

31
2ej



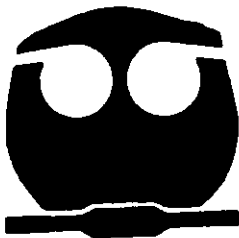
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**USOS DEL HUEVO INFERTIL DE AVESTRUZ
ESPECIE HIBRIDO DE CUELLO AZUL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA DE ALIMENTOS
P R E S E N T A :
MARIA CRISTINA RESENDIZ DIAZ**



MEXICO, D. F.



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

1999.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

271164



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.

Jurado asignado

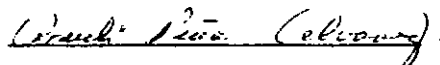
Presidente Prof. Santiago Capella Vizcaino
Vocal Prof. Francisca Iturbe Chiñas
Secretario Prof. Araceli Patricia Peña Alvarez
1er Suplente Prof. Carlos Alberto Torres Avila
2º Suplente Prof. Bertha Julieta Sandoval Guillen

Sitio donde se desarrolló el tema :

Laboratorio 101 de Cromatografía de Gases, Departamento de Química Analítica, DEPg, Facultad de Química, U.N.A.M.
Laboratorios 4-A, 4-B y 4-C, Departamento de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Química, U.N.A.M.
Granja Avícola C.E.I.E.P.A., Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia, U.N.A.M.

Asesor del tema :

Dra. Araceli P. Peña Alvarez




Supervisor técnico :

M. en C. Carmen Labastida Rubio



Sustentante :

María Cristina Reséndiz Díaz



Agradecimiento y reconocimiento a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.NA.M. y a su Granja Avícola C.E.I.E.P.A. por su valiosa colaboración para la realización de este trabajo. En especial a :

Dr. José Luis Dávalos Flores
Dr. Ernesto Ávila González
M.V.Z. Ezequiel Sánchez Ramírez
M.V.Z. Jaime Esquivel Peña
Pas. M.V.Z. Fabiola Alcántar Magaña

Dedicatorias

A mis padres

Porque siendo unas personas humildes y a base de muchos esfuerzos económicos han hecho de mí una persona de bien, además de haberme formado un criterio para tomar decisiones por mí misma, por enseñarme a respetarme y a respetar a los demás, por enseñarme a ser responsable y asumir los problemas.

Este capítulo de mi vida que en este momento concluye se los debo a ustedes porque sin su amor, cariño, apoyo incondicional, cuidados, confianza y desvelos no hubiera sido posible.

Les agradezco todo lo que me han brindado, ni con todo el dinero del mundo se los podré pagar. Y le agradezco a Dios el hecho que me los haya dado como padres.

Este triunfo no solo es mío sino de ustedes también.

A Inigo

Por ser parte importante de mi vida, por tu amor, apoyo incondicional, paciencia y comprensión.

Y recuerda **You know it's true... everything I do, I do it for you.**

Cristina.

Agradecimientos

A *Dios* por darme la vida, a unos padres maravillosos, a un hombre tan especial con quién pienso compartir mi vida, por permitirme llegar a esta meta de mi vida, por los buenos y malos momentos, en fin por brindarme todo.

A la *Dra. Araceli Peña A.* por su gran apoyo, consejos y paciencia para la realización de esta tesis.

A la *M. en C. Carmen Labastida R.* por ser mi "ángel guardián".

A la *Q.A. Miguel Herrera M.* por su apoyo, confianza y sobre todo por brindarme la oportunidad de trabajar con un tema tan interesante y novedoso como es " El huevo de avestruz "

A la *M. en C. Lucía Cornejo, Q.F.B. Agustín Reyó y a la M. en C. Lulú Gómez* por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A la *Facultad de Medicina Veterinaria y Zootenia de la U.N.A.M.*, en especial al *Dr. José Luis Dávalos* por su amabilidad y por su apoyo para la realización de este trabajo. Así mismo a la *Granja Avícola C.E.I.E.P.A.*, y al *Dr. Ezequiel Sánchez* por su gentileza al facilitarnos las muestras para la realización de este trabajo.

A mi hermana *Adriana López M.* por todos los momentos gratos y desagradables que compartimos desde que nos conocemos, por la gran confianza que existe entre nosotras, por tu gran cariño, amor, comprensión y apoyo incondicional que me has brindado desinteresadamente, en fin por el solo hecho de ser mi amiga. *¡ Te quiero mucho !*

A mis mejores amigas *Griselda Ortiz C.* y a *Sandra Zavala G.* por ser una parte importante de mi vida, porque crecimos juntas y experimentamos una serie de cambios tanto físicos como mentales, así mismo compartimos momentos agradables, tristes, riñas, sueños, ilusiones, esperanzas y el amor a la vida. A pesar de ser tan diferentes en cuanto a carácter y profesión tenemos algo en común, la confianza, el apoyo y el gran cariño que sentimos entre nosotras.

" Una para todas y todas para una "

A *Carmen Santillán V.* por darme los "cimientos" para este trabajo.

A mamá *Silvia Pérez C.* por ser la luz que me iluminó por el oscuro camino del primer semestre de la Licenciatura, por confiar en mí, por sus consejos, por su gran cariño y por ser una excelente profesora y ante todo amiga.

A la " *Escuelita* " por los momentos agradables que compartimos y por ser un verdadero grupo de amigos incondicionales.

A mis amigas *Jaqueline Olguín S.* e *Isabel Cruz M.* porque gracias al apoyo y admiración de gente como ustedes uno logra tantas metas.

A mis compañeros del laboratorio de Cromatografía de gases : **Martha O., Adriana S., Adrianita J., Olivia G., Andrea P., Marco C., Verónica G., Susana G. y Laura** por su compañía, por sus charlas, y por hacer agradables las horas de trabajo.

A la **M. en C. Sandra Pérez M.** por su ayuda para la realización de este trabajo

A **Don Arturo** por ser el laboratorista más gentil de toda la Facultad de Química.

A la memoria del **Q.F.B. Hugo Sousa R.** en donde quiera que esté.

Al **Dr. Cecilio Alvarez T.** por brindarme la oportunidad de conocer el fascinante mundo de la Química.

A todos mis compañeros del laboratorio 2-3 del Instituto de Química : **Olivia G., Yazmi, Noé, Claudia J., Marisol, Aida, Sylvain, Karina M., Wendy, Oscar y Raúl,** porque aprendí algo de cada uno de ellos.

A mis queridos profesores **Marina Yolanda G.** y a **Vinicio G.** por haber cimentado con gran sabiduría los primeros escalones de mi formación profesional.

A la *Dra. Enriqueta Ochoa G.* por confiar en mí y despertarme el interés por la investigación

Al *II. jurado* por sus comentarios, los cuales enriquecieron este trabajo

A *todos los profesores* con los que cursé materias a lo largo de la licenciatura por darme los conocimientos necesarios para mi formación profesional!

A mi querida *Prepa 2* porque ella me enseñó el buen camino de la enseñanza, la responsabilidad, el concepto de la superación, la verdadera amistad y porque en ella pasé los mejores momentos de mi vida.

"Cachorro, puma feroz, cachorro, puma feroz arriba arriba la prepa número dos"

A la *mejor escuela de Química a nivel Latinoamérica, mi querida Facultad de Química* por haberme brindado la oportunidad de cursar una licenciatura.

Y finalmente a la *Universidad Nacional Autónoma de México* por ser la institución que me dio mi formación académica desde los 12 años.

Cristina

Indice General

Introducción	1
Capítulo 1. Antecedentes	2
1.1 Origen del Avestruz	2
1.2 Taxonomía del Avestruz	3
1.3 Características Físicas del Huevo de Gallina y de Avestruz	5
1.4 Características Químicas del Huevo de Gallina y de Avestruz	7
1.5 Lípidos presentes en el Huevo de Gallina	9
Objetivos (General y particulares)	16
Capítulo 2. Desarrollo Experimental	17
2.1 Esquema Analítico	17
2.2 Muestras	18
2.3 Limpieza	18
2.4 Parámetros Físicos	19
2.4.1. Tamaño	19
2.4.2 Forma	19
2.4.3 Textura y aspecto del cascarón	19
2.4.4 Color del cascarón	19
2.4.5 Porcentaje del cascarón, yema y clara	19
2.4.6 Color de la yema	19
2.5 Separación de la Clara y Yema del Cascarón	20
2.6 Preparación de la Muestra	20

2.6.1	Liofilización	20
2.7	Parámetros Químicos	20
2.7.1	Determinación de humedad	20
2.7.2	Determinación de cenizas totales	20
2.7.3	Determinación de grasa total	20
2.7.4	Determinación de proteína cruda	21
2.7.5	Determinación de carbohidratos	21
2.8	Análisis Cromatográfico	21
2.8.1	Identificación y cuantificación de ácidos grasos totales	21
2.8.1.1	Reactivos, equipo y material	21
2.8.1.2	Estándares	22
2.8.1.3	Preparación del estándar interno	22
2.8.1.4	Preparación de la solución estándar	22
2.8.1.5	Preparación de la muestra	22
2.8.1.6	Condiciones cromatográficas	23
2.8.2	Identificación y cuantificación de triglicéridos totales y colesterol	23
2.8.2.1	Reactivos, equipo y material	23
2.8.2.2	Estándares	23
2.8.2.3	Preparación del estándar interno	23
2.8.2.4	Preparación de la solución estándar	23
2.8.2.5	Preparación de la muestra	24
2.8.2.6	Condiciones cromatográficas	24
Capítulo 3.	Resultados y Discusión de Resultados	25
3.1	Parámetros Físicos	25
3.2	Análisis Proximal	30
3.3	Identificación y cuantificación de Ácidos Grasos Totales	33
3.4	Identificación y cuantificación de Triglicéridos Totales y Colesterol	39
Capítulo 4.	Conclusiones	45
	Perspectivas	46
	Referencias	47

Anexo	50
I Limpieza	50
II Liofilización	50
III Análisis Proximal	51
A) Humedad	51
B) Cenizas totales	51
C) Grasa total	52
D) Proteína total	52
E) Carbohidratos	53
IV Valor Nutricional del Huevo de Gallina	54
Proximal, lípidos totales, vitaminas	54
Minerales y aminoácidos	55
V Identificación y cuantificación de Ácidos Grasos	56
Reactivos, equipo y material	56
VI Identificación y cuantificación de Triglicéridos y Colesterol	56
Reactivos, equipo y material	56

Introducción

En la actualidad el avestruz es el ave más grande del mundo; se tiene información sobre ella desde épocas muy remotas, en las cuales era considerada como símbolo de divinidad; posteriormente sus plumas se emplearon de adorno y es hasta el siglo XX cuando se han realizado algunos estudios para aprovechar al máximo estas aves, por ejemplo el valor nutritivo de su carne¹.

A partir de estas investigaciones el ser humano ha consumido la carne de avestruz principalmente en el Sur de África y en Estados Unidos, encontrándose actualmente en centros comerciales. En México sólo hay dos entidades que la consumen, Sinaloa y Durango, en donde ha sido aceptada por su sabor y valor nutritivo.

Con estos avances en la investigación se ha explotado al máximo a esta ave desde empleo de las plumas como adornos y/o sacudidores, así como el uso de la piel para la elaboración de diversos artículos como bolsas, botas, chamarras y cinturones; las pestañas para fabricar brochas para cosméticos y los huesos y pezuñas son empleadas para la obtención de harina, la cual es empleada para la elaboración de alimento para ganado². En cuanto al huevo, solo se tiene información enfocada a la incubación y cuidados para la cría del ave; pero se sabe que el 10% del total de la puesta de huevo por temporada es infértil, por lo cual se desecha el contenido líquido y al cascarón se le da un enfoque de ornato.

No se tienen registros de información a nivel Nacional e Internacional, únicamente se cuenta con un estudio realizado por la Universidad de Stellenbosch de Sudáfrica, sobre la composición química del huevo de avestruz en el cual solamente se proporcionan datos del análisis proximal³. Por lo que se decidió tomar este tema para caracterizar la composición química del huevo, de la especie común en México – híbrido de cuello azul – y con base a ella proponer una alternativa para su uso en la alimentación humana. Otro motivo es que no se cuenta con registros sobre la identificación y cuantificación de ácidos grasos y triglicéridos, y como se sabe éstos proveen al organismo de energía así como la formación de fosfolípidos y hormonas¹².

En este estudio se comparan los parámetros físicos y químicos del huevo de avestruz con el de gallina y consta de varias partes: Muestreo, limpieza del cascarón, determinación de parámetros físicos, deshidratación de las muestras, análisis proximal (humedad, cenizas totales, grasa y proteína total); la identificación y cuantificación de ácidos grasos y colesterol mediante Cromatografía de Gases Capilar (CGC), así como el perfil de triglicéridos por Cromatografía de Gases Capilar a Alta Temperatura (CGC-AT).

1. Antecedentes

1.1 Origen del Avestruz

El origen del avestruz se remonta a épocas muy antiguas. se considera un ave originaria de Asia durante la época del Eoceno (hace 40 - 50 millones de años).

Se tienen escritos y pinturas de la cultura Egipcia , en la cual empleaban la plumas de esta ave como adorno, además de representar un emblema de divinidad.

Los Asirios (actual Irak) la consideraban como un pájaro sagrado - Xenofon -. También hay mención del ave en el antiguo testamento - Libro de Job -.

Hasta el siglo XIII en Europa se remonta el descubrimiento de esta ave, en la época de las Cruzadas, en la cual se empleaban sus plumas.

Las primeras etapas de producción de estas aves se remonta a el año 1550 en Libia y Namibia donde se aprovechaban las plumas para adornos.

Durante los siglos XIV y XV en Europa se emplearon las plumas como adornos en los sombreros de las damas de la nobleza.

A finales del siglo XIX grandes cantidades de avestruces se exportaron desde Africa a Australia, Nueva Zelanda, Europa, Norteamérica y Sudamérica siendo exportada a México a finales del siglo XX, principalmente a los estados de Sinaloa y Durango, donde se encuentran las principales granjas de cría.³

1.2 Taxonomía del Avestruz

El avestruz pertenece al grupo de las "ratites"*. Según la clasificación moderna - Sibley, 1990 - pertenece al Orden *Struthioniformes*, presentando una característica en particular, un esternón "no carinado" o sin quilla esternal, su nombre científico es *Struthio camelus*.⁴

Existen cinco subespecies de avestruz con base al tamaño del plumaje, a la porosidad de la cáscara del huevo y diferentes características fenotípicas (Tabla 1). Estas subespecies se distribuyen principalmente en el Sur y Oeste de Sáhara, en Somalia, Kenia, Tanzania y Sudáfrica.

Tabla 1. Subespecies de avestruz y denominación comercial.⁴

<i>De cuello rojo :</i>	
Avestruz norteafricana (*)	<i>S. camelus camelus</i>
Avestruz siria	<i>S. camelus syriacus</i> (**)
Avestruz masai	<i>S. camelus massaicus</i>
<i>De cuello azul :</i>	
Avestruz etiópica o somali	<i>S. camelus molybdophanes</i>
Avestruz sudafricana	<i>S. camelus</i> (***)

(*) Posiblemente avestruz babaria.

(**) Variedad sahariana exterminada en los años 40; en los 60 se observan algunos ejemplares.

(***) *S. c. australis*.

La Tabla 2 muestra las características generales del avestruz, donde se destaca la talla, el peso del ave y del huevo, temporada de postura y el número de huevos puestos por temporada, siendo ellas lo que diferencia al avestruz de la gallina.

* El término inglés de "ratites" proviene del latín "ratis", balsa plana. comprende un grupo de aves que se caracterizan por tener un esternón plano y carecer de huesos neumáticos.

Tabla 2. Características generales de la producción de la avestruz.⁵

Parámetros	Cifras Medias	Observaciones
Talla (m.)		
al nacimiento	0.25 - 0.30	
Adultos	2.10 - 2.40	hasta 2.75
Crecimiento (m/mes)		
los 6 primeros meses	0.28	
en el primer año	0.25	
Peso del huevo (Kg)	1.3 - 1.6	de 0.7 - 1.8
Peso vivo (Kg)		
al nacimiento	0.45 - 0.85	hasta 0.95
a las 5 semanas	4.00	
a los 5 - 6 meses	43 - 71	algo superior en los machos
a los 8 meses	65 - 85	
al sacrificio (12 - 14 meses)	90 - 100	
adultos	90 - 110	extremos de 75 a 160
Alimentación	Principalmente herbívora	
Mortalidad en las 2 primeras semanas (%)	25 - 30	Hasta 60 % (muy variable)
Madurez sexual (años)		
machos	3 - 4	A partir de 2.5
hembras	2 - 3	A partir de 1.5
No. de huevos puestos :		
el primer año	10 - 20	
por temporada media	30 - 60	
Vida productiva (años)	40 - 45	Entre 30 y 80
Temporada de postura	De Marzo a Octubre	Variable
Periodo de incubación (días)	42	De 41 a 43

Para obtener una avestruz de excelente calidad, es importante tomar en cuenta los parámetros que influyen durante el periodo de la incubación, así como los cuidados tanto en higiene, almacenaje y transporte.

Los factores clave ambientales necesarios en la incubación artificial son¹:

1. Temperatura (36.0 - 36.6 °C)
2. Humedad relativa (20 - 35 %)
3. Corriente de aire
4. Posición
5. Sanitización (Sol. de permanganato de potasio)
6. Almacenaje (individual)

De la producción total de huevos cuando la avestruz alcanza su madurez sexual, solo el 10% son infértiles, siendo desechados. Pero en aldeas del Sur de Africa los emplean para consumo humano; los cocinan enteros durante 75 min. o los hacen revueltos obteniendo de 10 a 12 porciones.³

1.3 Características Físicas del Huevo.

Un huevo de buena calidad debe cubrir tanto características externas (cascarón) e internas (clara y yema).

Se sabe que el peso del huevo representa el 1.2 % del peso del cuerpo del animal⁵. El cascarón es resistente, presenta grandes poros, su color varía de blanco a crema; siendo esto el primer atributo de calidad detectado por parte del consumidor.

Se han realizado comparaciones de las características físicas externas del huevo de diferentes aves, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 3 y 4.

La Tabla 3 muestra las características externas del cascarón, donde se destaca la longitud y el ancho del huevo de avestruz, el cual es casi el triple que el de las demás especies con excepción del huevo de codorniz.

Tabla 3. Características físicas externas de los huevos.⁵

Especie	Longitud (cm.)	Ancho (cm.)	Índice de la Forma del Huevo***
Avestruz	17.0	13.5	79.4
Pavo	6.5	4.9	75.4
Pato	6.2	4.5	72.6
Gallina	5.3	4.0	75.5
Codorniz	3.0	2.3	76.7

*** Índice de la Forma del Huevo = Diámetro del ecuador / Longitud del eje polar x 100)

En la Tabla 4 se destaca a simple vista el peso del huevo de avestruz el cual es 25 veces más grande que el de gallina y 140 veces más que el huevo de codorniz. Los otros parámetros del huevo de avestruz que destacan son el porcentaje de cascarón, el cual es mayor que en las otras aves, mientras que el porcentaje de clara en el huevo de avestruz es inferior.

Tabla 4. Composición proporcional de huevos de diversas aves.⁵

Especies	Peso (g)	Clara (%)	Yema (%)	Cascarón (%)
Avestruz	1400.00	53.4	32.5	14.1
Pavo	88.00	58.8	31.4	9.8
Pato	58.1	57.3	33.6	9.1
Gallina	56.7	57.1	31.1	10.7
Codorniz	10.3	58.7	31.1	10.2

La resistencia a la rotura del huevo de avestruz es elevada (Tabla 5) y tiene una gran ventaja durante el manejo y transportación de éste.

La permeabilidad del cascarón del huevo al vapor de agua y a los gases (O_2 y CO_2) es importante para el desarrollo embrionario y para la preservación del huevo para consumo humano. El huevo de avestruz se caracteriza por tener una concentración de poros baja a comparación de otras especies, lo cual es una ventaja para mantener una calidad interna adecuada. Además el cascarón muestra una alta permeabilidad al aire. Los poros tienen forma circular, los más grandes son de 0.042×0.038 mm y los más pequeños son de 0.029×0.026 mm.⁵

Tabla 5. Características del cascarón del huevo⁵

Característica	Avestruz	Pavo	Gallina	Codorniz
Peso(g)	222.2	7.5	6.2	-
Resistencia a la ruptura (kg)	55.0	-	3.2	1.3
Espesor (mm)				
Largo fin	1.84 (0.12)	-	≈0.35	-
Ecuador	1.82 (0.10)	-	≈0.31	-

1.4 Características Químicas del Huevo

Nutricionalmente la yema es importante porque proporciona el 75 % de las calorías y provee grasa, hierro, vitamina A, tiamina y calcio. Además la mitad de las proteínas y de la riboflavina de todo el huevo de avestruz son encontrados en la yema.⁵

La Tabla 6 muestra la composición proporcional de los huevos de diversas aves, donde se observa que la grasa contenida en el huevo de avestruz es más baja que la del huevo de gallina. Refiriéndose al contenido de cenizas y carbohidratos en el huevo de avestruz es superior al contenido en el huevo de gallina; en los demás parámetros no se observan grandes variaciones.

Tabla 6. Composición proximal del huevo (por 100 g de contenido total)⁵

Especie	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
Avestruz	75.1	12.2	11.7	1.4	0.7
Gallina	74.7	12.0	12.3	-	-
Codorniz	74.3	13.1	11.1	1.1	0.4
Emu	73.9	11.2	12.6	-	-
Pavo	73.7	13.1	11.7	0.8	0.7
Pato	70.5	13.3	14.5	1.0	-

En cuanto al contenido de aminoácidos esenciales, el huevo de avestruz tiene un elevado contenido de leucina y treonina en comparación con los huevos de gallina.

La cantidad total de aminoácidos esenciales en el huevo de avestruz es de 6585 mg/100g porción yema y clara, siendo más alta que la del huevo de gallina (5837mg/100g porción yema y clara). La concentración de alanina (aa no esencial) es más baja que la contenida en el huevo de gallina⁶ (Tabla 7).

Refiriéndose a minerales, los valores de manganeso y fósforo son más bajos que los del huevo de gallina, mientras que los niveles de calcio, iodo, magnesio y zinc son similares (Tabla 7).

Tabla 7. Aminoácidos, vitamina y minerales (100 g de yema y clara)⁵

Nutriente	Avestruz	Gallina
Aminoácidos (mg)		
Esenciales		
Arginina	527	771
Histidina	284	279
Isoleucina	672	600
Leucina	1336	998
Lisina	947	851
Metionina	395	388
Fenilalanina	600	572
Treonina	1013	597
Valina	811	781
No esenciales		
Alanina	316	644
Serina	832	921
Tirosina	547	528
Vitaminas		
Vitamina A (μg retinol)	5.79	6.15
Vitamina E (mg D- α - tocoferol)	0.04	0.01
Ac. fólico (μg)	48.0	30.0
Ac. pantoténico (mg)	0.75	0.38
Riboflavina (mg)	0.24	0.32
Tiamina (mg)	0.15	0.09
Minerales (mg)		
Calcio	64.7	58.5
Iodo (μg)	80.0	72.0
Hierro	2.51	2.25
Magnesio	13.92	12.41
Manganeso	0.16	0.39
Fósforo	196.71	237.9
Zinc	1.34	1.50

1.5 Lípidos presentes en el Huevo de Gallina.

Químicamente se define a los lípidos como sustancias orgánicas que son insolubles en el agua, pero lo son en uno o más de los disolventes no polares como éter, cloroformo, benceno, tetracloruro de carbono, acetona, hexano, etc...^{12,13,14}. Están integrados por átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno, en diferente proporción.¹³

Su clasificación se muestra en la Tabla 8 :

Tabla 8. Clasificación de lípidos¹³

1. Lípidos sencillos	A. Triglicéridos : Esteres de ácidos grasos con glicerol B. Esteres de ácidos grasos con alcoholes de alto peso molecular: Ceras Esteres de colesterol Esteres de vitamina A y D
2. Lípidos compuestos	A. Fosfolípidos : Lecitinas Cefalinas Esfingomielinas B. Glucolípidos : Cerebrósidos Gangliósidos C. Sulfolípidos D. Lipoproteínas E. Lipopolisacáridos
3. Lípidos derivados	A. Ácidos grasos B. Alcoholes : Glicerol Alcoholes de alto peso molecular C. Monoglicéridos y diglicéridos D. Esteroles : Colesterol Ergosterol Ácidos biliarres Hormonas esteroides Vitamina D E. Hidrocarburos : Carotenoides Escualeno Hidrocarburos alifáticos F. Vitaminas liposolubles : Vitamina A Vitamina E Vitamina K

Los lípidos de interés para este trabajo son los Triglicéridos, ácidos grasos y el colesterol, porque ellos proporcionan energía (9Kcal/g) al organismo, dan palatabilidad a los alimentos, son constituyentes fundamentales de la bicapa lipídica de la membrana celular, además son precursores de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y de hormonas tales como la cortisona, aldosterona, testosterona, progesterona, entre otras⁷⁹. A continuación se mencionarán las características principales de estos lípidos.

Triglicéridos

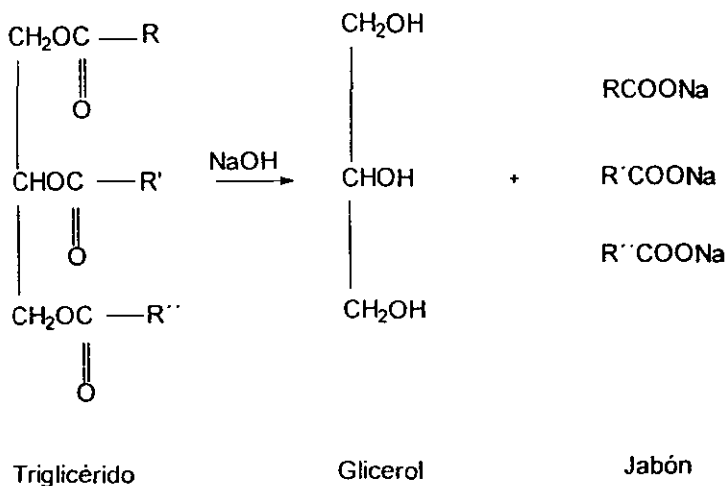
Son ésteres de glicerol con tres ácidos grasos, los cuales pueden ser idénticos o diferentes¹³, además son los componentes más abundantes en la grasa de los alimentos tanto de origen vegetal como animal.¹⁵

Cuando predominan los ácidos grasos de cadena corta (menos de 12 carbonos) o los insaturados, los triglicéridos son líquidos a 22°C y se les denomina aceites, si predominan los ácidos grasos de cadena larga o los saturados, los triglicéridos son sólidos a la temperatura mencionada y se les denomina grasas.¹²

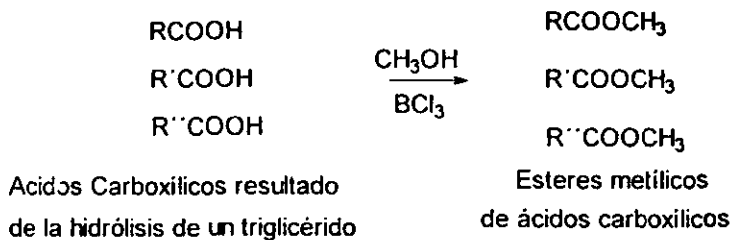
Los triglicéridos presentan cuatro tipos de reacción, pero únicamente dos tienen importancia práctica; hidrogenación y la esterificación¹⁵:

La hidrogenación consiste en incrementar el grado de saturación con el objetivo de aumentar la estabilidad de los triglicéridos y evitar la autooxidación.¹⁵

La hidrólisis es la obtención de monoglicéridos, diglicéridos, glicerol y ácidos grasos formándose jabones si se aplica un agente alcalino (NaOH) y a este proceso se le denomina saponificación¹⁵:



Esterificación : Es la conversión de ácidos carboxílicos a ésteres.¹⁴



Ácidos Grasos

Son los lípidos derivados que contienen de 2 a 26 átomos de carbono y se les denomina ácidos grasos de cadena corta a los que tienen de 2 a 6 átomos de carbono, ácidos grasos de cadena mediana a los que contienen de 8 a 12 átomos de carbono, ácidos grasos de cadena larga a los que contienen de 14 a 18 átomos de carbono y ácidos grasos de cadena muy larga a los que contienen más de 20 átomos de carbono.¹¹ También se clasifican en ácidos grasos saturados e insaturados, según la presencia o ausencia de dobles ligaduras.¹² Los ácidos grasos saturados se presentan en forma sólida y se encuentran en grandes cantidades en fuentes animales, los ácidos grasos insaturados se presentan en forma líquida y se encuentran en grandes cantidades en fuentes vegetales, con excepción del pescado.¹³ La Tabla 9 muestra los ácidos grasos contenidos en los alimentos, la función principal de ellos es la de proporcionar energía al organismo (9 Kcal/g), constituir la estructura de membranas celulares y algunos son precursores de hormonas.¹²

Tabla 9. Acidos grasos contenidos en los alimentos¹⁵

Nombre	Fórmula	Estructura
Acido butírico	$C_4H_8CO_2H$	4:0
Acido caprílico	$C_8H_{16}CO_2H$	8:0
Acido cáprico	$C_{10}H_{20}CO_2H$	10:0
Acido láurico	$C_{12}H_{24}CO_2H$	12:0
Acido mirístico	$C_{14}H_{28}CO_2H$	14:0
Acido palmítico	$C_{16}H_{32}CO_2H$	16:0
Acido palmitoléico	$C_{16}H_{30}CO_2H$	16:1
Acido esteárico	$C_{18}H_{36}CO_2H$	18:0
Acido oleico	$C_{18}H_{34}CO_2H$	18:1
Acido linoleico	$C_{18}H_{32}CO_2H$	18:2
Acido linolénico	$C_{18}H_{28}CO_2H$	18:3
Acido araquidónico	$C_{20}H_{38}CO_2H$	20:0
Acido erúxico	$C_{22}H_{42}CO_2H$	22:1

Suelen ingerirse como triglicéridos y representan entre el 20 y 30% del aporte calórico total de la dieta.¹⁹ El ácido oleico es el que predomina en todos los alimentos, el palmitoleico está presente en todos los alimentos pero en pequeñas cantidades, mientras que el ácido linoleico se encuentra en elevadas cantidades en los vegetales y solamente en trazas en alimentos de origen animal, el ácido linolénico es exclusivo de semillas oleaginosas y el ácido araquidónico es exclusivo de productos de origen animal (carnes y huevo).¹⁵ Casi todos son sintetizados por el organismo y solamente tres son indispensables : linoleico, linolénico y araquidónico, los cuales no son sintetizados por el organismo o bien son en cantidades mínimas, las cuales no cubren los requerimientos diarios del organismo.¹⁹ Se sabe que la yema del huevo de gallina presenta un elevado contenido de lípidos, principalmente triglicéridos y colesterol, las Tablas 10 y 11 muestran el contenido de ácidos grasos.

Tabla 10. Acidos grasos contenidos en huevo de gallina¹⁶

Acidos Grasos Saturados Totales por huevo total**	Acidos Grasos Insaturados Totales por huevo total**	Acidos Grasos Totales por huevo total**
3.42 g = 3.16%	6.46 g = 5.98%	9.88g = 9.14%

** Muestra de clara y yema del huevo de gallina; peso = 108g.

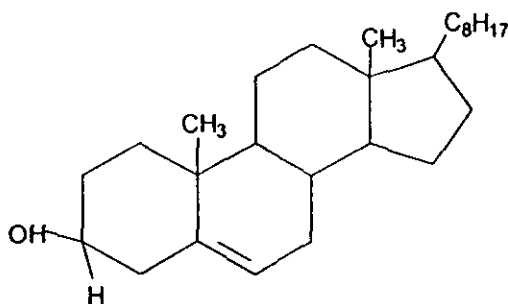
Tabla 11. Acidos grasos contenidos en la yema de huevo de gallina²⁰
Basada en un huevo entero de 50 g, clara de 33.4 g y yema de 16.6 g.

Acido Graso	Huevo Entero (g) [*]	Clara (g)	Yema (g)
Saturados	1.550	----	1.586
Totales	(3.11%)		(9.55%)
Caprílico 8:0	0.002	----	0.002
Cáprico 10:0	0.002	----	0.002
Láurico 12:0	0.002	----	0.002
Mirístico 14:0	0.017	----	0.017
Palmitico 16:0	1.113	----	1.139
Esteárico 18:0	0.392	----	0.401
Araquidónico 20:0	0.020	----	0.020
Monoinsaturados	1.905	----	1.949
Totales	(3.81%)		(11.74%)
Miristoléico 14:1	0.005	----	0.005
Palmitoleico 16:1	0.149	----	0.152
Oleico 18:1	1.739	----	1.776
Ecosenoico 20:1	0.014	----	0.014
Erucico 22:1	0.002	----	0.002
Poliinsaturados	0.682	----	0.698
Totales	(1.36%)		(4.2%)
Linoleico 18:2	0.574	----	0.587
Linoléico 18:3	0.017	----	0.017
Araquidónico 20:4	0.071	----	0.073
Acidos Grasos Totales	4.137g (8.27%)		4.233g (25.49%)

* Huevo entero se refiere a la suma de clara y yema.

Colesterol

Es un lípido cíclico de grandes dimensiones (esterol) y pertenece a los esteroides.¹⁴ Es un elemento esencial de muchas células en particular de la vaina de mielina en torno a las fibras nerviosas y en los tejidos glandulares, se encuentra en concentración elevada en el hígado donde es sintetizado y almacenado, además es precursor de varias sustancias como la vitamina D, sales biliares, estrógenos, andrógenos, progesterona, aldosterona y cortisol.¹³



*Colesterol*²¹

El organismo lo puede sintetizar a partir del acetato mediante mevalonato y escualeno en el hígado y en el intestino y la producción oscila entre 0.5 y 2.0 g diarios.¹²

Si la dieta contiene productos de origen animal, entonces contendrá niveles altos de colesterol, las yemas de huevo y los sesos son las fuentes que contienen elevadas cantidades de colesterol.¹³ El ingerir en exceso alimentos con elevado contenido de colesterol produce arterosclerosis.²¹

La Tabla 12 muestra el contenido de colesterol en el huevo de gallina.

Tabla 12. Contenido de colesterol en el huevo de gallina¹⁸

Parte Del Huevo	Grasa Total (g)		Colesterol (mg)	
Todo (yema y clara) = 50g	5.6	= 11.2%	272	= 0.54%
Yema = 17g	5.6	= 32.9%	272	= 1.6%
Clara = 33g	trazas		0	

La yema del huevo contiene altos índices de colesterol, sin embargo es un alimento rico en ácidos grasos y contiene mínimas cantidades de ácido araquidónico el cual es esencial para el organismo, ya que éste no lo puede sintetizar, además proporciona vitaminas A y D.¹⁶ Si al caracterizar el huevo de avestruz, el contenido de proteínas, cenizas y grasa total (ácidos grasos y triglicéridos), así como el nivel de colesterol son iguales o mejores a el contenido del huevo de gallina se podría proponer como una alternativa al consumo del huevo de gallina.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

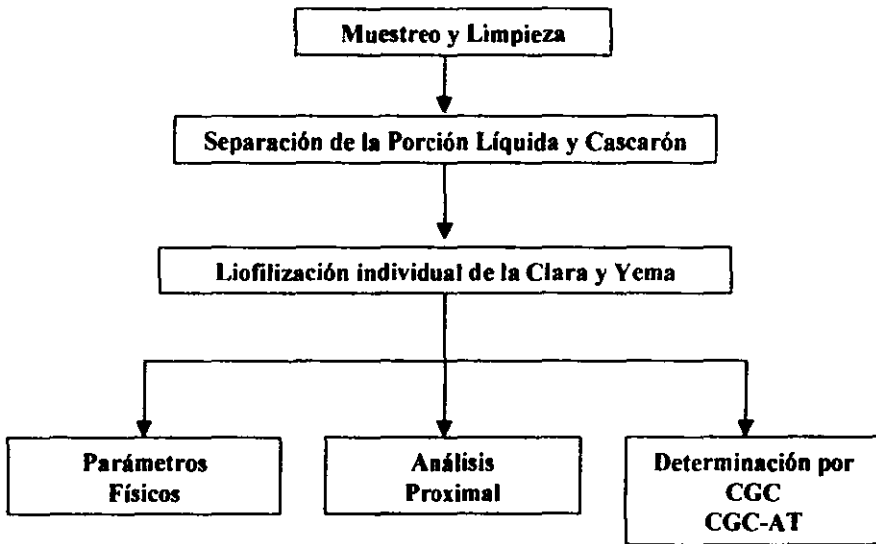
- Evaluar las características físicas y químicas del huevo de avestruz del híbrido de Cuello Azul que nos permita conocer su composición y así generar información para que se pueda comparar con el huevo de gallina y proponerlo como una alternativa de consumo del huevo de gallina.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinación de parámetros físicos.
- Realizar el Análisis Proximal
- Determinación de Colesterol y Triglicéridos Totales por Cromatografía de Gases Capilar a Alta Temperatura, como una alternativa al consumo del huevo de gallina.
- Realizar un perfil de Esteres metílicos de Ácidos Grasos por Cromatografía de Gases Capilar.

2. Desarrollo Experimental

2.1 Esquema Analítico



2.2 Muestras

El huevo de avestruz -híbrido de cuello azul- y el huevo de gallina, de cascarón blanco de reciente postura, que se utilizaron en este proyecto provienen de la granja Avícola C.E.I.E.P.A. de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.

Para este estudio se obtuvieron tres muestras de huevo de avestruz, las cuales fueron adquiridas en diferentes fechas :

Huevo de Avestruz

Muestra	Fecha de muestreo	Edad de la hembra
1	Septiembre 1997	3 años
2	Abril de 1998	3 años
3	Junio de 1998	3 años

Del huevo de gallina se obtuvieron muestras de cinco huevos de diferente lote, en diferentes fechas :

Huevo de Gallina

Muestra	Fecha de muestro	Edad de la hembra
1	Septiembre de 1997	Se desconoce
2	Septiembre de 1997	Se desconoce
3	Abril de 1998	Se desconoce
4	Abril de 1998	Se desconoce
5	Junio de 1998	Se desconoce

2.3 Limpieza

La limpieza tiene como objetivo eliminar residuos del excremento del ave y examinar el cascarón con la finalidad de separar los huevos fértiles (sin fisuras) para incubación y los infértiles (con fisuras) para eliminar la porción líquida del cascarón. (Ver Anexo).

FALTA PAGINA

No.

19

2.5 Separación de la Clara y Yema del Cascarón

Se realizó bajo condiciones estériles, utilizando material previamente desinfectado (con EtOH) y lámparas de alcohol. Se perforó al cascarón por medio de una sierra haciendo un agujero de 4 cm. de diámetro, por el cual se extrajo por gravedad primero la clara y después la yema, colocándolas en recipientes previamente desinfectados.

Se mantuvieron las muestras en refrigeración a 4°C durante 24 hrs.

2.6 Preparación de las Muestras

2.6.1 Liofilización

La liofilización tiene dos finalidades: conservar y homogeneizar la muestra, y facilitar la manipulación de ella.

2.7 Parámetros Químicos : Análisis Proximal

2.7.1 Humedad

Para la determinación de humedad en la muestra liofilizada se empleó el método de secado (método térmico) conforme la Norma Oficial Mexicana-F-83. El cual consiste en eliminar el contenido de humedad mediante calor. (Ver Anexo).

2.7.2 Cenizas Totales

Para determinar las cenizas totales se realizó por el método de mufla conforme a la NOM-F-66, el cual consiste en eliminar toda la materia orgánica mediante su calcinación a una temperatura elevada (550 °C) y obtener solamente la materia inorgánica (minerales). (Ver Anexo).

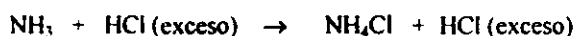
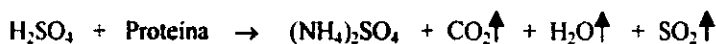
2.7.3 Lípidos

Para la extracción de lípidos se empleó el método de soxhlet conforme a la NOM-F-89, el cual se basa en poner en contacto la muestra con el disolvente a una temperatura determinada durante 9 hrs. (Ver Anexo).

2.7.4 Proteína Cruda

Para la evaluación del contenido de proteínas en las muestras se realizó por el método macro-Kjeldahl NOM-F-68, en el cual las proteínas y demás materia orgánica son oxidadas por el H_2SO_4 . el N_2 que se encuentra en forma orgánica se fija como sulfato de amonio; al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte (NaOH 1:1) se desprende NH_3 que se destila y se recibe en un volumen conocido de HCl 0.1 N. Se titula con NaOH 0.1 N usando como indicador rojo de metilo (0.1% en etanol) hasta obtener un vire de color de rojo a amarillo tenue. (Ver Anexo).

Reacciones :



2.7.5 Carbohidratos

Se determinó el contenido de carbohidratos en cada muestra por diferencia, utilizando la siguiente relación :

$$\% \text{ Carbohidratos} = [100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas totales} + \% \text{ Proteína cruda} + \% \text{ Lípidos totales})]$$

2.8 Análisis Cromatográfico

2.8.1 Identificación y Cuantificación de Ácidos Grasos

2.8.1.1 Reactivos y Material

Ver Anexo.

2.8.1.2 Estándares

Ácido mirístico $C_{14}H_{28}O_2$, Ácido palmítico $C_{16}H_{32}O_2$, ácido esteárico $C_{18}H_{36}O_2$ y ácido oleico $C_{18}H_{34}O_2$ con una pureza de 99% grado cromatografía de Sigma Chemical Co. y se empleó el ácido pentadecanoico $C_{15}H_{30}O_2$ con una pureza aproximada de 99% grado cromatografía de gases Sigma Chemical Co. como estándar interno.

2.8.1.3 Preparación del Estándar Interno

Se pesaron aproximadamente 500 mg del ácido pentadecanoico $C_{15}H_{30}O_2$ y se aforó a 100 mL con hexanos. Concentración de 5.0 mg/mL.

2.8.1.4 Preparación de la Solución Estándar

Se pesaron aproximadamente 1.5 mg de ácido mirístico, 10 mg de ácido palmítico, 5 mg de ácido esteárico y 15 mg de ácido oleico en un vial de reacción y se adicionó 1.0 mL de estándar interno. El hexano del estándar interno se evaporó con una corriente de N_2 . Posteriormente se adicionaron 1.5 mL de la solución de KOH al 5% en MeOH y se colocó directamente en la estufa a 100 °C durante 30 min. Se dejó enfriar a temperatura ambiente para adicionarle 1.5 mL de HCl al 10% en MeOH, se comprobó que la muestra tuviera un pH ácido (≈ 1.0), se le adicionó 1.0 mL de BCl_3 y se colocó directamente en la estufa a 100 °C durante 30 min., se dejó enfriar a temperatura ambiente y se extrae dos veces con 1.0 mL de hexano cada una y se afora a 5 mL. Concentración : 0.7 mg/mL de ácido mirístico, 2.0 mg/mL de ácido palmítico, 1.03 mg/mL de ácido esteárico y 3.06 mg/mL de ácido oleico. Se inyectó al cromatógrafo.

2.8.1.5 Preparación de la Muestra

Se pesó aproximadamente 15 mg de muestra en un vial de reacción, se le adicionó 1.0 mL de estándar interno y se evaporó los hexanos con una corriente de N_2 ; para llevar a cabo la hidrólisis se le adicionó 1.5 mL de KOH al 5% en MeOH y se colocó directamente en la estufa a 100 °C durante 30 min. Se dejó enfriar a temperatura ambiente para adicionarle 1.5 mL de HCl al 10% en MeOH, se comprobó que la muestra presentara un pH ácido (≈ 1.0), se le adicionó 1.0 mL de BCl_3 , se puso nuevamente en la estufa a 100 °C durante 30 min., se dejó enfriar a temperatura ambiente y se extrajo tres veces con 1.0 mL de hexanos y finalmente se aforó a 5 mL. Se inyectó 1 μ L. en el cromatógrafo de esta solución.

2.8.1.6 Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo de Gases Hewlett Packard modelo 5890, integrado con detector de ionización de flama e inyector split-splitles. Integrador Hewlett Packard modelo 3396A. Columna capilar de sílice fundida SPTM-1000 (Supelco, Inc.) de 15m x 0.32 mm D.I., 0.25 µm. Gas acarreador : Hidrógeno. Temperatura del Detector : 220°C. Temperatura del Inyector : 220°C. Programa de temperatura : 150 °C incrementando 10°C/min. hasta 220°C manteniendo por 3 minutos.

2.8.2 Identificación y Cuantificación de Triglicéridos y Colesterol

2.8.2.1 Reactivos, Equipo y Material

Ver Anexo.

2.8.2.2 Estándares

Tricaprilina (NC24), tricaprina (NC30), trilaurina (NC36), trimiristina (NC42), tripalmitina (NC48), triestearina (NC54) y trioleina (NC54:1) con una pureza aproximada de 99% grado cromatografía de Sigma Chemical Co. (solución estándar), colesterol grado reactivo de Sigma de México S.A y estearato de metilo (NC18) con una pureza de 99% grado cromatografía de Fluka AG como estandar interno.

2.8.2.3 Preparación del Estándar Interno

Se pesó aproximadamente 50 mg de estearato de metilo y se aforó a 100 mL con hexanos. Concentración 0.5 mg/mL.

2.8.2.4 Preparación de la Solución Estándar

Se preparó una solución de colesterol pesando aproximadamente 5.0 mg de colesterol y aforando a 10 mL; para la solución estándar de triglicéridos se pesaron aproximadamente 11 mg de cada uno de los siguientes triglicéridos, NC24, NC30, NC36, NC42, NC48, NC54:0, NC54:1 y se aforó a 50 mL con hexanos. De esta solución se tomó una alícuota de 1.5 mL y se adicionaron 1.0 mL de la solución de colesterol y 1.0 mL del estándar interno y se aforó a 5.0 mL. Se inyectó al cromatógrafo.

2.8.2.5 Preparación de la Muestra

Se pesaron aproximadamente 10 mg de muestra en un matraz aforado de 2.0 mL y se aforó con hexanos, se tomó una alícuota de 1.0 mL, se le adicionó 1.0 mL de estándar interno y se aforó a 5.0 mL con hexanos. Se inyectó 1µL. de esta solución en el cromatógrafo.

2.8.2.6. Condiciones Cromatográficas

Cromatógrafo de Gases Hewlett Packard modelo 5890 series II plus, control electrónico de presión, detector de ionización de flama e inyector cold on-column; integrado a una base de datos HP ChemStation. Columna capilar de sílice fundida de 50% fenilmetilsilicón (Supelco, Inc.) de 10 m x 0.25 mm D.I. 0.25 µm. Gas acarreador : Hidrógeno. Temperatura del Inyector : 350°C. Temperatura del Detector : 350°C. Programa de temperatura : 60°C incrementando 15°C/min. hasta 350°C manteniendo por 15 min. Flujo y Presión constante.

3. Resultados y Discusión de Resultados

3.1 Parámetros Físicos

Se determinaron los parámetros físicos conforme a la NOM-F-306-S-1979²³. Obteniéndose los siguientes resultados (Tablas 13 y 14).

Tabla 13. Huevo de Avestruz

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso Total (g)	1651.4	1391.4	1285.8
Color del Cascarón	amarillo claro	amarillo claro	amarillo claro
Forma del Huevo	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA
Diámetro del Huevo (cm)	41.00	38.0	41.0
Textura del Cascarón	Calidad AA	Calidad B	Calidad C
Aspecto del Cascarón :			
A) Integridad	Calidad A	Calidad A	Calidad A
B) Limpieza	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA
Color de la yema (Escala Roche)*	12	8	11
Porcentaje del Cascarón	19.26	20.21	18.97
Porcentaje de la Yema	23.39	24.21	23.96
Porcentaje de la Clara	57.15	55.46	56.65

Parámetros comparados con la NOM-F-306-S-1979 " HUEVO ENTERO LIQUIDO, REFRIGERADO CONGELADO "

Forma del huevo : Calidad AA - Forma típica, diámetro ecuatorial representa máximo 2/3 del diámetro polar

Textura del cascarón : Calidad AA - Textura lisa.; Calidad B - Textura ligeramente rugosa y sin manchas; Calidad C - Textura rugosa y con manchas.

Integridad : Calidad A - Sin roturas ni rayaduras.

Limpieza : Calidad AA - Totalmente limpio y color uniforme.

*Escala Roche : 8 = color amarillo claro, pigmentación débil ; 11 = color naranja, pigmentación intensa y 12 = color naranja fuerte, pigmentación intensa.

La Tabla 13 muestra los parámetros físicos del huevo de avestruz y se encontraron diferencias en tres parámetros : peso total, textura del cascarón y color de yema. La variación del peso total de cada muestra se puede deber al tamaño de la hembra, ya que existe relación entre el tamaño de la hembra y el peso del huevo¹⁰; otro factor que puede influir en la variación del peso del huevo es la estación del año, debido al cambio de temperatura, puesto que se ha observado en la gallina que a mayor temperatura, menor es el peso del huevo¹⁰; otra explicación pudiera ser la cantidad de calcio proporcionada en la dieta de las aves, si la proporción de calcio disminuye, se ve disminuida la cantidad de

cascarón y por ende, el peso del huevo¹⁰. También el peso del huevo es modificado por el contenido de grasa de origen vegetal en la dieta, si el contenido de este es mayor, el tamaño del huevo es mucho mayor y viceversa,²⁴ y por último, este factor está regido por la herencia como lo explica Hays (1937), existe un gen dominante A que determina el tamaño pequeño del huevo y dos genes dominantes B y C para el tamaño grande; si existe la combinación AB y C se obtienen huevos de tamaño intermedio. Para obtener huevos de tamaño grande debe tener una constitución genotípica aaBBCC.¹⁰

Refiriéndonos a la textura del cascarón se observó variación, la primer muestra presentó una textura totalmente lisa (Calidad AA), la segunda muestra presentó una textura ligeramente rugosa (Calidad B) y la última muestra presentó una textura totalmente rugosa y con pequeñas manchas, esto se puede deber a una deficiencia de calcio y/o vitamina D en la dieta y además puede influir la información genética, debido a que los progenitores provienen de cascaron con textura rugosa y este defecto lo transmiten a su descendencia.¹⁰

El color de la yema varía debido al contenido de compuestos orgánicos denominados β -carotenos y xantófilas, los cuales son responsables de la pigmentación de la yema; si el contenido de estos pigmentos varía, entonces se modifica la pigmentación de la yema.^{10, 24} En los parámetros restantes no se observó diferencia significativa.

En la Tabla 14 se muestran los parámetros físicos del huevo de gallina, no encontrándose diferencia entre ellos. Lo cual indica que el control en su alimentación y cuidados son homogéneos a lo largo de todo el año.

Tabla 14. Huevo de Gallina

Parámetro	Muestra 1*	Muestra 2*	Muestra 3*	Muestra 4*	Muestra 5*
Peso Total (g)	55.44±0.9	57.98±0.3	54.47±0.5	54.99±0.6	56.27±0.4
Color del Cascarón	blanco	blanco	blanco	blanco	blanco
Forma del Huevo	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA
Diámetro del Huevo (cm)	14.49±0.5	15.31±0.6	13.98±0.7	13.90±0.6	14.36±0.6
Textura del Cascarón	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA
Aspecto del Cascarón :					
A) Integridad	Calidad A	Calidad A	Calidad A	Calidad A	Calidad A
B) Limpieza	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA	Calidad AA
Color de la Yema**	11	12	11	12	11
Porcentaje del Cascarón	11.74±0.6	12.04±0.2	10.99±0.5	12.65±0.4	11.98±0.4
Porcentaje de la Yema	36.89±0.5	36.93±0.5	38.46±0.3	34.76±0.7	35.83±0.3
Porcentaje de la Clara	50.84±0.8	51.63±0.7	50.72±0.4	52.58±0.3	51.27±0.6

* Cada muestra equivale a 5 huevos

Parámetros comparados con la NOM-F-306-S-1979 " HUEVO ENTERO LIQUIDO, REFRIGERADO CONGELADO "

Forma del huevo Calidad AA - Forma típica, diámetro ecuatorial representa máximo 2/3 del diámetro polar

Textura del cascarón Calidad AA - Textura lisa, Calidad B - Textura ligeramente rugosa y sin manchas, Calidad C - Textura rugosa y con manchas

Integridad : Calidad A - Sin roturas ni rayaduras.

Limpieza Calidad AA - Totalmente limpio y color uniforme

**Escala Roche 11 = color naranja, pigmentación intensa y 12 = color naranja fuerte, pigmentación intensa

Al comparar los parámetros físicos del huevo de avestruz y el de gallina se observó, como se esperaba, diferencia en la mayoría de los parámetros. Siendo el peso total y el diámetro ecuatorial del huevo, el parámetro con mayor diferencia como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2.



Figura 1. Peso Total del Huevo de Avestruz y de Gallina.

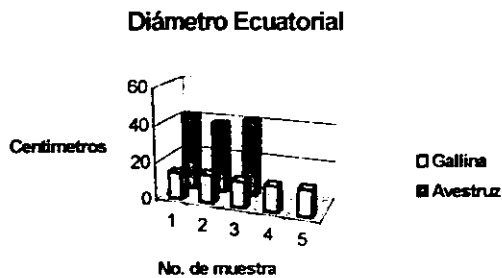


Figura 2. Diámetro Ecuatorial del Huevo de Avestruz y de Gallina.

Otros parámetros que presentaron variación fueron el porcentaje de cascarón, clara y yema (Figuras 3 y 4) y el color del cascarón los parámetros donde se observaron diferencias y esto se debe a la especie, al tamaño del ave y a la información genética de cada ave.

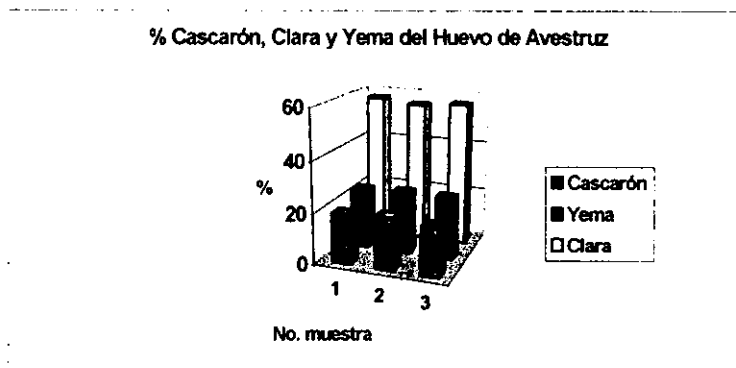


Figura 3. Porcentajes del Cascaron, Clara y Yema del Huevo de Avestruz.

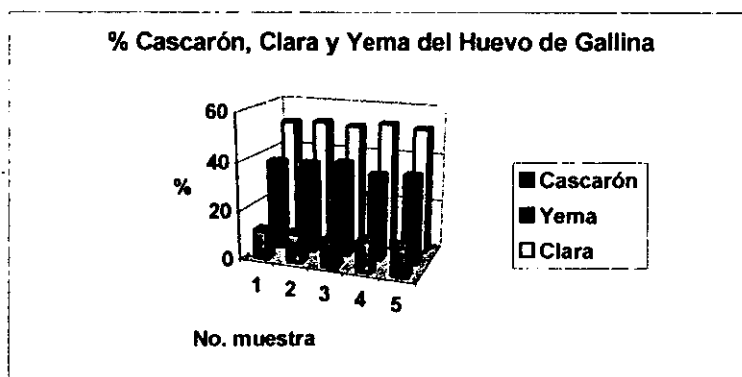


Figura 4. Porcentajes del Cascaron, Clara y Yema del Huevo de Gallina.

3.2 Analisis Proximal

Para realizar el analisis proximal se utilizó muestra deshidratada y cada parámetro se analizó por triplicado. Las Tablas 15 y 16 muestran los resultados del análisis proximal del huevo de avestruz en base húmeda, donde se consideró la humedad perdida durante la liofilización. Observándose que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) en la mayoría de los parámetros analizados con excepción del contenido de carbohidratos donde se observa una variación apreciable debido a que estos valores se obtuvieron por diferencia de peso, esto pudiera ser a que en esos valores se incluyen los errores de las demás determinaciones.

Tabla 15. Análisis Proximal de la Yema de Huevo de Avestruz

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	Yema	Yema	Yema
Humedad %	46.95	47.95	47.05
Cenizas %	2.01±0.3	2.13±0.1	2.09±0.1
Proteína %	16.95±0.5	15.84±0.4	15.92±0.2
Grasa %	29.66±0.5	27.07±0.4	28.10±0.2
Carbohidratos %	4.43	7.01	6.84

* Valores reportados en base húmeda.
Se analizó por triplicado

Tabla 16. Análisis proximal de la Clara de Huevo de Avestruz

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	Clara	Clara	Clara
Humedad %	87.91	89.91	88.56
Cenizas %	0.78±0.09	0.49±0.05	0.57±0.02
Proteína %	9.02±0.1	6.43±0.2	7.12±0.04
Grasa %	0.004±0.002	0.003±0.002	0.003±0.003
Carbohidratos %	2.28	3.16	3.75

* Valores reportados en base húmeda.
Se analizó por triplicado

Las Tablas 17 y 18 muestran los valores del análisis proximal de las muestras de huevo de gallina. Observándose que no existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en estos parámetros. La variación del % de carbohidratos es probablemente debida a que se determinó por diferencia de peso, y no es muy exacta ni precisa esta determinación, porque en esa determinación se incluyen los errores de las demás determinaciones (humedad, cenizas totales, grasa y proteína total).

Tabla 17. Análisis Proximal de la Yema de Huevo de Gallina

Parámetro [*]	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Humedad %	49.72	48.93	49.27	48.00	48.56
Cenizas %	1.94±0.09	1.95±0.1	1.99±0.1	2.06±0.2	2.09±0.3
Proteína %	16.58±0.4	15.97±0.1	15.36±0.5	17.08±0.2	16.87±0.6
Grasa %	29.28±0.3	28.21±0.6	28.20±0.2	29.09±0.4	29.57±0.2
Carbohidratos %	2.48	4.94	5.18	3.77	2.91

* Valores reportados en base húmeda.
Se analizó por triplicado.

Tabla 18. Análisis Proximal de la Clara de Huevo de Gallina

Parámetro [*]	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Humedad %	88.53	89.27	87.29	88.27	87.48
Cenizas %	0.66±0.3	0.49±0.09	0.67±0.1	0.64±0.5	0.59±0.2
Proteína %	8.36±0.2	7.79±0.4	9.78±0.3	8.91±0.5	9.13±0.5
Grasa %	0.07±0.5	0.08±0.2	0.02±0.3	0.03±0.1	0.07±0.4
Carbohidratos %	2.38	2.37	2.24	2.15	2.73

*Valores reportados en base húmeda.
Se analizó por triplicado.

Al comparar los parámetros del huevo de avestruz con el huevo de gallina (Figuras 5 y 6), se puede observar que aparentemente no existen diferencias apreciables, pudiendo ser esto una ventaja para el huevo de avestruz ya que se compararía con el huevo de gallina con respecto a su valor nutricional, favoreciendo el consumo de huevo de avestruz. Para afirmar lo anterior se debe hacer un estudio más completo evaluando los siguientes parámetros : Identificación y cuantificación de minerales, proteínas, aminoácidos esenciales y vitaminas, entre otros.

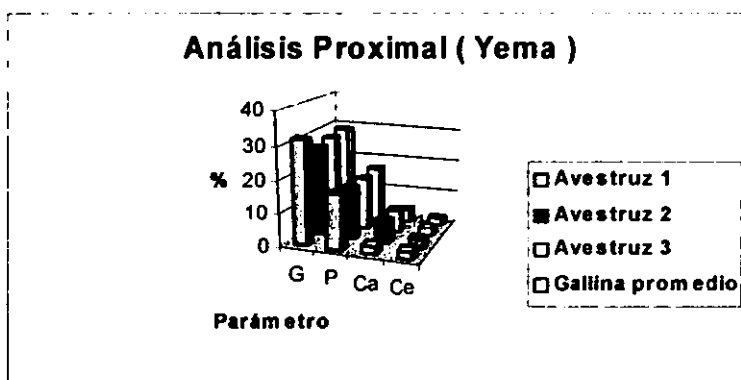


Figura 5. Análisis Proximal de la Yema del huevo de Avestruz y de Gallina.

Donde : G = Grasa, P = Proteína, Ce = Cenizas,
Ca = Carbohidratos

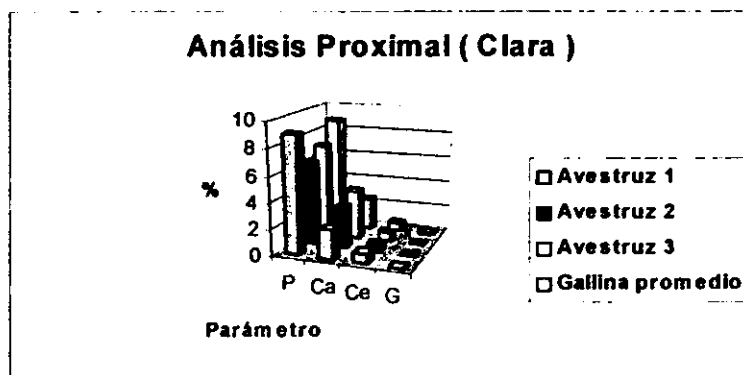


Figura 6. Análisis Proximal de la Clara del huevo de Avestruz y de Gallina.

Donde : G = Grasa, P = Proteína, Ce = Cenizas,
Ca = Carbohidratos

3.3 Identificación y cuantificación de Acidos Grasos Totales

Como primera aproximación a la identificación de ácidos grasos totales fue caracterizarlos en forma de ésteres metílicos. Esto se realizó comparando los tiempos de retención (t_r) de una mezcla de los ésteres metílicos de ácidos grasos: C14:0, C16:0, C18:0 y C18:1 con los de avestruz y gallina. Con los resultados obtenidos se propuso al ácido pentadecanoico ($C_{15}H_{30}O_2$) como estándar interno a una concentración de 1.0 mg/mL. La Figura 7 ilustra el análisis de la solución estándar de los ésteres metílicos de ácidos grasos.

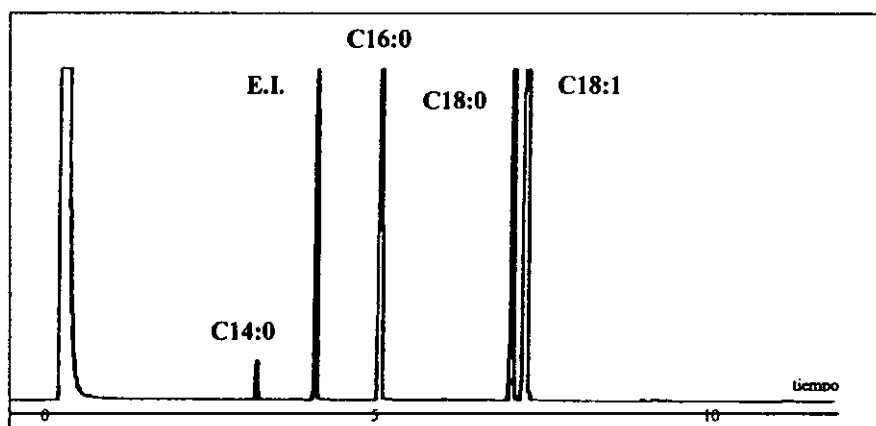


Figura 7. Solución Estándar de Esteres de Metilo de Acidos Grasos.

Condiciones Cromatográficas : Columna capilar de sílice fundida SPTM-1000

(Supelco, Inc.) de 15m x 0.32 mm D.I., 0.2 μ m. de polietilenglicol

Detector : ionización de flama (FID). Temperatura : 220°C

Injector : Splitl Temperature : 220°C

Programa de Temperatura: 150°C incrementando 10°C/min. hasta 220°C manteniendo por 3 min.

Las Figuras 8 y 9 muestran los ácidos grasos identificados en el huevo de avestruz y gallina, respectivamente. Encontrándose los mismos: C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2, sin embargo, en el huevo de gallina se encontró que el ácido araquidónico (C20:0), se encuentra en mayor proporción que en el huevo de avestruz por lo que en la mayoría de muestras de huevo de avestruz analizadas no se identificó debido a que las concentraciones empleadas para el análisis fueron bajas y con las condiciones optimizadas no se pudo identificar ni cuantificar. Esta diferencia entre el huevo de avestruz y el de gallina puede deberse a que la dieta de la avestruz está exenta de maíz y como se sabe este cereal es una fuente rica de ácido araquidónico. La razón por lo que la dieta del avestruz está libre de maíz es porque se ha observado que al ingerir este cereal las aves, se vuelven más agresivas.³

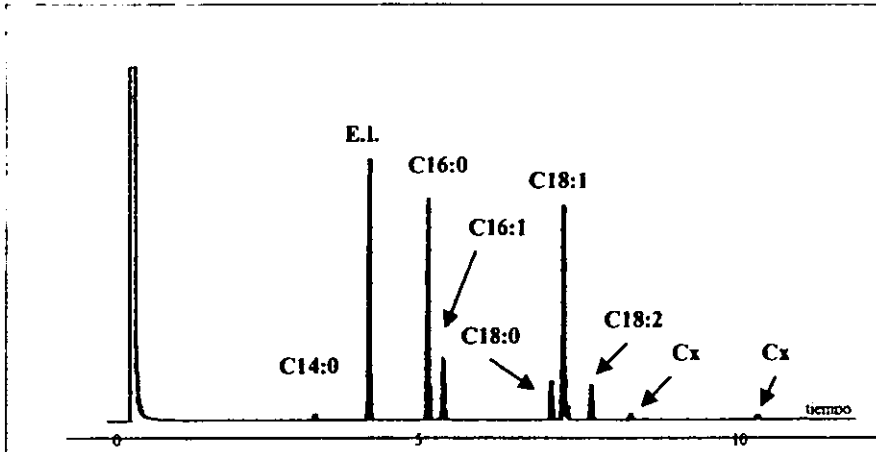


Figura 8. Esteres Metílicos de Acidos Grasos de la yema de huevo de Avestruz.
 Condiciones Cromatográficas : Como se mencionan en la Figura 7.

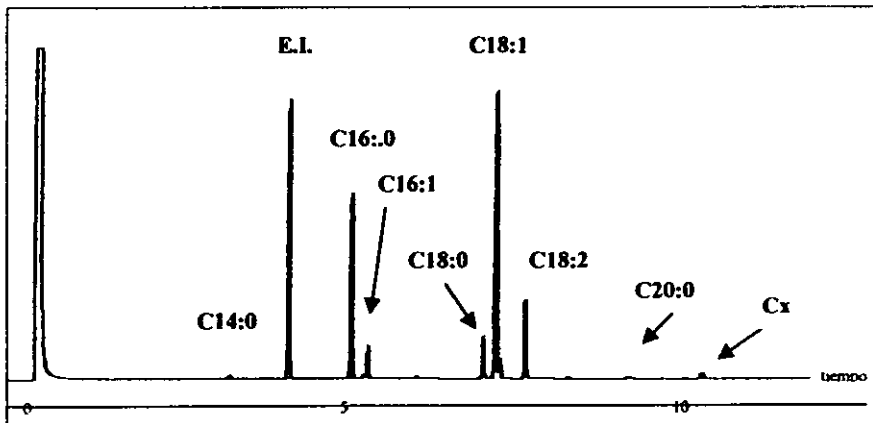


Figura 9. Esteres Metílicos de Acidos Grasos de la yema de huevo de Gallina.
 Condiciones Cromatográficas : Como se mencionan en la Figura 7.

Teniendo los parámetros cromatográficos y la concentración óptima del estándar interno, de la solución estándar y de las muestras, se procedió a realizar el análisis cuantitativo. Los resultados del análisis de ácidos grasos del huevo de avestruz se muestran en las Tablas 19-21. Observándose que en las tres muestras analizadas los ácidos grasos que presentaron mayor concentración fueron el C16:0, C16:1, C18:1 y C18:2, siendo esto lo esperado, ya que la dieta de las aves es a base de cereales²² por lo que la concentración de estos ácidos grasos es mayor. Sin embargo, se observó una variación significativa en la concentración de estos ácidos grasos. Es decir, en la muestra número 1 y 2 la concentración de C18:1 es la mayor mientras que en la muestra 3 es el C16:0. La relación de los otros ácidos grasos también varió en todas las muestras. Sin embargo, en las tres muestras el c14:0 presenta la concentración más baja. Esto se puede deber a la dieta proporcionada, la cual es variable en todo el año, y hay que recordar que las muestras fueron obtenidas en distinta temporada del año (otoño, primavera y verano, respectivamente).

Tabla 19. Ácidos Grasos del Huevo de Avestruz (mg Ácido Graso/ yema de huevo)

Ácido graso	Muestra 1 Peso = 383.6 g	Muestra 2 Peso = 336.8 g	Muestra 3 Peso = 349.6 g
C14:0	367.62±0.45	253.97±0.92	309.55±0.57
C16:0	13,740.56±0.84	12,777.88±0.98	11,542.60±0.98
C16:1	3,752.05±1.03	2,614.21±0.99	3,134.79±0.87
C18:0	2,478.44±0.74	2,044.45±0.98	1,221.19±0.98
C18:1	14,250.36±0.99	13,632.56±0.97	10,639.92±0.98
C18:2	2,281.79±0.99	3,848.03±0.96	2,608.42±1.01
C20:0	-----	-----	-----
Cx	1,425.48±0.99	1,571.78±0.46	1,519.08±0.95
Ácidos grasos totales	38,296.3	36,742.88	30,975.55

Tabla 20. Relación relativa de mg Acido Graso en Huevo de Avestruz (mg Acido Graso / g huevo)

Acido graso	Muestra 1 Peso = 383.6 g	Muestra 2 Peso = 336.8 g	Muestra 3 Peso = 349.6 g
C14.0	0.96±0.001	0.76±0.002	0.89±0.001
C16.0	35.82±0.002	37.94±0.003	33.02±0.003
C16.1	9.78±0.003	7.76±0.003	8.97±0.002
C18.0	6.46±0.001	6.07±0.003	3.49±0.003
C18.1	37.15±0.003	40.48±0.002	30.43±0.003
C18.2	5.95±0.003	11.42±0.003	7.46±0.002
C20.0	-----	-----	-----
Cx	3.72±0.003	4.67±0.002	4.34±0.002
Acidos grasos totales	99.84	109.10	88.60

Tabla 21. Acidos Grasos del Huevo de Avestruz (mg Acido Graso / huevo)

Acido graso	Muestra 1* Peso = 383.6 g	Muestra 2* Peso = 336.8 g	Muestra 3* Peso = 349.6 g
C14.0	17.85±0.02	12.34±0.04	15.03±0.03
C16.0	667.02±0.04	620.27±0.05	560.32±0.05
C16.1	182.12±0.05	126.81±0.04	152.17±0.04
C18.0	120.32±0.04	99.18±0.05	59.28±0.04
C18.1	691.77±0.05	661.77±0.04	516.50±0.07
C18.2	110.78±0.05	186.77±0.05	126.62±0.05
C20.0	-----	-----	-----
Cx	69.17±0.05	76.30±0.04	73.74±0.05
Acidos Grasos totales	1859.03	1783.44	1503.66

* Se considera una porción de 20.6 g equivalente a una yema de un huevo de gallina.

Las Tablas 22 y 23 muestran la concentración de ácidos grasos por huevo de gallina y por gramo de huevo respectivamente y se observa que el orden predominante de concentración es el siguiente : C18:1 > C16:0 > C18:2 > C18:0 > C16:1 > C14:0 > C20:0 en las cinco muestras, siendo este el orden de concentraciones reportados en la literatura.²² Además se puede observar que el contenido de cada ácido graso por huevo presenta ligeras variaciones entre las cinco muestras y se puede deber a que las muestras provienen de diferente lote (diferentes gallinas).

Tabla 22. Ácidos Grasos del Huevo de Gallina (mg Ácido Graso / yema de huevo*)

Ácido graso	Muestra 1*	Muestra 2*	Muestra 3*	Muestra 4*	Muestra 5*
C14:0	20.19±0.01	18.63±0.02	20.39±0.03	18.831±0.01	19.74±0.005
C16:0	1193.26±0.95	1086.80±0.92	1163.66±0.96	995.093±0.78	1134.25±0.56
C16:1	208.1430.89	160.62±0.91	135.36±0.66	112.782±0.99	128.36±0.44
C18:0	257.35±0.85	337.11±0.99	364.70±0.88	348.180±0.70	337.16±0.31
C18:1	1984.92±0.56	2081.09±0.60	1904.87±0.78	2001.077±0.93	1973.90±0.70
C18:2	557.12±0.99	545.84±0.62	608.85±0.82	566.842±0.83	556.50±0.35
C20:0	14.28±0.05	14.53±0.05	16.57±0.03	15.126±0.05	14.66±0.01
Cx	243.07±0.76	244.03±0.90	270.17±0.87	247.685±0.99	235.10±0.35
Ácidos grasos totales	4478.32	4488.62	4484.55	4305.61	4557.58

* Se considera una porción de 20.6 g equivalente a una yema de un huevo de gallina.

Tabla 23. Relación relativa de mg Ácido Graso en Huevo (mg Ácido Graso / g huevo)

Ácido graso	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
C14:0	0.98±0.001	0.90±0.001	0.99±0.002	0.91±0.001	0.96±0.003
C16:0	57.92±0.044	52.76±0.047	56.49±0.049	48.31±0.038	55.06±0.020
C16:1	10.10±0.042	7.79±0.046	6.57±0.029	5.47±0.049	6.23±0.022
C18:0	12.49±0.041	16.36±0.049	17.70±0.039	16.90±0.034	16.37±0.020
C18:1	96.36±0.026	101.02±0.028	92.47±0.040	97.14±0.045	95.82±0.036
C18:2	27.04±0.0486	26.50±0.029	29.56±0.040	27.52±0.040	27.01±0.018
C20:0	0.69±0.003	0.70±0.002	0.80±0.001	0.73±0.003	0.71±0.0005
Cx	11.80±0.037	11.85±0.043	13.11±0.039	11.97±0.118	11.41±0.020
Ácidos grasos totales	217.39	217.89	217.69	209.01	213.77

Al comparar la concentración de los ácidos grasos totales encontrados en ambas aves se observa una diferencia apreciable, siendo más del doble la concentración en el huevo de gallina (Figura 10), además en ambas aves se obtienen concentraciones elevadas de los ácidos grasos C18:1 y C16:0, lo cual podría ser normal por la ingestión de cereales.

Al presentar el huevo de avestruz menor contenido de ácidos grasos y principalmente los insaturados, el organismo de la avestruz tiene menor posibilidad de sintetizar colesterol en concentraciones elevadas, lo cual beneficiaría a personas que padecen de arterosclerosis.

Otra diferencia que se observa es que el huevo de avestruz contiene menor concentración de ácido araquidónico (C20:0) a comparación con el de gallina, debido probablemente a que la dieta de la avestruz está exenta de maíz o bien su consumo es mínimo y ocasional por las razones que ya se han mencionado.³

La Figura 10 muestra el contenido total de los ácidos grasos de las tres muestras de huevo de avestruz y de las cinco de gallina.

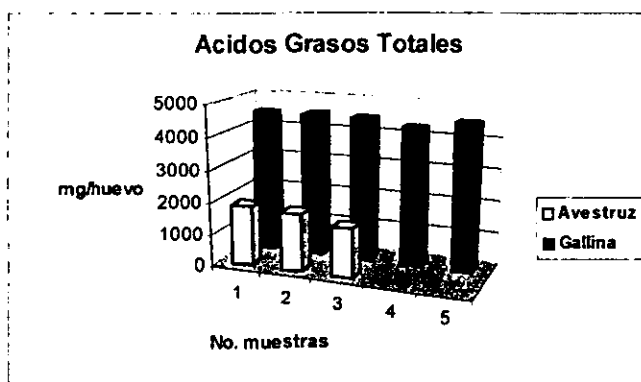


Figura 10. Acidos Grasos Totales del huevo de Avestruz y de Gallina.

Suma de las concentraciones de los ácidos grasos de cada muestra. Las muestras de avestruz están reportadas por huevo considerando una porción equivalente al huevo de gallina (20.6 g)

3.4 Identificación y cuantificación de Triglicéridos Totales y Colesterol

Como primera aproximación para la caracterización del huevo de avestruz y de gallina se identificaron y cuantificaron a los triglicéridos (TG's) y colesterol. Esto se realizó comparando los tiempos de retención (t_r) de una mezcla estándar de TG's : NC24, NC30, NC36, NC42, NC48, NC54:0 y NC54:1 (0.22 mg/mL cada uno) y colesterol (0.02mg/mL.), con los t_r de avestruz y gallina. Utilizando el estearato de metilo (E 18) como estándar interno a una concentración de 0.5 mg/mL. La Figura 11 ilustra el análisis de la solución estándar de TG's.

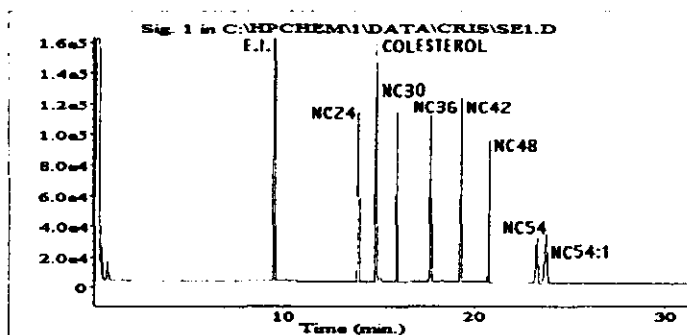


Figura 11. Solución Estándar de Triglicéridos y Colesterol.

Condiciones cromatográficas :

Columna capilar de sílice fundida 50% fenilmetilsilicón (Supelco, Inc.)
de 10m x 0.25 mm D.I., 0.25 μ m .

Detector de ionización de flama (FID), Temperatura : 350°C.

Inyector On-column cold, Temperatura : 350°C

Programa de temperatura : 60°C incrementando 15°C/min. hasta
350°C manteniendo por 15 min.

Flujo constante y Presión constante.

Las Figuras 12 y 13 muestran los TG's identificados en el huevo de avestruz y gallina, respectivamente. Encontrándose los mismos : NC30, NC36, NC42, NC48, NC50, NC52, NC54:0 y NC54:1 sin embargo, la proporción de los TG's NC36, NC48 y NC50, es mayor aparentemente en el huevo de avestruz, mientras que en el huevo de gallina los de mayor proporción son : NC52, NC54:0 y NC54:1.

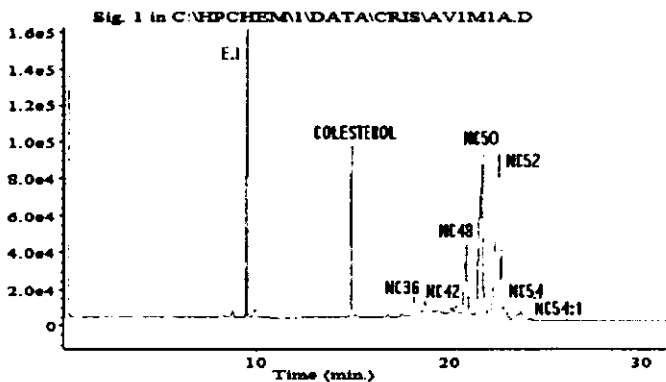


Figura 12. Triglicéridos y colesterol de la yema de huevo de avestruz
 Condiciones cromatográficas : Como se mencionan en la Figura 11.

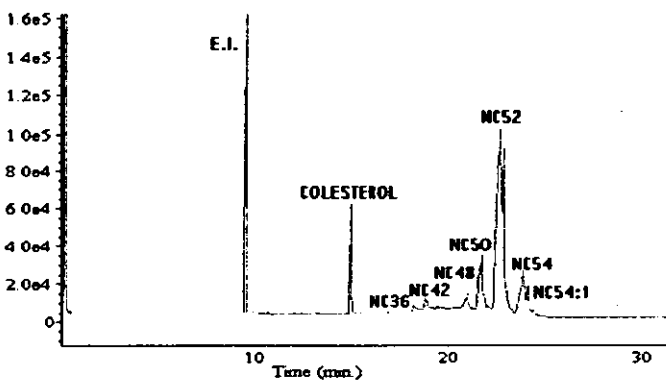


Figura 13. Triglicéridos y colesterol de la yema de huevo de gallina
 Condiciones cromatográficas : Como se mencionan en la Figura 11.

La cuantificación de los TG's se realizó considerando la suma de las áreas a partir del TG NC30 hasta NC54 relativo al estándar interno (E18). Con las condiciones cromatográficas y la concentración del estándar y de la muestra optimizadas, se procedió a realizar el análisis cuantitativo de estos.

La Tabla 24 muestra los resultados cuantitativos de TG's en las tres muestras de huevo de avestruz. No observándose diferencia significativa ($P < 0.05$) en el contenido de TG's totales / huevo* .

Tabla 24. Triglicéridos Totales del Huevo de Avestruz

Muestra /Peso yema	g TG's totales / yema avestruz	g TG's totales / huevo*	Relación relativa de TG's en huevo (g totales TG's /g huevo)
1 / 383.6 g	46.754±0.034	2.503±9x10 ⁻³	0.122±1x10 ⁻⁴
2 / 336.8 g	45.882±0.036	2.802±2x10 ⁻³	0.1360±1x10 ⁻⁴
3 / 349.6 g	47.220±0.043	2.782±2x10 ⁻³	0.1351±1x10 ⁻⁴

Nota : A cada muestra se le hizo tres extracciones y a cada una de estas se les realizó tres réplicas, obteniéndose nueve inyecciones de cada muestra.

* Se realizó el cálculo considerando el promedio de una yema de gallina (20.6±0.678)

La Tabla 25 nos muestra el analisis cuantitativo de TG's en el huevo de gallina, observándose que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) en el contenido de TG's totales / huevo* .

Tabla 25. Triglicéridos Totales del Huevo de Gallina

Muestra/Peso yema	g TG's totales / huevo*	Relación relativa de TG's en huevo (g TG's totales/g huevo)
1 20.6±0.678g	5.274±3x10 ⁻⁴	0.256±1x10 ⁻⁴
2 20.6±0.678g	5.333±4x10 ⁻³	0.259±2x10 ⁻⁴
3 20.6±0.678g	5.859±4x10 ⁻⁴	0.261±2x10 ⁻³
4 20.6±0.678g	5.367±5x10 ⁻³	0.260±2x10 ⁻⁴
5 20.6±0.678g	5.402±2x10 ⁻³	0.262±1x10 ⁻⁴

* Se realizó el cálculo considerando el promedio de una yema de gallina (20.6±0.678).

Al comparar el contenido de TG's totales en el huevo de ambas aves como ilustra la Figura 14 se observa que el contenido de TG's totales / huevo* de avestruz en las tres muestras es casi la mitad de la encontrada en el huevo de gallina, esto se podría atribuir a la dieta de las aves ya que de acuerdo a la información proporcionada por la granja avícola, las gallinas tienen una dieta controlada que consiste en granos de maíz, harinas de diversos cereales, suplementos de vitaminas y minerales, mientras que la dieta del avestruz es modificada conforme a la situación económica de la granja y generalmente se les proporciona trigo, linaza, arroz, harina de diversos cereales, suplementos de vitaminas y minerales. Por lo tanto este resultado proporciona una gran ventaja al huevo de avestruz frente al huevo de gallina ya que su contenido en triglicéridos totales es menor, aunque el contenido de grasa total es similar.

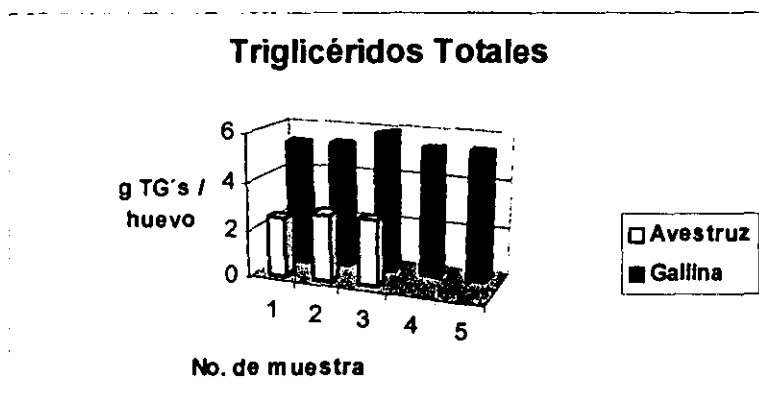


Figura 14. Triglicéridos totales del Huevo de Avestruz y de Gallina

* Se consideró el promedio de una yema de gallina (20.6g).

En las Figuras 12 y 13 se identifica al colesterol con un tiempo de retención de 14.9 min. aproximadamente. Las Tablas 26 y 27 muestran el contenido de colesterol en huevo de avestruz y gallina respectivamente.

Tabla 26. Colesterol del Huevo de Avestruz

Muestra/Peso yema	mg colesterol/ yema de avestruz	mg colesterol/ huevo*	Relación relativa de colesterol en huevo (mg colesterol /g huevo)
1 / 383.6 g	5241.81±0.83	254.46±0.96	13.74±0.05
2 / 336.8 g	5092.83±0.80	246.22±0.89	15.14±0.09
3 / 349.6 g	4373.66±1.0	212.31±0.80	12.54±0.08

Nota. A cada muestra se le hicieron tres extracciones y a cada una de estas se les realizó tres réplicas, obteniéndose nueve inyecciones de cada muestra.

* Se realizó el cálculo considerando el promedio de una yema de gallina (20.6±0.678).

Tabla 27. Colesterol del Huevo de Gallina

No. Muestra	mg colesterol/ huevo*	Relación relativa de colesterol en huevo (mg colesterol /g huevo)
Muestra 1	212.667±0.680	10.324±0.033
Muestra 2	204.532±0.746	9.931±0.037
Muestra 3	193.854±0.909	9.410±0.044
Muestra 4	177.507±0.815	8.617±0.039
Muestra 5	168.601±0.714	8.184±0.035

* Se realizó el cálculo considerando el promedio de una yema de gallina (20.6±0.678).

La Tabla 26 muestra los resultados cuantitativos de colesterol en el huevo de avestruz y como se puede observar hay una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre las tres muestras, esto podría atribuirse a la dieta proporcionada, posiblemente la alimentación suministrada a la avestruz de la muestra 3 fue baja en ácido grasos insaturados, disminuyendo la formación de colesterol.

La Tabla 27 nos muestra el contenido de colesterol en el huevo de gallina observándose diferencia significativa ($P > 0.05$), lo anterior se puede deber a que las muestras provienen de lotes distintos.

El método empleado para la identificación y cuantificación de TG's totales y colesterol es reproducible, porque a pesar que los análisis se realizaron en diferentes días debido a que se trabajó con 72 muestras, se observa reproducibilidad en él. Por lo tanto, la diferencia significativa se debe realmente a las muestras, las cuales presentan diferentes contenidos de TG's y colesterol.

Comparando el contenido de colesterol de ambas aves (Figura 15) se observa una diferencia significativa ($P > 0.05$), lo cual es importante, porque no favorecería el consumo del huevo de avestruz y por lo tanto los niveles de colesterol en sangre serían más altos.

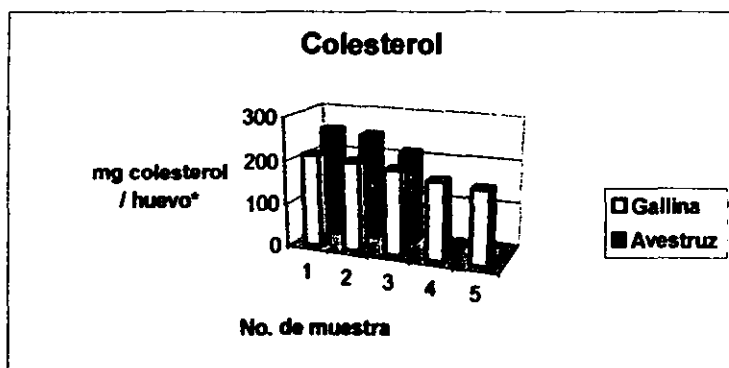


Figura 15. Contenido de Colesterol de la Yema de Huevo de Avestruz y de Gallina.

- El contenido de colesterol en el huevo de avestruz se calculó considerando el promedio de una yema de gallina (20.6g).

4. Conclusiones

- Como se esperaba existen diferencias en los parámetros físicos entre el huevo de avestruz y el de gallina, principalmente en el peso, tamaño, diámetro ecuatorial y porcentajes de cascarón, clara y yema.
- En el análisis proximal se encontró que no existe diferencia en los parámetros humedad, cenizas totales, grasa y proteína total en el huevo de avestruz y de gallina.
- Se identificaron los mismos ácidos grasos en el huevo de avestruz y en el de gallina. C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2 y C20:0. Sin embargo la concentración de ácido araquidónico (C20:0) en el huevo de avestruz es menor a la contenida en el huevo de gallina.
- La concentración total de ácidos grasos es menor en el huevo de avestruz.
- El huevo de gallina y el de avestruz presentan mayor concentración de ácido palmítico (C16:0) y ácido oleico (C18:1) en comparación de los demás ácidos grasos : mirístico (C14:0), palmitoléico (C16:1), esteárico (C18:0) y linoleico (C18:2).
- Se identificaron los mismos triglicéridos (TG's) en el huevo de ambas aves : NC30, NC36, NC42, NC48, NC50, NC52, NC54:0 y NC54:1.
- El contenido de colesterol en las tres muestras de huevo de avestruz resultó mayor que en cuatro muestras de huevo de gallina (Tablas 26 y 27).
- El huevo de avestruz presenta parámetros nutricionales semejantes a los del huevo de gallina; tiene menor contenido de ácidos grasos, TG's totales, pero presenta una desventaja por el contenido de colesterol ligeramente mayor que el de huevo de gallina.

Perspectivas

- Obtener mayor número de muestras de huevo de avestruz de la misma granja, controlando la alimentación suministrada al ave y comparar los resultados para aceptar o rechazar si este factor (alimentación) influye o no en los parámetros analizados.
- Realizar la determinación de los mismos parámetros con huevos obtenidos de diferentes granjas, para observar si el tipo de alimentación y los factores ambientales: clima, humedad relativa, altura, influyen sobre la composición química del huevo de avestruz.
- Utilizar el sistema acoplado Cromatografía de Gases Capilar - Espectrometría de Masas (CGC-EM) para identificar los picos no identificados en la determinación de ácidos grasos en el huevo de ambas aves
- Para poder afirmar que el huevo de avestruz presenta parámetros nutricionales semejantes o superiores al huevo de gallina, es necesario determinar otros parámetros químicos como identificación y cuantificación de proteínas, aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas tanto hidrosolubles como liposolubles.
- Realizar una evaluación sensorial a nivel consumidor, considerando una porción representativa de la población, con el fin de obtener datos que nos indiquen si el huevo del avestruz es aceptable o no para su consumo.
- Las industrias que en la elaboración de sus productos utilizan huevo de gallina realicen esos mismos productos con huevo de avestruz para saber si estos presentan las mismas características sensoriales.

Referencias

1. Carbajo E., Mesia J., Gurri A. **Cría de avestruces**. (1ª edición), pp 15-25, 49-65. Real Escuela de Avicultura, España (1995).
2. Información obtenida del **Primer Foro Nacional de criadores de avestruz (AVID)**, Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP, México (mayo 1997).
3. Martin G.P., Fanguy R.C. **Ostrich Eggs - All you need to know**. Poultry Science Dept. Texas A&M University System (June 1996).
4. Rosenfeld M.J., Ph.D. **African Ostrich Information**. Ostriches On Line (September 1995).
5. Sales J., Poggenpoel D.G. and Cilliers. **Comparative physical and nutritive characteristics of ostrich eggs**. World's Poultry Science Journal, Vol.52, pp 45-52 (March 1996).
6. Rosenfeld M.J., Ph.D. **Ostrich's proteins and aminoacids**. Ostriches On Line (1995).
7. AOAC Methods. **Eggs and Egg Products**. Chap. 17, pp 275- 284. (1980).
8. Egan H., Kirk,S.R. **Análisis químico de los alimentos de Pearson**, C.E.C.S.A. (1988).
9. Apuntes de **Análisis de Alimentos**, Josefina Viades Trejo Facultad de Química, U.N.A.M., (1996).
10. Chávez de la Rosa T. de J. **Estudio monográfico sobre el control y aplicaciones del huevo deshidratado en la industria de alimentos**. Facultad de Química, U.N.A.M. (1983).
11. **Boletín Avestruz, la agro-industria del siglo XXI ahora en México** publicado por el Rancho de avestruz Casa Linda, Monterrey N.L. (1997).
12. Bourges H., **Los lípidos**. Cuadernos de nutrición, pp 33 - 39. México (Enero, febrero, marzo, 1982).
13. Anderson L., Marjorie V. **Nutrición y dieta de Cooper**. (4ª edición), pp 38 - 49, 186-189. Interamericana S.A. de C.V. (1985).

14. Morrison R., Boyd R. **Química Orgánica**. (5ª edición), pp 646 - 650, 1241 - 1248. Addison - Wesley Iberoamericana, U.S.A. (1990).
15. **Encyclopaedia of food science food technology and nutrition**. Vol. three, pp 1741 – 1744, 1754 - 1759. Academic Press, U.S.A. (1993).
16. Stadelman W., Owen J. **Egg science and technology**. (2nd edition), pp 65 - 108. Avi Publishing Company inc. U.S.A (1997).
17. Hui Y. **Encyclopedia of food science and technology**. Vol. 1 (A - D) pp 411. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. (1992).
18. Morales J. **Los alimentos : composición y clasificación**. Cuadernos de nutrición pp 23. México (Octubre, noviembre y diciembre 1981).
19. **Suplement -Agriculture Handbook No. 8 Human Nutrition Information Service, USDA** (1989).
20. Guadalajara J.F. **Cardiología**. (4ª edición), pp 801. Méndez Editores S.A. de C.V. México (1991).
21. Voet D., Voet J. **Biochemistry**. pp 278 - 279, 645 - 657. John Wiley & Sons. U.S.A. (1990).
22. Bitman J, Wood D.L. **Cholesterol and Cholesteryl Esters of eggs from various avian species**. Poultry Science. Vol. 59, pp 2014 – 2023. (1980).
23. **Apuntes de Nutrición I**, Angela Sotelo López (1997).
24. Singh, R.P., Panda, B. **Effect of seasons on physical quality and component yields of egg from different lines of quail**. Indian Journal of Animal Sciences Vol. 57 No.1, pp 50 – 55. (January, 1987).
25. Marck, O. N., Donald, D.B. **Manual de producción agrícola**. (3ª edición) pp 513 – 528. Manual Moderno S.A. de C.V. México (1993).
26. Quintana, J.A. Avictenia. **Manejo de las aves domésticas más comunes**. (2ª edición) pp 246-256. Editorial Trillas S.A. de C.V. México (1991)
27. Preston, S.T., Spreckelmeyer, S. **A guide to the analysis of fatty acids and their esters by gas chromatography**. pp A27- A 29. PolyScience Corporation. U.S.A. (1971).

28. Miller, J.C., Miller, J.N. **Estadística para Química Analítica**. pp . Addison – Wesley Iberoamericana.
29. Yurkanis, P.B. **Organic Chemistry**. pp 1189 – 1192. Prentice Hall (1995).

Anexo

I. Limpieza

- **Reactivos**

Agua potable y una solución de permanganato de potasio al 10% (grado reactivo).

- **Procedimiento**

Se tomó el huevo y se limpió primero con un trapo mojado con agua, después se puso el huevo bajo la llave de agua, se frotó eliminando los residuos de excremento de la madre, posteriormente se le roció una solución de KMnO_4 al 10% y se dejó por 10 minutos, una vez transcurrido ese lapso, se enjuagó con H_2O para eliminar la solución mencionada.

Finalmente se examinó el cascarón; si estaba intacto (que no presentara fisuras) se procedía a incubar y si el cascarón tenía alguna fisura se procedía a eliminar la porción líquida del cascarón.

II. Liofilización

- **Reactivos, Equipo y Material**

Se utilizó una liofilizadora marca LABCONCO Modelo 45, la cual contaba con dos vasos liofilizadores marca LABCONCO con una capacidad de 600 mL cada uno.

- **Procedimiento**

Se colocaron 100 mL de la muestra en el vaso liofilizador y se procedió a congelarla en hielo seco y acetona durante 15 minutos, se colocó en la máquina liofilizadora y se dejó durante 10 - 12 hrs.

- **Almacenamiento**

Las muestras liofilizadas se depositaron en recipientes de vidrio estériles protegidos de la luz mediante papel aluminio y se almacenaron a temperatura ambiente.

III Análisis Proximal

A) Humedad

- **Reactivos, Equipo y Material**

Se emplearon pesafiltros de aluminio. Estufa B.G. 350°C.

- **Procedimiento**

Se puso a peso constante cada pesafiltro; se pesó 1.0 g de muestra y se colocó en el pesafiltro. Se procedió a colocar el pesafiltro en el horno a una Temperatura de 100°C y se dejó secar a peso constante (4 hrs. aproximadamente), transcurrido el tiempo se depositó en un desecador para enfriar a temperatura ambiente y por último se pesó cada pesafiltro.

- **Cálculo para determinar Humedad**

:

$$\% \text{ humedad} = (\text{Peso perdido} / \text{peso muestras}) \times 100$$

B) Cenizas Totales

- **Reactivos, Equipo y Material**

H₂O destilada. Se emplearon crisoles con las siguientes dimensiones : 4.0 cm, de diámetro y 4.2 cm. de altura; parrillas de calentamiento, mufla marca NEYO M-525 Series II con una Temperatura máxima de 1100 °C, estufa B.G. y desecador.

- **Procedimiento**

Se pusieron los crisoles a peso constante; se pesó 0.5 g de muestra y se colocó en el crisol. se quemó la muestra a la flama hasta que no desprendiera humo, para terminar la incineración se colocaron los crisoles en la mufla a 550 °C hasta obtener cenizas con coloración blanca.

Después de 8 hrs. las cenizas conservaron una coloración negra se sacaron los crisoles y se enfriaron a temperatura ambiente para adicionar 5 gotas de H₂O destilada caliente para disolver los cristales de carbono formados sobre la superficie de la muestra, se evaporó el H₂O en la estufa y se colocaron nuevamente los crisoles en la mufla a la misma temperatura antes mencionada y se dejaron aproximadamente 8 hrs. las muestras

de clara y 20 hrs. más las muestras de yema. Una vez terminada la incineración de las muestras, se colocaron los crisoles en la estufa a 150 °C durante 20 min. y finalmente se colocaron en un desecador para enfriar a temperatura ambiente y se procedió a pesar cada crisol.

- **Cálculo para determinar Cenizas totales**

$$\% \text{ cenizas totales} = (\text{g cenizas} / \text{g muestra}) \times 100$$

C) Determinación de Grasa Total (Método Soxhlet)

- **Reactivos, Equipo y Material**

Hexanos reactivo analítico J.T. Baker® y Na₂SO₄ anhidro en polvo reactivo J.T. Baker

®. Se utilizaron cartuchos de celulosa, matraces bola de fondo plano de una capacidad de 100 mL, equipo soxhlet, piedras de ebullición MERCK, embudos de filtración rápida, papel filtro Whatman # 5, matraces bola de 250 mL., pipetas pasteur y rotavapor.

- **Procedimiento**

Se pesó en un cartucho 2.0 g de muestra, el cual se le cubrió la parte superior con fibra de vidrio. Se colocó el cartucho en la unidad extractora y se colocó a un matraz bola previamente puesto a peso constante, el cual contenía 3 cargas de hexanos (85 mL. aproximadamente). Se procedió a extraer a 56°C durante 9 horas. El extracto se filtró a través de Na₂SO₄ anhidro para eliminar la humedad y fué recibido en un matraz bola de 250 mL. se adicionaron piedras de ebullición y se colocó en el rotavapor a 50°C para eliminar el disolvente y posteriormente se pesó.

- **Cálculo para determinar Grasa total**

$$\% \text{ grasa total} = (\text{g grasa} / \text{g muestra}) \times 100$$

D) Determinación de Proteínas (Método Macrokjeldahl)

- **Proteína Cruda**
- **Reactivos, Equipo y Material**

K_2SO_4 granular Mallinckrod AR®; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (cristal fino) reactivo J.T. Baker® ACS; H_2SO_4 concentrado reactivo J.T. Baker®; NaOH en perlas bajo en carbonatos reactivo J.T. Baker® ACS; Zn en polvo; HCl 0.1 N valorado Sigma de México, S.A. de C.V.; NaOH 0.1 N valorado Sigma de México, S.A. de C.V.; indicador rojo de metilo ($C_{15}H_{15}N_3O_2$) pH = 4.4 - 6.2 MERCK, C_2H_5OH reactivo J.T. Baker® ACS, H_2O destilada y piedras de ebullición, MERCK.

Aparato digestor y destilador con capacidad para 12 muestras, matraces Kjeldahl de 800 mL y matraces Erlenmeyer de 500 mL.

- **Procedimiento**

Se pesaron 0.4 g de muestra y se adicionaron 0.3 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ y 5.0 g de K_2SO_4 pesados en un papel y 15.0 mL de H_2SO_4 concentrado. Se pone a digerir la muestra hasta obtener una coloración azul claro, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se le adicionaron a cada matraz 350 mL de H_2O destilada fría y 40 mL NaOH al 60% fría y 0.2 g de Zn, se colocó el matraz en el destilador y se agitó fuertemente. El destilado se recibió en HCl 0.1 N con 3 gotas de indicador rojo de metilo al 0.1% en CH_3CH_2OH . Finalmente se titula con NaOH 0.1 N hasta obtener un vire a una coloración amarilla clara.

- **Cálculo para determinar Proteína total**

$$\% \text{ Proteína total} = ((\text{ mL blanco} - \text{ mL muestra}) \times 0.1 \text{ N} \times 0.014) / \text{ g muestra} \times 100$$

E) Determinación de Carbohidratos

- Se determina por diferencia. no se realizó experimentalmente porque basándose en la bibliografía se sabe que el porcentaje de carbohidratos tanto en clara como en yema del huevo es mínimo.

Cálculo:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100\% - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ grasa})$$

IV Valor Nutricional del Huevo de Gallina²⁰

Análisis Proximal²⁰

Parámetro	Huevo Entero (g)	Clara (g)	Yema (g)
Humedad	37.66	29.33	8.10
Calorías	75	17	59
Proteína (Nx6.25)	6.25	3.52	2.78
Lípidos Totales	5.01	-----	5.12
Carbohidratos Totales	0.61	0.34	0.30
Cenizas Totales	0.47	0.21	0.29

Lípidos Totales²⁰

	Huevo Entero (g)	Clara (g)	Yema (g)
Acidos Grasos como Trigliceridos	4.327	-----	4.428
Acidos Grasos Saturados Totales	1.550	-----	1.586
Colesterol (mg)	213	-----	213
Lecitina	1.15	-----	1.11
Cefalina	0.23	-----	0.219

Vitaminas²⁰

Vitamina	Huevo Entero	Clara	Yema
Retinol (A) IU	317	-----	323
Calciferol (D) IU	24.5	-----	24.5
Tocoferol (E) mg	0.70	-----	0.70
Cobalamina (B12) mcg	0.50	0.07	0.52
Biotina mcg	9.98	2.34	7.58
Colina mg	215.06	0.42	215.97
Acido Fólico mcg	23	1	24
Inositol mg	5.39	1.38	3.95
Niacina (B3) mg	0.037	0.031	0.002
Acido Pantoténico (B5) mcg	0.627	0.04	0.632
Piridoxina (B6) mg	0.070	0.001	0.065
Riboflavina (B2) mg	0.254	0.151	0.106
Tiamina (B1) mg	0.031	0.002	0.028

NOTA: Valor nutricional basado en un huevo entero de 50.0g, clara de 33.4g y yema de 16.6g.

Minerales²⁰
(mg)

Mineral	Huevo Entero	Clara	Yema
Calcio (Ca)	25	2	23
Cloro (Cl)	87.1	60	27.1
Cobre (Cu)	0.007	0.002	0.004
Yodo (I)	0.024	0.001	0.22
Hierro (Fe)	0.72	0.01	0.59
Magnesio (Mg)	5	4	1
Manganeso (Mn)	0.012	0.001	0.012
Fósforo (P)	89	4	81
Potasio (K)	60	48	16
Sodio (Na)	63	55	7
Azufre (S)	82	56	25
Zinc (Zn)	0.55	-----	0.52

Aminoácidos²⁰
(g)

Aminoácidos	Huevo Entero	Clara	Yema
Alanina	0.348	0.203	0.143
Arginina	0.375	0.191	0.199
Acido Aspártico	0.628	0.358	0.272
Cistina	0.145	0.091	0.050
Acido Glutámico	0.816	0.467	0.353
Glicina	0.210	0.123	0.086
Histidina	0.148	0.079	0.072
Isoleucina	0.341	0.199	0.141
Leucina	0.534	0.296	0.244
Lisina	0.449	0.239	0.221
Metionina	0.195	0.121	0.069
Fenilalanina	0.332	0.205	0.119
Prolina	0.249	0.137	0.116
Serina	0.465	0.242	0.238
Treonina	0.300	0.160	0.148
Triptófano	0.076	0.043	0.033
Tirosina	0.255	0.137	0.124
Valina	0.381	0.224	0.155

NOTA : Valor nutricional basado en un huevo entero de 50.0g, clara de 33.4g y yema de 16.6g

V Identificación y cuantificación de Acidos Grasos

- **Reactivos, equipo y material**

KOH reactivo analítico J.T. Baker[®] S.A. de C.V., MeOH reactivo analítico J.T. Baker[®] S.A. de C.V., HCl (36.5 - 38.0 %) de J.T. Baker[®] S.A. de C.V., H₂O destilada, BCl₃ en MeOH 10% W.V de Alltech Associates, Inc., Hexanos de Mallinckrodt AR[®] y piedras de ebullición MERCK. Se emplearon viales de reacción marca SUPELCO con capacidad de 15.0 mL, jeringa Hamilton graduada de 10 µL, matraces aforados de 5.0, 10.0 y 100.0 mL, vasos precipitados, pipetas volumétricas de 1.0 mL, pipetas graduadas de 2.0 y 10.0 mL, papel pH MERCK y cinta teflón Garlock.

VI Identificación y cuantificación de Acidos Grasos

- **Reactivos, equipo y material**

Hexanos de Mallinckrodt AR[®], matraces aforados de 2.0, 5.0 y 100.0 mL, pipetas volumétricas de 1.0 mL, pipetas graduadas de 2.0 mL, pipetas Pasteur, jeringa Hamilton graduada de 10 µL con capilar.