0.008863
β Peso marginal	0.902425 **	0.041559	0.530931 **	0.083379
β Dieta	-2.077265	1.337380	11.285731 **	2.683159
β Dieta ²	0.088268	0.093623	-0.408616 *	0.187834
Promedio	2582.708333		1966.583333	
CME	321.262426		1293.132381	
R ²	0.997443		0.981752	

* Probabilidad < 0.05

** Probabilidad < 0.01

En el caso del rendimiento con vísceras (Cuadro 7), se encuentra que solo el peso inicial presenta efecto estadísticamente significativo $p < 0.01$ y la r^2 del modelo es igual a 0.12.

El rendimiento con vísceras presenta un modelo con un valor de r^2 de 0.53 (Cuadro 7) y presenta efecto estadísticamente significativo en este parámetro el tratamiento de las horas de ayuno.

Cuadro 7. Valores de las ecuaciones del rendimiento con vísceras y el rendimiento sin vísceras considerando el peso inicial, diferencia, la dieta y la dieta al cuadrado.

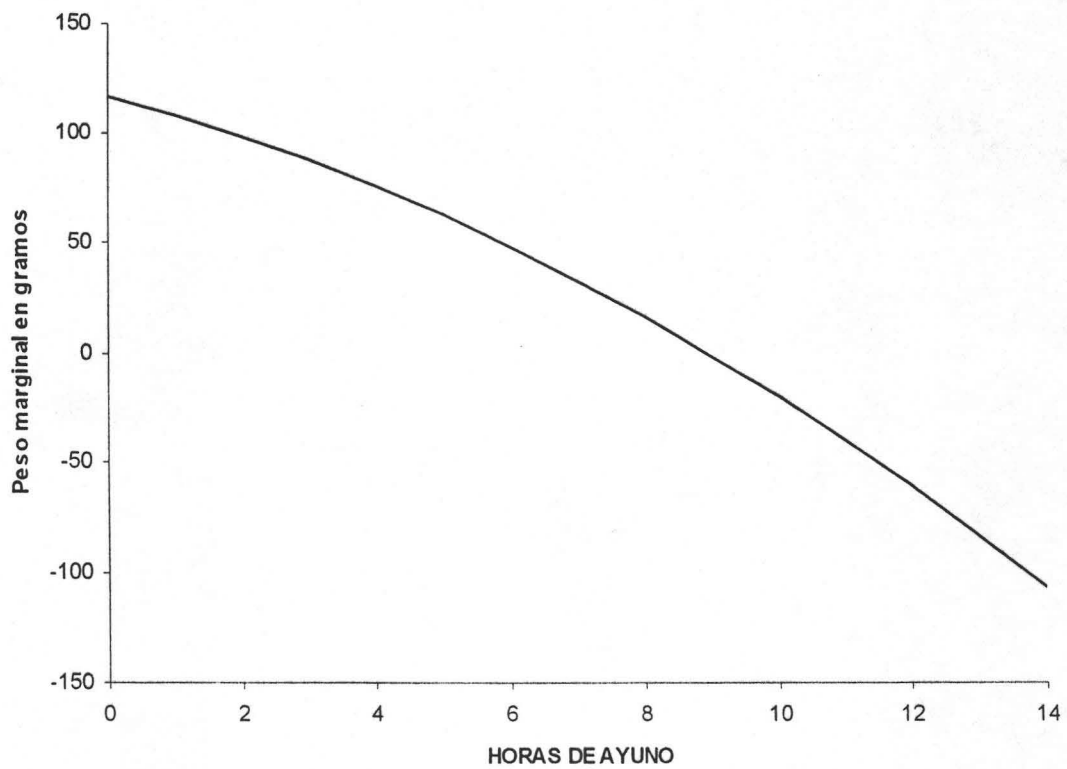
Parámetro	Rendimiento con vísceras		Rendimiento sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	89.528245	0.494181	67.469792	0.991691
B Peso inicial	0.000559 **	0.000159	-0.000061	0.000319
B Peso marginal	-0.000468	0.001497	-0.003633	0.003004
B Dieta	-0.071698	0.048178	0.396679 **	0.096681
B Dieta ²	0.002782	0.003372	-0.011937	0.006768
Promedio	90.793500		69.172416	
CME	0.416922		1.678943	
R ²	0.123535		0.527828	

** Probabilidad < 0.01

Modelo de optimización

En la Gráfica 7 se representa el modelo del peso marginal de las aves en las últimas horas antes del sacrificio, se puede observar que al ser mayor el tiempo de ayuno, el peso que pierden las aves es mayor, las aves no ganan ni pierden peso muy cerca de las 10 horas de ayuno en este diseño en el que se evalúan las últimas 14 horas previas al sacrificio de las aves.

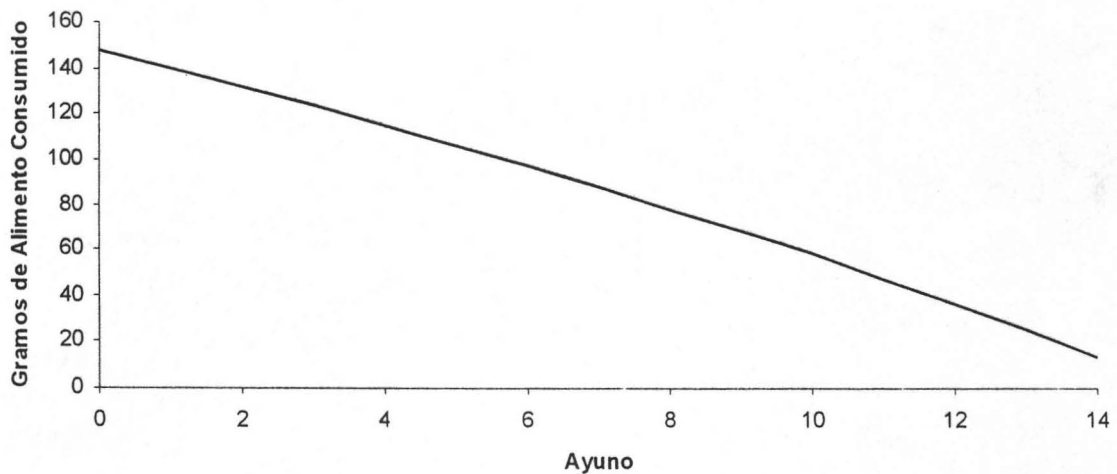
Gráfica 7. Peso marginal experimento 3.1



$$Pmg=(-99.455)+(HA*21.245)+(HA^2*-0.577)+(PP*0.07643)+((HA*PI)+-0.0103)$$

En la Gráfica 8 se presenta la gráfica del consumo del alimento en las últimas horas previas al sacrificio en las aves, se puede observar que las aves a las que no se les da tiempo de ayuno previo al sacrificio, llegan a consumir cerca de 150 gramos de alimento.

Gráfica 8. Consumo de alimento en las últimas horas



$$CA=147.612+(HA*-7.481)+(HA^2*-0.419)$$

Determinación del tiempo de ayuno para tres escenarios de costo del alimento y tres escenarios de precio de venta del pollo para cada caso

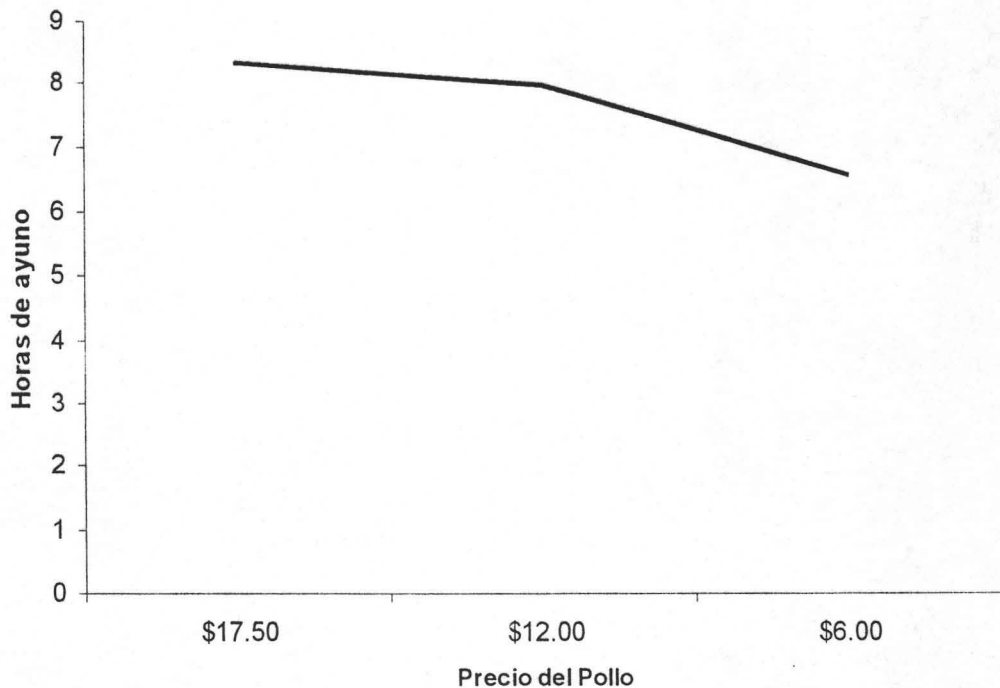
Para calcular el tiempo de ayuno de las aves para no ganar ni perder dinero con respecto al valor del pollo 14 horas antes del sacrificio se plantearon 3 posibles escenarios de costo del alimento por kilo y se plantearon para cada costo del alimento tres escenarios de precio de venta del pollo, esto se hizo con la finalidad de calcular el tiempo de retiro para diferentes condiciones de producción que pueden ser desde empresas muy pequeñas que adquieren el alimento elaborado a un costo alto hasta integraciones grandes que tienen costos preferenciales en la compra de los insumos y elaboración propia del alimento.

Los 3 escenarios de precio de venta del pollo se plantearon de acuerdo a los precios de venta promedio a lo largo del año, ya que el precio del pollo es muy variable.

En la Gráfica 9 se presenta de manera gráfica el tiempo de ayuno que se debería dar a la aves bajo el supuesto de que el alimento en la empresa tuviera un costo de \$ 2.60 por kilo y con tres escenarios de precio de venta del pollo, así el tiempo de ayuno para aves que

se vendieren a \$ 17.50 por kilo debería ser 8 horas 19 minutos, para aves que se vendieren a \$ 12.00 por kilo debería ser 7 horas 39 minutos y para aves que se vendieren a \$ 6.00 por kilo debería ser 6 horas 58 minutos.

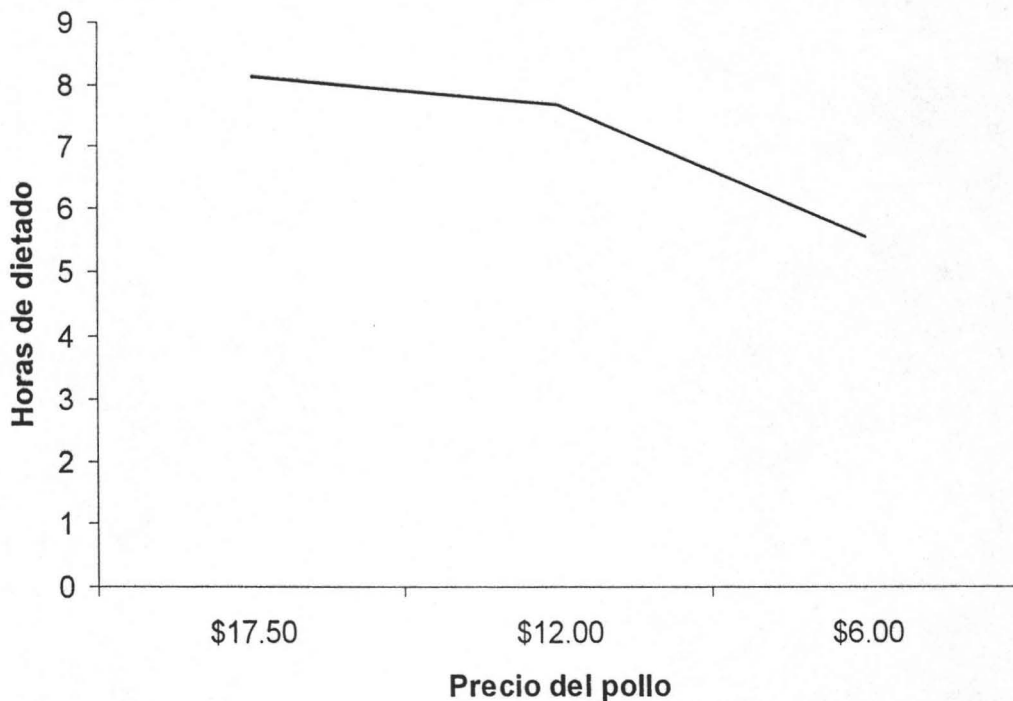
Gráfica 9. Horas de ayuno para no ganar ni perder con costo de alimento \$ 2.60



En la Gráfica 10 se representa de manera gráfica el tiempo de retiro del alimento para no ganar ni perder dinero en las últimas 14 horas previas al sacrificio de las aves bajo el supuesto de que el alimento tuviera un costo de \$ 3.25 pesos por kilo, de esta forma si el precio del pollo fuera \$ 17.50 pesos por kilo periodo de ayuno debería ser de 8 horas 8 minutos, 7 horas 41 minutos para el precio del pollo en \$ 12.00 y 5 horas 34 minutos para el precio del pollo en \$ 6 pesos por kilo.

Gráfica 10. Horas de ayuno para no ganar ni perder con costo de alimento \$

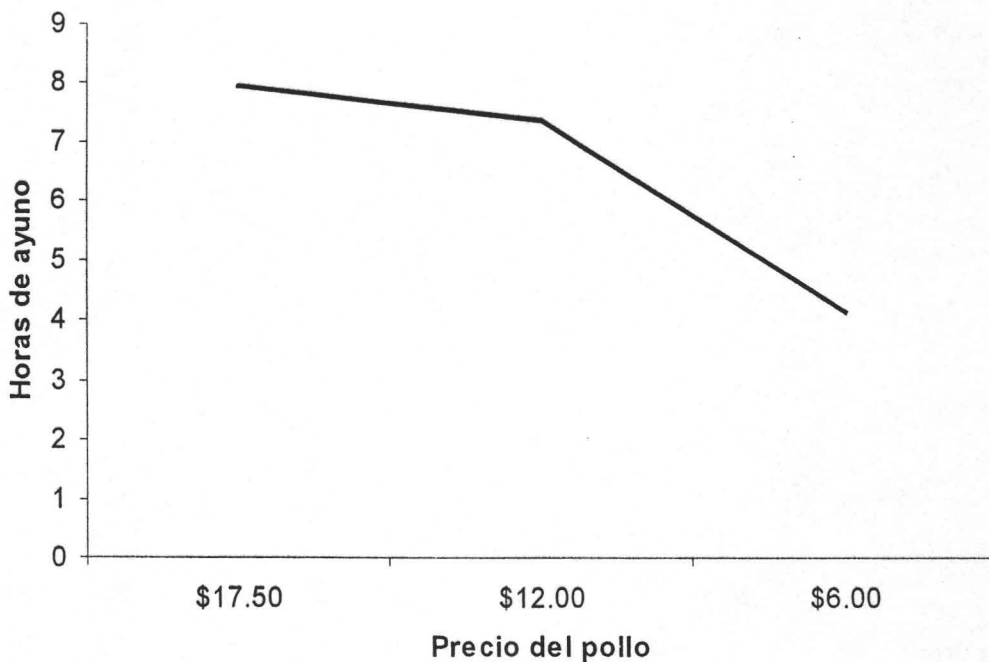
3.25



En la Gráfica 11 se representa de manera gráfica el tiempo de ayuno que se debe dar a las aves para no ganar ni perder dinero en las últimas 14 horas previas al sacrificio bajo el supuesto de que el alimento tuviera un costo de \$ 3.90 pesos por kilo. De tal manera el tiempo de ayuno para no ganar ni perder en el caso de que el precio de venta del pollo fuera de \$ 17.50 pesos sería de 7 horas con 57 minutos, 7 horas 21 minutos para el caso de que el pollo tuviera un precio de venta de \$ 12.00 pesos y 4 horas con 13 minutos para el caso de que el pollo se vendiera en \$ 6 pesos por kilo.

Gráfica 11. Horas de ayuno para no ganar ni perder con costo de alimento \$

3.90



Las horas de ayuno para equilibrar el costo del alimento consumido con la merma económica de la canal se encuentran entre 4 horas 8 minutos (alimento a \$ 3.90 pesos por kilogramo y el pollo a \$ 6.00 pesos por kg) y 8 horas 19 minutos (alimento a \$ 2.60 pesos por kg. y el pollo a \$17.50 pesos por kg.).

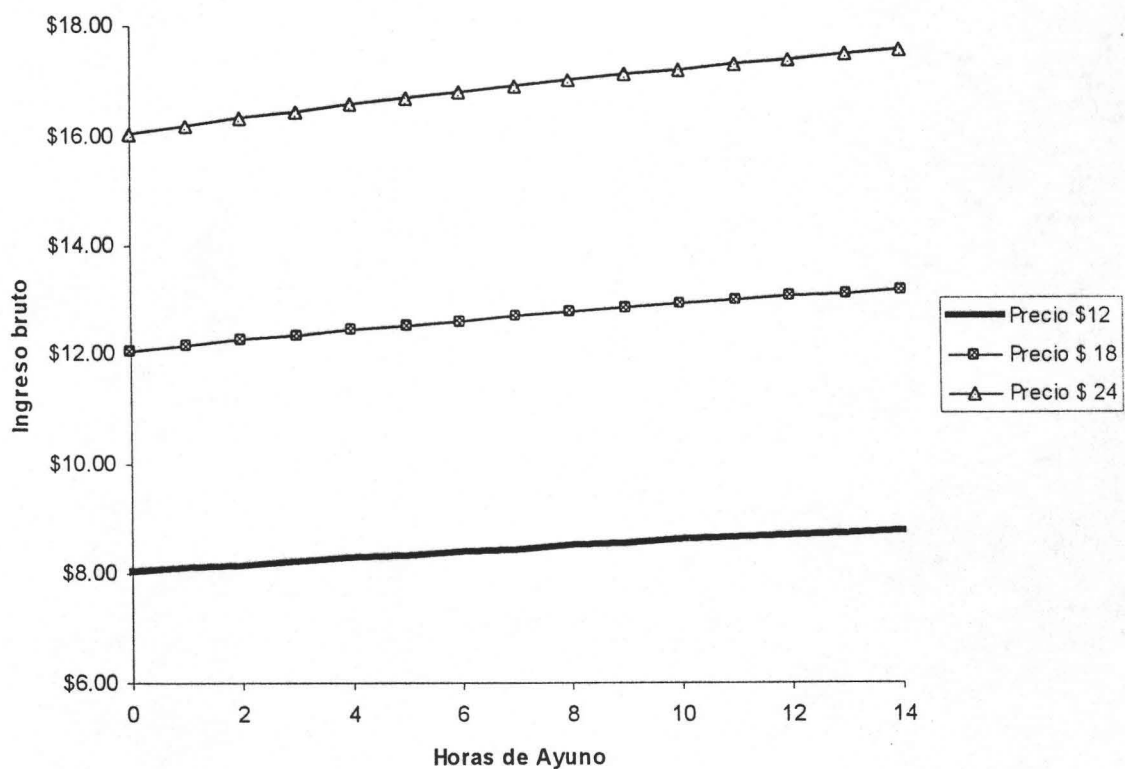
Beneficio económico al comercializar

En la Gráfica 12 se representa el ingreso bruto al comercializar canales con diferente tiempo de ayuno por cada kilogramo adquirido en pie, se puede observar que al incrementarse el periodo de ayuno en las aves el comercializador obtendrá mayor ingreso por kilo adquirido en pie.

El ingreso bruto por cada kilogramo de pollo en pie con un precio de venta de \$12.00 pesos por kilo en canal sin vísceras va de \$8.03 sin periodo de ayuno, hasta \$ 8.79

al llegar a 14 horas de ayuno. Al comercializar canales sin vísceras a un precio de \$ 18.00 pesos por kilo se puede obtener \$ 12.04 pesos por cada kilogramo en pie con un tiempo de ayuno de cero horas, mientras que al llegar a las 14 horas el beneficio económico puede llegar a \$ 13.19. Al comercializar la canal sin vísceras a un precio de \$ 24.00 pesos por kilo, se pueden obtener \$ 16.05 pesos por cada kilogramo de pollo en pie sin tiempo de ayuno, mientras que en aves con 14 horas de ayuno se pueden obtener \$ 17.58 pesos.

Gráfica 12. Ingreso bruto al comercializar canales sin vísceras con diferente tiempo de ayuno por cada kilo en pie, calculando con 3 diferentes precios de venta por kilo



Experimento 3.2

En el Cuadro 8 se representan los valores de la regresión del peso de la canal con vísceras (PCV) y del peso de la canal sin vísceras (PSV) considerando el efecto del peso

inicial, peso marginal (diferencia), horas de ayuno y las horas de ayuno al cuadrado, en ambos casos el peso inicial y el peso marginal son los parámetros que tienen efecto en el peso de las canales. En el caso de este experimento el tratamiento y el efecto del tratamiento al cuadrado no presentan efecto en las variables medidas. El modelo PCV presenta una r^2 de 0.99 y el modelo del PSV de 0.97.

En el Cuadro 9 se presentan los valores de la regresión del rendimiento con vísceras y sin vísceras considerando el efecto del peso inicial, peso marginal (diferencia), horas de ayuno y horas de ayuno al cuadrado, en el caso de este experimento solo el peso inicial y el peso marginal demuestran efecto sobre el RSV, para el caso del RCV ninguno de los parámetros presenta efecto significativo. El modelo del RCV presenta una r^2 de 0.07 y el RSV de 0.47.

Cuadro 8. Valores de la ecuación del peso de la canal con vísceras y el peso de la canal sin vísceras considerando el efecto del peso inicial, peso marginal, dieta y dieta al cuadrado.

Parámetro	Peso canal con vísceras		Peso canal sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	-16.366965	16.377484	-231.957209	36.601176
β Peso inicial	0.916394 **	0.005684	0.755524 **	0.012703
β Peso marginal	0.861159 **	0.039995	0.490864 **	0.89384
β Dieta	0.266627	1.473325	3.816987	3.292657
β Dieta ²	-0.110560	0.104850	-0.020247	0.234324
Promedio	2395.123966		1771.239669	
CME	422.260956		2109.000083	
R ²	0.996036		0.969554	

** Probabilidad < 0.01

Cuadro 9. Valores de la ecuación del rendimiento con vísceras y el rendimiento sin vísceras considerando el efecto del Peso Inicial, Diferencia, Dieta y Dieta al Cuadrado.

Parámetro	Rendimiento con vísceras		Rendimiento sin vísceras	
	Valor	Error Estándar	Valor	Error Estándar
Intercepto (α)	90.015852	0.618256	56.121408	1.376840
β Peso inicial	0.000387	0.000214	0.003962 **	0.000477
β Peso marginal	-0.001838	0.001509	-0.007101 *	0.003362
β Dieta	0.000366	0.055618	0.175068	0.123861
β Dieta ²	-0.003647	0.003958	-0.001939	0.008814
Promedio	90.638181		66.921404	
CME	0.601761		2.984377	
R ²	0.075408		0.478858	

* Probabilidad < 0.05

** Probabilidad < 0.01

X. Discusión

El rendimiento con vísceras y sin vísceras no presentaron un comportamiento constante al incrementarse el periodo de ayuno, esto pudo deberse a que las aves que se trabajaron en estos experimentos presentaban poca uniformidad en los pesos, el manual de manejo de la estirpe Ross® menciona que aves de mayor peso presentarán mayor rendimiento en canal, además de que los machos presentan un mayor rendimiento que las hembras, estas aves fueron criadas de forma mixta y fueron asignadas a los tratamientos de forma aleatoria.⁹

En una etapa de este trabajo se encontró que el tiempo de ayuno entre las 8 y las 14 horas estuvo lejos de ser significativo para explicar la variabilidad del rendimiento ($p=0.4326$) y el peso ($p=0.3842$) de las canales sin vísceras, mientras que el peso del ave previo al periodo de ayuno fue altamente significativo para ambos valores ($p=0.0001$), esto se puede deber a que según Buhr *et al.* (1998) la mayor pérdida de peso se presenta en las primeras 6 horas de ayuno cuando las aves pierden 0.6 % del peso corporal por hora, mientras que de las 6 a las 12 horas solo pierden el 0.35 % del peso corporal por hora, coincidiendo con el periodo de ayuno que se evaluó durante la etapa 2, que fue de las 8 a las 14 horas.¹⁰

Recientemente el buche ha sido reconocido como una fuente potencial de contaminación de las canales en las plantas de procesamiento. En experimentos llevados a cabo en granjas y laboratorio se ha observado que la incidencia de *Salmonella* en el buche y en los ciegos de las aves se incrementa después de 8 horas de ayuno, en el caso de este trabajo se encontró que cuando el precio del pollo está alto, el óptimo económico de retiro del alimento se encuentra muy cerca de 8 horas o menos, por lo que coincide con el tiempo de ayuno en el que no se incrementa la incidencia de *Salmonella* en el buche.³⁴

Se recuperan mayores cantidades de *Escherichia coli*, coliformes y bacterias aeróbicas totales de canales antes del desplumado en comparación con canales desplumadas. La implementación de un programa de retiro del alimento antes de la captura

de las aves en la granja, disminuye el contenido de heces del tracto gastrointestinal, por lo tanto, hay menor cantidad de material que sea potencialmente contaminante de las canales durante el transporte y el proceso. Un tiempo de retiro del alimento de 8 horas previo a la captura disminuye a la cuarta parte la cantidad de heces que se encuentran en las jaulas de transporte, pero no altera la incidencia de muestras positivas y de concentración bacteriana de *Salmonella* en el contenido cloacal y cecal.³⁵

En algunos trabajos se ha encontrado que 4 horas de retiro del alimento antes del sacrificio en los pavos son suficientes para que el tracto gastrointestinal se vacíe adecuadamente sin que la vesícula biliar se llene demasiado y se pierda peso en la canal, en el modelo de optimización encontramos que cuando el costo del alimento es muy alto \$ 3.90 y el precio de venta del pollo en pie es bajo \$ 6.00, un tiempo de retiro cercano a las 4 horas puede ayudar al productor a tener un menor costo por el periodo de ayuno.¹²

Se ha encontrado que la resistencia de las paredes del intestino disminuye con tiempos de dietado prolongados y por consecuencia las vísceras son más frágiles cuando el tiempo de dietado se prolonga más de 12 horas, esto coincide con nuestro hallazgo por que desde el punto de vista económico en ningún caso se justifica un tiempo de ayuno mayor a 8 horas 19 minutos. Buhr reporta que la resistencia de la pared del proventrículo, duodeno y el colon permanece sin cambios, mientras que la resistencia del intestino delgado se reduce un 22 % cuando el tiempo de dietado aumenta de 12 hasta 18 horas. Las aves durante las primeras 6 horas de dietado pierden aproximadamente 0.60 % del peso corporal por hora, entre las 6 y las 12 horas 0.35 %, entre 12 y 18 horas pierden 0.30 % y de las 18 a las 24 horas pierden 0.33% por hora, esto difiere ligeramente de nuestros datos en los que encontramos que de las 0 a las 14 horas de dietado las aves pierden en promedio 0.28 % por hora, cifra que es menor a la que reporta este autor en 1998.¹⁰

Bilgili en 2003 menciona que es común que las aves experimenten periodos de ayuno mayores a 12 horas por ayuno voluntario, falta de alimento en los comederos, elevación de los comederos antes de la hora programada, cambios de última hora en la programación de la captura y transformación, así como retrasos en la planta de

procesamiento, sin embargo en este trabajo concluimos que el tiempo de retiro no debe ser mayor a 8 horas 19 minutos, que bajo esas condiciones que planteamos de precio, debe ser el objetivo para las empresas, se debe poner atención a factores externos que puedan afectar el tiempo objetivo.⁴

El Dr. Bilgili en 2003 menciona que se debe tomar en cuenta la contaminación potencial de las canales durante el procesamiento, la merma en peso, el peso vendible y las pérdidas en el rendimiento para implementar un programa de retiro, a lo que podemos agregar el factor económico que durante este estudio demostramos que se puede optimizar para evitar pérdidas económicas al productor.⁴

Se menciona que la glucosa en la sangre disminuye con el retiro del alimento, mientras que el glucógeno hepático disminuye hasta cero con un retiro del alimento mayor a 6 horas, en este trabajo no se evaluaron valores de laboratorio clínico, pero el peso de las vísceras disminuyó, en el caso de las vísceras de venta entre las que se encuentra el hígado, se encontró una disminución de 2.47 gramos por hora de ayuno a partir de 135 gramos que es lo que pesaban las vísceras de venta de aves sin ayuno.¹³

Farhat menciona que el retiro del alimento puede ocasionar una disminución en el peso vivo del ave de hasta 6 %, en este trabajo se encontró que la pérdida en el peso es de 5.6 % aproximadamente en las primeras 12 horas.¹⁵

Van Der Wal reportó en 1999 que al incrementarse el tiempo de retiro del alimento, el porcentaje de rendimiento de la canal eviscerada se incrementa desde 70 % sin tiempo de ayuno, hasta 72 y 73 % con 12 horas de ayuno, en este trabajo se encontró que el rendimiento eviscerado se incrementa en 0.22 % por cada hora de ayuno agregada, partiendo de 67.16 % en el caso de aves sin ayuno, esta diferencia se puede deber a diferencias de la estirpe, condiciones de crianza, edad, sexo y estado de salud de la parvada. Coincidimos en que el rendimiento se incrementa con periodos de ayuno mayores, mientras que el rendimiento de las aves de nuestro experimento fue menor.¹³

XI. Conclusiones

Es posible minimizar el costo del tiempo de ayuno del pollo por un modelo matemático tomando en cuenta el costo del alimento, el precio de venta del pollo y la merma en el peso de las aves.

Desde el punto de vista económico el peso de la canal con vísceras y sin vísceras es más importante que el rendimiento de las canales, ya que el peso es la unidad comercial y aunque el rendimiento puede ser de utilidad para el productor para comparar los resultados de sus parvadas y elegir alguna estirpe de pollo para criar.

Las condiciones ambientales influyen de manera importante el consumo de las aves en las últimas horas.

Es necesario seguir realizando investigación en las condiciones del campo mexicano para determinar si el tiempo de ayuno modifica la calidad de la carne y las características microbiológicas de la misma, ya que en este trabajo solo se evaluó la merma en peso y las variables económicas.

XII. Literatura Citada

1. <http://www.una.com.mx/>.
2. Ornelas CA Efecto del procesamiento sobre la pigmentación, Pigmento y Frescura clave de la diferenciación. IX Jornadas Médico Avícolas. FMVZ-UNAM México D. F. Febrero, 2003
3. Sams A, Castañeda P. Procesamiento y su efecto en la calidad y rendimiento. Memorias del V simposium Internacional de procesamiento de aves y Calidad del producto. León Guanajuato México, 7 de Febrero de 2003.
4. Bilgili SF. Retiro del alimento Pre-Procesamiento. V Simposium Internacional de procesamiento de aves y calidad del producto. León, Guanajuato. México, 2003.
5. Thaler AM. The United States perspective towards Poultry slaughter. Poultry Science 1999; 78: 298-301
6. Mitchell MA, Kettlewell. Road transportation of broiler chickens: induction of physiological stress. World's Poultry Science Journal 50: 57-59: 1991.
7. Bilgili SF. Manejo del retiro del alimento antes del sacrificio para incrementar la calidad del producto. II Simposium latinoamericano sobre procesamiento de aves y calidad del producto. ANECA. México: 2001
8. Peebles ED, Zumwalt CD, Gerard PD. Market age live weight, carcass yield, and liver characteristics of broiler offspring from breeder hens fed diets differing in fat and energy contents. Poultry Science 81:23-29; 2002.

9. Ross. Broiler Management Manual. aviagen incorporated. Newbridge, Scotland. november, 2002.
10. Buhr RJ, Northcutt JK, Lyon CE, Rowland GN. Influence of Time Off Feed on Broiler Viscera Weight, Diameter, and Shear. *Poultry Science* 77; 758-764: 1998.
11. Northcutt JK, Savage SI, Vest LR. Relationship Between Feed withdrawal and Viscera Condition of Broilers. *Poultry Science* 76; 410-414: 1997.
12. Duke GE, Basha Maureen, Noll S. Optimum Duration of Feed and Water Removal Prior to Processing on Order to reduce the Potential for Fecal Contamination in Turkeys. *Poultry Science* 76; 516-522: 1997.
13. Van Der Wal PG, Reimert HGM, Goedhart HA. The effect of Feed Withdrawal on Broiler Blood Glucose and Nonesterified Fatty Acid Levels, Postmortem Liver pH Values, and Carcass Yield. *Poultry Science*; 78:569-573: 1999.
14. Nicol CJ, Scott GB. Pre-Slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 1990; 28: 57-73.
15. Farhat A, Edward ME, Costell MH. A low residue nutritive supplement as an alternative to feed withdrawal in broilers: Efficacy for gastrointestinal tract emptying and maintenance of live weight prior to slaughter. *Poultry Science* 81:1406-1414; 2002.
16. Prado RO. Determinación de mermas causadas en pollo de engorda durante las maniobras de carga, embarque y descarga en granjas y planta procesadora. Tesis de maestría. FMVZ-UNAM. México, D. F.: 1998.
17. Bayliss PA, Hinton MH Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Applied Animal Behaviour Science* 1990; 28: 93-118.

18. Bakker W. La carga de pollos y su transporte a la procesadora. *Acontecer Avícola*. Noviembre Diciembre 2002.
19. Kettlewell PJ, Mitchell MA. Catching, handling and loading of poultry for road transportation. *World's Poultry Science Journal*. 50; 54-56: 1994.
20. Yogaratnam V. Analysis of the causes of high rates of carcass rejection at a poultry processing plant. *Veterinary Record* 137; 215-217: 1995.
21. Kannan G, Heath JL, Wabeck CJ. Effects of Crating and Transport on Stress and Meat Quality Characteristics in Broilers. *Poultry Science*, 76:523-529: 1997.
22. Özkan S, Akbaş Y, Altan Ö, Altan A, et al. The effect of short-term fasting on performance traits and rectal temperature of broilers during the summer season. *British Poultry Science* 44: 88-95: 2003.
23. Weeks CA, Webster AJF, Wyld HM. Vehicle design and thermal comfort of poultry in transit. *British Poultry Science* 38 (5) 464-474: 1997.
24. Zhou WT, Fujita M, Yamamoto S. Effects of Food and Water withdrawal and High Temperature Exposure on Diurnal Variation in Blood Viscosity of Broiler Chickens. *British Poultry Science* 39: 156-160; 1998.
25. Kannan G, Heath JL, Wabeck CJ. Shackling of broilers: effect on stress responses and breast meat quality. *British Poultry Science*: 323-332; 1997.
26. Moran ET, Todd MC. Continuous Submarginal Phosphorus with Broilers and the Effect of Preslaughter Transportation: Carcass Defects, Further Processing Yields, and Tibia-Femur Integrity. *Poultry Science* 73: 1448-1457; 1994.

27. Sams A. Captura, transportación y efectos del sacrificio (Diagnóstico de defectos en canales). Quinto Simposium internacional en procesamiento avícola y calidad de producto. ANECA. León, Guanajuato. México. 2003
28. Kranen RW, Veerkamp CH, Lambooy. The Effects of Thermal Preslaughter Stress on the Susceptibility of Broiler Chickens Differing with Respect to Growth Rate, Age at Slaughter, Blood Parameters, and Ascites Mortality, to Hemorrhages in Muscles. *Poultry Science* 77: 737-744; 1998.
29. Petracci M, Fletcher DL, Northcutt JK. The Effect of Holding Temperature on Live Shrink, Processing Yield, and Breast Meat quality of Broiler Chickens. *Poultry Science* 80; 670-675: 2001.
30. Sandercock DA, Hunter RR, Nute GR, Mitchell MA, Hocking PM. Acute Heat Stress-Induced Alterations in Blood Acid-Base Status and Skeletal Muscle Membrane Integrity in Broiler Chickens at two Ages: Implications for Meat Quality. *Poultry Science* 80; 418-425: 2001.
31. Hinton A, Buhr RJ, Ingram KD. Physical, Chemical, and Microbiological Changes in the Crop of Broiler Chickens Subjected to Incremental Feed Withdrawal. *Poultry Science* 79; 212-218: 2000.
32. Corrier DE, Byrd JA, Hargis BM, Hume ME, Bailey RH. Survival of Salmonella in the Crop Contents of Market-Age Broilers During Feed Withdrawal. *Avian Diseases* 43; 453-460: 1999.
33. Northcutt JK, Berrang ME, Dickens JA. Effect of broiler age, feed withdrawal, and transportation on levels of coliforms, *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Salmonella* on carcasses before and after immersion chilling.

34. Ramirez GA, Sarlin LL, Caldwell DJ. Effect of feed withdrawal on the incidence of Salmonella in the crops and the ceca of market age broiler chickens. Poultry Science, 1997. 76: 654-656.
35. Allen VM, Tinker MH, Hinton MH. Dispersal of micro-organisms in commercial defeathering systems. British Poultry Science, 2003. 44: 55-59.
36. <http://www.guanajuato.gob.mx/index.html>