

01673



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACION DE PARAMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DEL
HUEVO POR EFECTO DEL SORBITOL EN DIETA DE GALLINA
PRODUCTORA DE HUEVO PARA PLATO**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN PRODUCCION ANIMAL**

PRESENTADA POR:

ING. AGR. MIRIAM INES RIVERA AGUILAR

DIRECTORES DE TESIS:

MVZ MSc ALFREDO KURT SPROSS SUAREZ

MVZ MSc TEODOMIRO ROMERO ANDRADE

MVZ M. I JORGE LECUMBERRI LOPEZ

MVZ PhD FERNANDO PEREZ-GIL ROMO

MVZ MSc ERNESTO AVILA GONZALEZ



MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALTA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS.

A Jehová, mi padre, mi mejor amigo. Gracias por la vida, por los hijos y sobre todo: gracias por tu amor. Te dedico mi tesis y prometo adorarte sobre todas las cosas.

A mi amado padre:
Don Carlos Antonio Rivera Baruco y a mi abuela .
Doña Emilia Baruco Ortega.

A mi amado esposo:
Ing. Alfredo Hernández

A mis hijos amados:
Milagros del Carmen Hernández Rivera "la muñeca"
Alfredo Antonio Hernández Rivera. "mi belleza"
Miriam Inés Hernández Rivera. "la ternura"
Carlos Jesús Hernández Rivera. "mi bebé"
Milena Rebeca Hernández Rivera. "la consentida"

A mi sobrina Mónica Estela Rivera Núñez ("la preciosa") por los momentos que compartimos juntas.

A mis sobrinos:
Eric, Carlos Antonio, Carlos Alberto y Mirnin

Al Dr. Francisco Trigo Tavera, Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la FMVZ de la UNAM por la fé y confianza que siempre depositó en mi.

Al Dr. Guillermo Téllez Isafas, Jefe del Departamento de Producción Animal Aves de la FMVZ de la UNAM por ser mi tutor, por sus valiosos consejos y respaldo incondicional hacia mi.

Al Dr. Alfredo Kurt Spross Suarez, por su sincera amistad y respaldo total en la realización de este trabajo.

Al Dr. Jorge Lecumberri López, por ser mi maestro.

AGRADECIMIENTOS.

Al gobierno de Panamá, especialmente al Ing. Carlos Sousa Lennox, Ministro de Desarrollo Agropecuario y al Gobierno de México, especialmente a la Secretaría de Relaciones Exteriores. A la Embajada de Panamá en México, a su embajador el Dr. Nils Castro y a la Embajada de Panamá en Francia al Dr. Aristides Royo y al Primer Vicepresidente de la República de Panamá el Lic. Su Excelencia: Tomas Gabriel Altamirano Duque.

A la Lic. Camila Lee por sus palabras de aliento y estímulo: “estudia mucho”.

Al IFARHU, especialmente al Lic. Héctor Alemán y a la Lic. Raquel Aguilar y a todo el personal del Departamento de Becas Internacionales.

A la Universidad de Panamá. Al Rector S.E. Gustavo García de Paredes por su apoyo brindado.

Al amigo y profesor Dr. Helmer Rosas Director de la Facultad de Medicina Veterinaria en Panamá.

Al Dr. Javier Flores Covarrubias, Secretario Académico de la FMVZ de la UNAM por su apoyo incondicional.

Al Dr. Raúl Vargas García, Secretario Escolar del Posgrado de la FMVZ de la UNAM, por la confianza e inmenso apoyo que me brindo.

A mis asesores:

Al Dr. Alfredo Kurt Spross Suárez, director de mi tesis, por su excelente dirección, valiosos consejos y sobre todo por su sincera y leal amistad.

Al Dr. Jorge Lecumberri López, asesor de mi tesis, por sus valiosas enseñanzas, su ayuda incondicional y su sincera amistad.

Al Dr. Teodomiro Romero Andrade, asesor de mi tesis, por su ayuda incondicional, sus palabras de aliento y estímulo y sobre todo por su valiosa amistad.

Al Dr. Fernando Pérez Gil Romo, asesor de mi tesis, por facilitar las instalaciones para llevar a cabo los análisis de colesterol; así como las pruebas de evaluación sensorial y por su excelente asesoría para la realización de este trabajo.

Al Dr. Ernesto Avila, asesor de mi tesis, por facilitar las instalaciones del CEIEPA para llevar a cabo el desarrollo de mi investigación y por todo su apoyo brindado.

Al Honorable jurado entregado por:

Dr. Luis Heredia Ancona, por sus valiosas enseñanzas.

Dr. Francisco Castrejón Pineda, por su paciencia y apoyo incondicional.

Dra. Silvia Carrillo Domínguez, por sus aportes en la elaboración de esta tesis.

Dr. Antonio Díaz Cruz, por su amistad y sus palabras de estímulo.

Dr. Alfredo Kurt Spross Suarez, por su excelente dirección en la tesis.

Al Departamento de Producción Animal Aves de la FMVZ de la UNAM por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo, especialmente al Dr. Guillermo Téllez Isafas, Jefe del Departamento, por su amistad, su profesionalismo y su colaboración incondicional.

A los profesores del Departamento de Aves:

Dr. Miguel A. Ceniceros

Dra. María Elena Rubio

Dra. Luz María Charles

Dr. Tamas Fehervari

Dr. Alejandro Banda

Dr. Gary García

Dra. Norma Calderón

Dra. Odette Urquiza

Dr. Reynaldo Moreno

Dr. Carlos López Coello

Dr. Nestor Ledezma Martínez

Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán y a su equipo de trabajo. Especialmente al MVZ PhD Fernando Pérez Gil Romo Jefe del Departamento por la confianza y apoyo que me brindó durante la realización del trabajo y a sus integrantes:

| | |
|--------|-------------------------------|
| Srita. | Patricia Torres Landa |
| Biol. | Rosa María Castillo Domínguez |
| QFB | María Elena Carranco Jauregui |
| MVZ | Laura Arellano Martínez |
| MVZ | Felipe Ramos Ramos |

| | |
|-----------|------------------------------|
| IB | Jesús Carmona |
| Biol. | María Eugenia Juárez |
| QFB | Concepción Calvo Carrillo |
| M en C | María Isabel Castro González |
| QFB | Sara Montaña |
| Lic. Nut. | Lourdes Solano |
| M en C | Silvia Carrillo Domínguez |
| Q | Alma Delia Cortés Pérez |
| Q | Martha Alicia Hernández H. |
| Q | Marcela de la Rosa |

Al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ de la UNAM especialmente al Jefe del Departamento el Dr. Antonio Díaz Cruz y a sus integrantes:

| | |
|--------|-----------------------------|
| MSc | Alfredo Kurt Spross Suarez |
| MSc | Francisco Castrejón Pineda |
| MSc | Lucas Melgarejo Velázquez |
| MVZ | Cuauhtemoc Nava Cuellar |
| MVZ | Agustín Bobadilla Hernández |
| Sra. | Aurelia Cruz |
| Q | María Antonieta Aguirre |
| Srita. | Guadalupe Ramírez |
| Sr. | Manuel Angulo y Manzano |
| Sr. | José Alberto Ramírez Ortega |
| Sra. | Alejandra Lucas Maqueda |

Al MVZ Cesar Rosas Velasco.

A Rosa María Campos terrón y su pequeño hijo Enrique Campos Terrón, y la Dra. Paula Cárdenas González, por su tiempo y dedicación en la escritura de este trabajo.

A mi amiga Consuelo, a mi estrella y al sol de México.

A México por ser inigualable, a su tierra y a su gente, por convertirse en mi inspiración.

A ti, por ser tan pequeña, pero *inmensa...* no importa la distancia, siempre estarás conmigo: **"Panamá"**.

RESUMEN

RIVERA AGUILAR I MIRIAM Evaluación de parámetros productivos y calidad del huevo por efecto del sorbitol en dieta de gallina productora de huevo para plato (bajo la dirección de Alfredo Kurt Spross Suárez, Teodomiro Romero Andrade, Fernando Pérez-Gil Romo, Ernesto Avila González y Jorge Lecumberri López).

La avicultura mexicana, ha constituido un ejemplo de eficacia productora en la alimentación de la población. De 1972 a 1995, la producción de huevo creció a una tasa anual del 5.75%, superior al nivel de crecimiento promedio anual de la población que fue de 2.5%. En ese mismo período el consumo per cápita de huevo para plato paso de 6.36 a 15.9 kg. en 1995. Los objetivos de este trabajo fueron: 1) Evaluar los parámetros productivos de gallinas de postura alimentadas con diferentes niveles de inclusión (1, 2, 3, y 4 %) de sorbitol en la dieta. 2) Evaluar la calidad interna y externa del huevo. 3) Evaluar la composición química del huevo y 4) Averiguar si su inclusión en las dietas influye en el sabor y color del huevo. En el experimento se emplearon 240 gallinas Leghorn de 32 semanas de edad, distribuidas en un diseño completamente al azar en cinco tratamientos, con cuatro repeticiones de 12 aves cada una, con una duración de ocho semanas. Con los resultados se realizó una regresión multivariada para el contenido de colesterol, proteína, extracto etéreo y cenizas en el huevo. Para la conversión alimenticia, peso del huevo y consumo de alimento se utilizó un modelo de regresión multivariable, tomando la observación de la semana anterior de cada una de las variables como explicativa. Para el grupo de variables calcio y fósforo solo se tiene una observación por réplica, por lo que no se incluyó como variable explicativa los días 20, 40 y 60 del experimento. Los tratamientos consistieron en la inclusión de sorbitol en niveles de 1, 2, 3, y 4 % y un grupo testigo sin sorbitol a dietas sorgo- soya con fuentes convencionales de vitaminas y minerales. Al analizar los datos se pudo observar que en el sorbitol no hay una regresión lineal, por lo que se introdujo el cuadrado de ese valor. No se encontró efecto del sorbitol en el peso del huevo. Se encontró una relación entre la cantidad de sorbitol ingerida y la conversión alimenticia. Se puede interpretar que el sorbitol en un punto óptimo mejora la conversión alimenticia. Para calcular los puntos óptimos (aquellos en que la conversión alimenticia y el consumo de alimento son mínimos) se calculó la derivada parcial con respecto a la cantidad de sorbitol con los siguientes resultados: Para consumo de alimento el punto óptimo es 2.504 % de inclusión y para la conversión alimenticia es 2.283 % ($P < 0.01$). Usando una regresión multivariada se analizaron las observaciones individuales de los huevos con las siguientes variables: Altura de albúmina, unidades haugh, grosor del cascarón, peso del huevo y color de la yema a los 20, 40, y 60 días del experimento. En este caso no se utilizó un modelo autorregresivo, (ya que por razones obvias no se trataba del mismo huevo, ni siquiera se tenía la seguridad de que en el siguiente muestreo se tratara de la misma gallina). Por lo que las variables explicativas en este caso, solo fueron el nivel de sorbitol y el número de días. No se encontró ninguna explicación con relación al peso del huevo. Del resto de las variables se pudo apreciar el efecto del sorbitol en la altura de la albúmina y en las unidades haugh, no así en el grosor del cascarón y el color de la yema; como en el

modelo anterior se detectó un modelo cuadrático. De la misma manera se derivó parcialmente con respecto al sorbitol para encontrar los valores máximos. Para la altura de la albúmina el punto óptimo es 2.90 % de inclusión de sorbitol y para las unidades haugh de 2.87 % ($P < 0.01$). En el análisis químico proximal del huevo se encontró un efecto del sorbitol en la variable proteína y el punto óptimo de inclusión fue de 2.64% ($P < 0.01$). Por el contrario no se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el extracto étereo y cenizas. En las determinaciones de Ca y P no se evidenciaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos. No se encontró efecto del sorbitol en el nivel de colesterol en el huevo liofilizado ($P > 0.05$). En la evaluación sensorial (el sabor y color no se afectaron por la adición de sorbitol, hasta de un 4% en la dieta para gallinas ponedoras). En la medición del sabor la prueba Friedman con múltiples empates fue de 11.93. Por lo tanto se encontró evidencia estadística significativa de que el sorbitol cambia el sabor del huevo ($p = 0.018$). Con la prueba de la S combinada con aproximación normal, resultado de $j = 28$ y estandarización de 1.098 no se encontró evidencia estadísticamente significativa para indicar que al aumentar el sorbitol, el sabor mejore. La variable color de huevo resultante de la prueba de preferencia al calcular el valor estadístico de la prueba (Friedman con múltiples empates) da un resultado de 25.919, que con la aproximación ji cuadrada tiene una significancia de $3 = -05$. En la prueba sensorial ($p = 3E-05$), se encontró que los diferentes niveles de sorbitol mejoraron el color. Cuando se realizó la prueba de la S combinada con aproximación normal, se encontró un valor estadístico de prueba de 45, con un valor de Z de 1.76, por lo que se concluye que sí existe evidencia de que al aumentar los niveles de sorbitol el color de la yema mejora ($p = 0.03877804$). En conclusión, la adición de sorbitol en cantidades de 2% y 3 % en la dieta de gallinas de postura mejoran los parámetros productivos y la calidad interna del huevo, siendo una sustancia con alto potencial en la alimentación avícola. Los niveles de sorbitol en un nivel óptimo mejoraron la conversión alimenticia, altura de albúmina, unidades haugh y cantidad de proteína en el huevo durante un intervalo determinado. Los datos de este estudio sugieren un alto potencial del sorbitol como aditivo en la alimentación de las aves.

CONTENIDO

| | Página. |
|-----------------------------|---------|
| RESUMEN | V |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| III. JUSTIFICACION | 17 |
| IV. OBJETIVOS | 19 |
| V. HIPOTESIS | 20 |
| VI. MATERIALES Y METODOS | 21 |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSION | 29 |
| VIII CONCLUSIONES | 37 |
| IX RECOMENDACIONES | 39 |
| X. LITERATURA CITADA | 40 |
| CUADROS | 46 |
| FIGURAS | 57 |
| ANEXOS | 62 |

INDICE DE CUADROS

| | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Cuadro 1. Formación del huevo en los distintos tramos del oviducto. | 4 |
| Cuadro 2. Composición media de las partes comestibles del huevo de gallina de 60g (se excluye la cáscara) | 5 |
| Cuadro 3. Propiedades del sorbitol | 12 |
| Cuadro 4. Diferentes niveles de inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, y su relación con el consumo de alimento. | 46 |
| Cuadro 5. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, sobre el consumo de alimento. | 46 |
| Cuadro 6. Efecto de la inclusión de sorbitol, sobre peso del huevo. En gallinas de postura (promedio) | 47 |
| Cuadro 7. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, sobre el peso del huevo. | 47 |
| Cuadro 8. Diferentes niveles de inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, y su relación con la conversión alimenticia. | 48 |
| Cuadro 9. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, sobre la conversión alimenticia. | 48 |
| Cuadro 10. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el peso del huevo a los 20, 40 y 60 días. | 49 |
| Cuadro 11. Diferentes niveles de inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, y su relación con la altura de la albúmina. | 49 |
| Cuadro 12. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre la altura de la albúmina. | 49 |
| Cuadro 13. Diferentes niveles de inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, y su relación con las Unidades Haugh. | 50 |
| Cuadro 14. Efecto de la inclusión de sorbitol en las dietas para gallinas de postura sobre las Unidades Haugh | 50 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 15. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el grosor del cascarón del huevo. (promedio) | 51 |
| Cuadro 16. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el grosor del cascarón del huevo. | 51 |
| Cuadro 17. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el color de la yema del huevo. (promedio) | 52 |
| Cuadro 18. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el color de la yema del huevo. | 52 |
| Cuadro 19. Diferentes niveles de inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura, y su relación con la proteína cruda del huevo | 53 |
| Cuadro 20. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre la proteína cruda del huevo deshidratado. | 53 |
| Cuadro 21. Efecto del sorbitol en la composición química del huevo para plato en base seca, de gallina leghorn*. | 54 |
| Cuadro 22. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el contenido de extracto etéreo del huevo deshidratado. | 54 |
| Cuadro 23. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el contenido de cenizas en huevo deshidratado. | 55 |
| Cuadro 24. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el contenido de calcio en huevo deshidratado. | 55 |
| Cuadro 25. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el contenido de fósforo en huevo deshidratado. | 56 |
| Cuadro 26. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para gallinas de postura sobre el nivel de colesterol en huevo liofilizado. | 56 |

INDICE DE FIGURAS

| | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 1. Aparato reproductor de la gallina | 3 |
| Figura 2. Estructuras del huevo | 4 |
| Figura 3. Metabolismo de la fructosa | 8 |
| Figura 4. El sorbitol | 11 |
| Figura 5. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre el consumo de alimento | 57 |
| Figura 6. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre la conversión alimenticia | 58 |
| Figura 7. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre la altura de la albúmina del huevo | 59 |
| Figura 8. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre las Unidades Haugh | 60 |
| Figura 9. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre la proteína del huevo | 61 |

INTRODUCCIÓN

Se proyecta que la población humana aumentó de los 5300 millones en 1990 a 7200 millones para el año 2010, o sea un aumento de 1900 millones (0.36 %) en 20 años (7).

El crecimiento real de la demanda de huevo de plato tendrá lugar en países desarrollados con un crecimiento económico de 3.5% anual en los años 90's y después del 2000 (5).

México para satisfacer la demanda de huevo para plato en el año 2000 necesitará importar 30,000 toneladas métricas aproximadamente (7).

Los países en desarrollo tendrán que enfrentarse al resto en la siguiente década: expandir significativamente sus parvadas y aumentar su productividad (7).

En los últimos años la avicultura, ha constituido un ejemplo de eficacia productiva en la alimentación de la población del país, basta señalar que en el caso de la producción de huevo en el año de 1900, una gallina era capaz de producir alrededor de 90 huevos al año.

En la década de los 90's se logran producciones por arriba de los 260 huevos por año (2).

De 1972 a 1995, la producción de huevo creció a una tasa anual del 5.75%, tasas superiores a la tasa de crecimiento promedio anual de la población la cual fue en ese mismo período de 2.5%, lo que determinó, para el caso de huevo para plato, un aumento en el consumo per cápita que paso en 1972 de 6.36Kg a 15.9 en 1995. La Avicultura Nacional ha satisfecho las necesidades crecientes del mercado interno, aún en el período 1982-1988 dónde el crecimiento del PIB fue de cero (2).

La importancia de la Avicultura en México radica en la oferta de carne y huevo, que se proporciona a la población a bajo costo, de aquí que se ha dado mayor impulso tecnológico a esta actividad en las últimas décadas (42).

El huevo además de ser un alimento que goza de gran aceptación por ser nutritivamente perfecto, posee las cualidades siguientes: Bajo precio, gran facilidad de conservación, fácil de cocinar, con gran variedad de formas de preparación y envase propio (49).

La Leghorn es considerada la verdadera gallina industrial para la producción de huevos, de ahí que se haya practicado con ella científica y tenazmente durante buen número de años en diversas latitudes todos los métodos y procedimientos tendientes a aumentar su fecundidad,

procurando fijarla para reducir al mínimo la aparición de individuos de puesta deficiente (51).

Se hace necesaria hoy por hoy la búsqueda de nuevos métodos científicos que garanticen un huevo fresco y grande al momento de ser puesto para aumentar el valor en las ventas y poder ofrecer al consumidor un huevo proveniente de la raza Leghorn que viene a ser hoy el prototipo de la gallina esencialmente industrial cuando de producir huevos se trata. (51).

La proyección para las gallinas de postura para el año 2000, es que aves encasetadas entre la 20 y la 70 semana, lleguen a más de 320 huevos, comparando con 292 huevos en 1990/91. Esto reflejará un aumento en masa de huevo de más de 1.7kg por gallina encasetada (7).

Dentro del concepto de aditivos incluimos a los promotores o mejoradores de eficiencia que mejoren el estado de la parvada y la calidad del huevo; aspecto importante en la comercialización de huevos de plato (7).

Numerosos estudios también han demostrado que la inclusión de aditivos o de un promotor de crecimiento en la ración da por resultado una mejoría tanto en el consumo de alimento como en la conversión alimenticia (7).

El sorbitol está ampliamente distribuido en toda la naturaleza, en frutas como peras, ciruelas duraznos, etc. y se obtiene también en forma industrial; sin embargo, estudios recientes han señalado su eficacia en el empleo de raciones para aves (9, 10, 22, 23, 24, 25, 43, 52, 58).

Se ha demostrado a través de la literatura ampliamente revisada que el sorbitol cuando se emplea a niveles de hasta 10% en una ración para aves, da por resultado una ganancia de peso, mejora la conversión alimenticia y reduce el colesterol en el huevo de gallinas de postura (52).

En México no se han realizado estudios al respecto, por lo que el interés de realizar el presente trabajo es para demostrar la eficiencia del sorbitol al incorporarlo a raciones para gallinas ponedoras en niveles de 1 a 4%. Evaluando el efecto sobre parámetros productivos y calidad del huevo para plato.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Los avicultores en su afán de producir más y eficientemente, tratan de buscar nuevas técnicas de producción, que permitan mejorar la productividad terminal del pollo de engorda y de las aves en general, en cuanto al tiempo de crianza, peso corporal, conversión alimenticia y una disminución de la mortalidad (66).

Una buena producción avícola debe satisfacer dos objetivos: producir carne o huevo y ganancias económicas, que deben ser evaluados de acuerdo al beneficio productivo que permiten lograr, a las posibilidades económicas de su empleo y a la protección, tanto física como económica del consumidor (54).

2.1 Calidad del huevo

2.1.1 Formación y estructura del huevo

El ovario desarrolla varias funciones indispensables para el proceso reproductivo y la formación del huevo: la producción de hormonas sexuales esteroides, formación del verdadero óvulo (ovogénesis) y la membrana folicular, acumulo progresivo de constituyentes de la yema procedentes del hígado, y por último la dehiscencia folicular u ovulación (Figura 1) (12).

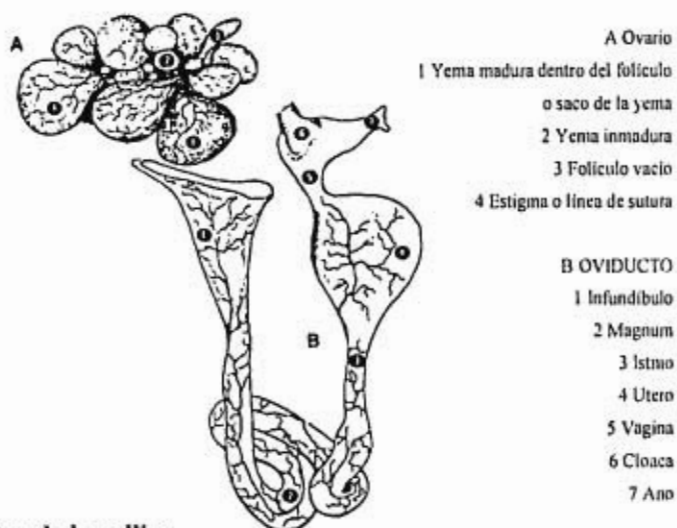


Figura 1. Aparato reproductor de la gallina

Fuente: North y Bell, (46).

En el oviducto se forman sucesivamente los demás componentes del huevo: La clara o albumen, las membranas testáceas, y la cáscara (12, 45, 46).

El cuadro 1, indica la formación del huevo en los distintos tramos del oviducto y el tiempo de tránsito en cada uno de los segmentos señalados.

CUADRO 1. Formación del huevo en los distintos tramos del oviducto.

| SEGMENTO | CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES | CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES | TIEMPO DE TRANSITO |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Infundíbulo | Glándulas infundibulares | Captación de la yema reserva de espermatozoides | 15 min. |
| Magnum | Glándulas secretoras: Células calciformes Glándulas tubulares | Secreción de: Ovomucina y avidina ovoalbúmina y lisozima | 3 - 3.5 h |
| Istmo | Muy corto Glándulas tubulares | Hidratación del albumen Formación de las membranas testáceas (fárfaras) | 60-75 min. |
| Utero | Glándulas calcíferas Muy musculado | Hidratación del albumen Aparición de las chalazas Formación de las cáscaras Oviposición (contracciones) | 20-21 h |
| Vagina | Glándulas úterovaginales | Reserva de espermatozoides Oviposición (prolapso) | < 5 min. |
| Cloaca | Desembocadura genital, Intestinal y urinaria | Tránsito | < 1 min. |

Fuente: C. Buxadé, (12).

El huevo de las aves está formada por yema, albúmina, membranas del cascarón y cutícula (Figura 2) (45,46).

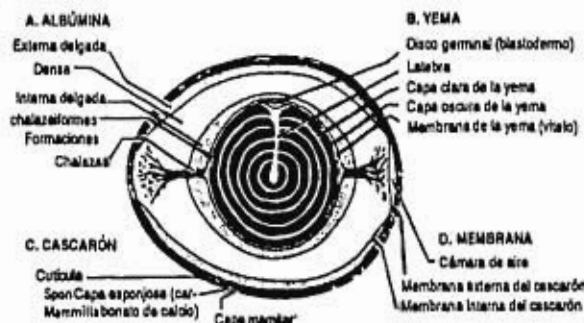


Figura 2. Estructuras del huevo.

Fuente: North y Bell, (46).

El albumen, llamado comúnmente clara está formado por tres capas concéntricas que tienen distinta densidad.

La clara es un mal medio de cultivo y protege al huevo de la contaminación bacteriana (21). Al huevo se le puede considerar como: "Una fuente poco energética, de proteínas perfectamente equilibrados y de grasas fácilmente digestibles". Constituyendo, además, una importante fuente de fósforo, hierro y vitaminas. Por el contrario este producto animal es deficiente en glúcidos, calcio y vitamina C (54).

Las proporciones de las distintas partes del huevo figuran en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Composición media de las partes comestibles del huevo de gallina de 60g (se excluye la cáscara)

| Componentes | En g por huevo entero |
|--------------------------|-----------------------|
| Total partes comestibles | 53.5 - 55 |
| Agua | 39.5 - 41.5 |
| Materia seca | 13 -14.3 |
| Proteínas | 6.4 -7.0 |
| Lípidos | 6.1-6.9 |
| Saturados | 2.3-2.5 |
| Insaturados | 3.5-4.0 |
| Colesterol | 0.24-0.27 |
| Glúcidos | 0.15-0.20 |
| Cenizas | 0.45-0.55 |
| Calorías | 88-95 |

Fuente: B. Sauver, 1993(53).

2.1.2. Composición química del huevo

En el plano energético, un huevo de 60g suministra de 85 a 90 calorías metabolizables (75 en la yema y 15 en la clara) con un aporte de proteínas de 7g (53).

Las grasas son la forma como se almacena la energía en el cuerpo y en el huevo, aproximadamente en base seca, el 40% del huevo (en base seca) (5).

El albúmen constituye un 60% del peso del huevo, su composición química es: agua 72%, sustancias proteicas 12.50% sustancias grasas 15.0% y minerales 0.50%(21).

La yema constituye aproximadamente un 30% del peso del huevo. El contenido en materia seca es de 50%, del cual un 65% es grasa y el resto proteína. Un huevo medio contiene unos seis gramos de grasa, mayoritariamente en la yema (21).

a. Proteína

Las proteínas que forman parte del huevo poseen elevado contenido en aminoácidos indispensables y son conocidas por su elevado valor biológico. Esta característica ha tenido como consecuencia que la proteína del huevo sea usada como estándar (53).

b. Lípidos

En el hombre, los lípidos de la yema del huevo presentan un elevado coeficiente de digestibilidad (del 94 al 96%), gracias a su estado emulsionado.

En este contexto son los triglicéridos, la fracción más rica en ácidos grasos saturados, los que presentan la mayor digestibilidad (98%); en el caso de los fosfolípidos esta digestibilidad es, al menos, del 90%.

Por otra parte, la riqueza de la yema del huevo en ácidos grasos insaturados (2/3 de los ácidos grasos totales) y, especialmente, en ácido linoleico, es un factor nutricional importante en el huevo (53).

c. Minerales

El huevo es, junto con la leche, el alimento más rico en fósforo asimilable; no obstante, aporta poco calcio en relación a las necesidades del hombre (53).

La nutrición es parte muy importante del complejo que envuelve a la actividad de producción de huevo de consumo, y que tiene gran influencia en los resultados finales, sea económica o técnicamente (4).

Un animal puede rendir óptimamente, si todos los nutrientes en su ración están en cantidades suficientes para cubrir sus necesidades. Esto incluye energía, aminoácidos, vitaminas y minerales. La eficiencia generalmente es un factor vital para una producción redituable (3).

La nutrición avícola involucra la formulación correcta del alimento para un tipo, edad y estación del año, en particular del pollo. Prácticamente todos los nutrientes que necesita el ave, deben incorporarse en el alimento que consume (2).

Al consumir un alimento el ave satisface primero las necesidades de energía para mantenimiento y después las de producción, de aquí la importancia de que las dietas satisfagan la necesidad total de energía, ya que de no ser así, la producción bajaría (5).

En la nutrición se emplean aditivos alimenticios como enzimas, pigmentos esenciales y promotores del crecimiento que en su mayoría son antibióticos (16).

Todos los procesos bioquímicos y las funciones de los animales, necesitan una fuente de energía para llevar a cabo las diversas funciones, y la principal función de los carbohidratos en la dieta, es la de proporcionar energía (5, 17).

2.2 Carbohidratos

2.2.1 Definición

Químicamente, los hidratos de carbono son polihidroxialdehidos y polihidroxicetonas o compuestos derivados de éstos mediante reducción (azúcares, alcoholes) u oxidación (azúcares ácidos) (21).

Son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza, principalmente en plantas. Y constituyen una fuente importante de energía, pero también se pueden encontrar unidos a proteínas o lípidos. En los animales se almacena bajo la forma de glucógeno.

Los carbohidratos varían en formas estructurales que van desde complejas moléculas de azúcar, el almidón y celulosa, hasta disacáridos y monosacáridos más simples, que son hidrolizados en el intestino delgado y se absorben por medio de transporte activo principalmente; siendo su vía final el ciclo del ácido cítrico (Krebs) al igual que las grasas y los esqueletos de carbono de los aminoácidos (Figura 3) (17).

A partir de los carbohidratos en el hígado se pueden sintetizar grasas las cuales son transportadas al tejido adiposo o al ovario, y son fuente de carbono necesaria para sintetizar otros compuestos orgánicos (5).

La digestión de la grasa en las aves no empieza hasta su llegada al duodeno. La presencia de la comida en el duodeno estimula la secreción de hormonas intestinales

(colecistoquinina) produciendo a la contracción de la vesícula biliar y la secreción del jugo pancreático (21).

El hígado es el órgano más importante en la síntesis de ácidos grasos y triglicéridos en aves. Una vez sintetizados, los triglicéridos son incorporados a lipoproteínas. Estos tienen una baja densidad y se denominan VLDL, son las lipoproteínas cuantitativamente más importante en las aves y, en particular, en la gallina ponedora, pues son el vehículo de transporte de las grasas entre el hígado y los tejidos extrahepáticos, por ejemplo el ovario, donde son utilizadas para la formación de la yema del huevo (21).

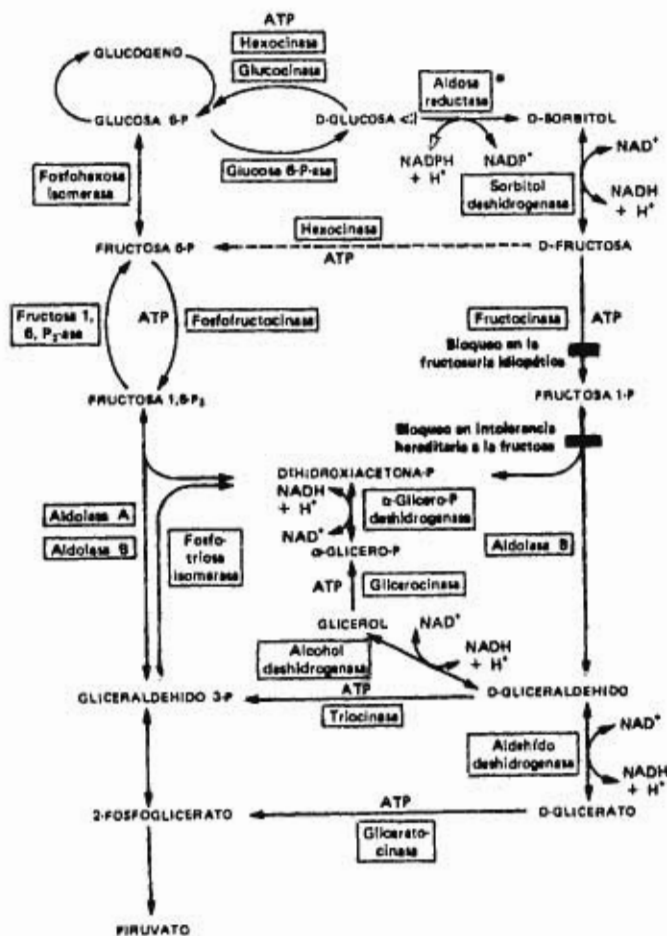


FIGURA 3. Metabolismo de la fructosa.
Fuente: Granner et. al, (25).

Los carbohidratos, son los nutrimentos más abundantes y baratos que se encuentran en la naturaleza y por lo tanto, los más consumidos por los humanos. En muchos países constituyen del 50-80 en la dieta de la población (6).

Al comienzo de la puesta, la concentración de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), en la sangre aumenta de 60 a 1.400mg/100 ml de plasma aproximadamente mientras las lipoproteínas de alta densidad se reducen de 360 a 180 mg /100 ml (13).

Los ácidos grasos no se encuentran en estado libre en la sangre sino asociados mediante fuerzas electrostáticas y puentes de hidrógeno al albumen, proteína encargada de su transporte. La relación ácidos grasos albumen es uno de los factores determinantes del ritmo de lipólisis en el tejido adiposo (21).

Dietas con altos contenidos en hidratos de carbono aumentarán la síntesis de ácidos grasos mientras que la sustitución de hidratos de carbono por grasa resultará en una importante reducción de la síntesis (21).

La mayor diferencia entre la gluconeogénesis en aves y mamíferos es que la alanina y piruvato no son tan importantes precursores de glucosa. En cambio el lactato y el glicerol tienen mayor importancia cuantitativa (10, 11, 24). La razón bioquímica de esta diferencia se basa en la localización de la enzima fosfoenol-piruvato-carboxiquinasa, que en aves se encuentra únicamente en el interior de las mitocondrias (21). Por lo tanto, no se producen suficientes agentes reductores (NADH+H⁺) disponibles en el citoplasma que puedan utilizarse en la inversa de la glucólisis para convertir 1,3 difosfoglicerato en gliceraldehído-3- fosfato (21,24).

En las aves, los agentes reductores se producen mediante la conversión de Lactato en piruvato. (La concentración de lactato en el músculo de las aves es mucho mayor que en el de los mamíferos). La alanina no es un precursor importante de la glucosa en aves porque resultaría en la formación de piruvato (21, 43).

Las aves tienen la capacidad de consumir dietas en las que toda la energía proviene de grasa o de proteína y mediante gluconeogénesis producir la cantidad de glucosa necesaria; sin embargo esto no es conveniente en la práctica porque se producen reducciones importantes en la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de proteínas y, por tanto, en la eficiencia productiva (1, 67).

Si la ingestión de Carbohidratos excede las necesidades para la formación de glucógeno, éstos se convierten en grasas (17).

Desde el punto de vista nutricional, los lípidos constituyen una de las principales fuentes de energía, una de las formas de obtener dicha energía es a partir de sustancias glucogénicas que incluyen a las hexosas, aminoácidos glucogénicos, al glicerol, a los intermediarios tales como el sorbitol (69).

Por la carencia de ácidos grasos en la dieta de las aves jóvenes, éstas crecen menos y sus hígados están grasos y agrandados (29).

El valor energético de los carbohidratos, que contienen los alimentos que forman parte de las raciones, no es utilizado totalmente, sino que depende del grado en que son dirigidos, absorbidos y metabolizados, antes de que su energía pueda estar disponible (14,42).

En las aves domésticas, los hidratos de carbono digestibles incluyen a los monosacáridos (glucosa, fructosa), disacáridos (maltosa, sacarosa) y polisacáridos (almidones). Los hidratos de carbono indigestibles son parte de la fibra y pueden ser solubles en agua (B-glucanos, pentosas) o insolubles en agua (celulosas, Hemicelulosa) (21).

La deficiencia de ácidos grasos esenciales en aves de postura resulta en menos producción y tamaño de huevo, en incubabilidad (39).

2.3 Sorbitol

Dentro del grupo de los carbohidratos se encuentra el sorbitol que es un alcohol intermedio en la transformación de glucosa a fructosa, industrialmente se prepara a partir de glucosa por hidrogenación a alta presión, o por reducción electrolítica (33, 37, 64). En la figura 3 se observa la configuración del sorbitol (18).

El sorbitol es un alcohol polihídrico, existe ampliamente en la naturaleza; pero es producido comercialmente por hidrogenación de la glucosa (33, 64, 38).

El sorbitol está ampliamente distribuido en plantas y animales, está presente en peras, duraznos, ciruelas, cerezas, manzanas, y bayas además de encontrarse presente en algunas algas (18).

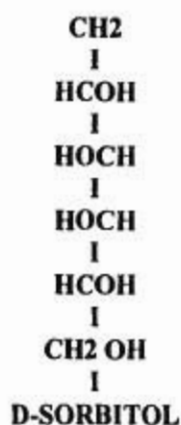


FIGURA 4. El Sorbitol
Fuente: Conn et. al, (18).

El sorbitol es un alcohol hexahídrico de la misma familia que la glicerina, muy soluble en agua, ligeramente en etanol, miscible con otros polialcoholes.

Su característica principal de humectante y regulador de humedad, permite mantener una mayor estabilidad en los productos, resistente a ataques ácidos, alcalinos, bacterianos, estable al calor, no tóxico y no volátil (64).

Buen secuestrante de iones metálicos y no inflamable. Como se observa en el cuadro 3.

Dentro del organismo de humanos, ganado adulto y en ratas, el sorbitol es convertido principalmente en fructosa por acción de la sorbitol deshidrogenasa hepática (9).

El metabolismo del sorbitol eventualmente induce la formación de glucosa, glucógeno por medio de glucogenogénesis y L-lactato, por el camino de la glucólisis (67).

El sorbitol es glucogénico, debe convertirse en uridindifosfato glucosa por la vía glucosa 6-fosfato y glucosa 1-fosfato, la conversión de sorbitol en glucosa es catalizada por la deshidrogenasa (ID), que es una enzima intracitoplasmática y que es relativamente específica del hígado, aunque también se encuentra en pequeñas cantidades en riñones, intestino delgado, músculo esquelético, eritrocitos y cerebro (67).

CUADRO 3. Propiedades del sorbitol

| | | | |
|------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| Color | Incloro | Grav. Específica | 1.285 min. |
| Sabor | Dulce refrescante | Cenizas % | 01. máx |
| Olor | Inodoro | índice Refrac: 20°C | 1.455 - 1.465 |
| pH | Neutral al litmus | Sulfatos (PPM) | 100 máx |
| D. Sorbitol | 64.0 min. | Cloruros (PPM) | 50 máx |
| Humedad % | 28.5 - 31.5 | | |
| Azúcares reductores % | BS 0.21 máx | Metales pesados (PPM) | 10 máx |

Fuente: Prontuario de Especialidades Médicas, 1994.

El sorbitol en terneros, estimula la secreción de la hormona pancreocimino-colecistocimina (CCC) por lo que aumentan la cantidad de enzimas pancreáticas, de bilis en el intestino delgado y regula el consumo voluntario (65).

En las aves, el hambre provoca un estado redox citosólico hepático más oxidado, y a nivel mitocondrial, más reducido (11).

Esto implica que el hígado de las aves en ayuno puede ser muy dependiente de la habilidad para reducir substratos. Se ha encontrado que el lactato es un precursor gluconeogénico mucho mejor que la alanina o el piruvato en el hígado perfundido de pollo (59).

Se sabe que un incremento en la generación de equivalentes reductores en la mitocondria, disminuye la velocidad de reoxidación del NADH generado en las reacciones citosólicas de deshidrogenación. La adición de octanoato al hígado de pollo mientras

metaboliza el sorbitol causa un incremento inmediato y substancial en la velocidad de consumo de oxígeno (70).

La oxidación del sorbitol se produce en el citosol y compite con la alcohol deshidrogenasa por el NAD⁺ citosólico libre (31).

La velocidad de producción de glucosa a partir de sorbitol es inferior a la ocurrida a partir de la fructosa. Sin embargo el azul de metileno, un receptor de electrones artificial, incrementó la velocidad de producción de glucosa a partir de sorbitol en mayor medida que la dada a partir de fructosa. Por lo tanto, la baja velocidad de actividad deshidrogenasa, la actividad de la vía maleato-aspartato puede ser regulada por las concentraciones intracelulares de los componentes de la vía (19).

Las especies aviarias tienen concentraciones plasmáticas de glucosa superiores a los mamíferos. Esto en parte podría deberse a la mayor capacidad de gluconeogénesis hepática en aves (44).

Las aves domésticas normales tienen baja actividad de la Deshidrogenasa sorbitol (DHS) (35, 64).

El sorbitol tiene muchas propiedades inactivas, es dulce, humectante, con una gran distribución usado para la aplicación de una gran variedad industrial (33, 38, 64).

El sorbitol parece ser una fuente de energía para el mantenimiento y el crecimiento de fibroblastos de la piel y el músculo liso de las células arteriales en cultivo (67).

Se sabe que el sorbitol al pasar por el duodeno humano provoca la liberación de enzimas como la pancreozimina, colecistoquinina; acelera el peristaltismo y el flujo intestinal y produce un decremento en la colesterolemia y estercolesterolemia; en ratas intensifica la síntesis de triglicéridos, también se ha observado que mejora el estado de salud y disminuye el riesgo de diarreas (65, 22).

El sorbitol reduce la producción hepática de colesterol (6, 17); y alcanza su máximo nivel plasmático posterior a su administración I.V. (9, 44).

Se sabe que el sorbitol al pasar por el duodeno humano provoca liberación de hormonas como la pancreozimina, colecistoquinina y secretina incrementando la secreción de bilis y enzimas pancreáticas mejorando así la digestión a nivel del intestino delgado (54).

El sorbitol también aumenta el contenido del glucógeno en el hígado de humanos y mejora la absorción de vitaminas B12 (9).

Aproximadamente el 60% del sorbitol es utilizado para el procesamiento de comidas confecciones de pasta dental y otros para el cuidado personal como humectantes, estabilizador, ablandador, emulsificador en agentes del cuerpo. Adicionalmente el 16% del total del mercado del sorbitol es utilizado para la producción de ácido Ascórbico (Vitamina C) (33, 67).

El sorbitol se utiliza en preparaciones farmacéuticas como catártico osmótico (a altas concentraciones), como carbohidrato parenteral (I.V.), y también para incrementar la absorción de vitaminas y otros nutrimentos (35,64).

El sorbitol se utiliza en preparaciones farmacéuticas para incrementar la absorción de vitaminas y otros nutrimentos, como material principal en la producción de ácido ascórbico (31,64).

La dieta a base de sorbitol (0, 20 y 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de dieta) en gallina en crecimiento aumenta significativamente el peso del ciego por encima de otras aves alimentadas con otros carbohidratos (8).

Estudios realizados por Furuse y et. al (22) mostraron que los pesos absolutos y relativos de grasa abdominal se redujeron significativamente en pollos de engorda de 29 a 57 días de edad que recibieron una dieta con sorbitol (100g/kg dieta). La ganancia en peso corporal, el consumo de alimento, la eficiencia de alimento y los valores de energías metabolizable de las dietas casi no variaron. En comparación con la dieta testigo, las dietas que contenían sorbitol, lograron que las concentraciones de glucosa sanguínea, colesterol total y lipoproteínas de muy baja densidad sufrieran disminuciones (22).

Por otra parte, la adición de sorbitol a hígado perfundido de pollo, causó un incremento bifásico en la velocidad de producción de glucosa. El segundo incremento estuvo correlacionado con una disminución en la relación lactato/piruvato. El incremento en la producción de glucosa por la adición de glicerol no fue bifásico (44).

Thaxton y Parkhurst, (63) describieron que los pollos que recibieron solamente sacarosa 10% en el agua de bebida durante las primeras 12 horas antes de administrarse el alimento

por primera vez, tuvieron mejor conversión alimenticia y ganancia de peso en comparación con los que recibieron agua y alimento desde el primer día.

Mac Naughton y et.al, informaron que la mortalidad se redujo de 4.6% a 2.9% en las aves que recibieron sacarosa al 8% durante las primeras horas después de su alojamiento (33).

Zumbado y Campabadal, (73) describen que el azúcar de caña (fructosa) se puede utilizar hasta un 20% como fuente de energía en pollos de engorda y su beneficio dependerá de la composición nutritiva de la dieta, los ingredientes que la formen y el manejo de la granja.

Gallinas de postura Leghorn blancas fueron alimentadas *ad libitum* con concentraciones de sorbosa (0, 100, y 200g/kg de dieta) por cuatro semanas el peso del ave así como el consumo de alimento decrecieron a medida que se incrementaban las concentraciones de sorbosa en la dieta. Las concentraciones de triglicéridos, colesterol, lipoproteínas de baja densidad, y quilomicrones se redujeron significativamente, de acuerdo al nivel de inclusión de sorbosa en la dieta. Los pesos relativos de grasa abdominal disminuían a medida que aumentaba la sorbosa en la dieta, la producción diaria de huevo se incrementó. Las dietas con sorbosa pueden también ser usadas como regulador potencial en el metabolismo de lípidos en gallinas de postura (23).

Miles y et.al, (40) mencionaron que los pollos de engorda que se alimentaron con jarabe de maíz rico en fructosa, consumieron más alimento y su conversión alimenticia fue más eficiente que los testigos.

El colesterol es una sustancia precursora de la producción de los ácidos biliares en el organismo humano; los cuales son necesarios para una adecuada absorción de las grasas durante el proceso de digestión de los alimentos (74).

En las aves, el colesterol es esencial para el desarrollo de diferentes funciones como:

El crecimiento y la reproducción, transporte de grasa a través de la sangre como constituyente mayor de las lipoproteínas (50) y como precursor de hormonas esteroides (62).

La mayor parte del colesterol contenido en el huevo es sintetizado por el hígado de la gallina, transportado a la sangre a través de las lipoproteínas y depositado en los folículos maduros, por lo que se asume que existe una estrecha relación entre los niveles de colesterol en suero y la yema (27).

Los niveles de colesterol en las aves están fuertemente afectados por la heredabilidad y la dieta dentro de este último factor, existen compuestos químicos hipocolesterolémicos tales como algunos carbohidratos complejos, esteroides de plantas, Vitamina A y algunas drogas (26).

Las precauciones que se tienen acerca del consumo de la yema del huevo y los reproches que recibe, son motivados, fundamentalmente, por la notable presencia de colesterol (de 0.25 a 0.28g por huevo (53).

Kirby y et al, (32) informan que la eficiencia alimenticia a la edad de mercado, puede mejorar de 0.0907 a 0.1134 kg. 0.75, 1.0 y 1.25% de fructosa en el pollo de engorda.

Simental (58) indica que la inclusión de sorbitol al 1.0% incrementó la ganancia de peso en pollo de engorda en 7.08%, disminuyó el consumo de alimento 5.2%, mejora la conversión alimenticia en 11.07%, logrando aumentar la cantidad de carne producida en un 12.82% y la mortalidad se redujo en un 66.66% con respecto al grupo testigo.

Todas las infusiones de sustancias nutritivas, afectan el consumo de alimento en el pollo doméstico; cargas incrementadas de glucosa y soluciones hipertónicas de glucosa, sorbitol y KCI, en el buche de gallos adolescentes de 12 a 20 semanas de edad, provocaron una reducción importante de alimento por un periodo de 3 horas (57).

Algunos estudios con mamíferos sugieren que la glucogenólisis es un factor de control en regulación de consumo de alimento (22).

Ziesenitz y Siebert (72) reportaron que el valor de energía del sorbitol es de 4.0 kcal/g.

III JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, es de vital importancia en incursionar en proyectos avícolas que disminuyan los costos de alimentación y mejoren la calidad del alimento y así poder ofrecer al consumidor una proteína de origen animal de excelente calidad y más barata como lo es el huevo.

La utilización del sorbitol en la dieta de gallina productora de huevo para plato, es importante porque según la literatura revisada, se mejoran los parámetros productivos, así como la calidad del huevo.

A lo largo de la historia, el huevo ha pasado de ser un alimento caro y poco abundante a ser un alimento barato que ha contribuido en gran manera la alimentación correcta de la raza humana.

En la actualidad, es un alimento cuestionado, muy a la ligera por cierto, y se le imputan una serie de riesgos por el colesterol que contiene. Los primeros consejos que las organizaciones médicas emitieron sobre la cantidad máxima de huevos a consumir por individuo y semanas, se están ampliando al reconsiderar lo arbitrario de tales recomendaciones (46,45).

El huevo, es un alimento que goza de gran aceptación por ser nutritivamente completo, si se logra a través del sorbitol disminuir el contenido de colesterol por cada huevo entero sería de gran impacto económico y social para México y para el mundo entero, ya que millones de niños, jóvenes y ancianos se beneficiarían al obtener un alimento completamente natural, sano y a un bajo costo.

Se utilizaron inclusiones de sorbitol de 1 a 4% en las dietas de las aves con la finalidad de determinar a que porcentaje de inclusión los parámetros productivos y la cantidad del huevo son más eficientes y se reduce más el nivel de colesterol en el huevo.

Actualmente hay siete compañías manufactureras de sorbitol en Estados Unidos, doce en el oeste de Europa, cuatro en Japón, cinco compañías productoras de sorbitol en Croacia, Hungría, Polonia y tres en Indonesia, existe una planta en la República de Corea, Tailandia,

Brasil y México. Con un crecimiento anual de 3 a 4% en el periodo comprendido de 1993 a 1997 .

Los datos presentados en la literatura hasta los años 90's sobre el uso del sorbitol en la dieta de aves, no son concluyentes por lo que se requiere de un método científico que permita demostrar la eficiencia del producto en los parámetros productivos y calidad del huevo de gallina productora de huevo para plato.

Se hace necesaria la búsqueda de nuevas aplicaciones y técnicas en la ciencia pecuaria, con el propósito de optimizar todos los parámetros productivos a través de la investigación y análisis de campo.

Actualmente en México no se han realizado investigaciones en gallinas ponedoras incluyendo sorbitol en la dieta, por lo que se hace necesario realizar el presente trabajo para demostrar la eficiencia del sorbitol incorporado a raciones para gallinas ponedoras en niveles de 1 a 4%. Evaluando el efecto sobre parámetros productivos y calidad del huevo para plato.

IV. OBJETIVOS

Objetivos Generales:

Evaluar el efecto que sobre los parámetros productivos y calidad del huevo produce la inclusión de sorbitol en la dieta de gallinas productoras de huevo para plato.

Objetivos Particulares.

1. Evaluar los parámetros productivos (consumo de alimento, peso del huevo y conversión alimenticia) de gallinas de posturas alimentadas con diferentes niveles de inclusión (1,2,3 y 4%) de sorbitol en la dieta.
2. Evaluar la calidad interna (altura de albúmina, unidades haugh y color de la yema) y externa (grosor del cascarón) del huevo.
3. Evaluar la composición química del huevo deshidratado (proteína cruda, extracto etéreo, cenizas, calcio y fósforo).
4. Evaluar sensorialmente el sabor del huevo y color de yema obtenido de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de sorbitol (1, 2, 3 y 4%) en la dieta.

V. HIPOTESIS.

1. La inclusión del sorbitol en niveles del 1 al 4% en el alimento para gallina productora de huevo para plato, mejora los parámetros productivos.
2. La inclusión de sorbitol en niveles del 1 al 4% mejora la calidad interna y externa del huevo en la dieta para la gallina productor de huevo para plato.
3. La inclusión de sorbitol en niveles del al 4% reduce el nivel de colesterol en el huevo.
4. La inclusión de sorbitol en niveles del 1 al 4% no afecta negativamente el sabor del huevo y color de yema.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo forma parte de la línea de investigación: "Aditivos y anabólicos en la alimentación animal", del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La primera etapa experimental se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA) "Granja Veracruz" de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Dicho centro se encuentra ubicado en la parte sureste de la cuenca del Valle de México, a la altura del kilómetro 21.5 de la carretera México-Tulyehualco, dentro del perímetro del pueblo de Zapotitlán en la delegación de Tláhuac, Distrito Federal.

Geográficamente se ubica entre los paralelos 19° 15' latitud norte y a 99° 2'33" longitud oeste del meridiano de Greenwich. A una altura sobre el nivel del mar de 2,242 metros, tiene clima templado húmedo, la temperatura media es de 17° C, siendo enero el mes más frío y mayo el más caliente; la precipitación pluvial promedio anual de 747 mm; los vientos dominantes son del noroeste en estación seca y del noroeste la estación húmeda, el presente trabajo se desarrolló durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 1996.

Para realizar el estudio se llevó a cabo el siguiente método:

Se trabajó con un total de 240 gallinas para huevo blanco Leghorn de 32 semanas de edad, distribuidas conforme a un diseño completamente al azar de cinco tratamientos con cuatro réplicas y tres gallinas por jaula, siendo un total de 20 lotes. El estudio duró 8 semanas. Los tratamientos consistieron en incluir sorbitol en niveles del 1, 2, 3 y 4% a las raciones de gallinas ponedoras.

A continuación se mencionan los cinco tratamientos:

- T1 GRUPO TESTIGO: Ración sin sorbitol
- T2 Ración con 1% de sorbitol
- T3 Ración con 2% de sorbitol
- T4 Ración con 3% de sorbitol
- T5 Ración con 4% de sorbitol

6.1 Método empleado en la utilización del sorbitol en gallina productora de huevo para plato.

Sorbitol

| | |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Preparación de Dietas | Testigo Adición de sorbitol en niveles de inclusión de 1 a 4%. |
| Fase experimental con las gallinas Leghorn | Consumo de Alimento. Conversión Alimenticia. Peso del huevo. |
| Fase experimental en Laboratorio | Altura de la Albúmina. Unidades Haugh. Grosor del cascarón. Medición color yema. Evaluación sensorial huevo. Análisis Químico: (Proteína cruda, Extracto Etéreo y Cenizas). Minerales: Ca, P. Evaluación Nivel del colesterol. |
| Fase Experimental con los Gallos | Determinación de energía metabolizable verdadera (EMV). Determinación de digestibilidad energética.(DE). En gallos alimentados con la dieta testigo y gallos alimentados con niveles de inclusión de 4% de sorbitol. |
| Análisis Estadísticos | Modelo de regresión multivariada Modelo cuadrático Prueba no paramétrica de Friedman Prueba de S Combinada. |

6.1.1 Preparación de las dietas:

Las raciones tenían como base sorgo y soya con fuentes convencionales de vitaminas y minerales. Las dietas fueron isoprotéicas e isoenergéticas y se formularon conforme a los requerimientos para gallinas ponedoras señaladas por el National Research Council (NRC)

(47). El sorbitol se mezcló a cada uno de los tratamientos o alimentos en niveles de inclusión de 1%, 2%, 3%, y 4% (anexo 1).

Dichos tratamientos fueron asignados aleatoriamente a grupos de 12 aves cada uno y las aves se alojaron en grupos de tres gallinas por jaula durante las ocho semanas que duró el experimento suministrando agua y alimento a libre acceso.

6.1.2 Evaluación de parámetros productivos.

Semanalmente se midieron consumo de alimento, conversión alimenticia. A las aves se dio un periodo de adaptación al inicio del experimento de una semana con el propósito de evitar efectos residuales. Algunas aves presentaron los síntomas de Newcastle durante la prueba.

La medición del peso y el número de huevos se determinaron diariamente de las gallinas de cada lote correspondiente a cada tratamiento de las cuatro réplicas, el huevo se pesó en una báscula electrónica.

No todos los huevos tienen el mismo peso; muchos saben que el peso varía muchísimo según la edad, la raza y la alimentación, pero pocos se dan cuenta de la importancia del asunto. Y no obstante está bien claro que con un huevo de 65 gramos se hace una tortilla más grande que con uno de 50 gramos. Los huevos de mayor peso se venden más fácilmente y proporcionan polluelos más desarrollados (51).

6.1.3 Evaluación de la calidad del huevo.

Se llevó a cabo en el Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

6.1.3.1 Altura de la albúmina y unidades Haugh

La forma más utilizada en la actualidad para medir la calidad de la albúmina es la unidad Haugh, que mide la altura de la albúmina luego de corregir la lectura según el tamaño del huevo (45, 46, 49, 53).

Se definen las unidades Haugh como el método donde se puede apreciar la calidad interna del huevo una vez abierto y está relacionada con el logaritmo del espesor del gel del

albumen denso y se corrige en función del peso del huevo. Se expresa en unidades Haugh= $100 \log (H-1.7po.37+7.57)$ (53,49,46).

La unidad Haugh se ha utilizado para determinar la calidad interior de los huevos comerciales. No sólo mide la frescura relativa del huevo sino también la edad de la gallina que lo produjo (46).

Con frecuencia, la esfera del micrómetro y una regla de cálculo permite estimar, a partir de los valores de altura del albumen denso y el peso del huevo, las unidades Haugh (53).

Se midieron a los 20,40 y 60 días del experimento en dieciséis huevos tomados al azar por tratamiento (cuatro por lote). El procedimiento implicó pesar el huevo individualmente, abrirlo y extenderlo sobre una superficie plana determinando con un micrómetro trípode la altura de albúmina densa en su parte más elevada (la más cercana a la yema) y posteriormente con una regla de cálculo se determinaron las unidades Haugh.

6.1.3.2 Grosor del Cascarón

Se determinó a los 20,40 y 60 días del experimento en dieciséis huevos tomados al azar, por tratamiento (cuatro por lote) con la ayuda de un micrómetro electrónico, de manera que se rompió el huevo por la mitad y se midió el espesor de una parte del cascarón.

La cáscara está internamente revestida de una membrana que envuelve al albúmen y forma, en una de las extremidades del huevo la cámara de aire, ésta varía de color según la raza y tanto los huevos comerciales como los incubables deberán tener un grosor de cascarón adecuado que les permita soportar el manejo (51).

6.1.3.3 Medición del color de la yema

A los 20,40 y 60 días del experimento, se midió la pigmentación de la yema en dieciséis huevos por tratamiento (cuatro de cada lote) con las escalas visuales colorimétrica. Conocida como abanico Roche 1990, que tiene una puntuación del 1 al 15. En el caso de la yema, el criterio más importante es el de su color, lo cual interesa directamente al

consumidor. La noción de color es compleja y debe, en rigor, ser subdividida en matiz, saturación y brillo.

6.1.4 Análisis químico aproximado del huevo

Para este propósito se tomaron dieciséis huevos al azar por cada tratamiento a los 20, 40 y 60 días, los contenidos (yema y clara mezcladas). Se pesaron, y el mismo material fue secado en la estufa a una temperatura de 50°C por espacio de tres días, luego se procedió a colocar las muestras en la campana de Gauss para evitar la entrada de humedad, luego fueron pesadas y posteriormente molidas para realizar las siguientes determinaciones según los métodos de la A.O.A.C. (4, 61). Proteína cruda, Extracto Etéreo y Cenizas.

6.1.5 Determinación y cuantificación de Minerales

Se procedió a la determinación del calcio mediante absorción atómica y fósforo por colorimetría de los mismos huevos utilizados en el análisis químico aproximado (4, 61).

6.1.6 Evaluación Sensorial

La prueba de Evaluación Sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (I.N.N.S.Z.), en cubículos individuales con luz blanca, para evaluar el sabor del huevo y luz roja para evaluar el color de la yema. Se empleó una de aceptación para sabor del huevo y otra de preferencia para color que duró un (1) día (68).

Participaron 39 jueces no entrenados (ambos sexos), consumidores habituales de huevo a quienes se les presentó con su respectivo cuestionario (Anexos 2, 3) el siguiente material:

Un plato con cinco diferentes muestras de huevo preparado, acompañados de pan blanco y agua, que se debía consumir antes de probar cada muestra. Los números aleatorios asignados para las diferentes muestras del huevo de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) fueron: 660, 628, 651, 610, 684 respectivamente en la evaluación para sabor.

Los panelistas indicaron el grado de aceptación de cada muestra, escogiendo la categoría apropiada entre las diferentes opciones que iban desde “menor=1, hasta mayor=5”, en caso de existir alguna que no le agradara en absoluto, se indicaba con un 0. (Anexo 2).

Se siguió el mismo método para la prueba de preferencia para color, pero cambiando los números aleatorios de identificación. En este caso, los valores asignados a los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5) fueron: 956, 942, 919, 931, 937 (anexo 3).

En cada prueba de evaluación sensorial, se asignaron valores aleatorios diferentes, a fin de que los jueces no asociaran los números de una prueba con los siguientes.

6.1.7 Cuantificación de colesterol en el huevo liofilizado

A los 20, 40 y 60 días del experimento, se tomaron al azar 16 huevos por tratamiento (cuatro por lote) Se liofilizó el huevo completo (yema más clara) y se cuantificó el contenido de colesterol por cromatografía de gases, siguiendo el método de Cortés (1977) y descrito en el anexo 4 (1,4).

6.1.8 Prueba in vivo de energía metabolizable verdadera y digestibilidad energética

El método se describe en el anexo 5 (55, 56).

6.1.6 Análisis Estadístico

Para el análisis de las variables consumo de alimento, peso del huevo, conversión alimenticia, se utilizó una regresión multivariada. Se analizó también con regresión multivariada, las observaciones individuales de los huevos, con las siguientes variables: peso del huevo, altura de la albúmina, unidades haugh, grosor del cascarón, color de la yema, contenido de colesterol, proteína, extracto etéreo y cenizas medidas a los 20, 40, y 60 días del experimento. En este caso no se utilizó un modelo autorregresivo, ya que por razones obvias no se trataba del mismo huevo, ni siquiera se tenía la seguridad de que de un muestreo al siguiente se tratara de la misma gallina. Por lo que las variables explicativas en este caso sólo fueron el nivel de sorbitol y el número de días. Para las variables calcio y

fósforo solo se tiene una observación por réplica, por lo que no se incluyó como variable explicativa los días. Se pudo observar que la conversión disminuyó en niveles de sorbitol del 1% y vuelve a subir, por lo que se puede pensar en un modelo cuadrático: (30).

$$Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 Y_{i-1,jk} + \beta_2 X_j + \beta_3 X_j^2 + \epsilon_{ijk}$$

Las variables sabor y color de huevo, resultante de la prueba aceptación y de la prueba de preferencia, se analizaron por el método no paramétrico de Friedman (60). Debido a que las pruebas las realizaron 39 jueces, no se pueden considerar como independientes, por lo tanto, la primera prueba que se realizó fue la Friedman con múltiples empates. Posteriormente si se considera que la variable explicativa es cuantitativa, se realizó la prueba de S combinada, para detectar si al aumentar el sorbitol el color y el sabor del huevo mejoraban.

Para el análisis de conversión alimenticia se realizó un modelo autorregresivo cuadrático.

Por cálculo diferencial se calculó el mínimo de esta función para el sorbitol (30).

Las variables consumo de alimento, conversión alimenticia y peso del huevo se tomaron semanalmente durante 8 semanas, por lo que se tienen 8 observaciones de cada lote. Por lo tanto se utilizó un modelo de regresión multivariado, tomando la observación de la semana anterior de cada una de las variables como variable explicativa. El modelo se presenta a continuación:

$$Y=Z\beta + \epsilon$$

Donde:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{n3} \end{bmatrix}$$

Y_{11} = Peso del huevo de la observación i-ésima (empieza en la segunda semana del primer lote).

Y_{12} = Consumo de alimento de la observación i-ésima (empieza en la segunda semana del primer lote).

Y_{13} = Conversión alimenticia de la observación i-ésima (empieza en la segunda semana del primer lote).

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & S_1 & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ 1 & S_2 & Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ 1 & S_n & Z_{n1} & Z_{n2} & Z_{n3} \end{bmatrix}$$

S_1 = Nivel de sorbitol de la observación i-ésima

Z_{11} = Peso del huevo de la semana anterior de la observación i-ésima

Z_{12} = Consumo de alimento de la semana anterior de la observación i-ésima

Z_{13} = Conversión alimenticia de la semana anterior de la observación i-ésima.

La matriz de coeficiente queda de la siguiente manera:

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_{01} & \beta_{02} & \beta_{03} \\ \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} \end{bmatrix}$$

Al analizar los datos se pudo observar que en el sorbitol no hay una relación lineal, por lo que se introdujo además el cuadrado de este valor.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Fase Experimental

7.1.1. Composición de las dietas.

El aporte de nutrimentos en las dietas fue calculado con base a las necesidades para gallinas en producción y de acuerdo a la composición de cada uno de los ingredientes (44).

El alimento balanceado a base de sorgo y soya contenía fuentes convencionales de vitaminas y minerales. cuyas dietas isoprotéicas e isoenergéticas se formularon conforme a los requerimientos para gallinas ponedoras (NRC) de 1994. tal como lo ilustra el anexo1, asimismo, se incluyó a cada uno de los alimentos, inclusiones de 1 a 4% de sorbitol en cada ración, menos el grupo testigo.

7.1.2 Parámetros Productivos.

7.1.2.1. Consumo de alimento, conversión alimenticia y peso del huevo.

Como puede observarse en los cuadros 4, 5, 6, 7, 8 y 9, los valores obtenidos de las tres primeras variables se tomaron semanalmente durante 8 semanas, por lo que se tienen 8 observaciones de cada lote. Por lo tanto en el modelo de regresión multivariado, tomando la observación de la semana anterior de cada una de las variables como variable explicativa, se puede observar que en el sorbitol no hay relación lineal, por lo que se introdujo además el cuadrado de este valor y no se encontró efecto del sorbitol en el peso del huevo. En el consumo de alimento y la conversión alimenticia se encontró relación entre la cantidad de sorbitol y ambas variables, de acuerdo con varios autores (43, 51, 47).

Esto concuerda con los resultados obtenidos por Simental (58), donde se encontró que la inclusión de 1% de sorbitol en dietas para pollos de engorda disminuyó el consumo de alimento 5.2%.

A medida que incrementaban el nivel de sorbosa en la dieta (hasta 200g/kg de dieta), el consumo de alimento decreció 14% en gallinas de postura Leghorn blancas (23).

Son muchos los factores que regulan e intervienen en el consumo, como son la tendencia a consumir alimento en función de señales que recibe el cerebro sobre concentraciones plasmáticas (glucosa), en relación al nivel de grasa corporal, estímulos sensoriales, etc.(21).

De hecho los valores de conversión alimenticia fueron muy buenos, considerando que el valor ideal es 2.0 (54). Debido a que la conversión alimenticia es una combinación de las otras dos, se puede interpretar que el efecto del sorbitol en la conversión alimenticia se debe a un cambio en el consumo de alimento. Para calcular los puntos óptimos (en aquellos en que la conversión alimenticia y el consumo de alimento son mínimos) se calculó la derivada parcial con respecto a la cantidad de sorbitol, con los siguientes resultados: Para el consumo de alimento el punto óptimo fue 2.504 % de inclusión de sorbitol ($P < 0.01$) y para la conversión alimenticia el punto óptimo fue 2.283 % de inclusión de sorbitol ($P < 0.01$). Como se puede observar en los cuadros 4 y 8 la estimación de valores en las variables consumo de alimento y conversión alimenticia, respecto al sorbitol y también en las figuras 5 y 6 se observan los puntos óptimos.

En investigaciones realizadas al utilizar 1.25% de fructosa se obtuvo una mejor conversión alimenticia en aves (31).

De estos valores obtenidos por cada réplica de ocho observaciones, una cada semana, al tratarse de observaciones repetidas el modelo autorregresivo nos indica que al utilizar la conversión de una semana anterior como una nueva variable se pierde la observación de la primera semana. en la figura 6 se puede observar que la conversión disminuye en niveles de sorbitol del 1% y vuelve a subir, por lo que se puede pensar en un modelo cuadrático que por cálculo diferencial se calculó el mínimo de esta función para el sorbitol.

Al utilizar 1% de sorbitol se obtuvo una mejor conversión alimenticia en pollos de engorda en 11.07%. La eficiencia alimenticia para los pollos de engorda con un nivel de 1.0% de sorbitol logró aumentar la cantidad de carne producida con un kg de alimento consumido en un 12.82% comparándolo con el testigo (58).

Como se puede observar en el cuadro 6, el peso de todos los huevos correspondió a los huevos con mayor demanda (en la Comunidad Económica Europea), que son aquellos cuyo peso esta comprendido entre 55 y los 65 gramos (51).

De acuerdo a la clasificación de los huevos según su peso, el peso del huevo correspondiente a los tratamientos con 1%, 3%, y 4% de inclusión de sorbitol estarían en la categoría 3, ó sea de (60 a 65). El peso de cada huevo en gramo en base a la clasificación establecida por el mercado común europeo que ha adoptado siete categorías al respecto

(49). según las relaciones estándar en la edad de la parvada y porcentaje de peso del huevo (Leghorn blancas), se clasificarían todos los huevos de los cinco tratamientos como un huevo grande (cuyo peso mínimo es de 24 onzas ó 56.7 gramos (46).

En todos los tratamientos se registró hasta las 40 semanas de producción que más del 70% de los huevos tenían un peso superior a los 54 gramos (49).

7.2 Calidad del huevo

7.2.1 Calidad externa (peso del huevo y grosor del cascarón)

7.2.1.2 Calidad interna (altura de albúmina, unidades haugh y color de yema del huevo).

En los cuadros del 10 al 18 se observan que las cinco variables para evaluar la calidad del huevo a los 20, 40, y 60 días fueron: peso del huevo, altura de la albúmina, unidades haugh, grosor del cascarón y color de yema (abanico Roche). Respecto al grupo testigo. Estas variables se analizaron con regresión multivariada, las observaciones individuales de los huevos, con cada una de ellas. En este caso no se utilizó un modelo autorregresivo, ya que por razones obvias no se trataba del mismo huevo, ni siquiera se tenía la seguridad de que de un muestreo al siguiente se tratara de la misma gallina. Por lo que las variables explicativas en este caso sólo fueron el nivel de sorbitol y el número de días.

Existe una correlación genética entre el peso del huevo y el contenido en materia seca del albumen, por lo tanto, estas dos variables pueden aumentar simultáneamente (46).

De igual forma en un lote de gallinas, con una edad determinada, la proporción del albumen aumenta cuando se incrementa el peso del huevo (46). De hecho todos los valores relacionados con la altura de albúmina están dentro de los parámetros establecidos en la literatura cuyo rango oscila de 2 a 10 mm (49). Sin embargo se sabe que la altura de la albúmina alcanza valores superiores a 10 mm llegando hasta 12 ó 13 mm según sea el caso, ya que se alcanzan valores hasta de 110 unidades haugh (53).

Dos huevos del mismo peso, el que tenga mayor altura de la albúmina será de mejor calidad, y en dos huevos cuya albúmina tenga la misma altura, el de menor peso será el mejor (49,46). Como se puede apreciar no se encontró ninguna explicación con el peso del huevo. Del resto de las variables se pudo apreciar el efecto del sorbitol en la altura de la albúmina y en las unidades Haugh, no así en el grosor y en el color de la yema del huevo.

En las figuras 7 y 8 se observan los puntos óptimos como se observa en los cuadros 11 y 13 los valores estimados con la regresión, para la altura de la albúmina el nivel óptimo de inclusión de sorbitol fue 2.90% ($P < 0.01$) y para las unidades haugh fue 2.87% de inclusión de sorbitol ($P < 0.01$) (Cuadro 12).

De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la escala de las unidades haugh se extiende prácticamente de 20 a 110. Los valores más frecuentes están comprendidos entre 50 y 100 unidades haugh (53), dentro de las cuatro clasificaciones de huevos. los huevos pertenecientes al grupo testigo obtuvieron clasificación A ($79 > u > 55$); excepto los pertenecientes a los tratamientos con inclusión (1 a 4% de inclusión de sorbitol), que alcanzaron denominación A: AA (> 79) (53).

Las unidades Haugh determinan la calidad interna del huevo, y éstas son utilizadas a nivel internacional como uno de los parámetros más indicativos en la selección de los huevos frescos y de buena calidad en los mercados (53).

Es posible que una dieta con sorbitol actuara como regulador potencial en el metabolismo de lípidos (23,24) y esto haya contribuido a aumentar la capacidad de conservar la viscosidad de la albúmina, con datos generalmente basados en una alta producción de huevo.

Como se observa en el cuadro 11 y 12 la altura de la albúmina en todos los casos, de los cinco tratamientos, los datos resultaron superiores al valor mínimo deseable para el huevo comercial estimado por Sauver (53). La altura de la albúmina determina la calidad interna del huevo, ya que la altura esta dada por una mayor viscosidad de la albúmina y en un huevo fresco se distingue fácilmente la albúmina densa de la fluida, ya que la primera es más viscosa. Más del 85% de todos los huevos de la parvada correspondieron a la Clasificación A y AA (49).

Como se observa en el cuadro 16 no se encontró ningún efecto del sorbitol en el grosor del cascarón entre el testigo y los tratamientos con inclusión de sorbitol (1% a 4%) ($P > 0.05$). Los valores de grosor obtenidos, fueron considerados deseables. A menudo, como media estuvo comprendido entre 0.35 y 0.40 mm de espesor como se observa en el cuadro 15 (46); sin embargo un aspecto interesante lo constituye la aparente tendencia al incremento

en el grosor del cascarón en todos los tratamientos del experimento pero no debido a una determinada inclusión de sorbitol.

Se refleja un ligero aumento en el grosor del cascarón en todos los tratamientos a medida que el tiempo transcurría, sin embargo estos datos están dentro de los parámetros citados en la literatura (53) (Cuadro 16).

En el cuadro 17 se aprecian los resultados obtenidos de los valores de coloración de yema en los diversos tratamientos medidos por un abanico Roche. Esta variable tampoco presentó ninguna variabilidad por efecto del sorbitol (Cuadro 18) ($P>0.05$). Pero el color según la escala Roche más alto correspondió al grupo testigo que fue 8.3 como se observa en el cuadro 17, los promedios a intervalos de 20, 40, y 60 días.

7.3 Composición química aproximada del huevo.

7.3.1. Caracterización química general. (Proteína cruda, extracto etéreo, y cenizas).

En los cuadros 19 y 20, se puede observar que se encontró efecto del sorbitol respecto a la variable proteína, cuyo punto óptimo fue 2.64% de inclusión de sorbitol, respecto al valor proteico del huevo (figura 9).

De hecho, se evidenciaron diferencias altamente significativas ($P<0.01$) con respecto al testigo (Cuadro 20). Es interesante observar, que todos los tratamientos experimentales resultaron superiores al testigo hasta 19.6% como se observa en el cuadro 21 en cantidad de proteína. Todos los valores estuvieron dentro de los parámetros señalados en la literatura para huevo deshidratado (53, 49).

La literatura indica que el albumen está comprendido, en casi su totalidad, por agua y proteínas, con algunos minerales (el 90% de la materia seca corresponde a proteína). También contiene glucosa libre, en una concentración doble a la que se encuentra en el plasma sanguíneo. Esta glucosa constituye la primera fuente de energía utilizable por el embrión (53).

La adición de sorbitol, y xilitol a hígado perfundido en pollos de engorda, causó un incremento en la velocidad de producción de glucosa y consumo de oxígeno (44).

Probablemente se incrementó la proteína del huevo debido a que en las aves la alanina no se convierte en glucosa, posiblemente porque las aves no producen urea, sino ácido úrico

como producto del catabolismo de las proteínas, siendo posible que esa alanina haya sido excretada en el huevo y por ende causo un incremento en el contenido de proteína cruda (21).

La utilización de glucosa en el crecimiento de pollos de engorda no redujo los niveles de proteína en la dieta y los niveles encontrados fueron mayores a 13% (26).

En cuanto al contenido de extracto etéreo que se observa en el cuadro 21, casi todos los tratamientos experimentales resultaron inferiores al testigo; sin embargo, no se evidenciaron diferencias significativas ($P>0.05$) respecto al testigo como se observa en el cuadro 22, todos los valores estudiados estuvieron dentro del intervalo descrito en la literatura para contenido de extracto etéreo (53); sin embargo niveles de sorbosa o sorbitol en dietas de gallinas de postura disminuyen el contenido de grasa en hígado y abdomen, cuando se incluyó un 10% de sorbosa en la dieta. Esta puede ser capaz de regular la acumulación de lípidos en pollos de engorda en crecimiento y gallinas de postura. Y ésta acción ocurrida en el metabolismo de lípidos podría ser similar a una dieta a base de fibra (23).

Finalmente los resultados obtenidos del análisis para determinar las cenizas en huevo como se observa en el cuadro 23, no evidenciaron diferencias significativas ($P>0.05$) con relación al grupo testigo, y además se apegaron a los valores descritos en la literatura como se observan en el cuadro 21 (53).

7.4. Determinación y cuantificación de Minerales.

7.4.1 Calcio y fósforo.

A partir del análisis de minerales, no se evidenciaron diferencias significativas en el caso del calcio ($P>0.05$) y para el fósforo ($P>0.05$) como se observa en los cuadros 24 y 25 con relación al grupo testigo. Todos los resultados fueron mayores a los citados por otros autores como se observa en el cuadro 21 (46), lo que contradice la versión de Sauver (53), respecto a que los macroelementos son nutrimentos con poca variación en el huevo. En futuros estudios sería conveniente aumentar el número de análisis para obtener una mayor precisión en el contenido de calcio y fósforo.

7.5 Evaluación del nivel de colesterol en huevo liofilizado.

Como se observa en el cuadro 26 no se encontró efecto del sorbitol en la variable colesterol a los 20, 40, y 60 días del experimento ($P > 0.05$). La inclusión de 100g sorbitol/kg de dieta, disminuye el colesterol, los triglicéridos, las lipoproteínas de baja (LDL) y las de muy baja (VLDL) densidad, así como la concentración de quilomicrones en pollos de engorda y en gallinas de postura leghorn blancas. Sin embargo conforme la sorbosa se incrementa en la dieta, se reducen significativamente los niveles de colesterol (23, 24). Es posible que a una mayor cantidad de sorbitol en la dieta se reduzcan los niveles de colesterol, lo cual pudiera ser determinado en futuros estudios. La evaluación del nivel de colesterol en huevo liofilizado se determinó mediante los resultados obtenidos (mg/g) en el cromatógrafo de gases Varians 3400 CX (Anexo 6).

7.6. Evaluación Sensorial.

7.6.1. Sabor y color de huevo.

7.6.1.2 Prueba de aceptación para sabor del huevo preparado.

Los valores obtenidos en esta evaluación, el estadístico para la prueba de Friedman con múltiples empates es 11.93. Por lo tanto se encontró evidencia estadísticamente significativa de que el sorbitol cambia el sabor del huevo ($P = 0.018$). La prueba de la S combinada con aproximación normal. El resultado de $j = 28$ y su estandarización es 1.098. Por lo que se encontró evidencia estadísticamente significativa para indicar que al aumentar el sorbitol, el sabor del huevo “mejore”.

7.6.1.3 Prueba de preferencia para color del huevo preparado.

Para el color, al calcular el estadístico de prueba (Friedman con múltiples empates) da un resultado de 25.919, que con la aproximación χ^2 cuadrada tiene una significancia de $3E-05$. Por lo tanto se puede decir que los diferentes niveles de sorbitol dan un efecto en el color en la prueba sensorial ($p = 3E-05$). Cuando se realizó la prueba de la S combinada con aproximación normal, se encontró un valor del estadístico de prueba de 45, con un valor de Z de 1.76, por lo que se concluye que sí existe evidencia de que al aumentar los niveles de sorbitol el color de la yema “mejora” ($p = 0.03877804$). Estos resultados no pueden ser

generalizados a nivel nacional, ya que la mayor parte de los consumidores prefieren un huevo pigmentado (16, 43, 53); Sin embargo esto constituye un elemento válido para confirmar lo descrito en la literatura, con respecto a que el sorbitol disminuye la pigmentación en la yema (24). Este aspecto se observa en el cuadro 17.

7.6.1.4 Los valores de energía metabolizable verdadera (E.MV.)

Los valores de energía metabolizable verdadera fueron de 1.74 kcal /g y estuvieron por debajo de la pasta de girasol 1.760 kcal/g, salvado de trigo 1.764 kcal /g; pero fueron superiores a la pasta de cártamo 1.16 kcal/g y salvado de maíz fueron 1.670 kcal /g. Los valores de energía metabolizable verdadera decrecen con los incrementos de niveles de sorbosa en la dieta (23). pero no se detectó ningún efecto del sorbitol en los valores de EM de las dietas (72); y el % de Digestibilidad fue 14%, el mismo valor reportado en la literatura según Furuse et al (24) en gallinas ponedoras.

Durante las 24 horas de ayuno, los gallos pasan a un estado de postabsorción y agotamiento de las reservas de glucógeno. Durante el ayuno posterior, el que se corresponde con el ensayo, las aves control pasan a depender exclusivamente del catabolismo tisular para satisfacer las necesidades energéticas del metabolismo basal (21).

VIII. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir lo siguiente:

8.1 El sorbitol presenta un alto potencial en la alimentación avícola, ya que puede ser incluido hasta en un 4%, especialmente entre los niveles de inclusión de (2 % a 3 %) en raciones para gallinas de postura, sin ocasionar efectos detrimentales en los parámetros productivos, en la calidad interna y externa del huevo.

8.2 Existe disminución en el consumo de alimento por efecto del uso de sorbitol comparándolo con el testigo, cuyo nivel óptimo es 2.504 % de inclusión de sorbitol, para un consumo estimado de 103.034788 g.

8.3. La conversión alimenticia por la adición de 2.283 % de sorbitol, sería el nivel óptimo para dietas de gallinas de postura con conversiones estimadas entre 1.95831691 y 1.95783278 lo cual se considera excelente.

8.4. La adición del sorbitol en dietas de gallinas ponedoras no presentó ningún efecto sobre el peso del huevo.

8.5. La inclusión de sorbitol en las raciones a 2.90 % sería el nivel óptimo para obtener una mejor, calidad de albúmina en el huevo.

8.6 La inclusión de sorbitol a un punto óptimo de 2.87% produce una mayor unidad Haugh en el huevo.

8.7. La incorporación de sorbitol mejora el contenido de proteína del huevo hasta (19.2) a un punto óptimo de inclusión de 2.64% e, indujo un efecto reductor del extracto etéreo en el huevo (hasta en un 4.7%).

8.8. La incorporación de sorbitol en niveles de 1%, 2%, 3% y 4% no causa un efecto reductor en el nivel de colesterol en las raciones para gallinas ponedoras durante un período de 60 días de inclusión en el huevo.

8.9 En cuanto a la evaluación sensorial del huevo (sabor) no se vio afectado por la adición de sorbitol hasta en un 4% de inclusión de sorbitol en la dieta para gallinas ponedoras, pero no se logro mejorar el sabor del huevo.

8.10 En cuanto a la preferencia por el color, se incrementa el grado de preferencia por el color de la yema en los tratamientos hasta con un 4% de inclusión de sorbitol en la dieta para gallinas ponedoras.

IX. RECOMENDACIONES

- 9.1** Se recomienda realizar más estudios que permitan conocer el nivel óptimo del sorbitol en todos los parámetros productivos de gallinas ponedoras.
- 9.2** Los resultados del presente estudio o investigación sugieren la presencia de un factor mejorador en la conversión alimenticia, altura de la albúmina, unidades haugh y proteínas, por lo que se recomienda ampliar las investigaciones que permitan identificar el verdadero mecanismo de acción del sorbitol en dichas variables.
- 9.3** Se sugieren más estudios a fin de comprobar el posible efecto reductor del sorbitol sobre los lípidos y ácidos grasos del huevo, determinando sus bases fisiológicas.
- 9.4** Se necesitan más investigaciones sobre el efecto del sorbitol en dietas para gallinas ponedoras, evaluando sus efectos sobre el metabolismo energético del ave y su repercusión global en la nutrición humana y animal.

LITERATURA CITADA

- 1.- Abel, L. L., Levy, B.B., Brodie, B.B; Kendal, F. E.: A Simplified method for the estimation of total cholesterol in serum and demonstration of its specificity. **J. Biol Chem.** (1951).
- 2.- Alonso, P.F., Domínguez, C.M.: Estudio Histórico de algunas variables productivas y económicas de la avicultura nacional hasta 1995. Memorias de la VI Jornada Médica Avícola. **Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas.** Pag. 8. México, D.F. (1997).
- 3.- Afuso, H.A.: Relación entre la energía metabolizable y proteína total en la dieta de pollos de engorda para el nivel de mayor ingreso sobre los costos de alimentación. Tesis de maestría. **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.** México, D.F. (1981).
- 4.- A.O.A.C.: Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods Of Analysis. 15th. ed., **Association of Official Analytical Chemists,** Washington, D.C., (1990).
- 5.- Avila, G.E.: Alimentación de las aves, **Editorial Trillas.** México, D.F., (1986).
- 6.- Badui, D.S.: Química de los Alimentos. **Editorial Alhambra, S.A.** México, D.F. (1981).
- 7.- Balconi, R.I.: Temas de actualidad para la Industria Avícola. **Editorial Midia Relaciones, S.A. de C.V.** México, D.F. (1995).
- 8.- Bauer, R.D., Griminger, P.: Effect of dietary carbohydrates and biotin level on cecal size and biotin concentration of growing chickens. **Poultry Sci.** 59: 1493-1498. (1980).
- 9.- Bauchart, D.: Evolution avec l'âge de la cholestérolémie et de la triglycéridémie postprandiales chez la vache pré-ruminante; influence de l'ingestion de sorbitol. **Reprod.Nutr Develop.** 23: 81-92 (1983).
- 10.- Brener, K.V. Kolb, F.E.: Studies into parenteral administration of sorbitol solution and its impact on sorbitol, glucose, fructose and lactate levels in the blood of cattle, sheep and piglets. **Vet.Bull.**47: 394 (1977).
- 11.- Belo, P.S., Romsos, D.R. Levielle, G.A.: Blood metabolites and glucose metabolism in the fed and fasted chicken. **J.Nutr.** 106: 1135-1143 (1976).
- 12.- Buxadé, C.C.: Zootecnia. Bases de producción animal. **Editorial Mundi Prensa.** Madrid, Barcelona, (1995).

- 13.- Chapman, M; J.: En *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*. **Lip. Res.** 21. 789 (1980).
- 14.- Carrillo, D.S.: Aprovechamiento de la Langostilla *Pleuroncodes planipes* Cimpson como fuente de proteína y pigmento en pollos de engorda y gallinas de postura. Tesis de maestría, **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México**, México,D.F., (1993).
- 15.- Ceniceros R., M.A.: Situación actual de la avicultura mexicana. Manual de producción avícola. **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México**; Ceniceros R., M.A., Téllez Y., G., pg.8 primera Ed.,México. (1995).
- 16.- Cuca, G.M., Avila G.E. y Pro, A.M. Alimentación de las aves. **Colegio de Posgraduados Montecillo**, Estado de México, México, (1990).
- 17.- Church, D.C., Pond W.G.: Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. **Ed. Limusa**. México,D.F. (1987).
- 18.- Conn, E.E., Stumpf, P.K.: *Bioquímica Fundamental*. **Ed. Limusa**. México,D.F., (1976).
- 19.- Cornell, N.W; Lund, P, Krebs, H.A.: The effect of lysine on gluconeogenesis from lactate in rat hepatocytes. **Biochem. J.**142:327-337 (1974).
- 20.- Daniels, L.B; Peterson, R.L., Piper, E.L., Rakes, J.M.; Sorbitol in diet of young dairy calves. **J. Dairy Sci.** 64: 449-453. (1981).
- 21.- De Blas, B.C., González, M.G.: *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. **Editorial Aedos**, Barcelona (1991).
- 22.- Furuse, M.: Ishii, T., Miagawa, S., Nakagawa, J., Shimizu, T., Okumura, J.: Effects of dietary sorbitol on the performance of broilers. **British Poultry Sci.**32: 875-880 (1991).
- 23.- Furuse, M., Nakajima, S; Nakagawa, J; Shimizu, T; Okumura, J.: Regulation of Lipid metabolism by dietary sorbose in laying hens. **Poultry Sci.** 69: 1508-1512 (1990).
- 24.- Furuse, M., Nakajima, S; Nakagawa, J; Shimizu, T; Okumura, J., Watamabe, T.: Effect of Dietary sorbose on lipid Metabolism in Male and Female Broilers. **Poultry Sci.** 70: 95-102 (1990).
- 25.- Granner, K.D., Martin W.D., Mayes, A.P., Nestle, M., Rodwell, W.V.: *Bioquímica de Harper*. Ed. **El Manual Moderno, S.A. de C.V.** México, D.F., (1986).
- 26.- Griminger, P.: Lipid metabolism. In: **Avian Physiology**. Chapter 15. 4th. Ed. Springer-verlag New York, U.S.A. (1966).

- 27.- Hammad, S.M.; H.S. Siegel; Mark, H.L.: dietary cholesterol effects on plasma and yolk cholesterol fractions in selected line of Japanese Quail. **Poultry Sci.** 75: 933-942 (1996).
- 28.- Haynes, C.: Cría doméstica de pollos. Ed.Limusa. México,D.F., (1990).
- 29.- Hopkins, D.T., M.C. Nesherm.: The linoleic acid requirement of chicks. **Poultry Sci.** 46: 872-881.
- 30.- Johnson, R.A; Wichern, D.W.: Applied multivariate statistical analysis. Third Edition. **Editorial Printice Hall.** E.U. (1992).
- 31.- Krebs, H.A; Freedland,R.A; Stubbs, M.: Inhibition of hepatic gluconeogenesis by ethanol. **Biochem. J.** 112: 117-124 (1969).
- 32.- Kirby, L.K.: Arkansas Farm. **Research Report**, Sep. Oct. (1985)
- 33.- Lehninger, L.A.: Bioquímica. Ed.Omega. Barcelona, España, (1988).
- 34.- Leontowicz, M.; Kulasek, G.: Influence of intravenous fructose loading on metabolism in sheep. **Small rumin res**, 4: 213-218 (1991).
- 35.- Mac Naughton, J.L., Deaton,J.W. and Reece, F.N.: Effect of sucrose in the initial drinking water of broiler chicks on mortality and growth. **Poultry Sci.**, 57:985-988, (1978).
- 36.- Martin, J.R., Novin, D., Vander W., D.A.: Loss of glucagon suppression of feeding after vagotomy in rats. **American Journal of Physiology**, 234:E 311-E 318 (1978).
- 37.-Maynard, L.A.: Loosli, J.K., Hintz, H.F., Warner, R.G.: Nutrición Animal. **Mc.Graw Hill.** México,D.F., (1981).
- 38.-Maynard, L.A.: Loosli, J.K., Hintz, H.F., Warner, R.G.: Nutrición Animal. 4a. Ed.. **Mc.Graw Hill.** México,D.F., (1984).
- 39.- Menge, H.C., Calvert, C., Denton, C.A.: Further studies of the effect of linoleic acid on reproduction in the hen. **J.Nutr.** 86: 115-119 (1965).
- 40.-Miles, R.D.; Campbell, D.R.; Yates, J.A and White, C.E.: Effect of dietary fructose on broiler chick performance. **Poultry Sci.** 66:1197-1201, (1987).
- 41.- Morgan, T.B., Yudkin: the vitamin sparing action of sorbitol. **Nature.** 180: 543-545, (1957).
- 42.- Muñoz, R.: Efecto de la suplementación con varios niveles de grasa y azúcar crudo como sustituto del maíz en la dieta de pollos de engorda durante el período de iniciación. Tesis de Licenciatura, **Esc de Zoot. Facultad de Agronomía Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica**, (1986).

- 43.- Nicholas, H.B., Leslie, E.M.: Veterinary Pharmacology and therapeutics. 6a. Ed. **Iowa State University Press**, Ames Iowa, (1988).
- 44.- Niwa, H., Yamano, T; Sugano, T; Harris, R.: Hormonal effects and the control of gluconeogenesis from sorbitol, Xylitol and glycerol in perfused chicken liver, **Comp.Biochem. Physiol.** Vol. 85B, No. 4,pg. 739-745 (1986).
- 45.- North, M.O.: Manual de producción Avícola. 2a. Edición, **El Manual Moderno**, México,D.F., (1986).
- 46.- North, Bell .D. D.; Manual de producción avícola. 3a. Edición, **El Manual Moderno**, México, D.F., (1993).
- 47.- N.C.R.: Nutrient Requirements of Poultry. nine edition, National Reserch Council. **National Academy Press**, Washington, D.C., U.S.A., (1994).
- 48.- Pontes, M., Castello, J.A.: Efecto del ayuno de pienso y de la incorporación al agua de bebida de azúcares y electrolitos sobre el rendimiento de las Broilers. **XVII World's Poultry Congress and Exhibition**, Helsinky, Finland; 376-378, (1978).
- 49.- Quintana, J.A.: Avitecnia. Ed. **Trillas, S.A. de C.V.**, 2a. Edición, México (1988).
- 50.-Rafai, N. Warnick, G.R.; Mc.Namara, J.R.; Belcher, J.D.; Gristead, G.F.; Frantz Jr..I.D.: Measurement of low density lipoprotein cholesterol in serum: Astatus **Report.clin.Chem.** 38:150-160, (1992).
- 51.- Ribas, C.S.: Las gallinas ponedoras y la producción de huevos.Ed.**Sintes,S.A.** Barcelona, (199).
- 52.- Rosas, J.L.: Evaluación de los Parámetros Productivos por efecto del sorbitol en la dieta de pollos de engorda. Tesis de licenciatura. **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México.** México, D.F. (1990).
- 53.- Sauver, B.: El huevo para consumo: Bases productivas. **Editorial Aedos**, Barcelona, (1993).
- 54.- Shimada, A.S.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. **Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México A.C.** ,D.F., (1983).
- 55.- Sibbald, I.R.: A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poultry Sci.**, 55: 303-308, (1976).
- 56.- Sibbald, I.R.: The T.M.E. System of Feed Evaluation: Methodology, Fed composition Date and Bibliography, Bulletin 1986-4E. **Research Branch, Agriculture Canada.** Ottawa, Canada, (1986).

- 57.- Shurlock, T.G.H., Forbes, J.M.: Factors affecting food intake in the infusions of nutritive substances into the crop and duodenum. **British Poultry Sci.**, 22: 323-331 (1981).
- 58.- Simental, B.M.J.: Efecto de la dieta con el uso de sorbitol sobre parámetros productivos del pollo de engorda. Tesis de licenciatura. **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.**, (1990).
- 60.- Steel, G.D. y Torrie, H.J.: Bioestadística. Principios y procedimientos. **Mc. Graw-Hill**, México (1985).
- 59.- Soling, H.D.; Kleine, J. Williams, B.; Janson, G.; Kuhn, A.: Relationship between intracellular distribution of phosphoenolpyruvate carboxy kinase, regulation of gluconeogenesis and energy cost of glucose formation. **Eur.J. Biochem.** 37: 233-243 (1973).
- 61.- Tejada, H.I.: Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. **Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México**, INIF-SARH, México, D.F., (1981).
- 62.- Tepperman, J.: Esteroid hormonas. Pag. 21-28 Inc.: Metabolic and endocrine physiology. Chapter 2.4th. **Ed. Year Book Medical Publisher**. Chicago (1981).
- 63.- Thaxton, J.P., Parkhurst, C.R.: Growth efficiency and Levability of newly a hatched broiler as influenced by hidratación and intake of sucrose. **Poultry Sci.**, 55:2275-2279, (1976).
- 64.- The Merck Index: Encyclopedia of Chemical Drugs Biologicals, 10a. **Ed. Merck & Co. Incorporated**. (1983).
- 65.- Thiven, P., Debarre, M., Lefavre, J. Toullec, R.: Influence of sorbitol on biliary secretion in the preruminant calf. **Can.J.Anim.Sci.** 64: 102-103 (1984).
- 66.- Villegas, P.: Control de las enfermedades aviares durante la década de 90. **Sint. Avícola**. 2: 10.13, (1990).
- 67.- Wang, Y.M. Vanb Eys, J.: Nutritional significance of fructose and sugar alcohol. **Ann. Rev. Nutr.** 1:437-475. (1981).
- 68.- Watts, B.M., Ylimaki, G.L.; Jeffrey, L.E. y Elias, L.M.: Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. **Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo**. Ottawa, Canadá, (1992).
- 69.- Whith A.; Handler, P., Smith, E.L., Hill, R.L. y Lehman, I.R: Principio de Bioquímica 6a. De. 2a. Ed. en Español. **Ed. Mc.Graw Hill** (1983).

70.- Williamson, J.R.; Browning, E.T.; Scholz, R.: Control Mechanisms of gluconeogenesis and ketogenesis. **J. Biol.Chem.** 244: 4607-4627 (1969).

71.- Yáñez, C.A.: Análisis retrospectivo. Situación actual y futura de la avicultura en México. **Avirama**, 4: 8-12. (1989).

72.- Ziesenitz, S.C., Siebert, G.: The metabolism and utilization of polyols and other bulk sweeteners compared with sugar in: T.H. Grenby Ed. **Developments in sweeteners**, vol. 3, 109-149 (London, Elsevier Applied Science), (1987).

73.- Zumbado, M., Campabadal C.M.: Utilización del azúcar en la alimentación de las aves. **Boletín Asociación Americana de Soya, ASA/México**, A.N.No. 63 (1986).

CUADRO 4. DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, Y SU RELACIÓN CON EL CONSUMO DE ALIMENTO.

| Sorbitol | Consumo estimado (g) |
|----------|----------------------|
| 0.0 | 106.105733 |
| 0.5 | 105.002089 |
| 1.0 | 104.143172 |
| 1.5 | 103.528983 |
| 2.0 | 103.159522 |
| 2.5 | 103.034788 |
| 3.0 | 103.154781 |
| 3.5 | 103.519502 |
| 4.0 | 104.128951 |
| 4.5 | 104.983127 |
| 5.0 | 106.082031 |

CUADRO 5. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, SOBRE EL CONSUMO DE ALIMENTO.

| Consumo de alimento (g) | | | | | | |
|-------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| consumo - 1 | 0.4052649 | 0.0769156 | 5.269 | 0 | 0.2531393 | 0.5573905 |
| conversión - 1 | 1.588081 | 2.079863 | 0.764 | 0.446 | -2.525525 | 5.701687 |
| peso - 1 | -0.1093847 | 0.066695 | -1.64 | 0.103 | -0.2412957 | 0.0225263 |
| Sorbitol | -2.452016 | 0.5157807 | -4.754 | 0 | -3.472141 | -1.431892 |
| Sorbitol ² | 0.4894551 | 0.1149727 | 4.257 | 0 | 0.2620592 | 0.716851 |
| Constante | 67.35609 | 10.05465 | 6.699 | 0 | 47.46975 | 87.24242 |

-1=De la semana anterior

CUADRO 6. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL, SOBRE PESO DEL HUEVO. EN GALLINAS DE POSTURA (PROMEDIO)

| TRATAMIENTO | PESO DEL HUEVO (g) |
|-------------|--------------------|
| TESTIGO | 56.797 |
| 1% SORBITOL | 58.936 |
| 2% SORBITOL | 60.357 |
| 3% SORBITOL | 60.483 |
| 4% SORBITOL | 59.801 |

CUADRO 7. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, SOBRE EL PESO DEL HUEVO.

| Peso del huevo (g) | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| consumo - l | -0.1190011 | 0.0952231 | -1.25 | 0.214 | -0.3073357 | 0.0693335 |
| conversión - l | 3.591422 | 2.574912 | 1.395 | 0.165 | -1.501306 | 8.684149 |
| peso - l | 0.2977371 | 0.0825697 | 3.606 | 0 | 0.1344286 | 0.4610456 |
| sorbitol | 0.8825528 | 0.6385469 | 1.382 | 0.169 | -0.3803817 | 2.145487 |
| sorbitol ² | -0.133176 | 0.1423385 | -0.936 | 0.351 | -0.4146967 | 0.1483447 |
| constante | 46.47784 | 12.44786 | 3.734 | 0 | 21.85815 | 71.09753 |

-l=De la semana anterior

CUADRO 8. DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, Y SU RELACIÓN CON LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA.

| Sorbitol | Conversión alimenticia |
|----------|------------------------|
| 0 | 2.03197091 |
| 0.5 | 2.00279978 |
| 1 | 1.98080041 |
| 1.5 | 1.96597278 |
| 2 | 1.95831691 |
| 2.5 | 1.95783278 |
| 3 | 1.96452041 |
| 3.5 | 1.97837978 |
| 4 | 1.99941091 |
| 4.5 | 2.02761378 |
| 5 | 2.06298841 |

CUADRO 9. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, SOBRE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA.

| Conversión alimenticia | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| consumo - 1 | 0.0011295 | 0.0028547 | 0.396 | 0.693 | -0.0045167 | 0.0067756 |
| conversión - 1 | 0.4833637 | 0.0771942 | 6.262 | 0 | 0.3306871 | 0.6360404 |
| peso - 1 | -0.0031709 | 0.0024754 | -1.281 | 0.202 | -0.0080668 | 0.0017249 |
| sorbitol | -0.065514 | 0.0191432 | -3.422 | 0 | -0.103376 | -0.0276521 |
| sorbitol ² | 0.0143435 | 0.0042672 | 3.361 | 0.001 | 0.0059037 | 0.0227833 |
| constante | 1.146457 | 0.3731787 | 3.072 | 0.003 | 0.4083748 | 1.884539 |

-1=De la semana anterior

CUADRO 10. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL PESO DEL HUEVO A LOS 20, 40 Y 60 DIAS.

| Peso del Huevo (g) | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | -0.0316156 | 0.1534876 | -0.206 | 0.837 | -0.3340032 | 0.2707719 |
| Sorbitol | -1.915309 | 6.279847 | -0.305 | 0.761 | -14.2873 | 10.45668 |
| sorbitol ² | 1.292071 | 1.502421 | 0.86 | 0.391 | -1.667863 | 4.252005 |
| Constante | 59.12051 | 8.126375 | 7.275 | 0 | 43.11066 | 75.13036 |

CUADRO 11. DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, Y SU RELACIÓN CON LA ALTURA DE LA ALBÚMINA.

| SORBITOL | ALTURA DE LA ALBÚMINA (MM) |
|----------|----------------------------|
| 0.0 | 6.3864180 |
| 0.5 | 7.5302150 |
| 1.0 | 8.4578459 |
| 1.5 | 9.1693108 |
| 2.0 | 9.6646096 |
| 2.5 | 9.9437424 |
| 3.0 | 10.0067091 |
| 3.5 | 9.8535098 |
| 4.0 | 9.4841444 |

CUADRO 12. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE LA ALTURA DE LA ALBÚMINA.

| Altura de la Albúmina (mm) | | | | | | |
|----------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | 0.0150938 | 0.0032757 | 4.608 | 0 | 0.0086402 | 0.0215473 |
| sorbitol | 2.50376 | 0.1340236 | 18.681 | 0 | 2.239719 | 2.767801 |
| sorbitol ² | -0.4323321 | 0.0320644 | -13.483 | 0 | -0.4955026 | -0.3691616 |
| constante | 5.782666 | 0.1734319 | 33.343 | 0 | 5.440986 | 6.124346 |

CUADRO 13. DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, Y SU RELACIÓN CON LAS UNIDADES HAUGH.

| Sorbitol | Unidades Haugh |
|----------|----------------|
| 0.0 | 80.23323 |
| 0.5 | 86.32356 |
| 1.0 | 91.25345 |
| 1.5 | 95.02290 |
| 2.0 | 97.63190 |
| 2.5 | 99.08046 |
| 3.0 | 99.36859 |
| 3.5 | 98.49627 |
| 4.0 | 96.46350 |

CUADRO 14. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN LAS DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE LAS UNIDADES HAUGH

| Unidades Haugh | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | 0.0813438 | 0.0169591 | 4.796 | 0 | 0.0479324 | 0.1147551 |
| sorbitol | 13.3411 | 0.6938718 | 19.227 | 0 | 11.9741 | 14.70811 |
| sorbitol ² | -2.320883 | 0.1660052 | -13.981 | 0 | -2.647932 | -1.993835 |
| Constante | 76.97948 | 0.8978979 | 85.733 | 0 | 75.21053 | 78.74844 |

CUADRO 15. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL GROSOR DEL CASCARÓN DEL HUEVO. (PROMEDIO)

| TRATAMIENTO | GROSOR DEL CASCARON (mm) |
|-------------|--------------------------|
| TESTIGO | 0.390 |
| 1% SORBITOL | 0.396 |
| 2% SORBITOL | 0.395 |
| 3% SORBITOL | 0.388 |
| 4% SORBITOL | 0.394 |

CUADRO 16. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL GROSOR DEL CASCARÓN DEL HUEVO.

| Grosor del Cascarón (mm) | | | | | | |
|--------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | 0.0003469 | 0.0000625 | 5.546 | 0 | 0.0002237 | 0.0004701 |
| sorbitol | 0.0010754 | 0.002559 | 0.42 | 0.675 | -0.0039662 | 0.006117 |
| sorbitol ² | -0.0003766 | 0.0006122 | -0.615 | 0.539 | -0.0015828 | 0.0008296 |
| constante | 0.3795816 | 0.0033115 | 114.625 | 0 | 0.3730576 | 0.3861057 |

CUADRO 17. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL COLOR DE LA YEMA DEL HUEVO. (PROMEDIO)

| TRATAMIENTO | COLOR DE LA YEMA |
|-------------|------------------|
| TESTIGO | 8.305 |
| 1% SORBITOL | 7.885 |
| 2% SORBITOL | 8.177 |
| 3% SORBITOL | 7.718 |
| 4% SORBITOL | 7.854 |

CUADRO 18. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL COLOR DE LA YEMA DEL HUEVO.

| Color de la Yema | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | -0.0571875 | 0.003694 | -15.481 | 0 | -0.0644652 | -0.0499098 |
| sorbitol | -0.1951701 | 0.1511394 | -1.291 | 0.198 | -0.4929313 | 0.1025912 |
| sorbitol ² | 0.0230253 | 0.0361593 | 0.637 | 0.525 | -0.0482125 | 0.0942632 |
| constante | 10.52401 | 0.1955805 | 53.809 | 0 | 10.13869 | 10.90932 |

CUADRO 19. DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA, Y SU RELACIÓN CON LA PROTEÍNA CRUDA DEL HUEVO DESHIDRATADO.

| Sorbitol | Proteína % |
|----------|------------|
| 0.0 | 48.72210 |
| 0.5 | 51.15195 |
| 1.0 | 53.07350 |
| 1.5 | 54.48675 |
| 2.0 | 55.39169 |
| 2.5 | 55.78833 |
| 3.0 | 55.67667 |
| 3.5 | 55.05670 |
| 4.0 | 53.92843 |

CUADRO 20. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE LA PROTEÍNA CRUDA DEL HUEVO DESHIDRATADO.

| Proteína % | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Signifi- cancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | -0.0558756 | 0.0398831 | -1.401 | 0.167 | -0.1358364 | 0.0240853 |
| sorbitol | 5.368011 | 1.623703 | 3.306 | 0.002 | 2.112682 | 8.623339 |
| sorbitol ² | -1.016607 | 0.3850209 | -2.64 | 0.011 | -1.788527 | -0.2446866 |
| constante | 50.95712 | 2.170592 | 23.476 | 0 | 46.60535 | 55.3089 |

CUADRO 21. EFECTO DEL SORBITOL EN LA COMPOSICION QUÍMICA DEL HUEVO PARA PLATO EN BASE SECA, DE GALLINA LEHORN*.

| TRATAMIENTO | PROTEINA CRUDA % | EXTRACTO ETereo % | CENIZAS % | CALCIO % | FOSFORO % |
|-------------|------------------|-------------------|-----------|----------|-----------|
| TESTIGO | 46.275 | 38.804 | 3.553 | 0.915 | 1.535 |
| 1% SORBITOL | 55.332 | 38.565 | 3.535 | 0.925 | 1.545 |
| 2% SORBITOL | 53.852 | 37.435 | 3.604 | 0.897 | 1.539 |
| 3% SORBITOL | 55.126 | 36.483 | 3.483 | 1.060 | 1.531 |
| 4% SORBITOL | 53.948 | 37.881 | 3.435 | 1.037 | 1.505 |

*Promedio

CUADRO 22. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL CONTENIDO DE EXTRACTO ETereo DEL HUEVO DESHIDRATADO.

| Extracto etereo % | | | | | | |
|------------------------|------------|----------------|------------|--------------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Signifi- cancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | -0.0003254 | 0.0250776 | -0.013 | 0.99 | -0.0506031 | 0.0499523 |
| sorbitol | 0.6645202 | 1.02095 | 0.651 | 0.518 | -1.38236 | 2.711401 |
| sorbitol ² | -0.226763 | 0.2420928 | -0.937 | 0.353 | -0.7121299 | 0.2586039 |
| constante | 38.67 | 1.364822 | 28.333 | 0 | 35.9337 | 41.4063 |

CUADRO 23. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL CONTENIDO DE CENIZAS EN HUEVO DESHIDRATADO.

| Cenizas % | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | 0.0192291 | 0.3682326 | 0.052 | 0.959 | -0.7190327 | 0.757491 |
| Sorbitol | 11.54956 | 14.99131 | 0.77 | 0.444 | -18.50621 | 41.60533 |
| sorbitol ² | -2.147171 | 3.554817 | -0.604 | 0.548 | -9.274151 | 4.979808 |
| Constante | -1.696083 | 20.04062 | -0.085 | 0.933 | -41.87512 | 38.48295 |

CUADRO 24. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL CONTENIDO DE CALCIO EN HUEVO DESHIDRATADO.

| Calcio % | | | | | | |
|------------------------|-----------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| sorbitol | 0.0027571 | 0.061147 | 0.045 | 0.965 | -0.1262517 | 0.131766 |
| sorbitol ² | 0.0087857 | 0.0146589 | 0.599 | 0.557 | -0.0221418 | 0.0397132 |
| constante | 0.9087214 | 0.0516192 | 17.604 | 0 | 0.7998145 | 1.017628 |

CUADRO 25. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL CONTENIDO DE FÓSFORO EN HUEVO DESHIDRATADO.

| Fósforo % | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| sorbitol | 0.0221893 | 0.0375482 | 0.591 | 0.562 | -0.0570306 | 0.1014092 |
| sorbitol ² | -0.0085536 | 0.0090015 | -0.95 | 0.355 | -0.0275451 | 0.0104379 |
| constante | 1.533493 | 0.0316976 | 48.379 | 0 | 1.466617 | 1.600369 |

CUADRO 26. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SORBITOL EN DIETAS PARA GALLINAS DE POSTURA SOBRE EL NIVEL DE COLESTEROL EN HUEVO LIOFILIZADO.

| Colesterol (mg/g) | | | | | | |
|-------------------------------|------------|----------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|
| Cuadro de coeficientes | | | | | | |
| | Estimador | Error estándar | Valor de t | Significancia | Límite inferior | Límite superior |
| días | -0.0055862 | 0.0057144 | -0.978 | 0.333 | -0.0170429 | 0.0058705 |
| sorbitol | 0.1345891 | 0.2326423 | 0.579 | 0.565 | -0.3318306 | 0.6010088 |
| sorbitol ² | -0.0421461 | 0.0551653 | -0.764 | 0.448 | -0.152746 | 0.0684537 |
| constante | 13.58218 | 0.3109999 | 43.673 | 0 | 12.95866 | 14.2057 |

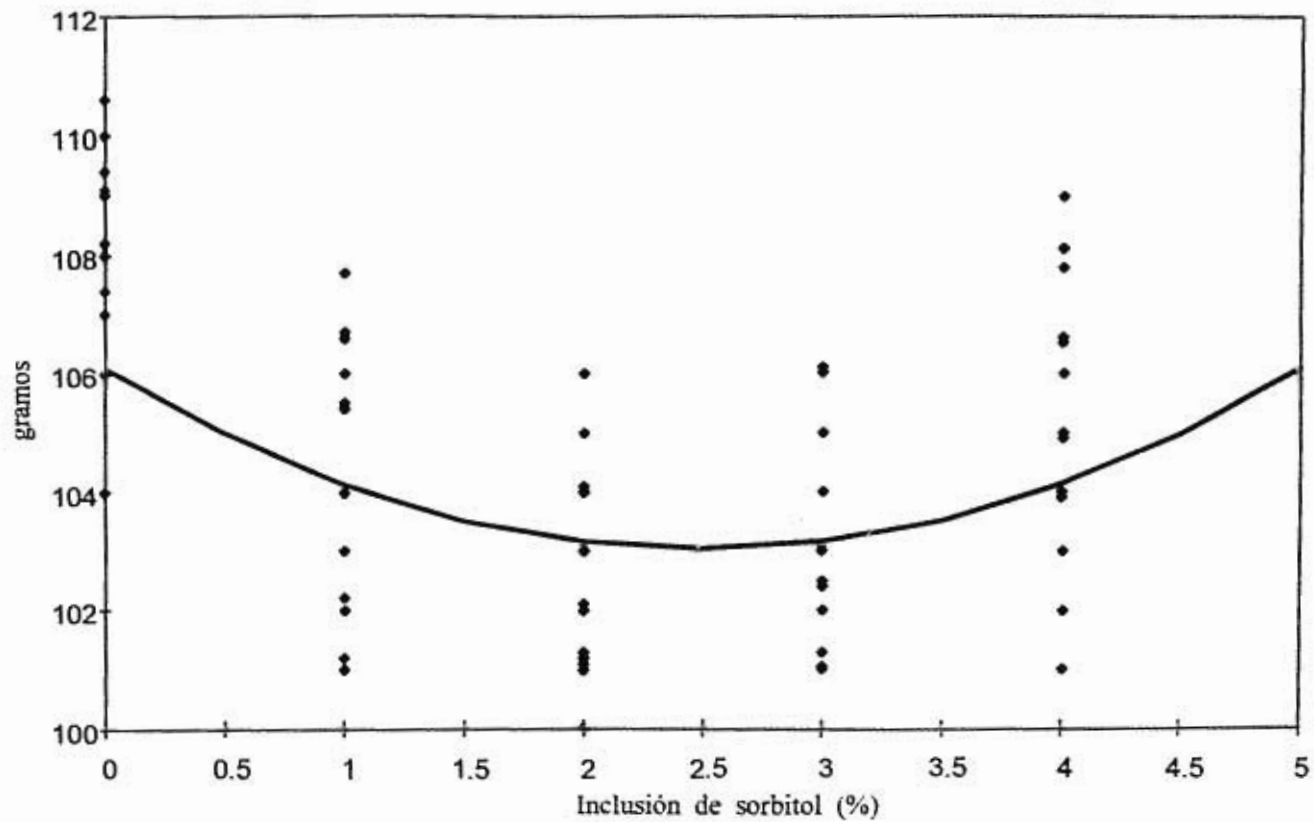


FIGURA 5. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre el consumo de alimento

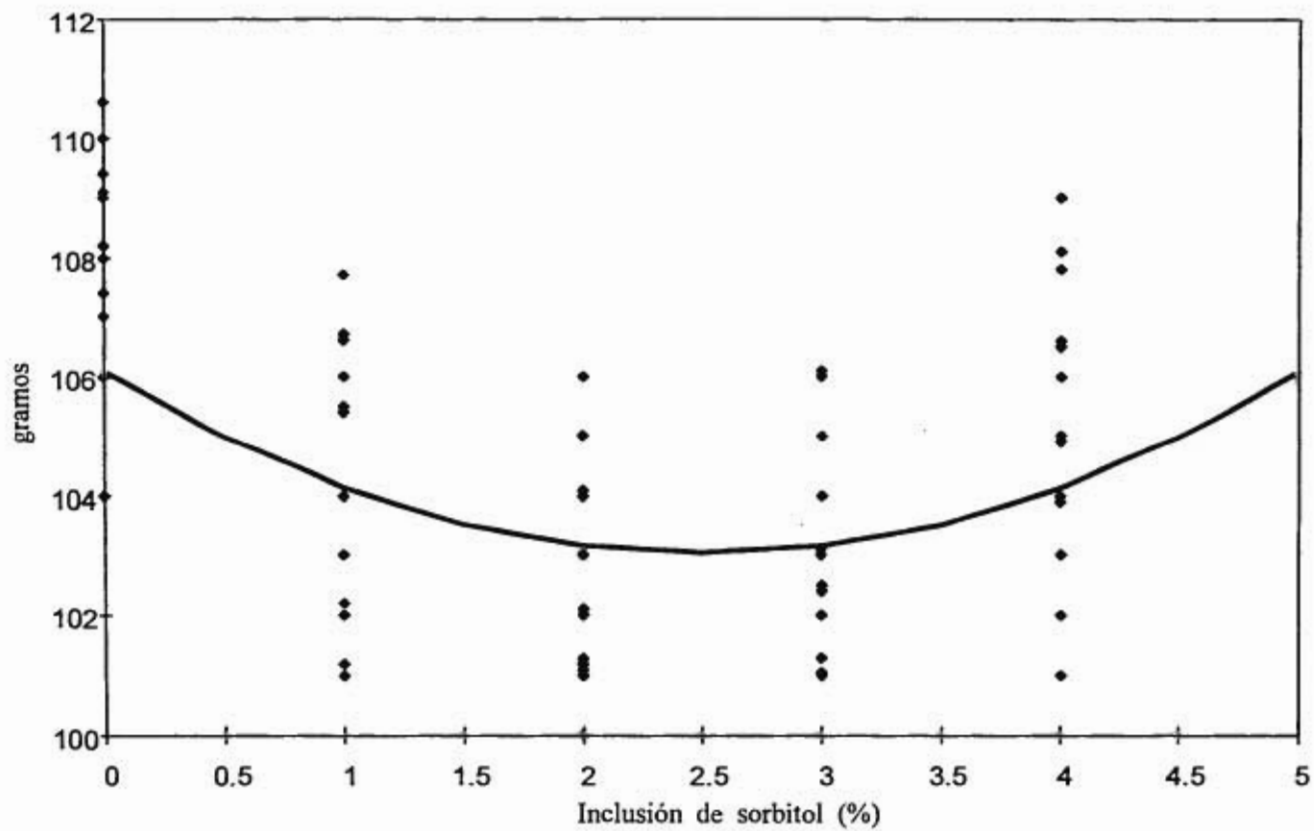


FIGURA 5. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre el consumo de alimento

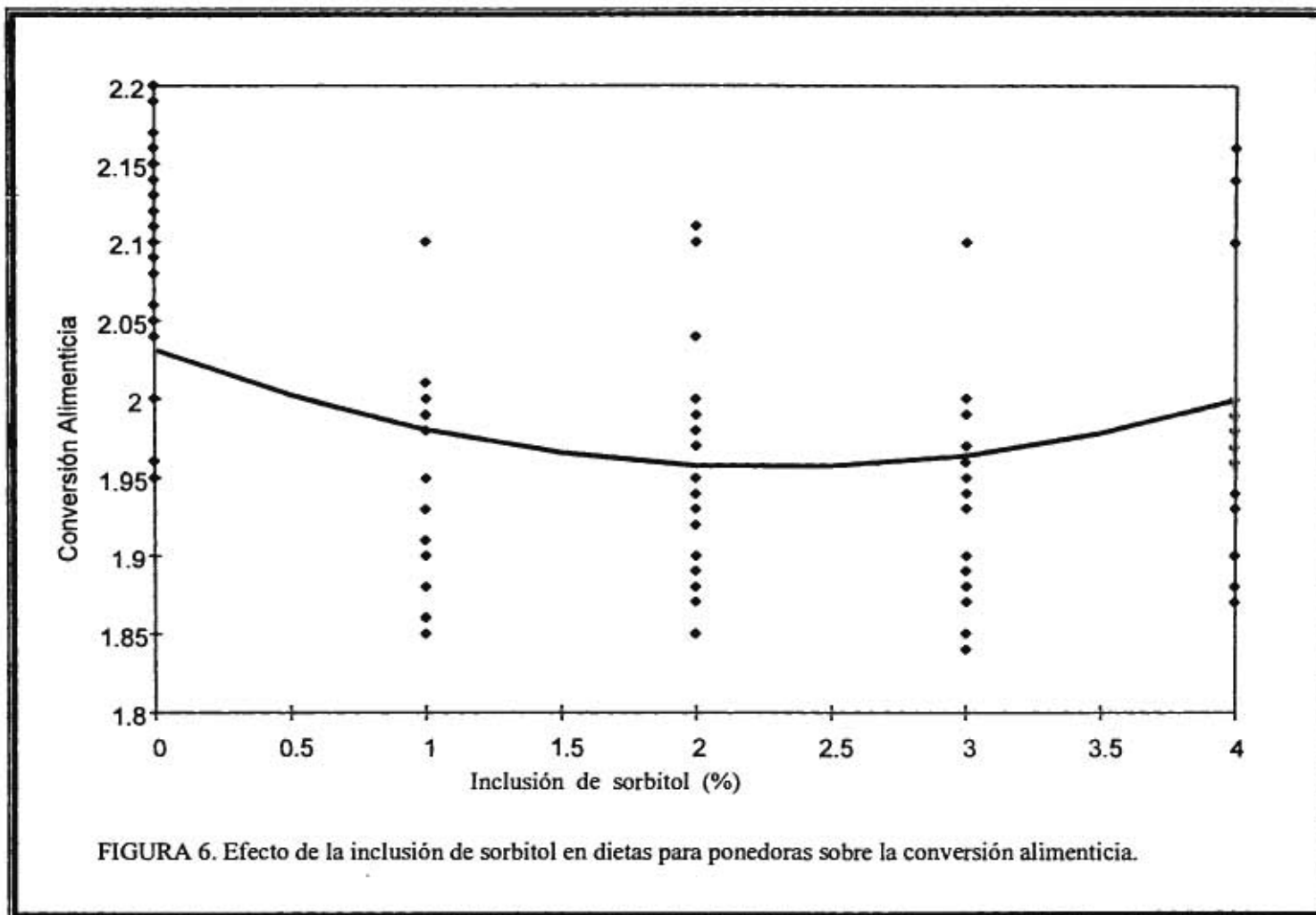
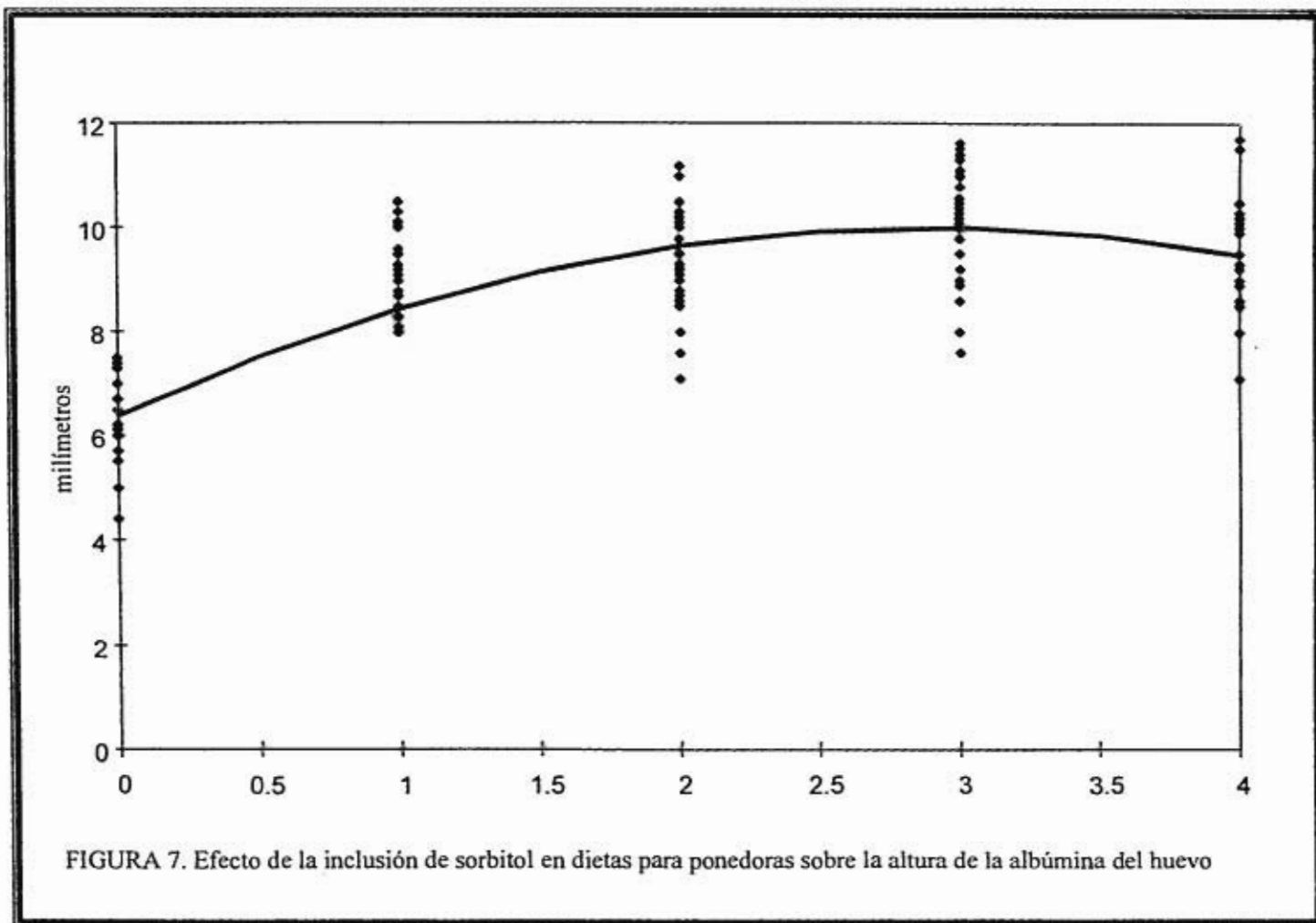


FIGURA 6. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras sobre la conversión alimenticia.



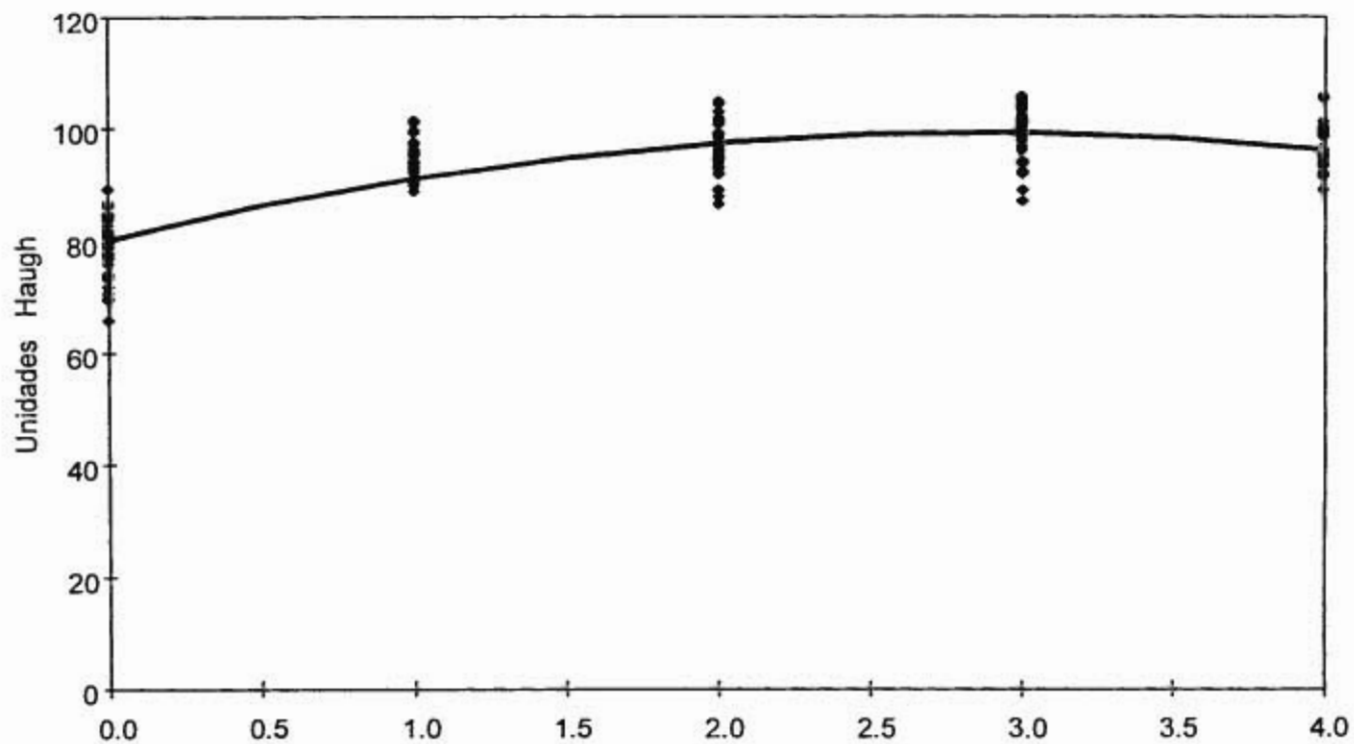


FIGURA 8. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre las Unidades Haugh

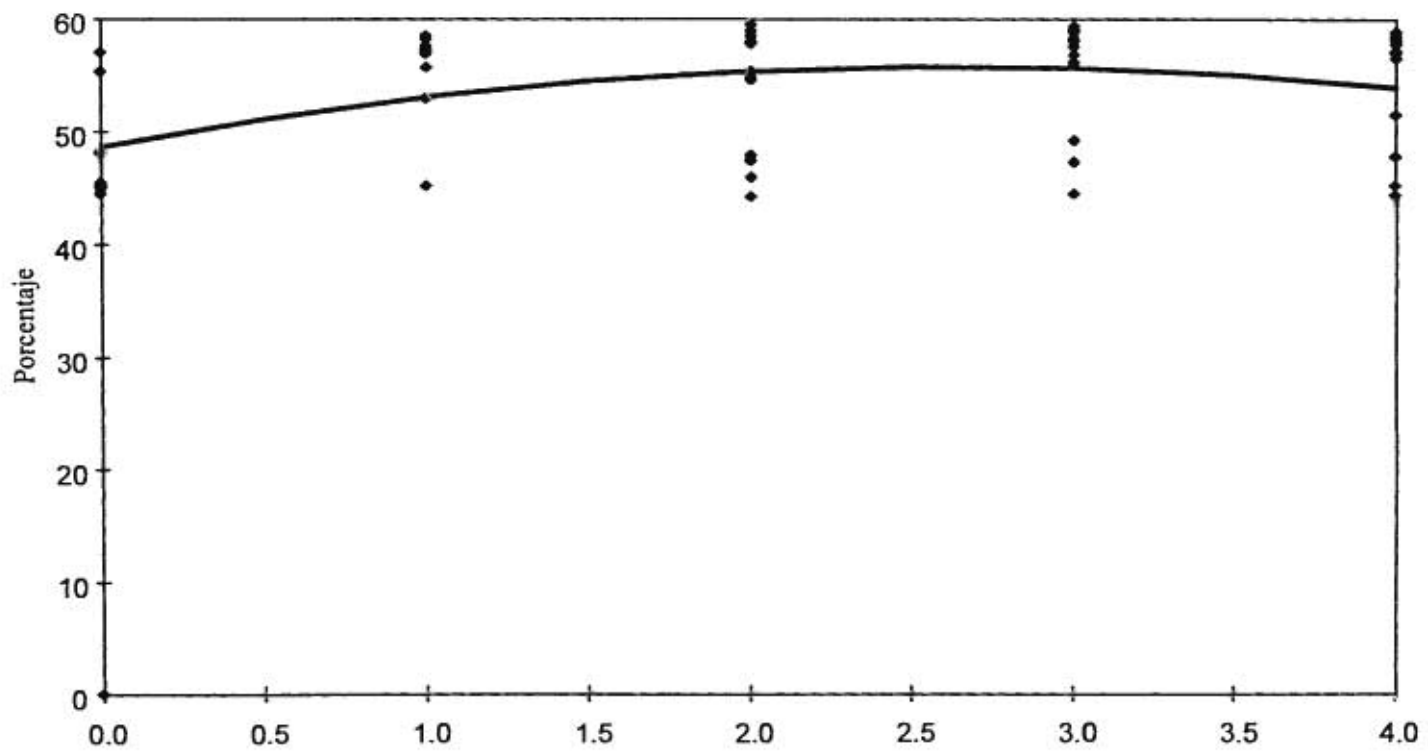


FIGURA 9. Efecto de la inclusión de sorbitol en dietas para ponedoras, sobre la proteína del huevo.

ANEXO 1

COMPOSICION DE LA DIETA

| FORMULA | | RANGOS DE PRECIOS | | | | COSTO DE RESTRICCIONES | | PRECIOS DE OPORTUNIDAD | | | |
|---------|------------------|-------------------|--------|--------|--------|------------------------|-----|------------------------|-----|--------------|--------|
| COD | INGREDIENTE | KGS | MINIMO | REAL | MAXIMO | MIN | MAX | COSTO | COD | INGREDIENTE | REAL |
| 098 | SORGO MILO | 147.98 4 | 1.972 | 1.980 | 2.460 | | | | 126 | L-LISINA HCL | 33.400 |
| 170 | SOYA 46 PTC | 66.509 | 2.104 | 2.660 | 2.702 | | | | | | |
| 144 | CARB. DE CALCIO | 22.178 | -0.00 | 0.480 | 0.959 | | | | | | |
| 213 | ACEITE SEGUNDA | 6.374 | 1.779 | 3.000 | 3.025 | | | | | | |
| 429 | ORTOFOSFATO | 4.149 | 0.699 | 3.450 | 6.264 | | | | | | |
| 130 | SAL (NACL) | 1.002 | -0.00 | 0.950 | 0.967 | | | | | | |
| 478 | V11 POSTURA | 0.625 | 0.967 | 17.000 | IN.FF | 2.5 | | 16.033 | | | |
| 125 | METIONINA 98 | 0.392 | 1.018 | 33.400 | 43.980 | | | | | | |
| 187 | MINS. AVES | 0.250 | 0.967 | 6.900 | IN.FF | 1.0 | | 5.933 | | | |
| 204 | AVELUT LIQUIDO | 0.250 | 0.967 | 39.750 | IN.FF | 1.0 | | 38.783 | | | |
| 354 | BACITRACINA | 0.125 | 0.967 | 27.000 | IN.FF | 0.5 | | 26.033 | | | |
| 131 | CLORURO COLINA60 | 0.075 | 0.967 | 12.650 | IN.FF | 0.3 | 0.3 | 11.683 | | | |
| 477 | MOLD-X | 0.063 | 0.967 | 12.400 | IN.FF | 0.3 | | 11.433 | | | |
| 165 | ANTIOX BIO-NOX | 0.025 | 0.967 | 16.000 | IN.FF | 0.1 | | 15.033 | | | |

TOTAL: 250.00
1

COSTO: \$555.001

COSTO POR TONELADA: \$ 2,223.355

Fecha: 26 de septiembre de 1996.

**ANEXO 2
PRUEBA DE ACEPTACION**

PRODUCTO: Huevo Revuelto

Prueba para: Sabor

Nombre:

Fecha:

Pruebe las muestras que a continuación se le presentan e indique su preferencia de MAYOR=MENOR=1, en caso de existir alguna que no le agrade en absoluto indíquelo con una O. No se puede repetir el número.

MUESTRA

SABOR

PORQUE

651 _____

628 _____

610 _____

684 _____

660 _____

OBSERVACIONES.

GRACIAS

ANEXO 3

PRUEBA DE PREFERENCIA

Producto: Huevo

Prueba: Para color

Nombre:

Fecha:

Observe detenidamente las muestras que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor=5 a menor=1. Si alguna no le agrada en absoluto indicarlo con 0.

MUESTRAS 942 931 956 919 937

PREFERENCIAS _____

GRACIAS

ANEXO 4

CUANTIFICACIÓN DE COLESTEROL POR CROMATOGRAFÍA DE GASES

a. Preparación de muestra

El huevo (yema más clara) de cada una de las repeticiones, fue liofilizado con el objetivo de conservarlo para su posterior análisis.

Para disminuir el tamaño de partícula, el huevo liofilizado se molió en mortero.

b. Saponificación directa

Se pesaron 0.2g de huevo liofilizado perfectamente molido en un tubo de ensayo con tapón de rosca, se añadió 1 ml de estándar interno de 5alfa-colestano, 2ml de KOH al 40% y 10ml de alcohol etílico. Estos tubos se taparon y se calentaron en baño maría aproximadamente a 80°C durante una hora con quince minutos, agitando ocasionalmente.

c. Extracción del material insaponificable

Se dejó que la temperatura disminuyera hasta 20°C. Posteriormente se agregaron 10ml de agua deionizada y se agitó. Se añadieron 5ml de hexano, seguido de una agitación y se centrifugó a una velocidad de 720 rpm durante 2 minutos. Después de la separación de fases se tomó la fase orgánica y se depositó en otro tubo haciéndola pasar a través de la Na₂SO₄ anhidro en panel filtro con el fin de eliminar las moléculas de agua en dicha fase. De la misma manera se realizaron otros tres lavados con porciones de 5ml de hexano. Las porciones de hexano se juntaron en el mismo tubo inicial eliminando agua con el Na₂SO₄ anhidro.

El hexano fue evaporado por completo con corriente de N y en baño maría a 60°C. Ese residuo fue redisolto en 1ml de n-heptano y de ahí se inyectó por duplicado en volumen de 1:1.

El porcentaje de recuperación en la técnica se calculó con ayuda del estándar externo, que en este caso fue colesterol.

d. Análisis Cromatográfico

Se utilizó un cromatógrafo de gases Varians 3400 CX, equipado con detector de ionización de flama y columna capilar DB-5 DE 3m. Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes: Temperatura de inyector: 260°C, temperatura de detector: 280°C, programa de temperatura en la columna: temperatura inicial de 180°C aumentando cada 4°C/min hasta 280°C y sostenida en ésta 2.4min. El flujo de gas acarreador es de 30ml/min, el flujo de aire de 300ml/min, el flujo de hidrógeno de 30ml/min y el flujo de columna de 1ml/min. La cuantificación de colesterol en el cromatógrafo se realizó por el método del estándar interno 5alfa-colestano.

ANEXO 5
PRUEBA *IN VIVO* DE ENERGIA METABOLIZABLE VERDADERA Y
DIGESTIBILIDAD ENERGETICA.

Se realizó en el campo experimental "Valle México" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (I.N.F.A.P.) de la S.A.R.H., en Chapingo, Estado de México.

Se utilizaron siete gallos blancos Leghorn adultos (tres experimentales y cuatro testigos) de cresta simple, con un peso promedio de 2.135Kg. Las aves se alojaron en jaulas individuales de acero inoxidable indentificadas al azar, colocando debajo de cada jaula una charola forrada con plástico previamente pesado y rotulado, cuya función fue la recepción de las excretas.

Antes de iniciar la prueba, los gallos ayunaron por 24 horas, después de lo cual, a cuatro de ellos se les administró por consumo forzado 30g de la dieta testigo. Los otros tres gallos se les administró por consumo forzado 30g de la dieta que contenía 4% de sorbitol.

Pasadas 48 horas se retiraron las charolas y se pusieron a secar las excretas de todos los animales a temperatura ambiental de 20-24°C durante cinco días. Posteriormente, se pesó cada uno de los plásticos, calculando por diferencia la cantidad de heces obtenidas en cada caso. Finalmente, las excretas de cada gallo se molieron y homogeneizaron separadamente para determinar energía bruta por Bomba calorimétrica Parr (61).

Para calcular la energía metabolizable verdadera de los ingredientes en estudio, es decir la fracción energética realmente aprovechable por el animal, se empleó la siguiente formula (54,55).

$$EMV=(E_{Bi} \times X) - (E_{Be} \times Y) - (E_{Bet} \times Z) / X$$

donde:

EMV= Energía metabolizable verdadera del ingrediente en estudio (Kcal/g),

Ebi = Energía bruta del ingrediente en estudio (Kcal/g).

X = Cantidad del ingrediente administrado (30g).

Ebe = Energía bruta de las excretas del ave experimental (Kcal/g).

Y = Cantidad de heces excretas por el ave experimental (g).

Ebet = Energía bruta de las excretas del ave testigo (kcal/g).

Z = Cantidad de heces excretadas por el ave testigo (g)

La digestibilidad energética de los ingredientes se calculó utilizando la siguiente fórmula (55,56) :

$\%DE = (EMV / Ebi) \times 100$, donde:

$\%DE =$ Digestibilidad energética del ingrediente en estudio

EMV = Energía metabolizable verdadera del ingrediente en estudio (Kcal/g) Ebi = Energía bruta del ingrediente en estudio (Kcal/g).

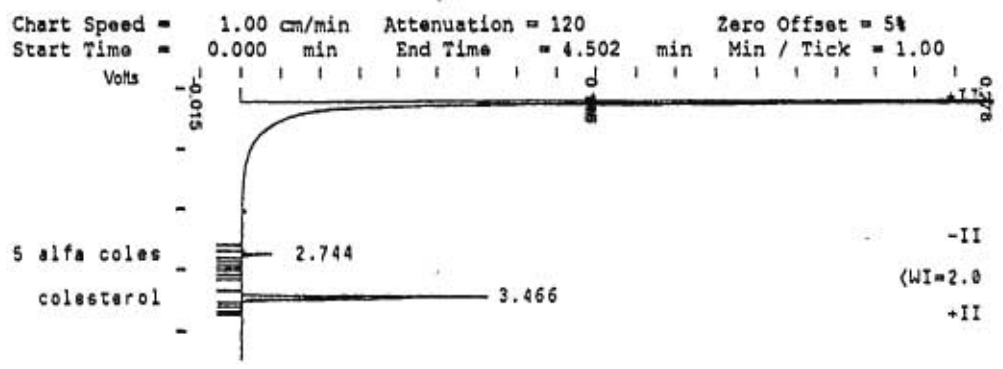
ESTA TAREA NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO 6

EVALUACIÓN DEL COLESTEROL EN HUEVO LIOFILIZADO

| Peak No. | Peak Name | Result (mg/g) | Ret. Time (min) | Time Offset (min) | Area (counts) | Sep. Code | Width 1/2 (sec) | Status Code |
|----------|--------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------|-----------|-----------------|-------------|
| 1 | 5 alfa coles | INT STD | 2.744 | -0.008 | 1583 | VP | 1.3 | S |
| 2 | colesterol | 12.0250 | 3.466 | 0.006 | 21719 | BB | 2.2 | |
| Totals: | | 12.0250 | | 0-0.002 | 23302 | | | |

***** Star Chromatography Software ***** Version 4.0 *****



ESTA TESIS CORRESPONDE A LOS ESTUDIOS REALIZADOS CON UNA BECA OTORGADA POR EL GOBIERNO DE MEXICO, POR MEDIO DE LA SECRETARIA DE RELACIONES EXTERIORES, EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE MOVILIDAD UNIVERSITARIA DE TERCER CICLO PARA IBEROAMERICANOS (MUTIS).

ESTA TESIS TAMBIEN CORRESPONDE A LOS ESTUDIOS REALIZADOS CON FINANCIAMIENTO DEL GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE PANAMA.

MEXICO, D. F., A 5 DE DICIEMBRE DE 1997.