

01621  
5



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EFFECTO DE LA INCLUSION DE LA SEMILLA DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*) EN DIETAS PARA GALLINAS EN POSTURA SOBRE PARAMETROS PRODUCTIVOS Y FUNCIONAMIENTO HEPATICO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**ANALIA BALDERAS GONZALEZ**

**ASESORES: MVZ MC. ARTURO CORTES CUEVAS  
MVZ MSC. ERNESTO AVILA GONZALEZ  
MVZ MSC. HUMBERTO TRONCOSO ALTAMIRANO  
MVZ MC. VICTOR MANUEL PETRONE GARCIA**



MEXICO, D. F.

2003

Q



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

A mis Padres, porque con su gran apoyo y su incansable amor han sido el ejemplo de vida y motivación diarias. Gracias, porque se que siempre estarán presentes. A ustedes, mi corazón entero.

A mis hermanos, Cyndia y Ulyses por todo su tiempo, su cariño y todas aquellas palabras de aliento que siempre me llenaron de fortaleza para seguir adelante. Los quiero muchísimo.

A Helen y a Ramón, por llegar a ocupar un lugar tan especial e importante en nuestra familia. A Santiago y Camila, las más recientes estrellitas que inundan de luz y sueños nuestros corazones.

A Pato y Ricardo, por todo su tiempo incondicional, por ser una parte importantísima de mi vida y mi persona, por saber escuchar y estar ahí siempre cuando más los necesité, por todos sus consejos y los más alegres detalles de gran parte de mi vida. Los adoro.

A Ramiro por estar justo ahí, con toda la entereza de un corazón sincero y en el preciso momento en que Dios decidió darme una nueva oportunidad. Gracias por cada hermoso detalle que ha llenado de sonrisas mi presente. Te Amo.

A mis amigas y amigos; Angélica, Nancy, Mariana, Iry, Adriana, Ana, Chelli, Ale, Sigi, Enrrique, Shinué, Mariano, Julio A, Marco, Igor y Oscar por compartir conmigo tantos ratos buenos en la carrera, por brindarme su amistad y demostrarme que siempre podré contar con ustedes. Siempre estarán en mi corazón.

A Betito y a René dos de mis más recientes verdaderos tesoros, gracias por su tiempo, por sus sabias palabras y simplemente por compartirlo todo.

A mis maestros, que con su ejemplo llenaron de dudas mi cabeza para seguir estudiando, al Dr. Troncoso, al Dr. Ávila, al Dr. Cortés, al Dr. De La Peña y al Dr. Calzada quienes con su gran vocación lograron transmitir las bondades de esta hermosa carrera.

A todos y cada uno de ustedes quienes han enriquecido de una manera especial mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

Al los doctores Arturo Cortés y Ernesto Ávila, por todo su apoyo y por cada invaluable momento dedicado a la realización de éste trabajo. Gracias por todas sus enseñanzas, todos sus consejos, por su paciencia, comprensión; y sobre todo por su amable amistad.

Un agradecimiento muy especial al doctor: Humberto Troncoso, por su valiosísimo tiempo dedicado; por su amistad y paciencia, y porque su actitud siempre positiva, lo hacen ser un gran ejemplo. También gracias, por facilitar la semilla de jamaica para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Víctor Manuel Petrone, por ayudarme en los momentos difíciles de éste trabajo. Muchas Gracias.

A mis jurados el Dr. Quintana, Dr. Ledezma y Dra Morales; por cada uno de sus comentarios y aportaciones que en tiempo oportuno me sirvieron para poder concluir este trabajo.

Al Centro de Enseñanza en Producción Avícola CEIEPA (Dr. Benjamín, Dr. Tomás, Dr. Jaime, Dr. Ezequiel, Dra. Elizabeth, Oliva, Irma) por enriquecer de un modo u otro este trabajo de tesis, muchísimas gracias.

Al Dpto. de Patología clínica, y la colaboración especial de la QFB. Rosalba Salcedo Y la QPB. Arlette Castillo. Al Dpto. de Nutrición Animal, y a todas aquellas personas que se esmeraron con su ayuda para que este trabajo saliera bien. Muchas Gracias!!!!

Al. Dr. Abraham Pulido, no hay palabras para agradecerle toda la paz que me ha regalado. Que Dios lo bendiga siempre.

A Dios , porque se que a través de cada persona especial para mi, te has hecho presente, porque me has enseñado a salir a adelante aprendiendo a aceptar lo que no podré cambiar. Gracias porque ahora se que el cáncer no es impedimento para realizarme y ser feliz. Porque hoy puedo cerrar el círculo de una parte valiosa de mi vida y porque estoy viva con los ánimos para seguir, siempre adelante.

## I. CONTENIDO

Página

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. Marco de referencia.....	3
3.1. Producción nacional.....	3
3.2. Origen taxonómico.....	5
3.3. Ecología.....	5
3.4. Taxonomía.....	5
3.5. Descripción de <i>Hibiscus sabdariffa</i> .....	6
3.6. Variedades.....	6
3.7. Usos tradicionales.....	8
3.7.1 En la alimentación humana.....	8
3.7.2 Usos por sus propiedades medicinales.....	9
3.8. Investigaciones científicas de la semilla de jamaica.....	10
3.8.1. Semilla de jamaica.....	10
3.8.2. Toxicidad.....	11
3.8.3. El uso de la semilla en la alimentación animal.....	17
4. HIPÓTESIS.....	21
5. OBJETIVOS.....	21

<b>6. EXPERIMENTO 1. DETERMINACIÓN IN VIVO DE LOS COEFICIENTES DE ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE LA MATERIA PRIMA.....</b>	<b>22</b>
6.1 Localización.....	22
6.2 Material y métodos.....	22
6.2.1 Técnica de Sibbald.....	22
6.2.2 Análisis químicos: energía bruta y aminograma.....	23
6.2.3 Estimación de la EMV y DVAE para la semilla de jamaica.....	24
6.2.4 Análisis químico proximal.....	25
6.3 Resultados.....	25
6.3.1 EB, EMV y DVAE.....	25
6.3.2 AQP.....	25
6.4 Discusiones.....	25
<b>7. EXPERIMENTO 2. PRUEBA IN VIVO PARA VERIFICAR EL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SEMILLA DE JAMAICA, EN DIETAS DE GALLINAS DE POSTURA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS, PIGMENTACIÓN DE LA YEMA Y FUNCIONAMIENTO HEPÁTICO.....</b>	<b>27</b>
7.1 Localización.....	27
7.2 Material y métodos.....	28
7.2.1 Prueba biológica.....	28

7.2.2	Formulación de dietas.....	28
7.2.3	Registros: Parámetros productivos.....	29
7.2.4	Pruebas de pigmentación de la yema.....	29
7.2.5	Pruebas de laboratorio.....	29
7.2.6	Análisis estadísticos para parámetros productivos.....	29
7.3	Resultados.....	30
7.3.1	Parámetros productivos.....	30
7.3.2	Pigmentación de la yema.....	31
7.3.4	Pruebas de funcionamiento hepático.....	31
7.4	Discusiones.....	32
7.4.1	Parámetros productivos.....	32
7.4.2	Factores antinutricionales.....	33
7.4.2.1	Ácidos grasos ciclopropanoides.....	33
7.4.2.2	Ácidos grasos epoxioléicos.....	37
7.4.2.3	Gosipol.....	38
7.4.2.4	Taninos.....	39
7.4.2.5	Sabor.....	39
7.4.3	Pruebas de pigmentación.....	42
7.4.4	Pruebas de funcionamiento e integridad hepática.....	44
8.0	Conclusiones.....	46
<b>9.</b>	<b>Referencia (s)</b> .....	<b>47</b>

## II. ÍNDICE PARA CUADROS Y FIGURAS

### CUADROS:

<b>Cuadro 1.</b> Resultados del AQP, EB y EMV.....	52
<b>Cuadro 2.</b> Valores DVAE .....	53
<b>Cuadro 3.</b> Dietas experimentales. Composición nutricional.....	54
<b>Cuadro 4.</b> Pigmentación de la yema del huevo empleando el Abanico Roche.....	55
<b>Cuadro 5.</b> Pigmentación de la yema del huevo empleando el fotocolorímetro de reflectancia Minolta 300.....	56
<b>Cuadro 6.</b> Valores obtenidos en la química sanguínea .....	57

### FIGURAS:

<b>Figura 1.</b> Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el porcentaje de ovoposición.....	58
<b>Figura 2.</b> Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el consumo diario de alimento.....	59
<b>Figura 3.</b> Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y la conversión alimenticia.....	60
<b>Figura 4.</b> Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el peso del huevo.....	61
<b>Figura 5.</b> Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y la masa del huevo.....	62



## 1. RESUMEN

**BALDERAS GONZÁLEZ ANALÍA.** Efecto de la inclusión de semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para gallinas en postura sobre parámetros productivos y funcionamiento hepático. (Bajo la dirección de MVZ.MC. Arturo Cortés Cuevas, MVZ.MSc. Ernesto Ávila González, MVZ.MSc. Humberto Troncoso Altamirano; MVZ.MC. Víctor Manuel Petrone García). Con la finalidad de evaluar de que forma la semilla de jamaica en la dieta puede afectar el comportamiento productivo y si su composición química pudiera provocar daño hepático en gallinas de postura, se realizó el presente estudio. El trabajo constó de 2 experimentos. En el primero se determinaron en gallos Leghorn la energía metabolizable verdadera (2311 Kcal/Kg) y la digestibilidad verdadera de los aminoácidos esenciales (Metionina 79, cistina 77.2, met+cis 78, lisina 70.2, treonina 72.4, arginina 84.4, isoleucina 75.1, leucina 81.3, valina 77.8, histidina 61.8 y fenilalanina 76.8%) de la semilla de jamaica. En el segundo experimento se alimentaron gallinas ISA BABCOCK B300 durante un período de 10 semanas para evaluar el efecto del ingrediente incluido en la dieta; sobre el comportamiento productivo (consumo, postura, conversión alimenticia, peso y masa de huevo); pigmentación de la yema del huevo; y funcionamiento hepático (Ab, colesterol, ác. úrico, aspartato amino transferasa, glutamato deshidrogenasa y glucosa). Los tratamientos se formularon con una inclusión de 0, 10, 20 y 30% de semilla de jamaica en dietas sorgo+soya. Los resultados obtenidos al final del experimento indicaron un efecto lineal negativo a la semilla de jamaica en: porcentaje de postura (95.8, 82.4, 69.0, 55.7%), consumo de alimento (108.8, 101.5, 94.2, 86.9g), conversión alimenticia (1.83, 2.14, 2.45, 2.77g) y masa de huevo (56.67, 48.87, 41.07, 33.17 g). Respecto al peso del huevo, se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos (58.34<sup>a</sup>, 60.10<sup>b</sup>, 60.55<sup>b</sup> y 58.17<sup>a</sup> g). La característica de pigmentación de la yema fue evaluada a la 5ª semana con el abanico Roche, los resultados fueron diferentes ( $p < 0.01$ ) (7.6<sup>a</sup>, 8.3<sup>a</sup>, 10.16<sup>b</sup>, 10.16<sup>b</sup>) siendo mayores en los niveles de 20 y 30% de semilla de jamaica. La misma característica, esta vez medida con un fotocolorímetro de reflectancia Minolta R-300 a la décima semana, indicó únicamente diferencias entre tratamientos ( $p < 0.01$ ) para el color rojo (-5.41<sup>a</sup>, -1.86<sup>b</sup>, -1.63<sup>b</sup>, -1.65<sup>b</sup>), sin embargo, para el color amarillo no hubo diferencias ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos. Los resultados de las pruebas de funcionamiento hepático, solo indicaron diferencias ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos para: AST (113.20<sup>a</sup>, 171.40<sup>b</sup>, 145.60<sup>b</sup> y 168.40<sup>b</sup>) y GDH (7.90<sup>a</sup>, 6.80<sup>b</sup>, 3.00<sup>b</sup>, 3.62<sup>b</sup>). Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir que los parámetros productivos se vieron afectados a partir del 10% de inclusión, y fueron empeorando a medida que aumentó el nivel de inclusión de la semilla. Las dietas para gallina de postura con inclusiones de semilla de jamaica mayores al 10% pueden afectar el funcionamiento hepático induciendo a un daño crónico cuando se incluyen niveles superiores al 10 % en la dieta.

## **2. INTRODUCCIÓN**

Desde el punto de vista económico, en México, una de las actividades pecuarias con mayor desarrollo es la industria avícola; genera más de 900 mil empleos y produce más de tres y medio millones de toneladas de alimentos al año, lo que representa el 60% de la oferta de proteína animal disponible en el país. Como tal, la avicultura es la principal industria transformadora de proteína vegetal en proteína animal ya que anualmente procesa 7.5 millones de toneladas de granos.<sup>1,2</sup>

Dentro del mismo sector primario, y gracias a la riqueza de sus suelos y la variedad de sus climas, el territorio nacional cuenta con amplio potencial productivo en su sector agrícola; sin embargo, hoy día, México sigue enfrentándose a la problemática creciente del déficit en la producción tanto de gramíneas como de leguminosas (maíz, sorgo y soya), y que más allá de no satisfacer la demanda proveniente del consumo humano para el caso del maíz, no alcanza a cubrir la demanda que la industria avícola requiere para elaborar alimentos balanceados.<sup>3,4</sup>

Por ésta razón, cada vez es más acentuada la necesidad de encontrar dentro de la diversidad natural del país, ingredientes igualmente nutritivos para poder utilizarlos como insumos alternativos o, sustitutos del sorgo y la pasta soya. Esto con el fin de reducir sus importaciones, o bien para aminorar los costos de producción de cualquier empresa avícola.

La necesidad por cubrir tales demandas en la industria de los alimentos para consumo animal, ha hecho que productos agrícolas no tradicionales, cuya explotación es a nivel regional o microregional cobren real importancia.<sup>5</sup> Tal es el caso de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), que aunque se cultiva especialmente para la comercialización de sus cálices, resulta tener diversas propiedades medicinales y nutritivas; éstas últimas destacables dentro de la semilla de la misma planta.<sup>6,7</sup>

De las investigaciones realizadas con la semilla de jamaica se ha concluido, que como ingrediente nutritivo, puede contemplarse como fuente tanto de proteína como de energía<sup>7,8</sup>, para incluirse en las raciones alimenticias, sustituyendo parcialmente al sorgo y la pasta de soya, ingredientes más comunes en la fabricación de alimentos balanceados para aves y cerdos en México.<sup>3,4</sup>

### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. Producción nacional**

A nivel nacional del cultivo de jamaica, se siembran aproximadamente 15,875 hectáreas de tierra<sup>9</sup>, predominantemente en los estados de: Guerrero, Colima y Nayarit, que son los estados con mayor producción de ésta especie vegetal.<sup>9,10</sup> Su fin productivo es la obtención de los cálices de la flor, principalmente para uso alimenticio<sup>6</sup>; no obstante, sus diversas propiedades hacen que éste producto sea buscado también en el área farmacéutica y cosmetológica.<sup>5,6,11</sup> Por su parte, el estado de Guerrero mantiene el

8.52% de la producción total, al producir 6,482 toneladas por año.<sup>9</sup> En esas regiones el cultivo de la jamaica, y en un principio por tratarse de una planta silvestre, se ha asociado al del maíz. La proporción de cultivo es de 1:1; la siembra se realiza al comienzo de las primeras lluvias regulares, es decir, a inicios del mes de Junio; en el mes de Noviembre comienza la floración y la cosecha se levanta cuando la planta empieza a madurar, esto es, hacia finales del mes de Diciembre y principios del mes de Enero.<sup>12</sup> El rendimiento promedio obtenido, es de 200 y 300 kilogramos de flor de jamaica por hectárea.<sup>5</sup> El valor de la flor, en el mercado interno, llega a alcanzar precios entre los 50 y 55 pesos el Kg en seco (datos para 2002); por ello éste cultivo ha pasado de ser un producto secundario a ser la principal fuente de recursos de alrededor de 10,000 pequeños productores, de los estados de la República antes mencionados.<sup>10,12</sup> Incluso, otros estados, como Veracruz, han comenzado a prestar interés en éste cultivo no tradicional para complementar y/o sustituir a otros cultivos con los que no han visto los resultados esperados; de tal forma que han logrado abrir una línea de productos derivados de la planta de jamaica aprovechándose de su versatilidad para formar productos comestibles, farmacéuticos y cosmetológicos.<sup>5,6</sup> Sin embargo, y aún con el volumen producido, a la semilla de jamaica como tal, no se le ha dado la importancia que merece como fuente alternativa de proteína y energía dentro de la alimentación animal.

### **3.2. Origen taxonómico**

Existe confusión en cuanto al origen exacto de la jamaica, la mayor parte de los autores, por sus estudios citotaxonómicos, apoyan la idea de que es originaria de África y que posteriormente se desarrollaron cultivos para la obtención de fibra y en menor medida para la producción de cálices en países de Asia y América Central. El gran desarrollo agrícola que el cultivo ha tenido en éstas áreas, especialmente en países como la India, quizá sigue alimentando la idea de que es nativa de países del continente Asiático.<sup>12,13</sup>

### **3.3. Ecología**

El área de distribución de *Hibiscus sabdariffa* se ha limitado a las regiones calientes, debajo de la latitud 25° N y 25° S del Ecuador. Por ello requiere climas calientes y húmedos, con lluvia de 1500 a 2000 mm anuales y 250 mm al mes; humedad de hasta el 80% y una temperatura media de 25 a 30°C. Puede crecer en altitudes entre 0 y 900 m.s.n.m y requiere de suelos arenosos con textura franca y bien drenados para evitar la acumulación de agua.<sup>11,12,14</sup>

### **3.4. Taxonomía<sup>12,14</sup>**

DIVISIÓN : Magnoliophyta

CLASE: Magnoliopsida

SUBCLASE: Dilleniioae

ORDEN: Malveles

FAMILIA: Malvaceae

GENERO: Hibiscus

SECCIÓN: Furcaria

ESPECIE: Hibiscus sabdariffa

### **3.5. Descripción de *Hibiscus sabdariffa***

La jamaica es una planta hermafrodita anual o bianual, es herbácea o subarbusciva y pertenece a la familia de las malváceas,<sup>14</sup> se desarrolla en climas tropicales y subtropicales, mide entre 1.5 y 4 m de altura, presenta tallos rojizos y leñosos hacia la base, las hojas son digitado-partidas en tres lóbulos crenado-dentados; y las flores son sésiles con el cáliz y las brácteas gruesas y rojas con sabor ácido; corola amarilla, fruto y una cápsula.<sup>6,12</sup> Cada flor tiene cerca de 15 a 20 semillas, las cuales son de color café.<sup>10</sup> La semilla contiene aproximadamente un 17% de aceite y sus propiedades son similares a las del aceite de la semilla de algodón.<sup>4,15,16</sup>

### **3.6. Variedades**

Dentro de las principales variedades que se conocen de esta planta destacan, por importancia económica, las siguientes:<sup>6,10</sup>

**Sabdariffa.**- planta de 2.4 m de altitud, subarbusciva ramificada con tallos típicamente rojos, cilíndricos y uniformes, hojas verdes alternadas con 7.5 a 12.5 cm de largo, venas rojizas y pétalos largos o cortos, cálices comestibles, inflados, de color rojo o amarillo que consisten de 5 sépalos largos unidos por un epicáliz, brácteas

rodeando a la base, de color verde, y una cápsula aterciopelada de color verde cuando está inmadura y de color café cuando ha madurado y secado, consta de 5 valvas, cada una posee entre 3 y 4 semillas con forma ligeramente arriñonada. Las semillas así como el cáliz, los tallos y las hojas son ácidas, lo que asemeja al sabor del arándano. Su fin productivo es obtener los cálices para su posterior aprovechamiento en la industria alimenticia y farmacéutica respectivamente.

**Altissima.**- planta que alcanza los 4.8 m de altura, prácticamente no ramificada, con tallos color rojo o verde, las hojas verdes, flores amarillas, y cálices rojos o verdes, fibrosos no comestibles. La finalidad de su cultivo es la de producir fibra, principalmente en regiones de la India, Nigeria y algunos lugares del continente americano.

**Rico.**- planta de poca altura y lento crecimiento, flores con centro rojo oscuro y polen amarillo dorado, cáliz maduro con 5cm de largo y 3.2 cm de ancho, muy resistente y productiva, especialmente por las cualidades del cáliz.

**Victor.**- planta de tallos rojizos con una altura de 2.13 m, erecta y robusta, muy vigorosa, sus flores son rojo oscuro al centro y el polen es café dorado.

**Archer.**- planta de color verdoso, tan alta y vigorosa como la variedad *Victor*, posee flores amarillas con polen color café y cáliz

verdoso, se aprovechan sus cálices como variedad vegetal en la elaboración de sopas y ensaladas.

### **3.7. Usos tradicionales**

#### **3.7.1. En la alimentación humana**

La parte de la planta *Hibiscus sabdariffa* que más es utilizada, es el cáliz de la flor, caracterizado por su intenso color rojo y su consistencia carnosa que envuelve al fruto maduro. El cáliz se ha utilizado ampliamente en la elaboración de diferentes alimentos.<sup>5,6,11</sup> En la mayoría de los casos, destaca la elaboración de bebidas, como el agua fresca, los tés e incluso los vinos.<sup>5,6</sup> Así como también, la preparación de ensaladas y aderezos, y otros alimentos semisólidos como las conservas y los postres (mermeladas, jaleas, gelatinas y helados).<sup>6,11</sup>

Por su parte las hojas y los tallos, también se utilizan para preparar ensaladas o ser combinadas con otros vegetales; las semillas en casos más limitados, debido a su sabor ácido, se tuestan y muelen, para preparar sopas, o como bebida sustituta del café<sup>11</sup>. En países como Pakistán, se recomienda el uso de los cálices como una fuente rica en pectina para lograr la conserva de ciertos alimentos como las frutas<sup>6</sup>. Senegal por su parte, exporta los cálices a Europa, para la producción de licores y colorantes.

En Estados Unidos de Norte América (EUA), la regulación de la FDA permite el uso de estos extractos en la elaboración de bebidas alcohólicas como es el caso de la línea vinícola.<sup>6</sup>



### **3.7.2 Usos por sus propiedades medicinales**

Tanto en la India, como en México y en algunos países de África, la planta de la flor de Jamaica, es considerada como una medicina nativa.<sup>6</sup> Las infusiones de sus hojas o cálices son recomendadas por su efecto diurético, antibacteriano, antihelmítico e hipotensivo al disminuir la viscosidad de la sangre.<sup>6,11</sup> Desde 1962 se confirmó una actividad hipotensiva en los cálices de la flor de *H. Sadariffa*<sup>6</sup>; la medicina popular la ha utilizado para contrarrestar la hipertensión, la pirexia así como desórdenes del hígado.<sup>17</sup>

En 1997 en un estudio realizado con ratones, se comprobó cierto potencial antioxidante en el extracto obtenido de la flor de jamaica; el resultado indicó un efecto protector en los hepatocitos, al inhibirse la actividad de la xantina oxidasa, una enzima que interviene en la peroxidación de los lípidos presentes en las membranas celulares<sup>17</sup>.

También se informó que el extracto es efectivo contra *Ascaris gallinarum* en pollos; tanto el extracto acuoso como el cáliz son potencialmente letales contra la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*. En experimentos realizados con gallinas, el extracto disminuyó la absorción de alcohol y su efecto en el organismo.<sup>6</sup> Es utilizada para combatir la tos y los resfriados, las hojas son aplicadas a las heridas en los pies y sobre quemaduras y úlceras para acelerar su recuperación. Las semillas se manejan como diuréticas y de acción tónica.<sup>6</sup>

De acuerdo con Rhoden *et al* <sup>18</sup> la flor de la Jamaica ha sido introducida en la parte sur de los EUA como una fuente de pulpa con altos niveles de resistencia a los nematodos.<sup>18</sup>

### **3.8. Investigaciones científicas de la semilla de jamaica**

#### **3.8.1. Semilla de jamaica**

La semilla de la flor de la jamaica, tiene un rico contenido nutricional; los estudios que se realizaron para conocer su constitución química, la destacan especialmente por el contenido de proteína cruda y grasa que presenta. Esto la convirtió en un ingrediente alternativo potencial, sugerido para sustituir y/o complementar a otros ingredientes de uso convencional y cada vez más limitados para la formulación de raciones.<sup>7,8,15,16,19,20</sup>

Al-Wandawi *et al*, <sup>16</sup> cuantificaron en el análisis químico proximal de la semilla, 25.20% de PC y 21.20% de lípidos; mediante estudios cualitativos detectaron en la porción proteínica a 18 aminoácidos totales, mientras que en la porción grasa, determinaron la presencia de los ácidos grasos oléico, linoléico, palmítico y estéarico , entre otros.<sup>16</sup>

El-Adawi *et al*, <sup>7</sup> indican altos niveles de proteína cruda, entre el 30.1 - 31.02 %; cerca del 50.0% de la proteína total se clasificó como proteínas solubles, constituidas por globulinas y albúmina; de los aminoácidos detectados coinciden con otros autores que la valina, metionina, treonina e isoleucina aparecen como los más limitantes, mientras que la lisina y fenilalanina sobresalen como los más

abundantes.<sup>7,16,21</sup> Respecto al contenido graso mencionan 21.6-23.36% de lípidos, de los cuales los ácidos grasos oléico, palmítico, linoleico y esteárico se determinaron en mayor cantidad.<sup>7</sup>

Por su parte, Abdel *et al*,<sup>8</sup> en los resultados de sus investigaciones con semillas de jamaica colectadas en diferentes áreas de Sudán, mencionan niveles de proteína cruda de 25.48-29.61% y de grasa de 17.8-21.6%. Así mismo, señalan en el contenido de ácidos grasos, una relación inversa entre los niveles de ácido linoleico y los niveles de ciertos ácidos grasos tóxicos conocidos como epoxioléicos.<sup>8</sup> En cuanto al resto de los nutrientes y componentes químicos de la semilla estudiados por diferentes autores, solo se mencionan por dato de importancia a los siguientes: se observó una amplia variación de fibra cruda, desde 1.23% hasta un 23.74%.<sup>7,11,15,16,19,21</sup> Con relación al contenido de azúcares Al-Wandawi<sup>16</sup> y El-Adawi<sup>7</sup> indican un 26.64 y 36.37-38.12% respectivamente; del contenido mineral, el calcio, potasio, sodio y magnesio son los elementos más abundantes.<sup>7,16</sup>

### **3.8.2. Toxicidad**

Los análisis químicos del aceite de la semilla de jamaica, revelaron la presencia de ciertos ácidos grasos inusuales identificados como ácidos grasos ciclopropanoides y ácidos grasos epoxioléicos.<sup>8,15,16</sup> La semilla de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), tal como en su taxonomía se indica, es una planta que pertenece al orden *Malveles*; éste orden, se encuentra conformado por nueve familias que en su conjunto abarcan cerca de 3000 especies de flora distinta.<sup>22,23</sup>

El cacao, el algodón y la flor de jamaica, entre otros, son los nombres comunes de algunas de las plantas que pertenecen a éste orden y cuyos productos mantienen cierta importancia económica para el hombre.<sup>23</sup>

Una característica en común detectada en más de 45 plantas de las Malveles; desde el punto de vista químico y toxicológico, es que contienen ácidos grasos ciclopropanoides (AGCP), principalmente en la porción grasa de sus semillas.<sup>4,7,8,15,19,22</sup>

Los AGCP, identificados como los ácidos estercúlico y malvático, son ácidos grasos tóxicos que se han asociado con diversas alteraciones fisiológicas en diferentes especies animales.<sup>4,7,8,15,19,22</sup>

Parte de los cambios adversos identificados en los animales en experimentación fueron observados por primera vez con la semilla de la planta de algodón (*Gossypium hirsutum*)<sup>22</sup>. Posteriormente, se descubrieron en otros géneros del mismo orden, *Malveles* como la *Sterculia foetida*<sup>24</sup>, *Eriodendrom aufractuosum*<sup>25</sup> (Kapok), e *Hibiscus sciracus*<sup>26,27</sup>; de donde se aislaron y se utilizaron para continuar con las investigaciones en torno a su toxicidad.<sup>24,25,26</sup>

Las distintas pruebas biológicas realizadas para evaluar la toxicidad de los AGCP indican cambios variados relacionados principalmente con la alteración en el metabolismo de los lípidos y de ciertas enzimas a nivel hepático; de tal modo que en primer orden se observa un incremento en la cantidad de grasas saturadas y de colesterol en el plasma; acompañado por la alteración en la funcionalidad de las

membranas celulares y una disminución en la actividad de complejos enzimáticos involucrados con la síntesis de grasas y con procesos de detoxificación a nivel hepático.<sup>22, 24, 25, 26, 27, 28, 29</sup>

Fisiológicamente, los cambios observados por ingerir AGCP comprenden:

Aves.- Pigmentación anormal en la clara y yema del huevo almacenado, aumento en la mortalidad embrionaria, y retraso en la madurez sexual de gallinas.<sup>22</sup> Hipercolesterolemia acompañada del desarrollo de aterosclerosis aórtica en gallos.<sup>24</sup>

Roedores.- Madurez sexual y fertilidad afectadas en ratas, así como una depresión en el crecimiento corporal de ratones y conejos.<sup>22, 28, 30</sup> En ésta última especie, se observó una alteración del sistema oxidasa-microsomal del hígado junto con una reducción en la actividad de la enzima citocromo p-450; adicionalmente, se reporta un daño hepático.<sup>28</sup>

Ovejas.- Fertilidad afectada en hembras, debida a una regresión del cuerpo lúteo y esteroidogénesis alterada.<sup>31, 32</sup>

Otras.- En productos alimenticios obtenidos de vacas y cerdos, como leche y mantequillas, se halló un nivel elevado de grasas con alto grado de fusión y menos ácidos grasos volátiles.<sup>22</sup>

Peces.- Las investigaciones con truchas revelaron que aunque los AGCP por sí solos no promueven el desarrollo tumoral, si son responsables de ciertos cambios fisiológicos e histológicos tales como degeneración y/o necrosis, en el hígado.<sup>26</sup> Por ejemplo, la

acumulación de ácidos grasos saturados se debe al efecto inhibitorio que dichas sustancias ejercen sobre el sistema enzimático desaturasa.<sup>26,27</sup> A nivel microscópico, el retículo endoplásmico de los hepatocitos muestra un arreglo anormal.<sup>27</sup> Por otro lado, cuando los AGCP coinciden con la aflatoxina B en la dieta, logran potencializar el poder carcinogénico del metabolito acelerando la aparición de neoplasias hepáticas y favoreciendo su severidad.<sup>27,33</sup> Tales observaciones se apoyan en los resultados obtenidos de estudios póstumos que refieren la disminución en los niveles de la Glutatión transferasa (GSH), una enzima que normalmente interviene en los procesos de detoxificación a nivel hepático.<sup>30</sup>

Cabe agregar que el análisis del contenido de AGCP en algunos de los distintos géneros mencionados anteriormente permitió observar que la cantidad de éstos ácidos grasos tóxicos es muy variable, y que no solo depende del género de planta del que se trate (a), sino también de otras características relacionadas con el estado de desarrollo de la semilla (b), así como de la anatomía de la misma(c).<sup>22,34</sup>

**a) Diferencia entre géneros.-** Phelps et al,<sup>22</sup> mencionan que la cantidad de AGCP estimada mediante el uso de pruebas químicas específicas, sugiere el hecho de que los AGCP pueden estar contenidos en una mayor o menor cantidad en la porción grasa de la semilla, dependiendo del género de la planta que se trate.<sup>22</sup>

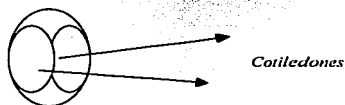
Las semillas evaluadas en su estudio indican los siguientes valores para el ácido estercúlico y para el ácido maiválico respectivamente: *Gossypium hirsutum* (0.8% y 1.15%), *Lavatera trimestris* (0.6% y 7.7%), *Brachychiton acerifolium* (4.6% y 7.1%) y *Bombax oleagineum* (22.4% y 4.6%). Otros estudios refieren los siguientes géneros: *Hibiscus sabdariffa* (2.9% y 1.3%),<sup>15</sup> *Hibiscus syriacus* (2% y 36%)<sup>27</sup> y *Sterculia foetida* (49% y 7%).<sup>26</sup>

**b) Estado de desarrollo de la semilla.-** Gordon *et al*,<sup>34</sup> al estudiar la variación de los AGCP en los lípidos de la semilla de algodón, encontraron que los niveles más altos de éstos ácidos grasos aparecieron en las semillas inmaduras. Las semillas se evaluaron al 3er día de desarrollo con una cantidad de AGCP del 27%, 10 días después los niveles fueron de 11% hasta que decrecieron al 3% el día 20 del experimento. Tal observación se explicó con la hipótesis de que los AGCP posiblemente tienen cierta función protectora contra los hongos y bacterias del medio que pudieran amenazar a las semillas durante el período de latencia<sup>34</sup>.

**c) Anatomía de la semilla.-** En el mismo estudio realizado por Gordon *et al*,<sup>34</sup> se encontró una distribución no uniforme de los AGCP en las regiones anatómicas de las semillas estudiadas; los lípidos de la parte inferior de la semilla de la

flor de jamaica resultaron más ricos en AGCP que en la parte superior de las mismas.

Específicamente  $\frac{3}{4}$  partes del total de los AGCP, se concentran en el tejido axial que ocupa únicamente el 5% de la semilla, y que se ubica hacia la parte inferior de la semilla, mientras que en la región de los cotiledones solo se refiere un 0.02% de AGCP<sup>34</sup>.



Es preciso mencionar que, como métodos convencionales, para inactivar los AGCP presentes en la semilla de la flor de jamaica, pueden utilizarse los mismos procesos industriales empleados para detoxificar en principio al aceite de la semilla de algodón (*Gossypium hirsutum*);<sup>10,22</sup> sin embargo, estos métodos solo son aplicables en semillas maduras, por lo que se sugiere el uso de la ingeniería genética para producir semillas con AGCP en cantidades traza. (Esto mediante la eliminación de la enzima que transfiere el grupo metileno de la metionina al oleato).<sup>34</sup>

Finalmente y con relación a la toxicidad de la semilla, también se identificó al ácido graso epoxioléico, que se clasifica dentro de los ácidos grasos epóxidos, compuestos orgánicos caracterizados por su elevada electrofilia lo que les confiere la propiedad de ser metabolitos



reactivos importantes en la acción tóxica, y que se encuentran de manera natural en algunas plantas, pero que también se les obtiene de la autooxidación catalítica de los ácidos grasos insaturados.<sup>35</sup>

Ahmad *et al*,<sup>15</sup> analizando la porción del aceite de la semilla de jamaica, encontraron niveles de un 4.5% de ácido graso epoxioléico respecto del total de los ácidos grasos contenidos. En el mismo estudio, se registraron niveles de 4.2% de ácidos grasos ciclopropenoides.

### **3.8.3. El uso de la semilla de jamaica en la alimentación animal**

El escaso conocimiento que se tiene a nivel general acerca del valor nutritivo de la semilla de jamaica, así como de los procesos industriales recomendados para inactivar su contenido tóxico, ha limitado su uso en la alimentación animal. Es cierto también, que aunque son pocos los trabajos realizados con éste grano, y que entre las especies estudiadas únicamente figuran ratones, ratas<sup>36,37</sup> y pollos;<sup>4,12,19,20,21</sup> los resultados no reportan efectos negativos sobre el estado de salud del animal, y solo dos destacan menor rendimiento en el aspecto productivo.<sup>21,36</sup> El resto sugiere su consumo.<sup>4,12,19,20,37</sup> Farjou *et al*,<sup>37</sup> al alimentar ratas y ratones por un período de 12 semanas con semilla de jamaica incluida a niveles de 20% en la dieta, no detectaron retraso en el crecimiento ni menores ganancias de peso respecto al grupo testigo.

Las secciones de los órganos observados (hígado, corazón, intestinos y arteria aorta), tampoco mostraron evidencia de degeneración celular o vascular ni cambios en el tejido conectivo; solamente se observó una disminución de triacilgliceridos en suero, con una reducción de pre-beta lipoproteínas acompañadas de niveles elevados de alfa-lipoproteínas. Los autores no solo sugieren el consumo de la semilla de jamaica por tratarse de un grano nutritivo y seguro (a esos niveles de inclusión), sino también por la posibilidad de que el grano ejerza un efecto antiateroma en el organismo.<sup>37</sup>

Por su parte Sarojini *et al*,<sup>36</sup> alimentaron ratas recién destetadas con aceite de semilla de jamaica refinado, calentado y parcialmente hidrogenado, en un 10% de inclusión. A las 12 semanas no se encontró alteración en la arquitectura histológica del hígado ni variación significativa en los valores séricos de los lípidos totales y fosfolípidos de ninguno de los tratamientos. Sin embargo, el grupo que ingirió 10% de aceite de semilla de jamaica refinado, presentó un menor consumo de alimento junto con una menor ganancia de peso respecto a las dietas de los otros tratamientos. Tales resultados hicieron suponer que en la medida en que los métodos de purificación del aceite sean eficientes, la semilla de jamaica puede ser empleada en la alimentación animal e incluso la humana.<sup>36</sup>

Mohamed *et al*,<sup>21</sup> en dietas complementadas con sorgo, para pollos de engorda, compararon a la semilla de jamaica (con 27% de inclusión) con las pastas de soya (25%) y de cacahuete (26%).

El consumo de alimento y la ganancia de peso fueron significativamente afectadas por el tipo de ingrediente incorporado a la dieta. Los pollos que recibieron semilla de jamaica consumieron por semana menos alimento (484g) que los que ingirieron pasta de soya (615g) y de cacahuete (514g). La ganancia de peso por semana, tanto en los pollos que consumieron semilla de jamaica (153g) como pasta de cacahuete (143g) fue muy similar pero significativamente menor a la obtenida con la pasta de soya (203g). La explicación a éstos resultados se atribuyó en parte a la gran cantidad de fibra cruda presente en la semilla (18.2%), así como a la mala calidad de la proteína y al sabor ácido percibido por el animal al momento de la ingestión. No obstante, en el trabajo no se mencionó nada acerca de la presencia de AGCP, sus efectos, ni procesos de detoxificación.<sup>21</sup> Otros trabajos de investigación realizados en pollo de engorda, corroboran la posibilidad de incluirla como un ingrediente alternativo que sirva como fuente de proteína y energía en la ración.<sup>4,19</sup> Tal es el caso de los trabajos realizados en México por Cortés *et al*<sup>4</sup> y Jinez *et al*<sup>19</sup> quienes trabajaron respectivamente con un (0,5,10 y 15%) y un (0,10,20 y 30%) de inclusión de semilla de jamaica en la dieta, sin que los parámetros productivos, de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia se mostraran afectados.<sup>4,19</sup> Jinez *et al*,<sup>19</sup> en su estudio evaluaron el funcionamiento y arquitectura del hígado.

Los datos para aspartato aminotransferasa, alanino amino transferasa, fosfatasa alcalina , proteínas totales y lípidos totales, fueron semejantes entre tratamientos. En el estudio histopatológico de los hígados, no se encontraron daños atribuibles al empleo de la semilla de jamaica, lo que le permitió indicar que este ingrediente se puede incluir a expensas del sorgo y la pasta de soya a niveles de hasta el 30% sin afectar el funcionamiento hepático o la arquitectura histológica del hígado.<sup>19</sup>

Con base en lo anterior, y partiendo de que en la línea de la alimentación para gallinas de postura no existen investigaciones al respecto, surgió la inquietud de investigar si la inclusión de la semilla de jamaica como fuente de proteína cruda y energía en dietas para gallinas de postura, pueden reemplazar parcialmente al sorgo y pasta de soya sin afectar el comportamiento productivo ni el estado fisiológico a nivel hepático.

#### **4.HIPÓTESIS**

La inclusión parcial de semilla de jamaica (Hibiscus sabdariffa) en 10, 20 y 30% en dietas sorgo-soya para gallinas en postura no afecta el comportamiento productivo, ni la fisiología normal del hígado.

#### **5.OBJETIVOS**

- a) Determinar en la semilla de jamaica la energía metabolizable verdadera (EMV) y la digestibilidad de los aminoácidos esenciales (DAE) en gallos Leghorn.
  
- b) Evaluar el efecto de la inclusión parcial de semilla de jamaica (10,20 y 30%) en dietas sorgo+soya para gallinas en postura sobre el comportamiento productivo.
  
- c) Estimar el efecto de la inclusión de la semilla de jamaica sobre la pigmentación de la yema de huevo de las gallinas de postura.
  
- d) Evaluar el efecto de la semilla de jamaica a nivel hepático mediante pruebas de funcionamiento (colesterol, glucosa, albúmina y Ac. Úrico) e integridad del hígado ( aspartato aminotransferasa (AST) y glutamato deshidrogenasa (GDH)).

Para la realización de éste trabajo se desarrollaron dos experimentos como se señala a continuación:

## **6. EXPERIMENTO 1. DETERMINACIÓN IN VIVO DE LOS COEFICIENTES DE ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE AMINOÁCIDOS DE LAS MUESTRAS DE SEMILLA DE JAMAICA**

### **6.1. Localización**

El trabajo se realizó en las instalaciones avícolas del Centro Experimental "Valle de México" en Chapingo, Estado de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (SAGARPA).

### **6.2. Material y métodos**

#### **6.2.1. Técnica de Sibbald**

Tanto la determinación de energía metabolizable verdadera (EMV) como la digestibilidad verdadera de aminoácidos esenciales (DVAE), se evaluaron mediante la técnica que desarrolló Sibbald<sup>38</sup> en 1979, y que se modificó más tarde por Dorrel y Likuski.<sup>39</sup> Para la realización de la prueba, se utilizaron 10 gallos Leghorn de 52 semanas de edad con los cuales se formaron un grupo tratado y un grupo testigo con 5 gallos cada uno. Cada gallo se alojó aleatoriamente en jaulas individuales de acero inoxidable, debajo de cada jaula se colocó una charola forrada con plástico para coleccionar las excretas.

Antes de iniciar el experimento, todos los gallos se sometieron a un ayuno de 24 horas; finalizando este periodo, se les administró

individualmente a 5 gallos del grupo tratado, por alimentación precisa, 30 gramos de semilla de jamaica previamente molida. Después de 48 horas, se retiraron las charolas que contenían las excretas para deshidratarlas al ambiente, las muestras colectadas ya secas se recolectaron para obtener su peso real, posteriormente se molieron y se colocaron en bolsas correctamente identificadas para proceder a la determinación del contenido de energía bruta y de aminoácidos. Para medir tanto la energía como los aminoácidos endógenos excretados, se utilizaron 5 gallos del grupo testigo, a los cuales también se les recogieron las excretas en 48 horas, con la finalidad de hacer las correcciones de excreción endógena de energía y aminoácidos y de ésta manera conocer la EMV y la DVAE.

#### **6.2.2. Análisis químicos: energía bruta y aminograma**

El análisis de Energía Bruta (EB)<sup>38</sup> del ingrediente, y de las heces obtenidas en el experimento, fueron realizados mediante una bomba calorimétrica de Parr en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM).

Para la determinación de aminoácidos del ingrediente y las excretas de los gallos se realizó la oxidación e hidrólisis ácida para los aminoácidos azufrados, y solo hidrólisis ácida para el resto de los aminoácidos.<sup>40</sup>

Dicho procedimiento fue realizado en el laboratorio de la empresa Degussa, S.A. de C.V.

### 6.2.3. Estimación de la EMV y DVAE para la semilla de jamaica

Para realizar los cálculos de la EMV y la DVA, se emplearon las siguientes fórmulas:<sup>38</sup>

Para EMV: 
$$EMV = (EBi * X) - [(EBh - ex * Y) - (Ebh - tg * Z)] / X$$

De donde:

**EMV**= Energía Metabolizable Verdadera

**EBi**= Energía Bruta del ingrediente del estudio

**X**= Cantidad del ingrediente administrado (30g)

**EBh-ex**= EB de las heces excretadas por el ave tratada

**Y**= Cantidad de heces excretadas por el ave tratada

**EBh-tg**= EB de las heces excretadas por el ave testigo

**Z**= Cantidad de heces excretadas por el ave testigo

Para DVAE: 
$$DVAE = \frac{CAC - (CAE - CAEE)}{CAC} * 100$$

De donde:

**DVAE**= Digestibilidad verdadera de aminoácidos esenciales

**CAC**= Cantidad de aminoácido ingerida

**CAE**= Cantidad de aminoácidos excretados

**CAEE**= Cantidad de aminoácidos endógenos excretados



#### **6.2.4. Análisis químico proximal (AQP)**

Con el fin de conocer los contenidos de proteína y grasa, se realizó el AQP<sup>41</sup> de la semilla de jamaica. El análisis fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM).

### **6.3 Resultados**

#### **6.3.1. EB, EMV Y DVA**

En el Cuadro 1, se muestran los valores de la EB obtenidos en el laboratorio y de EMV calculada en este estudio; el resultado promedio de: EB fue de 4818 Kcal/Kg, y para la EMV, el valor calculado indicó 2311 Kcal/Kg. Los valores para los aminoácidos esenciales totales y digestibles verdaderos en la muestra evaluada de semilla de jamaica se presentan en el Cuadro 2.

#### **6.3.2. AQP**

El análisis químico proximal de la semilla de jamaica empleada en la prueba biológica con gallinas ponedoras se presenta en el Cuadro 1. Donde se puede observar el contenido de proteína (19.05%) y grasa (12.93%).

#### **6.3.3. Discusiones**

En la literatura consultada no se encontró información referente a los valores de la EMV contenida en la semilla de jamaica, esto pudiera deberse a la razón de que desde el punto de vista alimenticio, la industria animal, no ha contemplado a esta materia prima como fuente de energía para la formulación de raciones.

Sin embargo, al comparar la EMV de la semilla de jamaica con la de otros granos utilizados en la formulación de dietas para aves como la pasta de algodón, la pasta de girasol, la pasta de ajonjolí y la de cacahuate; se observó que los valores de EMV para la pastas de algodón (2320 Kcal/Kg) y girasol (2320 Kcal/Kg) son similares a los de semilla de jamaica (2311 Kcal/Kg), mayores a los de la pasta de ajonjolí (2210 Kcal/Kg) y menores respecto a la de cacahuate (2500 Kcal/Kg).<sup>42</sup> Por tanto será de utilidad considerar ésta nueva información para futuros estudios y su utilización en dietas para aves. Los valores de DVAE de las muestras de semilla de jamaica, fueron los siguientes: para Metionina+Cistina 78%, Lisina 70.3% y Treonina 72.4%. Debido a la falta de información sobre los valores de DVAE, de la semilla de jamaica, los pocos estudios que se han realizado y generalmente en pollo de engorda, se tomaron como referencia de DVAE otros ingredientes útiles en la formulación de dietas para aves; estos son, pasta de soya, pasta de algodón, y pasta de girasol,<sup>42,43</sup> donde los valores porcentuales obtenidos para metionina+cistina, lisina y treonina respectivamente fueron de 84, 89, 80 % para pasta de soya; 70, 60 y 70 % para semilla de algodón y 87, 86 y 88 % para pasta de girasol. Lo que indica que los valores de DVAE de la semilla de jamaica, son similares a los encontrados en la semilla de algodón, pero inferiores a los obtenidos para pasta de soya y semilla de girasol respectivamente. Los resultados obtenidos a partir del Análisis Químico Proximal realizado a la semilla de jamaica para

proteína cruda (19.05%) son parecidos a los obtenidos por Cortés *et al*<sup>4</sup> (20.5%) y Tejeda *et al*<sup>20</sup> (23%), mientras que el contenido de grasa (12.93%) resultó similar al reportado por Mohammed *et al*<sup>21</sup> (10.6%); sin embargo, estos valores de PC y EE en general son menores a los reportados por otros estudios.<sup>7,8,15,16</sup> Esto sugiere que la composición química de la semilla puede variar posiblemente en función de las características físico químicas del lugar donde haya sido realizado el cultivo.<sup>8</sup> Razón por la cual resulta importante y conveniente analizar el contenido nutricional de las materias primas antes de incluirlas en una ración.

## **6. EXPERIMENTO 2. PRUEBA IN VIVO PARA VERIFICAR EL EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SEMILLA DE JAMAICA, EN DIETAS DE GALLINAS DE POSTURA SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS, PIGMENTACIÓN DE LA YEMA Y FUNCIONAMIENTO HEPÁTICO DE LAS AVES.**

### **7.1. Localización**

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación, y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizado en Zapotitlán Tláhuac, Distrito Federal, a una altitud de 2250 m.s.n.m., entre los paralelos 19°17' latitud Norte y los meridianos 99°02' 33" longitud Oeste, bajo un clima templado subhúmedo, con bajo grado de humedad; (C(wo)(w)). Enero es el mes más frío y mayo el mes más caluroso,

con una temperatura media anual de 16° centígrados y una precipitación pluvial media de 600 a 800 mm.<sup>44</sup>

## **7.2. Material y métodos**

### **7.2.1. Prueba biológica**

El experimento se realizó en una caseta de ambiente natural. Se utilizaron jaulas en pirámide de dos pisos, donde se alojaron 192 gallinas de 28 semanas de edad de la estirpe ISA BABCOCK B300, empleando un diseño aleatorizado de 4 tratamientos con 4 réplicas con 12 aves cada una. Tanto el agua como el alimento se proporcionaron *ad-libitum* a todos los animales.

### **7.2.2. Formulación de dietas**

Se elaboraron dietas tipo práctico a base de sorgo+pasta de soya y con 3 diferentes niveles de inclusión de semilla de jamaica (Cuadro 3), siguiendo las recomendaciones de Cuca *et al.*<sup>3</sup> Los resultados del experimento 1 para EMV y DVAE fueron considerados en la formulación de las dietas que se calcularon para ser isoenergéticas, isoproteínicas e isoaminoácidas, mediante el uso de programación lineal (Nutrion ®).<sup>45</sup>

Los tratamientos se señalan a continuación:

- T1 :Dieta testigo 0% inclusión de semilla de jamaica
- T2: Dieta con 10% de inclusión de semilla de jamaica
- T3: Dieta con 20% de inclusión de semilla de jamaica
- T4: Dieta con 30% de inclusión de semilla de jamaica

La composición de cada una de las dietas se muestran en el Cuadro 3. Se puede apreciar que las dietas fueron similares en cuanto al contenido de nutrientes.

#### **7.2.3. Registros: Parámetros Productivos**

Se tomaron registros semanalmente del consumo de alimento, conversión alimenticia, % de postura, peso del huevo y masa del huevo; para realizar un resumen general a las 10 semanas de duración del experimento.

#### **7.2.4. Pruebas de pigmentación en la yema**

A la quinta semana se evaluó la pigmentación de la yema del huevo mediante el uso del abanico Roché<sup>46</sup> y en la décima semana con un colorímetro de Reflectancia Minolta R-300.<sup>47</sup>

#### **7.2.5. Pruebas de laboratorio**

Al final del experimento se tomaron muestras de sangre de 5 gallinas por tratamiento para obtener suero y evaluar las siguientes enzimas: Aspartato Amino Transferasa (AST) y Glutamato Deshidrogenasa (GDH), que a nivel hepático en aves se sugieren como las más específicas<sup>48</sup>; así mismo, se determinaron los niveles de colesterol, proteínas plasmáticas, albúmina y glucosa. Las muestras se procesaron en el Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia ( UNAM ).

#### **7.2.6. Análisis Estadísticos para Parámetros Productivos**

Los datos obtenidos de las diferentes variables en estudio se sometieron a un análisis de varianza, de acuerdo con el modelo

empleado. En el caso de las diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos, éstas se sometieron a la prueba de Tukey. Además se realizó un análisis de Regresión lineal<sup>49</sup> para el porcentaje de postura, consumo de alimento, conversión alimenticia y masa de huevo.

### **7.3. Resultados**

#### **7.3.1. Parámetros Productivos**

Los resultados obtenidos para porcentaje de postura, consumo diario de alimento, masa y peso de huevo presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos al ser sometidos al ANDEVA. Se encontró un efecto lineal negativo ( $p < 0.05$ ) a la inclusión de la semilla de jamaica. Las ecuaciones de regresión lineal, mostraron una disminución gradual en las variables de porcentaje de postura (figura 1), consumo diario de alimento (figura 2) y masa de huevo (figura 3) al aumentar la semilla de jamaica en las dietas experimentales.

La conversión alimenticia (figura 4) disminuyó conforme se incluyó mayor cantidad de semilla de jamaica, lo que indica una menor eficiencia alimenticia. Para la variable de peso del huevo (figura 5), los valores de los tratamientos 1 y 4 fueron similares y menores a los valores de los tratamientos 2 y 3, los cuales resultaron similares entre ellos.

### **7.3.2. Pigmentación de la yema**

Los promedios obtenidos en el color de la yema utilizando el abanico Roche, permitieron observar una intensificación del color de la yema a medida que la inclusión de jamaica fue en aumento.

Los tratamientos con 20% y 30% de inclusión mostraron coloraciones predominantemente ubicadas en el valor de 10.6 del color amarillo-naranja del abanico Roche. En el tratamiento en que se incluyó 10% de la semilla hubo una coloración en promedio de 8.3 y en el tratamiento testigo un valor de 7.6. Estadísticamente, existió una diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 4), resultando que T1 y T2 fueron semejantes pero menores a T3 y T4 que resultaron ser similares entre ellos. Al final del experimento (décima semana), se realizaron determinaciones empleando un colorímetro de Reflectancia Minolta-R300 para detectar las tonalidades en la yema del huevo de los colores rojo y amarillo.

Se observó que entre los diferentes tratamientos no existió diferencia significativa para la característica de amarillamiento pero si hubo para la de enrojecimiento, ( $P < 0.01$ ), en donde las medias de los tratamientos 2, 3 y 4 resultaron ser similares pero mayores al tratamiento testigo.

### **7.3.4. Pruebas de Funcionamiento Hepático**

Las pruebas de funcionamiento e integridad hepáticas así como los promedios de los resultados para los diferentes análisis a partir del suero sanguíneo de las aves, se muestra en el Cuadro 6; los niveles

de Albúmina, Colesterol, Glucosa y Ácido úrico no tuvieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P > 0.01$ ); en cambio, los niveles de AST y GDH mostraron variación en sus niveles presentes en suero, entre los diferentes tratamientos.

Para la enzima AST los tratamientos 2, 3 y 4 fueron similares entre ellos, mientras que el tratamiento 1 presentó niveles menores ( $P < 0.01$ ). En cuanto a la GDH los tratamientos 1 y 2 fueron similares entre ellos, en tanto que los tratamientos 3 y 4, fueron menores ( $P < 0.01$ ) y diferentes a los tratamientos 1 y 2.

#### **7.4. Discusiones**

##### **7.4.1 Parámetros productivos**

Los resultados para el porcentaje de Postura (figura 1), de acuerdo con la ecuación de predicción ( $Y = 95.765 - 1.337x$ ), indican que por cada unidad porcentual de semilla de jamaica incluida en la dieta de las gallinas de postura, el porcentaje de postura disminuye en 1.34%. De la misma forma las ecuaciones correspondientes al consumo, conversión alimenticia y masa de huevo, indican que por cada unidad porcentual de semilla de jamaica, el consumo disminuye 0.73%, la conversión aumenta 0.03% y la masa del huevo decrece 0.78%.

En general, éstos resultados sugieren que los parámetros productivos de las gallinas de postura empeoraron al aumentar el nivel de semilla de jamaica en la dieta.

Parte de los estudios desarrollados con la semilla de jamaica realizados en ratones, ratas, y pollo de engorda, <sup>4,12,19,20,37</sup> indican



que las variables de ganancia de peso y consumo diario de alimento no fueron significativamente afectadas; sin embargo, en gallinas de postura, tal como se ha observado en este trabajo, las variables de estudio fueron poco favorecidas; diversos factores antinutricionales presentes en la semilla de jamaica podrían explicar la caída en los parámetros productivos.

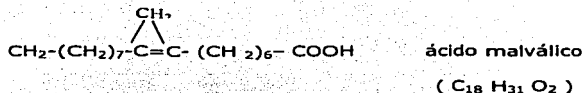
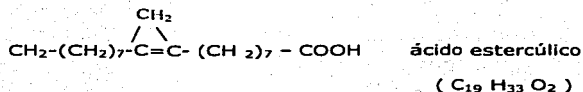
#### **7.4.2 Factores antinutricionales**

Entre dichos factores antinutricionales mencionados en la semilla de jamaica, y en función del daño al que se les asocia por los niveles de concentración en que se encuentran, pueden mencionarse principalmente a los ácidos grasos ciclopropanoides, ácidos grasos epoxioléicos, y en menor proporción gopisol y taninos. Inclusive se ha sugerido en estudios anteriores, que el sabor de la semilla podría ser una característica que contribuye negativamente sobre el consumo de alimento por parte del ave, ya que esta tiene cierta capacidad de percibir sabores ácidos como el de la semilla de jamaica.<sup>21</sup>

##### **7.4.2.1 Ácidos Grasos Ciclopropenoides**

Tal como se mencionó, los compuestos ciclopropenoides, son ácidos grasos presentes en el aceite de las semillas de aquellas plantas que se encuentran clasificadas dentro del orden de las malváceas.<sup>22,24,26</sup> Químicamente en sus cadenas de ácidos grasos insaturados se identifica un anillo ciclopropileno; dependiendo del número de carbonos y la posición del doble enlace se tratará del ácido estercúlico o del malvático respectivamente.<sup>50</sup>

Sus fórmulas químicas se expresan a continuación:



La ingestión de AGCP, ha sido asociada con una variedad de cambios inusuales en diferentes especies. Por ejemplo, se les relaciona con el incremento en la infertilidad en ratas y ovejas;<sup>22,32</sup> con el retraso en la madurez sexual de ratas y aves;<sup>22</sup> con el cambio de coloración en clara y yemas de huevos almacenados; se mencionan por sus propiedades co-carcinogénicas a nivel hepático en truchas;<sup>26,27</sup> dentro de los efectos comunes, se les involucra con el incremento en la concentración de ácidos grasos saturados y colesterol en plasma e hígado, así como con la alteración en la permeabilidad de las membranas celulares y los procesos de esteroidogénesis.<sup>22,26, 27, 33</sup> Méndez *et al*,<sup>10</sup> citan a los AGCP como compuestos cancerígenos debido a que impiden la eliminación de los átomos de hidrógeno para

llevar a cabo la vía metabólica que induce a la formación de los ácidos grasos insaturados. A nivel metabólico, se encontró que la presencia de estos ácidos grasos ciclopropanoídeos, favorecen la acumulación de ácidos grasos saturados ya que provocan la inhibición de la enzima AcilCoA-desaturasa, que en condiciones normales cataliza la reacción mediante la cual se sintetiza el ácido oleico a partir del ácido esteárico.<sup>22</sup>

Partiendo de este principio, se puede explicar el incremento en los niveles de ácidos grasos saturados en comparación con los insaturados, hallados en diferentes investigaciones. Esto resulta especialmente importante porque la variación en la composición lipídica de las membranas celulares puede suscitarse al estar presentes éste tipo de compuestos; afectándose su funcionalidad en términos de permeabilidad.<sup>26,27</sup>

Otros estudios enfocados a evaluar los efectos sobre la postura, incubabilidad y madurez sexual de las gallinas alimentadas con AGCP, mostraron que 250 mg diarios de AGCP en la dieta provocan al tercer día un cese de la ovoposición que lograba reanudarse hasta los 22 días de haberse retirado la suplementación, no obstante, dietas manejadas con 45mg/día de AGCP mostraron no deprimir significativamente la postura. La incubabilidad también es una variable altamente afectada, ya que experimentalmente se observó que con 15 mg de AGCP es posible obtener mortalidades del 40% al séptimo día de incubación, y de un 82% al día 21.

Respecto a la madurez sexual, se ha observado retardo en el crecimiento del ovario y del oviducto de gallinas que consumieron 125 mg/día de AGCP; en ratas recién destetadas, alimentadas con 3% de *Sterculia foetida*, se identificó una madurez sexual tardía junto con un tamaño más pequeño del útero con respecto al grupo testigo.<sup>22</sup>

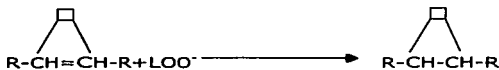
Slayden *et al*<sup>31</sup> al trabajar con ácido estercúlico, para observar su efecto sobre el cuerpo lúteo en ovejas, encontró que la presencia de éste ácido provocaba la disminución de los niveles de progesterona y que dosis entre 500 y 700 mg de este compuesto, generaban una luteólisis completa; este efecto lo explicaron por un lado, bajo el supuesto de que el ácido estercúlico podía incorporarse en la membrana fosfolipídica alterando su fluidéz; al disminuir dicha capacidad de membrana, se interfiere la receptividad de las células del cuerpo lúteo hacia la hormona luteotrópica (LH), gonadotropina que interviene en la activación de la enzima adenil-ciclasa en los ovarios de las ovejas; cabe mencionar que la adenil-ciclasa disminuye durante la regresión del cuerpo lúteo inducida por prostaglandina F<sub>2α</sub>, lo que sugiere la luteólisis cuando la LH no ejerce el efecto esperado. Por otro lado, Tumbelaka *et al*,<sup>33</sup> mencionan la posibilidad de que la disminución de los niveles de progesterona se deba a la alteración de la esteroidogénesis provocada por el ácido estercúlico, esto resulta especialmente útil cuando se traspola el efecto hacia las gallinas de postura, ya que la producción de esteroides por el ovario

es esencial para la reproducción y la ovoposición en las aves.<sup>51</sup> La progesterona induce la oleada preovulatoria de LH mediante una retroalimentación positiva de modo que niveles bajos no serían suficientes para inducir la ovulación.

Aunque en este trabajo no se midieron los niveles de progesterona, se sugiere una relación directa con la caída en el porcentaje de postura y que se suma además a la disminución en el consumo diario de alimento.

#### 7.4.2.2 Ácidos Grasos epoxioléicos

Los ácidos grasos epoxioléicos (AGEp) son un tipo de ácidos grasos que pertenece al grupo epóxidos. Estos ácidos pueden formarse cuando un radical peróxido ataca cualquier doble enlace presente en la cadena de un ácido graso; éste ejemplo se ha observado en muestras biológicas obtenidas durante varios estados de estrés generado por lesiones, quemaduras, isquemia, etc.<sup>35</sup>



De manera natural, los ácidos grasos epóxidos también se encuentran contenidos en el aceite vegetal de muchas plantas; todos son compuestos de 18 carbonos saturados o insaturados.<sup>35</sup> Algunos autores señalan una relación inversa entre los niveles de ácido linoléico y los de ácido epoxioleico; Abdel *et al*<sup>8</sup>, mencionan que esta

observación ya había sido reportada previamente en otras especies de *Vernonia*, una de las plantas cuyo aceite contiene los niveles más altos de AGEp (69%). Y sugieren que ambos ácidos están relacionados en su biosíntesis, además de que la formación de ácido linoléico se ve más favorecida en áreas de cultivo frías.

Morris y Holman,<sup>52</sup> al alimentar ratas con AGE en niveles de 7% en la dieta, durante un mes, señalaron que el AGE fue resistente a la acción del HCl en el estómago, y que apareció tanto en las heces como en diferentes tejidos tales como adiposo, hígado, riñones y corazón; sin embargo, ningún efecto deletéreo fue detectado a nivel morfológico ni bioquímico. La composición lipídica del hígado de las ratas experimentales, no mostró deficiencia de ácidos grasos esenciales, por lo que se concluyó que no había interferencia en la utilización del linoleato. Los valores de AGE presentes en la semilla de jamaica según Ahmad *et al*,<sup>15</sup> corresponden a un 4.5% del total de los ácidos grasos del aceite. Aunque en el presente estudio no fueron evaluados los niveles de ácidos grasos epoxioléicos, se sugiere que los AGE provenientes de la semilla y no el de los formados por estrés son los que pueden causar un daño a nivel celular.

#### **7.4.2.3 Gosipol**

El gosipol es un pigmento amarillo que se halla en las glándulas pigmentarias de la semilla de algodón, se le puede detectar unido a los grupos amino libres presentes en la proteína de la semilla o en su forma libre; resulta tóxico especialmente para las especies

monogástricas como las aves domésticas, en las cuales ocasiona retardo en el crecimiento de pollos de engorda y oscurecimiento de la yema del huevo en gallinas de postura.<sup>53</sup> Al-Wandddawi *et al*<sup>16</sup> analizaron en la semilla de jamaica el contenido de gosispol por tratarse de una especie común a la familia de las malváceas, y observaron su presencia pero en cantidades traza. Sin embargo, en este estudio no se evaluó la cantidad de gosispol.

#### **7.4.2.4 Taninos**

Los taninos son compuestos fenólicos cuya propiedad esencial es su capacidad para combinarse con proteínas y otros polímeros, como la celulosa y la pectina; tras la formación de éste complejo tanino-proteína, la digestibilidad de proteína y aminoácidos se ve afectada. El-Adaway *et al*,<sup>7</sup> al analizar la semilla de jamaica encontraron taninos en 1.25%, valores que consideraron bajos al compararlos con los del frijol (1.57%) y el sorgo (1.5-5%).<sup>3</sup>

#### **7.4.2.5 Sabor**

A diferencia de los mamíferos, las aves tienen poco desarrollado el sentido del gusto. Punto poco favorecido por el hecho del rápido tránsito del alimento, que en ausencia de masticación y con la poca adición de saliva, impide que el alimento permanezca el tiempo suficiente en el área orofaríngea como para poder ser detectado. Adicionalmente, es posible que el número de papilas gustativas presentes sea más bien, la razón de origen más importante.<sup>54</sup>

Boushy *et al*,<sup>55</sup> menciona que el pollito tiene entre 218 y 499 papilas gustativas esparcidas por toda la cavidad oral y parte de la lengua. Sturkey,<sup>54</sup> cita que en estado adulto, las aves de corral poseen entre 350 y 400 papilas gustativas. Comparativamente con el humano y el conejo, el número de papilas gustativas es de 9000 y 17000 respectivamente, lo que indica una gran diferencia.

No obstante, Klaising,<sup>56</sup> menciona que aparentemente las aves de corral pueden percibir los mismos cuatro sabores básicos que los humanos pero con menor agudeza, y que para fines discriminatorios, la vista y el olfato son claramente los dos sentidos que en complementación con el sentido del gusto, ayudan al ave a detectar aquellas características inherentes al alimento como lo son forma, color, textura, valor nutritivo y toxicidad.

En el presente experimento, las aves dejaron de consumir 6.7%-T2, 13.5%-T3 y 20%-T4 respecto al grupo testigo-T1, lo que explica, en parte, la caída en la postura (95.8-T1, 82.4-T2, 69-T3 y 55.7%-T4), y la disminución de la conversión alimenticia (1.83-T1, 2.14-T2, 2.45-T3 y 2.77 g-T4), datos que coinciden por un lado con el estudio desarrollado por Mohammed *et al*<sup>19</sup>, quienes realizaron en pollo de engorda, una investigación en la cual compararon una dieta que incluía 27% de pasta de semilla de jamaica contra dos dietas que contenían 25% de harina de soya y 26% de harina de cacahuete. Al finalizar el experimento, los datos obtenidos de la dieta con 27% de pasta de semilla de jamaica mostraron un menor consumo, una



menor ganancia de peso y una menor conversión alimenticia que las aves que consumieron harina de soya y harina de cacahuete.

Los autores explican que el efecto anterior se debió a la calidad de la proteína presente en la pasta de semilla de jamaica atribuyéndolo a que los aminoácidos más limitantes no fueron igualados en la formulación. Sugiriendo además, que el sabor ácido y/o la naturaleza tóxica de la semilla de jamaica pudieron haber sido dos factores más que en forma individual o conjunta limitaron el consumo de alimento. Por otro lado, Soriano y Tejeda<sup>18</sup> trabajaron con seis niveles de inclusión de semilla de jamaica en dietas para pollo de engorda sustituyendo parcial y totalmente la proteína de una dieta testigo maíz+pasta de soya en (0-T1,20-T2,40-T3,60-T4,80-T5 y 100%-T6). Las variables de ganancia de peso, consumo y conversión empeoraron a partir del tratamiento 4. La recomendación dada fue la inclusión de la semilla de jamaica sustituyendo la proteína de la dieta hasta en 40%, lo que representa el 34.5% de inclusión de semilla de jamaica. Por lo anterior, se sugiere cierta relación entre la cantidad de semilla incluida en la dieta y el rechazo al alimento. Destacando además, que la semilla de jamaica puede ser aprovechada sin generar problemas en el comportamiento productivo ni fisiológico hasta cierto porcentaje de inclusión en la dieta. Tal como lo exponen, Jinez *et al*<sup>19</sup>, que trabajando con tres diferentes niveles de inclusión de semilla de jamaica en dietas para pollo de engorda, concluyeron que el ingrediente podía emplearse hasta en un 30% sin que se

afectaran el crecimiento, funcionamiento hepático o arquitectura del hígado a nivel histológico. Así mismo Cortés *et al*<sup>4</sup>, mencionan la posibilidad de incluir hasta un 15% de semilla de jamaica en dietas para pollo de engorda sin afectarse el comportamiento productivo.

#### **7.4.3 PRUEBAS DE PIGMENTACIÓN**

No se conoce algún elemento pigmentante importante dentro de la semilla de jamaica; del cáliz rojo, se sabe presenta el pigmento antocianina en una cantidad aproximada de 1.5g de antocianina/100 g de peso seco.<sup>12</sup> Esta prueba sin embargo, se encaminó para observar los posibles cambios de pigmentación, mencionados por la literatura, tanto en la clara como en la yema de huevos de gallinas alimentadas con dietas con AGCP. En su estudio recapitulativo Phelps *et al*<sup>22</sup>, mencionan un desorden de coloración tanto en la yema como en la clara de los huevos ovopositados por gallinas que consumieron semillas de la planta de algodón. Las yemas mostraron tonos café-verdoso mientras que las claras se observaron rosadas, fenómeno conocido como "coloración rosa-salmón".

Adicionalmente, se detectó el paso de proteínas y agua desde la clara a la yema, y el de iones de hierro en dirección contraria. Al evaluar el contenido graso en la yema, descubrieron una mayor proporción de ácidos grasos saturados que insaturados. Tales efectos fueron explicados por los autores bajo la hipótesis de que los AGCP se combinaban con otras grasas a nivel de la membrana vitelina afectando su permeabilidad.

La causa general de decoloración de la yema y clara del huevo, se debe a la mezcla de componentes de la yema con componentes de la clara, suceso desencadenado tras una supuesta alteración ocasionada por los AGCP a nivel de la membrana vitelina. Específicamente, el hierro de la yema llega hasta la clara por difusión y se une con 2 de sus átomos a la coalbúmina y al carbonato; este evento se manifiesta con una coloración rosa-salmón en la clara, mientras que en la yema se observan tonos verde cafés en forma de motas bien definidas. Químicamente, se da una migración de proteínas (coalbúmina) desde la clara hasta la yema, pero en realidad la reacción del color se da como resultado de la combinación del hierro presente en la yema con el gosipol.<sup>22</sup> En este caso se ha reportado que las cantidades de gosipol contenidos en la semilla de jamaica son traza e insuficientes para lograr este desorden de pigmentación.

Los resultados estadísticos obtenidos con el abanico Roche, señalan para los tratamientos 3 y 4 una mayor pigmentación (10.16), correspondiente a un valor de 10 del abanico; visualmente, en ninguno de los tratamientos se observaron cambios como los mencionados por presencia de AGCP y gosipol.<sup>22</sup>

El aumento gradual de coloración de las yemas de los huevos de los T2, T3 y T4, probablemente se deba a la concentración del pigmento por unidad de producto, refiriéndose entonces a la baja postura observada.<sup>57</sup> Por otra parte, desde el punto de vista del pigmento y considerando su capacidad para solubilizarse en lípidos, es factible

suponer que el pigmento se absorbe a nivel intestinal, se deposita en hígado y se movilliza hasta la yema y otros tejidos (tejido graso, piel y tarsos de los pollos de engorda) donde iniciaría su acumulación.<sup>58</sup>

Las mediciones realizadas con el fotocolorímetro de reflectancia Minolta R-300 apoya la distribución gradual observada a la quinta semana con el abanico Roché.

Para el caso del pigmento rojo, se observa un aumento "acumulativo" en la concentración del pigmento a partir del Tratamiento con 10% de inclusión de semilla de jamaica.

#### **7.4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO E INTEGRIDAD HEPÁTICA**

En los resultados de las pruebas realizadas para evaluar el funcionamiento hepático (albúmina, colesterol, ácido úrico y glucosa) no hubo diferencia estadística significativa. Sin embargo, respecto a las enzimas seleccionadas para evaluar integridad del hígado si existieron las siguientes: Los valores de AST para los tratamientos 2, 3 y 4 resultaron ser similares entre ellos y mayores a los valores del tratamiento 1.

La literatura menciona que la distribución de la AST en los diferentes tejidos de las aves varía entre especies; para el caso del pollo, el ganso y el pavo, los niveles más elevados de AST ocurren en el corazón, seguido del hígado y del músculo esquelético. Aunque la AST no es específica estrictamente del hígado, se ha observado que el incremento moderado (dos a cuatro veces el rango normal) se asocia

con un daño tisular leve en hígado, mientras que elevaciones mayores se relacionan con áreas de necrosis en el mismo órgano.<sup>59</sup> La AST es una enzima predominantemente citoplasmática; cantidades anormales se han relacionado con la deficiencia de Vitamina E, selenio, metionina, e intoxicación con pesticidas.<sup>60</sup> La elevación de AST observada en este trabajo sugiere un daño a nivel de la membrana citoplasmática ocasionada probablemente por algún (os) factor (es) antinutricional (es) presente (s) en la semilla de jamaica.

Para el caso de la GDH, los valores en los tratamientos 1 y 2 fueron estadísticamente similares y, mayores a los tratamientos 3 y 4 que resultaron semejantes entre ellos. La GDH en la mayoría de los animales domésticos es altamente específica de Hígado, y para el caso de las aves, Lumeij la menciona como la más indicada pero menos utilizada.<sup>48</sup> La GDH es una enzima predominantemente mitocondrial; la liberación pronunciada de esta enzima se asocia con necrosis celular.

En el presente estudio no hubo liberación aumentada de GDH, por el contrario, los valores disminuyeron en los tratamientos 3 y 4, lo que permiten sugerir que tal vez hubo necrosis celular acompañada rápidamente de una disminución en el número de células lo que explica la caída de los niveles de GDH.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir:

1. La inclusión de semilla de jamaica de 10, 20 y 30% en dietas para gallinas de postura afecta negativamente los parámetros productivos.
2. La utilización de 10, 20 y 30% de semilla de jamaica en la dieta de gallinas afecta desfavorablemente el funcionamiento hepático al aumentar los niveles de AST y disminuir los de GDH.

## REFERENCIA (S).

1. Yañez CMA. La importancia del sector avícola mexicano y sus perspectivas (Unión Nacional de Avicultores). Revista tecnol Avipec en Latinoa 2000;(152):20-26.
2. Unión Nacional de Avicultores. Compendio de indicadores económicos del sector agrícola 2000-2001. Dirección de Estudios Económicos, (UNA). Abril, 2001.
3. Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 8ª ed. Chapingo, Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo, 1996.
4. Cortés CA. Utilización de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para pollo de engorda (tesis de Licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1995.
5. ACERCA. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SAGAR). Boletín informativo. México: proveedor de especies y plantas medicinales al mundo. El caso de una nueva variedad de jamaica. 1997;13-21.
6. Morton FJ. Fruits of warm climates. USA (Miami): J.E Simon, 1997.
7. El-Adawi TA, Khalil AH. Characteristics of Roselle Seeds as a New Source of protein and Lipid. J Am Chem Soc 1994; 42:1896-1900.
8. Abdel WK, Hudson BJ. The fatty acid composition of *Hibiscus sabdariffa* seed oil. J Sci Food Agric 1982; 33:1305-1309.
9. INEGI-SAGAR. Aspectos económicos de Guerrero. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx>.
10. Méndez OL. Utilización de los subproductos de *Hibiscus spp*, en la alimentación animal: Estudio recapitulativo (tesis de Licenciatura) México (DF) México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1993.
11. Duke JA. Handboock of energy crops. Unpublished. Disponible en: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/crops/roselle>.
12. Rendón AB. Estudio de la variación morfológica y aspecto etnobotánicos en *Hibiscus sabdariffa*, en relación a su uso y manejo. (Tesis de Maestría) México (DF) México: Facultad de Ciencias, UNAM, 1992.

13. Wilson FD, Wild Kenaf. *Hibiscus cannabinus* L. (malveacea), and related species in Kenya and Tanzania. *Econ Bot* 1978; 32:199-204.
14. Martínez MV. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. México: Fondo de Cultura Económica, 1979.
15. Ahmad MU, Husain SK, Ahmad I, Osman SM. *Hibiscus Sabdariffa* seed Oil: A Re-investigation. *J Sci Food Agric* 1979; 30:424-428.
16. Al-Wandawi H, Al-Shaikhly K, Abdul-Rahaman M. Roselle Seeds: A new protein source. *J Agric Food Chem* 1984; 32:510-512.
17. Tseng TH, Kao ES, Chu CY, Lin HW. Protective effects of dried flower extracts of *Hibiscus sadariffa* L. Against oxidative stress in rat primary hepatocytes. *Food Chem Toxicol* 1997; 35: 1159-1164.
18. Rhoden EG, Davis P, Small T. New crops. Wiley, New York: Janick and JE Simon; 1997.
19. Jinez MT. Efecto de niveles elevados de semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en dietas para pollo de engorda. (Tesis de Licenciatura) México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1995.
20. Soriano TJ, Tejada HI. Estudio preliminar del valor nutritivo de la semilla de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) para el pollo de engorda. *Tec Pec Mex* 1995; 33:48-52.
21. Mohamed TA, Idris AA. Nutritive Value of roselle seed meal of broiler chicks. *World Rev An Prolifer* 1991; 26:59-62.
22. Phelps RA, Shenstone FS, Kemmerer AR, Evans RJ. A review of Cyclopropanoid Compounds: Biological Effects of some derivatives. *Poult Sci* 1965; 44: 358-393.
23. The Encyclopaedia Británica, Macropedia; Angiospermas-Malveles; 15th ed. Chicago (USA): 1991, 13:596-659.
24. Goodnight CK, Kemmerer RA. Influence of cyclopropanoid fatty acids on the cholesterol metabolism of cockerels. *J. Nutr* 1967; 91:174-178.
25. Perdew GH, Schaub WH, Becker MM, Williams LT, Selivonchick PD. Alterations in the synthesis of proteins in hepatocytes of rainbow trout fed cyclopropanoid fatty acids. *Bioch Bioph Acta* 1986; 877:9-19.



26. Lee JD, Wales HJ, Ayres LJ, Sinnhuber OR. Synergism between cyclopropenoid fatty acids and chemical carcinogens in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Cancer Res* 1968; 28: 2312-2318.

27. Lee JD, Wales HJ, Ayres LJ, Sinnhuber OR. Promotion of aflatoxin-induced hepatoma growth in trout by methyl malvalato and sterulate. *Can Res* 1971; 31:960-963.

28. Elsele AT, Loveland MP, Kruk LD, Meyers RT, Sinnhuber OR, Nixon EJ. Effect of cyclopropenoid fatty acids on the hepatic microsomal mixed-function-oxidase system and aflatoxin metabolism in rabbits. *Food Chem Toxicol* 1982; 20:407-412.

29. Matlock PJ, Nixon EJ. Cholesterol esteres associated with hypercholesterolemia in mice fed cyclopropenoid fatty acids. *Toxicol Appl Pharmacol* 1986; 84: 3-11.

30. Adrianaivo AA, Seiss HM, Gayoou ME. Modifications of hepatic drug metabolizing enzyme activities in rats fed baobab seed oil containing cyclopropenoid fatty acids. *Food Chem Toxicol* 1995; 33:377-382.

31. Slayden VO, Stormshak F. In vivo and in vitro Effects of a Cyclopropenoid Fatty Acid on ovine Corpus Luteum Function. *Endocrinology* 1990; 127:3166-3171.

32. Slayden VO, Stormshak F, Tumbelaka IL. Action of a Cyclopropenoid fatty Acid on the corpus luteum of pregnant and nonpregnant ewes. *Biol of Reprod* 1994; 50: 253-257.

33. Hendricks DJ, Sinnhuber OR, Loveland MP, Pawlosky EN, Nixon EJ. Hepatocarcinogenity of glandless cottonseeds and cottonseed oil to rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). *Science* 1980; 208: 309-310.

34. Fisher SG, Cherry PJ. Variation of cyclopropenoid fatty acids in cottonseed lipids. *Lipids* 1983; 18:589-594.

35. Ácidos Grasos Epoxioléicos. Disponible en:  
<http://www.cyberlipid.org>

36. Sarjonini G, Chitema KR, Geervani P. Nutritional evaluation of refined, heated and hydrogenated *Hibiscus sabdariffa* seed oil, *J Am Oil Chem Soc* 1985; 65:993-996.

37. Farjou BJ, Al Wandawi H. Effect of feeding on roselle (*Hibiscus sabdariffa*) seeds in mice and rats. *Nutr Rep Int* 1983; 28: 1189-1196.
38. Sibbald IR. A bioassay for true metabolizable energy in feeding stuffs. *Poult Sci* 1976; 55:303-308.
39. Likuski HJ, Dorrel HG. A bioassay for rapid determination of amino acid availability values. *Poult Sci* 1978; 15:561-566.
40. Sibbald IR. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poult Sci* 1979;58:668-673.
41. Tejeda HI. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México (DF): Sistemas de Educación Continua en Producción Animal, A.C., 1992.
42. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 8<sup>th</sup>. Rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 1984.
43. Ávila GE, Mariscal G, Tejeda HI, Cuarón JA, Vasqués C. Cuadro con Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para pollos de los principales ingredientes utilizados en América Latina. México(D.F):Centro Nacional de Investigación en fisiología y mejoramiento animal, Inifap, 1994.
44. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª ed. México (DF): Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, 1973.
45. Nutrión Pro. (computer program) versión 5.0 Rev. 020131:Comercializadora de Software S.A. de C.V., 2002 .
46. Abanico colorimétrico de Hoffman. La Roche, 1969.
47. Janky DM. The use of Minolta Reflectance Chromameter IITM. For pigmentation evaluation of broiler shanks. *Poult Sci.* 1986;65: 491-496.
48. Lumeij JT, Westerhof I. Blood chemistry for the diagnosis of hepatobiliary disease in birds. A review *Vet Q* 1987; 9:255-261.
49. Steel GD, Torrie HJ. Bioestadística. Principios y procedimientos. México (D.F): Mc Graw Hill, 1985.
50. De Blas CB, Mateos GG. Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. 11ª ed. Madrid (España):. Mundi-Prensa, 1991.

51. Hafez ESE, Reproducción e Inseminación artificial en animales, 6ta ed. México (DF): Mc Graw Hill-Interamericana, 1997.

52. Morris JL, Holman TR, Chalvardjian A. Effect of dietary epoxyoleic acid upon rats. J. Nutr 1962; 76:52-58.

53. Church DC, Pond WG, Pond KR. Nutrición y Alimentación de animales. 2da ed. México (DF): Limusa, 2002.

54. Sturkie PD. Avian physiology. 3<sup>rd</sup> ed. New York: Cornell University Press, 1986.

55. El Boushy AR, Sensory involvement controls feed intake in poultry. Feedstuffs 1989; 61:14-16.

56. Klaising CK, Comparative Avian Nutrition, 1<sup>st</sup>. ed. Davis, California: University of California, USA; 1998.

57. Ávila GE., Shimada SA, Llamas G. Pigmentos en anabólicos y aditivos en la Producción Pecuaria, 1<sup>ed</sup>, ed. México (D.F.): Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México, 1990.

58. Gamez TM. Evaluación del efecto pigmentante de cuatro productos comerciales a base de flor de cempasuchitl (*Tagetes erecta*) en dietas para pollo de engorda. (tesis de Licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 2002.

59. Harrison RL, Harrison JG, Ritchie WB. Avian Medicine: Principles and application. 2<sup>nd</sup> ed. Lake Worth, Florida: Wingers, 1994.

60. Alfaro CJC, Nava MGM, Juárez EM, Téllez IG. Determinación de parámetros químicos sanguíneos en aves leghorn sanas y su interpretación clínica. Memorias de la XXV Convención Anual ANECA, 2000 mayo 3-6; Cancún (Quintana Roo) México. México (D.F.): Asociación Nacional de especialistas en Nutrición Animal, AC, 2000: 233-236.

Cuadro 1

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL, ENERGIA  
BRUTA Y ENERGIA DIGESTIBLE VERDADERA OBTENIDOS  
EN LA SEMILLA DE JAMAICA**

---

MATERIA SECA	94.55%
HUMEDAD	5.45%
PROTEÍNA CRUDA	19.05%
EXTRACTO ETereo	12.93%
CENIZAS	21.06%
FIBRA CRUDA	26.44%
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO	15.06%
EMV Kcal/Kg*	2311
EB Kcal/Kg**	4818

---

\*Evaluado por la técnica de Sibbald<sup>17</sup>

\*\* Calculado mediante bomba calorimétrica de Parr

Cuadro 2

**VALORES DE DIGESTIBILIDAD VERDADERA PARA LOS  
AMINOÁCIDOS ESENCIALES CONTENIDOS EN LA SEMILLA DE  
JAMAICA**

<b>Aminoácido</b>	<b>Cantidad Total %</b>	<b>% de Digestibilidad</b>	<b>Cantidad disponible %</b>
<b>Metionina</b>	0.30	79	0.24
<b>Cistina</b>	0.47	77.3	0.36
<b>Met+Cis</b>	0.77	78	0.60
<b>Lisina</b>	0.81	70.3	0.57
<b>Treonina</b>	0.56	72.4	0.40
<b>Arginina</b>	1.87	84.4	1.58
<b>Isoleucina</b>	0.54	75.1	0.40
<b>Leucina</b>	1.20	81.3	0.98
<b>Valina</b>	0.77	77.8	0.60
<b>Histidina</b>	0.44	61.8	0.30
<b>Fenilalanina</b>	0.77	76.8	0.59

Cuadro 3

**COMPOSICIÓN PORCENTUAL Y APORTES NUTRICIONALES DE  
LAS DIETAS EXPERIMENTALES EMPLEADAS PARA GALLINAS EN  
POSTURA (Kg)**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
SORGO	673.583	581.334	489.085	396.936
PASTA DE SOYA	200.583	176.021	151.084	126.147
SEMILLA DE JAMAICA	-	100.00	200.00	300.00
CaCO <sub>3</sub>	84.762	84.883	85.004	85.125
ORTOFOSFATO	17.844	18.069	18.293	18.518
ACEITE DE VEGETAL	10.786	27.214	43.641	60.069
SAL (NaCl)	3.876	3.913	3.9450	3.987
VITAMINAS *	2.000	2.00	2.00	2.00
DL METIONINA	1.755	1.667	1.579	1.490
AVELUT POLVO 15g/kg	1.000	1.000	1.000	1.000
MINERALES *	1.000	1.000	1.000	1.000
L-LISINA HCl	0.675	0.970	1.264	1.558
MOLD-X	0.500	0.500	0.500	0.500
CLORURO DE COLINA 60%	0.500	0.500	0.500	0.500
AVIRED 4g/Kg	0.500	0.500	0.500	0.500
FREE-DOX	0.100	0.100	0.100	0.100
BACITRACINA	0.100	0.100	0.100	0.100
L-TREONINA	0.058	0.229	0.400	0.570

**ANÁLISIS DE NUTRIENTES CALCULADO**

	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>
EM Kcal/Kg	2800	2800	2800	2800
Proteína Cruda %	15.50	15.50	15.50	15.50
Calcio Total %	3.500	3.500	3.500	3.500
Fos. disponible %	0.420	0.420	0.420	0.420
Lisina %	0.700	0.700	0.700	0.700
Metionina+Cistina %	0.580	0.580	0.580	0.580
Treonina %	0.460	0.460	0.460	0.460

\* Vitaminas y minerales por kg: Vitamina A (4,000 MUI), Vitamina D3 (1,1000 MUI), Vitamina E (4,000 MUI), Vitamina K (0.9g), Vitamina B1 (0.5g), Vitamina B2 (2.0 gr), Vitamina B6 (0.5g), Vitamina B12 (4.0mg), Ácido Fólico (0.2g), Biotina (20.0 mg), Ácido pantoténico (6.0 g), Niacina (0.9g), Hierro (110g), Zinc (50g), Manganeseo (110g), Cobre (12g), Yodo (0.30g), Selenio (100mg), Cobalto (0.20g), Antioxidante (10.0g).

Cuadro 4

**VALORES OBTENIDOS EN 35 DÍAS DE EXPERIMENTACIÓN PARA  
LA PIGMENTACIÓN DEL LA YEMA DEL HUEVO EMPLEANDO EL  
ABANICO ROCHE**

Tratamiento	
1	7.6 <sup>a</sup>
2	8.3 <sup>b</sup>
3	10.16 <sup>b</sup>
4	10.16 <sup>b</sup>

a,b valores con distinta letra son diferentes ( $p < 0.01$ )

Cuadro 5

**VALORES OBTENIDOS EN 70 DÍAS DE EXPERIMENTO PARA  
ROJOS Y AMARILLOS EN YEMA DE HUEVO EMPLENADO EL  
FOTOCOLORÍMETRO DE REFLECTANCIA MINOLTA R-300**

<b>Tratamiento</b>	<b>Rojos*</b>	<b>Amarillos</b>
<b>1</b>	-5.41 <sup>a</sup>	47.60
<b>2</b>	-1.86 <sup>b</sup>	46.80
<b>3</b>	-1.63 <sup>b</sup>	49.90
<b>4</b>	-1.65 <sup>b</sup>	49.50

\*a,b- Valores con distinta letra son diferentes ( $p < 0.01$ )



**VALORES OBTENIDOS EN LA QUÍMICA SANGUÍNEA  
DE GALLINAS ALIMENTADAS CON SEMILLA DE JAMAICA**

Tratamiento	AST UI/L	GLDH UI/L	Colesterol mmol/L	Ac.Úrico Mmol/L	Glucosa mmol/L	Albúmina g/L
<b>0%</b>	113.20 <sup>a</sup>	7.90 <sup>a</sup>	3.10 <sup>a</sup>	233.199 <sup>a</sup>	14.60 <sup>a</sup>	17.90 <sup>a</sup>
<b>10%</b>	171.40 <sup>b</sup>	6.80 <sup>a</sup>	2.79 <sup>a</sup>	227.39 <sup>a</sup>	13.60 <sup>a</sup>	18.60 <sup>a</sup>
<b>20%</b>	145.60 <sup>b</sup>	3.00 <sup>b</sup>	2.09 <sup>a</sup>	202.60 <sup>a</sup>	13.60 <sup>a</sup>	17.00 <sup>a</sup>
<b>30%</b>	168.40 <sup>b</sup>	3.62 <sup>b</sup>	3.89 <sup>a</sup>	249.399 <sup>a</sup>	13.40 <sup>a</sup>	18.60 <sup>a</sup>

\*a,b- Valores con distinta letra son diferentes ( $p < 0.01$ )

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

% Postura

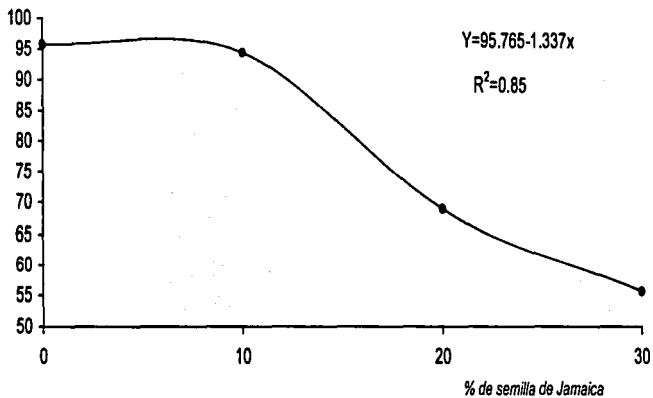


Figura 1. Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el porcentaje de ovoposición

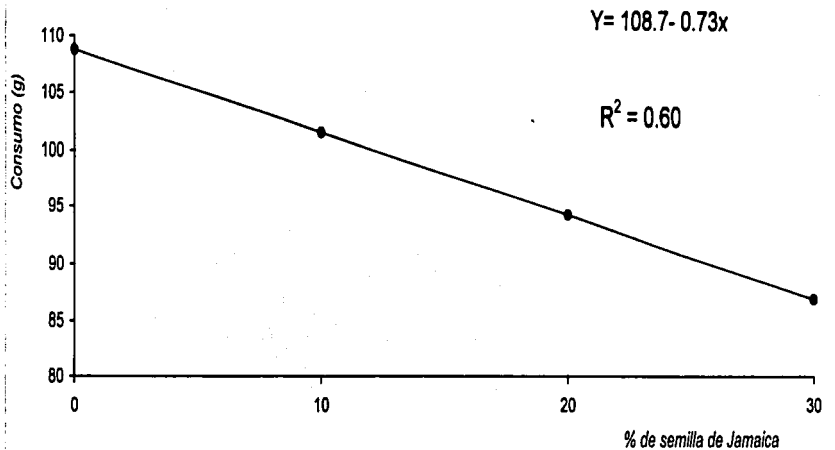


Figura 2. Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el consumo de alimento

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

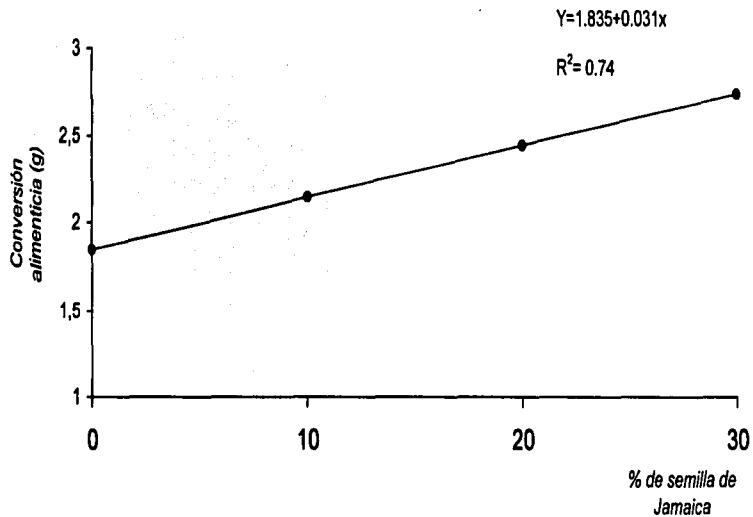


Figura 3. Relación entre el porcentaje de consumo de semilla de jamaica y la conversión alimenticia

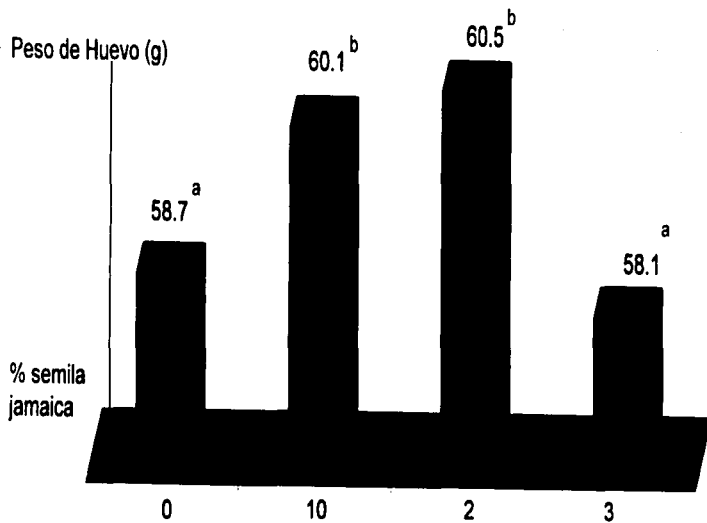
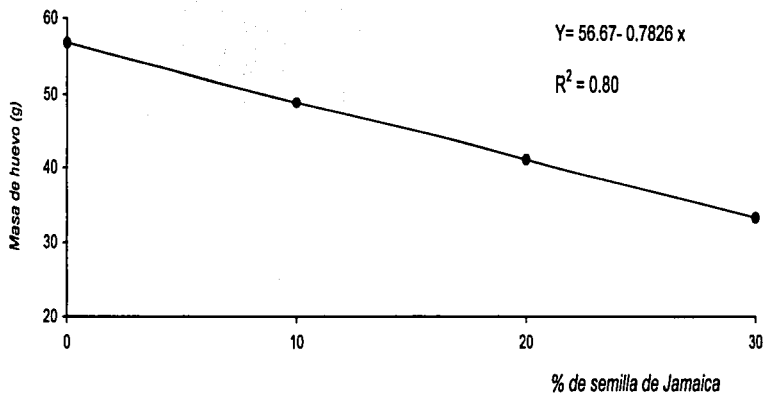


Figura 4. Relación entre el porcentaje de inclusión de semilla de jamaica y el peso de huevo.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



**Figura 5.** Relación entre el porcentaje de consumo de semilla de jamaica y la masa del huevo