

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE VETERINARIA**

**DISEÑO DE UNA HOJA DE CÁLCULO Y SU APLICACIÓN
EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA
AVESTRUCES (*Struthio camelus*)**

Licenciatura en Medicina Veterinaria

CLAUDIA PATRICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ

GUATEMALA, MAYO 2011

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**DISEÑO DE UNA HOJA DE CÁLCULO Y SU APLICACIÓN
EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA
AVESTRUCES (*Struthio camelus*)**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

POR

CLAUDIA PATRICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

MÉDICA VETERINARIA

GUATEMALA, MAYO DE 2011

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO: Med. Vet. Leónidas Ávila Palma
SECRETARIO: Med. Vet. Marco Vinicio García Urbina
VOCAL I: Lic. Zoot. Sergio Amílcar Hidalgo
VOCAL II: Mag. Sc. Med. Vet. Dennis Sigfrid Guerra Centeno
VOCAL III: Med. Vet. y Zoot. Mario Antonio Motta González
VOCAL IV: P. A. Zet Leví Samayoa López
VOCAL V: Br. Luis Alberto Villeda Lanuza

ASESORES

DR. MED. VET. HUGO PÉREZ
MED. VET. EDGAR BAILEY VARGAS
MED. VET. LUCRECIA MOTTA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

EN CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, SOMETO A
SU CONSIDERACIÓN EL PRESENTE TRABAJO TITULADO

**DISEÑO DE UNA HOJA DE CÁLCULO Y SU APLICACIÓN EN
LA FORMULACIÓN DE RACIONES PARA AVESTRUCES**

(Struthio camelus)

QUE FUERA APROBADO POR LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE

MÉDICA VETERINARIA

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1	Características generales de nutrición de avestruces	4
3.2	El tracto gastrointestinal	5
3.3	Evolución del consumo, crecimiento y conversión	7
3.4	Requerimientos nutricionales	9
3.4.1	Energía	9
3.4.2	Fibra	11
3.4.3	Grasa	13
3.4.4	Proteína	13
3.5	Vitaminas y minerales	16
3.6	Situación actual de la crianza de avestruz en Guatemala	18
3.7	Libro de cálculo electrónico Excel	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1	Materiales y equipo	19
4.2	Metodología	19
4.3	Trabajo de campo	20
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
VI.	CONCLUSIONES	24
VII.	RECOMENDACIONES	25
VIII.	BIBLIOGRAFIA	26
IX.	ANEXOS	27

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por regalarme la vida, estar en todo momento a mi lado y permitirme hacer realidad este sueño.

A MIS PADRES: Anser Hernández y Patricia de Hernández, por su cariño, apoyo durante todos estos años. Los amo.

A MI ABUELITA: Mery, por su cariño y cuidados todos estos años, y por ser una mujer ejemplar y digna de admiración.

A MIS HERMANAS: Ivón y Lesly, por sus consejos, motivación, apoyo y por ser mis ejemplos a seguir.

A MI NOVIO: Edgar Bailey, por su apoyo incondicional, paciencia, por todos los momentos inolvidables compartidos estos años y sobre todo por su cariño.

A MIS AMIGAS Y AMIGOS: Paula, Teffy, Pamela, Andrea, Jackie Noriega, Jakie Gálvez, Silvia, Rosalía, Astrid Montealegre, Analfy, Vilma Cruz, Amy, Oliver, Manolo, Seco, Rafa, Jacobo, Pichón, Luis Choc, Chen, Godzuki, por su valiosa amistad, apoyo y cariño.

A LAS FAMILIAS: Bailey Leonardo, Chajón Zúñiga, Rodríguez Paz, Hernández Estrada, López Estrada, gracias por todo.

A MIS MASCOTAS: Coffee, Optimus, Benjy, Toffee y Angel, por ser mis primeros pacientes y ser los mejores amigos de cuatro patas que puedo tener.

A todos los que creyeron en mí y me brindaron su apoyo, ¡Muchas gracias!

TESIS QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

A MI ABUELITA

A MIS HERMANAS

A MI NOVIO

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

A MIS ASESORES

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Y CON TODO RESPETO A LA VIDA DE LOS ANIMALES QUE
FUERON SACRIFICADOS PARA MI APRENDIZAJE.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de un programa de alimentación para avestruces sigue siendo un gran desafío para los especialistas en nutrición y para los productores. En la actualidad existe poca información con base científica sobre los requerimientos nutricionales y sobre la eficiencia de estos animales en la utilización de los nutrientes.

Esto se debe al tracto gastrointestinal del avestruz ya que se consideran herbívoros monogástricos, con una considerable capacidad para utilizar cantidades sustanciales de forrajes en su dieta. En contraste con la vía digestiva de los pollos y los pavos, los avestruces no tienen buche en donde almacenar el alimento que ingieren; sin embargo, poseen un proventrículo que es relativamente grande y una molleja; con una capacidad considerable para almacenar alimentos, los altos niveles de ácidos grasos volátiles encontrados en el proventrículo y en la molleja de los avestruces indican que tiene lugar alguna fermentación. El intestino delgado es relativamente corto y el intestino grueso es muy largo y la parte anterior de éste, parece ser el área donde tiene lugar la mayor parte de la fermentación de la fibra.

No obstante, se han desarrollado con éxito, programas basados en una combinación entre los requerimientos de nutrientes de las aves y otras especies y los conocimientos básicos fisiológicos y la información histórica disponible de los avestruces.

Actualmente en Guatemala se encuentran registradas en la base de datos del Programa de Sanidad Avícola con la siguiente distribución: 40 avestruces en Ecolaguna, Gualán, Zacapa; 50 en San Juan Bosco, La Democracia, Escuintla; 31 en la Laguna del Pino, Barberena, Santa Rosa y 100 Maya Lorena, San Jerónimo, Baja Verapaz. Debido a que esta actividad avícola es nueva no ha sido explotada por las deficiencias en el manejo; como es la alimentación, no se podrá alcanzar

una tasa de engorde óptima y un crecimiento eficiente, sin una ración nutricionalmente balanceada. Todos los nutrientes esenciales incluyendo la energía, proteína, vitaminas y minerales deben presentarse al animal en una ración diaria que sea altamente digestible y con una buena palatabilidad, para lograr las metas de producción deseadas.

Por lo expuesto anteriormente surge el presente proyecto que consiste en un libro de cálculo electrónico, el cual permite estimar los requerimientos nutricionales de los avestruces, (energía, proteína y minerales) según el peso, en las diferentes etapas de producción en que se encuentren; iniciación, crecimiento, reproducción y mantenimiento para ser aplicado en la formulación de las raciones basadas en los valores nutricionales de los alimentos a utilizar. Teniendo como beneficio ser una herramienta útil y práctica, con bajo costo de adquisición, resultados que se obtienen de inmediato y muy fácilmente, elaborada de forma que sea sencilla de utilizar para los productores y público interesado en el tema.

II. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

Contribuir con una herramienta electrónica para la formulación de raciones en aves.

2.2 ESPECÍFICOS:

- Elaborar una hoja de cálculo electrónica para determinar los requerimientos nutricionales de aves según el peso del ave.

- Aplicación de la hoja de cálculo para la formulación de la ración en base a los requerimientos nutricionales calculados, aplicando los valores nutricionales de los alimentos a utilizar.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Características generales de nutrición de avestruces

Los avestruces se adaptan al pastoreo/ramoneo y en estado salvaje, consumen principalmente hierbas, semillas, hojas, brotes de arbustos y árboles, ocasionalmente insectos, lagartijas y roedores, prefiriendo una dieta vegetariana (forrajes). Así, dependen principalmente de alimentos de baja densidad de nutrientes. (5) (4)

Es importante no confundir la nutrición del avestruz con la de las aves de corral que son granívoras. La alimentación del avestruz debe basarse en forraje complementado con granos y no al revés. (5)

Existen raciones preparadas por plantas de alimentos comerciales para los avestruces, existiendo raciones iniciadoras, crecimiento, reproductores y mantenimiento. Pueden estar en forma peletizada y papillas. (5)

Un problema común con la nutrición de avestruces es el hábito de comerse todo lo que ven. El resultado son frecuentes constipaciones y lesiones causadas por la ingestión de objetos extraños. Los avestruces ingieren pequeñas piedras y arena con el propósito de moler las fibras que necesitan en su alimentación, y poder digerirlas. (5)

Una buena calidad de la canal depende de la calidad del alimento, carne de buen sabor, la cantidad de grasa presente, el color del hígado, que el corazón se presente firme y de un buen tamaño son consecuencia directa de una alimentación balanceada.(5)

3.2 El tracto gastrointestinal

Los avestruces han desarrollado un tracto gastrointestinal de características singulares entre las aves.

La boca contiene la mucosa oral, la lengua, la laringe, la tráquea proximal y el esófago. El animal la usa para beber, alimentarse, respirar y hacer ruido. Es probable que existan sensores gustativos. (2) (4)

La lengua se ubica en el piso de la boca y su movilidad es limitada. Ayuda al animal a beber y alimentarse. No esta provista de papilas gustativas, pero es probable que si estén presentes sensores gustativos. (2) (4)

El esófago forma la parte posterior de la boca y se localiza entre la tráquea y la vena yugular. Es un órgano muscular sumamente flexible. En los machos ocasiona un sonido retumbable, cuando lo inflan con aire que posteriormente dejan escapar. (2) (4)

El proventrículo es el primer estómago del avestruz, que cubre los alimentos con enzimas digestivas y actúa como un verdadero estómago para la mezcla y el almacenamiento de los alimentos. Tiene una enorme capacidad para expandirse y para secretar enzimas digestivas. Es un órgano que se palpa fácilmente y es la zona donde se producen la mayoría de las afecciones de fermentación. (2) (4)

El ventrículo también llamado molleja, se localiza detrás del hígado y el esternón, frente al proventrículo. Es el segundo estómago muscular del avestruz y su función es moler los alimentos más grandes y duros. Sujeta a la válvula pilórica, que es bien desarrollada y posee un musculo esfínter muy sensible y restringido al tamaño de las partículas que permite pasar fácilmente (alimento, granos, arena y agua); las partículas más grandes (superiores a 1 cm.) Tienen más dificultades de

pasar y las de más de 4 cm. Raramente pasan. Este diseño asegura que las partículas más grandes sean molidas y fácilmente digeridas y utilizadas en el intestino. (2) (4)

Es posible que los animales en cautiverio consuman piedras grandes, hierbas, etc., que serán molidas suficientemente, haciendo más lento o deteniendo el paso del alimento y ocasionando así un problema de impacto o impactación gastrointestinal. Este es un problema crítico en los polluelos y en animales jóvenes, que causa inanición y el rápido sobre crecimiento de bacterias. Los adultos normalmente superan los problemas de impacto parcial, porque sus reservas de energía les dan tiempo para digerirlos. En el proventrículo y en el ventrículo de un adulto pueden acumularse más de 20 libras de piedras, algunas piedras y gravas son requeridas para un molido efectivo de los alimentos. (2) (4)

El duodeno es el primer segmento del intestino delgado. Es el recipiente de las enzimas digestivas del hígado y del páncreas, a través de los conductos hepáticos y pancreáticos; y constituye el sitio principal para la digestión de proteínas, grasas y carbohidratos. (2) (4)

El yeyuno es el segundo segmento del intestino delgado y su función es absorber los nutrientes. (2) (4)

El ileum parte de los intestinos, está situado entre el ilion y el intestino grueso. Ayuda a digerir fibras y absorber el agua; recoge las partículas grandes de alimentos no digeridos, como la paja, palillos de pasto o piedras. Puede impactarse con arena y piedra. (2) (4)

El intestino grueso constituido por dos segmentos principales, es el último segmento del intestino y su papel primordial es la absorción del agua. Es el sitio adicional para la digestión y la fermentación de alimentos, específicamente fibras. (2) (4)

La cloaca es un orificio situado debajo de la cola, que puede verse fácilmente. Tiene tres compartimientos principales: el coprodeum, que recibe los excrementos del recto; el urodeum, que recibe la orina de las uretras de los riñones, el semen del vaso deferente del macho o el huevo del ovario de la hembra; y el proctodeum, que aloja el pene y a la "bursa de fabricius". La familia ratite no tiene vejiga urinaria, la orina se acumula en el urodeum y en la cavidad grande del coprodeum y se expele en volúmenes grandes y continuos. (2) (4)

3.3 Evolución del consumo, crecimiento y conversión

El consumo diario de alimento va aumentando rápidamente hasta las 30 semanas de edad, cuando comienza a incrementarse lentamente, hasta llegar a estabilizarse. La evolución del consumo acumulado sigue una línea ascendente, aproximándose a los 600 kilos en total entre concentrado y forraje al año de edad. Los pollitos al nacer tienen un peso vivo entre los 600 y los 900 gramos y al año de edad pueden alcanzar los 100 kilos, lo que supone un crecimiento medio diario de unos 270 gramos. (4)

Tanto el crecimiento como la conversión de los avestruces son adecuados hasta los 9 meses de edad, lo que indica que este sería el momento óptimo para el sacrificio, con un peso vivo aproximado de 80 kilos. Sin embargo, a esta edad las características de la piel todavía no alcanzan el espesor y consistencia ideal para el curtido, por esta razón el sacrificio se realiza entre los 12 y los 14 meses de edad, con un peso vivo aproximado de 100 a 120 kilos, siendo su altura de 1,7 a 2,5 metros. (5) (4)

A continuación se presenta una tabla comparativa que describe la evolución, crecimiento del avestruz y consumo de alimento

Tabla 1. Evolución de consumo, crecimiento y conversión

Edad sem	Peso vivo (kg)	Aumento peso vivo (kg/sem)	Aumento (peso / sem)	Consumo (kg/sem)	Consumo diario (gr)	Consumo acumulado	Índice de conversión periodo	Índice conversión acumulado
1	0.90	---	----	0.30	43	0.30	----	0.33
2	1.25	0.35	50	0.60	86	0.90	1.72	0.72
3	2.05	0.70	1000	1.20	171	2.10	1.71	1.02
4	3.10	1.05	150	1.80	257	3.90	1.71	1.25
5	4.50	1.40	200	2.60	371	6.50	1.86	1.44
6	6.20	1.70	243	3.30	471	9.80	1.94	1.58
10	15.90	2.42	346	6.30	900	35.00	2.60	2.20
14	28.00	3.02	431	8.90	1.271	70.60	2.95	2.52
18	40.5	3.12	446	10.80	1.543	113.80	3.46	2.81
22	52.0	2.87	410	12.30	1.757	163.00	4.28	3.13
26	62.0	2.55	363	13.20	1.886	215.80	5.18	3.48
30	72.90	2.20	317	13.90	1.986	271.40	6.26	3.83
34	78.60	1.95	275	14.40	2.057	329.00	7.48	4.79
38	85.2	1.65	235	14.70	2.100	387.80	8.94	4.55
42	90.5	1.35	192	15.00	2.143	447.80	11.16	4.94
46	95.0	1.10	155	15.20	2.171	508.60	14.01	5.35
50	98.2	0.80	115	15.40	2.200	570.20	19.13	5.81

Fernández, A. 2008 (4)

Es importante lograr con eficiencia el peso corporal deseado en el tiempo más corto. Una guía para calcular la eficiencia de la producción es la del cálculo del índice de conversión de los alimentos, que refleja la relación entre los kilos de

alimento consumidos contra la ganancia total de peso en un periodo de tiempo determinado. Cuanto más bajo sea el valor de este índice de conversión, más eficientemente el ave está convirtiendo el alimento consumido en peso corporal. (6)

3.4 Requerimientos nutricionales

A rasgos generales podemos dividir la vida productiva del avestruz en cuatro fases:

- ✓ INICIACIÓN: de 0 a 8 semanas.
- ✓ CRECIMIENTO: de 8 a 20 meses.
- ✓ REPRODUCCIÓN: Período reproductivo.
- ✓ MANTENIMIENTO: de 20 meses hasta la llegada de la pubertad y parada sexual.

3.4.1 Energía

Según algunos autores (Sedwick, 1988; Jensen, 1999), el cálculo de la mínima cantidad de energía (MCE); necesidades de mantenimiento que necesita un avestruz para mantenerse en vida 24 horas, se realiza por la fórmula:

$$MCE = pv^{0.75}$$

Pv: peso vivo en kg., elevado a 0.75 peso metabólico.

Hay que indicar que no se puede dar un valor óptimo de energía para cada fase ya que esto dependerá del manejo, del tipo de instalaciones y de la climatología de la zona. (4)

En los avestruces, la información existente sobre la digestibilidad de los nutrientes y las actividades enzimáticas es limitada. Se han realizado trabajos extensivos para la caracterización enzimática del páncreas (Oelofsen et al., 1991), pero no hay información disponible sobre las actividades de los enzimas digestivos o sobre los cambios relacionados con la edad en dichas actividades enzimáticas. Swart et al., (1987a) determinaron que las avestruces con pesos corporales comprendidos entre 5 y 50 kg. Digerían el 63% de la fibra neutro detergente de la dieta (Cuadro 3) y el 66% y el 38% de la hemicelulosa y celulosa, respectivamente. (Swart et al., 1993a). Estos autores también estimaron una velocidad de tránsito comprendida entre 21 y 76 horas, estando asociado el tiempo más lento a los animales de mayor edad. Swart et al., (1993b), determinaron que para avestruces las necesidades energéticas de mantenimiento eran de 0,44 MJ/Kg/día. (2)

Los niveles energéticos (energía avestruz) recomendados por (Cilliers, 1995) para la ración completa se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Avestruz - Kcal Energía Metabólica Avestruz

Período	Kcal Energía Metabólica /kg	Mj Energia Metabólica/ kg
0 a 2 meses	3.155	0.01320052
2 a 4 meses	3.060	0.012280304
4 a 6 meses	2.915	0.01219636
6 a 10 meses	2.605	0.02179864
10 a 20 meses	1.915	0.00801236
Mantenimiento	1.550	0.0064852
Reproducción	2.200	0.0092048

Fernández, A. 2008 (4)

Los valores de la energía metabolizable en las formulas de finalización para avestruces de carne y en las raciones de las reproductoras deberían mantenerse relativamente bajas. Esto reducirá la deposición de grasas excesivas en las aves destinadas para el sacrificio, ya que pueden dañar la calidad de su presentación y hacer disminuir la proporción de carne magra en la carcasa. El rendimiento de las reproductoras también puede verse afectado al estar excesivamente gordas. (6)

3.4.2 Fibra

La capacidad de digestión de la fibra, es muy superior a la de las aves domésticas, tal vez sea una de las características mas importantes del avestruz, aunque este nutriente es el que plantea un mayor número de incógnitas. Gracias a la capacidad de digestión de la fibra, el avestruz es capaz de obtener el doble de energía de un ingrediente si la flora microbiana intestinal esta establecida. (6)

La fermentación de la fibra se favorece por la gran longitud del intestino grueso y el lento transito del contenido intestinal, unas 36 horas en un ave de 7 kg y 48 horas en aves de 45 kg, llegando a cubrir hasta el 76% de los requerimientos de energía metabolizable. Las investigaciones han demostrado que los avestruces pueden digerir hasta el 60% de FND (fibra neutra detergente) en sus dietas. A continuación se presenta un cuadro comparativo entre la edad en semanas y su porcentaje de digestibilidad de FDN. (4) (6)

Tabla 4. Digestibilidad de la Fibra Neutro Detergente

Edad (semanas)	Digestibilidad %
6	27.9
3	6.5
10	51.2
17	58.0
120	61.6

Fernández, A. 2008 (4)

Se ha comprobado que con un alto contenido de fibra las heces son más consistentes y al mismo tiempo reducimos la posibilidad de una enteritis bacteriana. Los fabricantes pueden recomendar la adición de otra fuente de fibras o nutrientes como lo son la alfalfa y el heno. (5)

Los pollos de avestruz no empiezan a desarrollar la capacidad de digerir la fibra hasta aproximadamente las 6 semanas de edad. Sin embargo, es importante considerar este nutriente en las dietas de iniciación, pues si aportamos una dieta baja en fibra, típica de pollos o pavos, no estamos favoreciendo el desarrollo del intestino grueso, así como la flora bacteriana encargada de fermentar la fibra, promoviendo en cambio la fermentación del almidón, produciendo ácido láctico y provocando problemas de acidez. (4)

En numerosas ocasiones, problemas gastrointestinales provocados en pollos de avestruz de pocas semanas, alimentados con dietas poco fibrosas se han solucionado administrando una porción de forraje a esa dieta. De ahí que recomendamos trabajar en dietas de iniciación con niveles mínimos de un 7% de fibra bruta, pasando a unos niveles del 10% en dietas de crecimiento y al 12-16% en las de adultos, como podemos indicar en la siguiente tabla: (4)

Tabla 5. Niveles de fibra óptimos

Período	Fibra bruta, %
Iniciación	7
Crecimiento	10
Mantenimiento	16
Reproducción	12-14

Fernández, A. 2008 (4)

3.4.3 Grasa

Debido a la falta de vesícula biliar, el avestruz presenta en su etapa de iniciación una limitación en la capacidad de digestión de las grasas. A partir de las diez semanas de edad ya tienen la misma capacidad de digestión que un pavo a las doce. Por lo tanto, solo deberemos tener la precaución de no sobrepasar en la primera etapa unos valores superiores al 6 % de grasa bruta. En la siguiente tabla podemos comparar el porcentaje de digestibilidad de la grasa según la edad en semanas de los avestruces: (4) (6)

Tabla 7. Capacidad de digestibilidad de la grasa según la edad

Edad (semanas)	Digestibilidad %
3	44.1
6	74.3
10	85.7
17	91.1
120	92.9

Scheideler, 1994 (6)

3.4.4 Proteína

La calidad de la proteína de un pienso depende de la composición en aminoácidos, pero también de la manera en cómo estos son utilizados por el animal. Actualmente no se tienen conocimientos muy amplios sobre las necesidades de aminoácidos para el avestruz. Solo algunos estudios realizados por Cilliers (1995) sobre la capacidad de digestibilidad de los aminoácidos dan una idea aproximada. Lamentablemente dicha experiencia se realizó sobre una dieta completa, no disponiendo de esta forma de la digestibilidad de los aminoácidos de

cada ingrediente en concreto. Por esta razón no podemos trabajar con aminoácidos digestibles en la formulación de raciones de avestruces. (4)

Algunos estudios comparativos con pollos comprobaron que los avestruces tienen una mayor capacidad de aprovechamiento y absorción de la proteína y aminoácidos, por lo que podemos decir, que es por el mayor tiempo de tránsito intestinal por ser mayor al de otras aves. (4)

El contenido de proteína varía del 16 al 22 %. Las raciones iniciadoras con alto contenido proteico (28%) no son recomendables porque dietas muy altas en proteínas han sido asociadas con anomalías en las patas. El correcto contenido proteico es importante para proveer un crecimiento adecuado sin ocasionar lesiones en las patas. (5)

Aunque hay autores que relacionan un exceso de proteína con la aparición de deformaciones de las extremidades, pero se cree que la proteína *per se* no es causa directa de estas deformaciones. La explotación del avestruz es un tipo de producción relativamente nueva, con animales de escasa selección genética para la producción cárnica, pero existen trabajos que demuestran que existe una relación positiva al crecimiento a niveles superiores de proteína. Esto confirma que el avestruz tiene un potencial de crecimiento superior al que estamos obteniendo, pero al no estar seleccionado para soportar grandes ganancias de peso en un corto período de tiempo, que puede experimentar deformaciones de las extremidades en caso de no utilizar dietas equilibradas en todos los nutrientes. Aunque puede ser debido a otros factores (instalaciones, el suelo de la sala de cría, los niveles de vitaminas y minerales, la climatología y el manejo, prueba de ello es que con idénticas dietas en diferentes explotaciones hay presencia o no de problemas de extremidades. (4)

Los principales aminoácidos limitantes en la formulación de dietas son la lisina, la suplementación de lisina también puede ser necesaria en algunas

fórmulas, especialmente cuando se formulan raciones con bajo contenido de harina de soja, que es un ingrediente con una fuente óptima de lisina la metionina un aminoácido necesario para el crecimiento de la pluma. La metionina no es abundante en la mayoría de los cereales y forrajes, y por lo cual se debe suplementar frecuentemente en forma sintética en las raciones de los avestruces, la cistina, la treonina y el triptófano, todos los cuales deben ser tomados en cuenta en la definición de los límites nutricionales del pienso. Actualmente se sabe que influye más la composición aminoácido de la proteína que el nivel proteico, pero debemos respetar unos niveles mínimos de esta que permitan cubrir las necesidades para los otros aminoácidos. A continuación se presenta una tabla con las recomendaciones de la proteína bruta y aminoácidos según el período de edad del avestruz. (4) (6)

Tabla 6. Recomendaciones en proteína bruta y aminoácidos en % de materia seca

Periodo	Proteína	Lisina	Metionina	Azufrados	Arginina	Treonina	Isoleucina	Leucina
0-2 meses	25.5	1.25	0.36	0.69	1.15	0.76	1.03	1.70
2-4 meses	21.5	1.07	0.32	0.60	1.00	0.65	0.89	1.48
4-6 meses	17.1	0.90	0.27	0.50	0.85	0.55	0.76	1.22
6-10 meses	13.5	0.84	0.26	0.46	0.81	0.51	0.72	1.12
10-20 meses	8.5	0.63	0.20	0.35	0.61	0.38	0.54	0.84
Mantenimiento	8.0	0.27	0.11	0.21	0.32	0.17	0.16	0.33
Reproducción	14.0	0.68	0.32	0.53	0.70	0.53	0.51	0.88

Cilliers y Van Schalkwyk, 1994

3.4.5 Vitaminas y minerales

El avestruz es un animal que por su hábitat natural no tiene posibilidad de consumir grandes cantidades de vitaminas, pero si una pequeña variedad de ellas. Toda vitamina, en mayor o menor grado, es importante en el metabolismo del animal, recomendaciones para los niveles óptimos necesarios en unas buenas condiciones sanitarias y de manejo, están en la siguiente tabla: (4)

Tabla 8: Recomendaciones de vitaminas y minerales

Elementos	Cantidades / kg. De pienso		
	De 0-6 meses	Mas de 6 meses	Reproducción
Vitamina A, UI	12,000	9,000	15,000
Vitamina D, UI	3,000	2,000	2,500
Vitamina E, UI	40	10	30
Vitamina k, UI	3	2	3
Tiamina (B1), mg	3	1	2
Riboflavina (B2), mg	8	5	8
Piridoxina (B6), mg	4	3	4
Niacina, mg	60	50	45
Ácido pantoténico, mg	14	8	18
Cianocobalamina (B12), ppb	1000	10	100
Biotina, ppb	200	10	100
Ácido fólico, mg	2	1	1
Colina, ppm	5	1.5	5
Hierro, ppm	35	20	35
Cobre, ppm	15	15	15
Zinc, ppm	80	50	90
Manganeso, mg	120	80	120
Iodo, ppm	0.5	1	1
Selenio, ppb	300	150	300
Magnesio, mg	50	--	40
Cobalto, mg	0.1	0.3	0.1

Cilliers y Van Schalkwyk, 1994

Calcio y fósforo

El metabolismo del calcio y del fósforo en el organismo está estrechamente relacionado y regulado en parte por la vitamina D.

Estas dos vitaminas son necesarias para la formación y el mantenimiento del esqueleto y para la formación de la cascara de huevo. Dado el alto contenido en calcio del huevo, las necesidades de las reproductoras en este elemento son muy elevadas. La fuente más común de calcio es el carbonato cálcico, que tiene una buena disponibilidad -del 90 al 100%- y un contenido en calcio del 38-39%.(4)

Las vitaminas importantes para su suplementación incluyen las vitaminas A, D, E, K, B 12, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina, piridoxina, niacina, tiamina, riboflavina, y colina. (6)

La Vitamina E es de especial interés a causa de su pobre absorción por los pollitos recién nacidos y por dicha razón esta vitamina debe suplementarse con niveles más altos que los encontrados en la mayoría de las raciones de avicultura. (6)

En cuanto a la relación de calcio y fósforo, esta deberá ser de 1.5-2:1 en la ración. A continuación expongo una tabla de los niveles según el período:

Tabla 9: Niveles de calcio y fósforo en la dieta

Periodo	Calcio %	Fosforo %
Iniciación	1.2-1.5	0.40-0.45
Crecimiento	1.2-1.5	0.40-0.45
Mantenimiento	0.9-1.0	0.32-0.36
Reproducción	2.0-2.5	0.35-0.40

Scheideler, SE. 2007

3.5 Situación actual de la crianza de avestruz en Guatemala

En Guatemala sólo existen cinco granjas registradas por el Programa de Sanidad Avícola que se dedican a comercializar esta ave. Por ello, el mercado aún no está bien definido; por el momento, el negocio ha logrado posicionarse bien en el mercado sureño de Guatemala, pero las expectativas de los inversionistas es expandirse en todo el territorio nacional, pero para ello necesitan reducir costos y ofrecer un producto con precios más módicos para que pueda competir con otras carnes no solo en factores de salud y sabor sino también en económicos. Los productores aseguran que es un negocio muy prospero, ya que los costos de mantener un criadero son bajos y que se obtienen ganancias rápidamente.*

3.6 Libro de cálculo electrónico Excel

A un archivo en Excel se le llama libro. Cada libro contiene tres hojas de cálculo aunque se puedan eliminar o agregar según las necesidades. Cada hoja de calculo contiene columnas y filas que se interceptan para formar celdas en los que se introducen textos, valores, etc. Las etiquetas de la parte inferior del libro de trabajo permiten recorrer las hojas de cálculo con solo hacer clic en ellas. (1)

Celda: cada página de un libro es una hoja de cálculo separada, cada hoja de cálculo contiene una cuadrícula con columnas alfabetizadas y numeradas. El lugar donde se interceptan una fila y una columna forman un cuadro llamado celda. Cada celda tiene una referencia que incluye la letra de la columna y el número de fila (A1, B2, C3, etcétera). Puede introducirse datos y formulas en las celdas para crear sus hojas de cálculo. (1)

* Rudy Baumgart. 2011. Granja Maya Lorena (Comunicación Personal)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales y equipo

- Equipo de computo
 - Sistema Operativo: Windows XP profesional versión 2002
 - Microsoft Excel: versión 2007
 - Disco duro de 80 GB
 - 480 MB de memoria RAM
- Impresora
- Cartuchos de tinta para impresión
- Hojas papel bond
- Bolígrafo
- Memoria USB de 1 GB

4.2 Metodología

Diseñé una hoja de cálculo electrónica en Microsoft Excel que permite calcular los requerimientos nutricionales de los avestruces (energía, proteínas, y minerales), al ingresar el peso en kilogramos del ave.

Al obtener los valores de los requerimientos nutricionales que necesitan los avestruces se formula la ración utilizando los ingredientes que forman la dieta; de estos alimentos realicé una base de datos con sus valores bromatológicos. De esta

forma procedí a balancear la ración de forma que se cubran los valores para llenar sus requerimientos nutricionales diarios.

Permite el ingreso de valores bromatológicos de nuevos ingredientes para enriquecer la base de datos, pudiendo ser los alimentos que se produzcan en las fincas o bien, los que el productor tenga acceso

Una vez balanceada la ración, muestra la cantidad en kilogramos de cada ingrediente que se utilizará para la dieta, y de este modo el productor podrá proporcionar la cantidad adecuada de alimento que llene sus requerimientos nutricionales diarios, según el peso del ave.

Presenta un formato amigable para el operador, validación de datos para evitar la introducción de datos incorrectos.

Diseñe un manual de instrucciones de manejo del programa y elaborado en idioma español.

No necesita un mantenimiento rutinario del software, logrando que este sea sumamente económico y beneficioso para el productor.

4.3 Trabajo de campo

Actualmente en Guatemala se encuentran registradas en la base de datos del Programa de Sanidad Avícola con la siguiente distribución:

- ✓ Ecolaguna, Gualán, Zacapa
- ✓ Maya Lorena, San Jerónimo, Baja Verapaz (3)
- ✓ Ostrich Guate, Coban, Alta Verapaz

Visité las granjas de avestruces mencionadas anteriormente con el fin investigar los métodos que emplean para calcular los requerimientos nutricionales de los avestruces y para determinar cuáles son los principales alimentos que utilizan para formular la dieta

De igual forma visité Zoológico La Aurora así como la colección de avestruces del Turicentro Guateque para recabar información para mi estudio.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboré un programa en Microsoft Excel 2007, el cual al ingresar el peso en libras del avestruz, automáticamente genera a través de formulas los requerimientos nutricionales necesarios para el mantenimiento del ave.

- El peso metabólico del avestruz lo obtuve con la siguiente formula

$$(\text{Peso en kilogramos})^{0.75}$$

- Para el cálculo de proteína utilice la siguiente formula

$$\text{Peso Metabólico} * 3 \text{ gramos} = \text{gr}$$

- para el cálculo de energía utilice la siguiente formula

$$\text{Peso Metabólico} * 0.44 = \text{MJ}$$

- Para el cálculo de minerales utilice la siguiente formula

$$\frac{\text{Pérdida Endógena} * \text{Peso Corporal} * 100}{\% \text{ Digestibilidad}}$$

$$\% \text{ Digestibilidad}$$

Para el balanceo de ración procedí a dividir la cantidad de Energía entre la cantidad de alimentos que se desean incluir en la ración, para tener un total de megajoules que necesitara aportar cada alimento para satisfacer las necesidades del avestruz.

Para tener el total de kilogramos de cada alimento que se debe ofrecer al avestruz; se divide la cantidad de energía que debe proporcionar cada alimento entre la cantidad de energía en megajoules que aporta cada alimento seleccionado para formar la ración.

Procedí a multiplicar la cantidad de gramos de Materia Seca, Fibra Cruda, Energía(Mj), Proteína, Calcio, Fosforo, Sodio y Potasio que posee cada alimento por la cantidad de kilogramos que se le ofrecerá al avestruz en la ración; dado el caso que se utilice más de un alimento, realicé una tabla para la sumatoria de dos hasta cinco alimentos, para obtener el total de gramos de Materia Seca, Fibra Cruda, Energía, Proteína, Calcio, Fosforo, Sodio y Potasio de la combinación de varios alimentos. Esto con el fin de verificar si la ración cumple con los requerimientos nutricionales calculados.

Las formulas mencionadas con anterioridad fueron adaptadas al formato de Excel, para que el programa pudiera realizar los procedimientos necesarios para hacer un formato dinámico y automático.

VI. CONCLUSIONES

1. El uso de una hoja de cálculo para determinar los requerimientos nutricionales, es una herramienta práctica, que facilita la formulación de raciones alimenticias para avestruces en producción, obteniendo resultados que se obtienen de inmediato y de forma sencilla de utilizar para el operador.
2. La elaboración de una base de datos de los valores del análisis proximal de los alimentos es de gran importancia en la formulación de la ración alimenticia, ya que con las cambiantes condiciones climáticas y la disponibilidad de los alimentos es variable.
3. Mediante la elaboración de un manual operativo, se facilita el uso de la hoja de cálculo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Elaborar programas automatizados de cálculo de ración alimenticia, en otras especies animales de producción.
2. Actualizar la base de datos de los alimentos, cada vez que añada o sustituya un componente de la dieta de los avestruces.
3. Se debe pesar a los avestruces como mínimo al iniciar cada etapa de producción (iniciación, crecimiento, mantenimiento y reproducción) y volver a calcular la ración, para dar el óptimo rendimiento del alimento.
4. Evaluar la aceptación y conversión alimenticia que obtienen los avestruces consumiendo la ración alimenticia formulada y propuesta con el presente programa.
5. Anadir en la formula alimenticia piedritas para favorecer la trituración y digestión de la fibra.
6. Tomando en cuenta que los avestruces no necesitan grandes cantidades de vitaminas, pero si una pequeña variedad de estas, añadir suplementos vitamínicos para evitar de este modo las deficiencias nutricionales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Aitken, P. et al. 1997. Microsoft Office 97 Profesional 6 en 1. Trad RA Sánchez López. México, Prentice-Hall, Hispanoamericana, S.A. p. 215-338.
2. Ángel, RC. 1997. Normas de alimentación de avestruces (en línea). Consultado 08 sep. 2008. Disponible en <http://www.produccionbovina.com/producciondenandues/55alimentacion.pdf>
3. Base de datos electrónica del Programa de sanidad Avícola PROSA DEL Ministerio De Agricultura, ganadería y Alimentación MAGA. Censo hasta el 31 de jul. De 2008
4. Fernández, A. 2008. Nutrición del avestruz (en línea). Consultado 08 sep. 2008. Disponible en <http://usuarios.lycos.es/mayaostrich/nutricion.htm>
5. Nutrición (en línea). 2005. Consultado 08 sep. 2008. Disponible en: <http://www.agropavestruzca.com/NUTRI.htm>
6. Scheideler, SE; Sel, LE. 2007. Normas de nutrición de avestruces y emús (en línea). Consultado 08 sep. 2008. Disponible en http://www.geocities.com/raydelpino_2000/normasnutricionavestruz.html



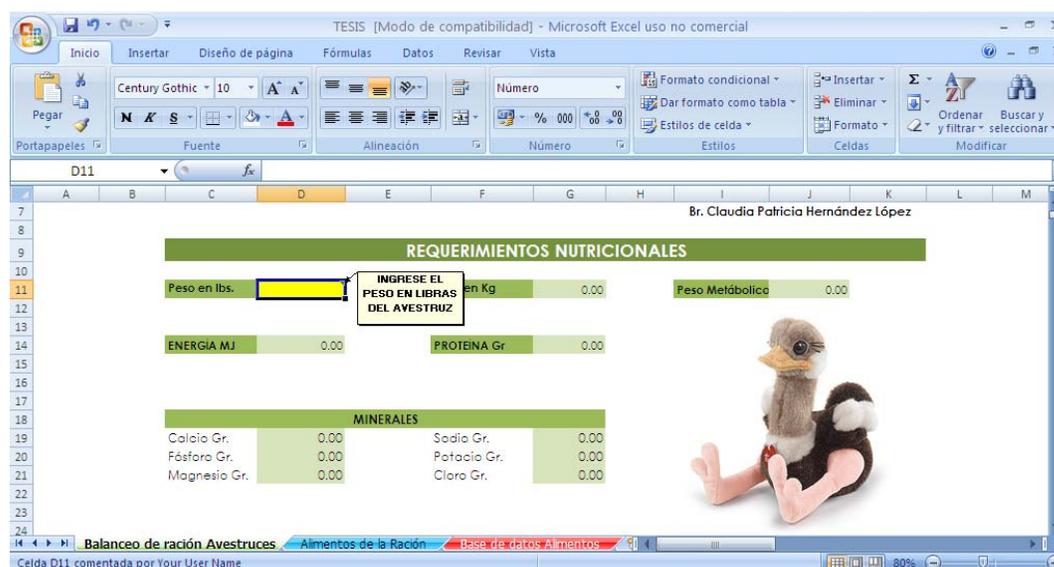
IX. ANEXOS

MANUAL DEL USUARIO

BALANCEO DE RACION PARA AVESTRUCCES

Requerimientos nutricionales

Posicione el cursor en la **Celda D11** que esta coloreada de amarillo e ingrese el peso en libras del avestruz.



Automáticamente después de haber ingresado el peso en libras del avestruz, se desplegará en las casillas vacías los valores correspondientes a peso en Kg., Peso Metabólico, Energía, Proteína y Minerales.

Balanceo de ración

Ingrese el número de alimentos que desea incluir en la ración en la **Celda D29** coloreada de amarillo, automáticamente se desplegará en la **Celda C33** la cantidad en megajoules (Mj) de aporte energético que debe proporcionar cada alimento que usted previamente selecciono de la “base de datos de alimentos” introdujo en la tabla de “Alimentos de la ración”.

En la **Celda F33** le indicara la cantidad en kilogramos (Kg) del primer alimento

En la **Celda G33** le indicara la cantidad en kilogramos (Kg) del segundo alimento

En la **Celda H33** le indicara la cantidad en kilogramos (Kg) del tercer alimento

En la **Celda I33** le indicara la cantidad en kilogramos (Kg) del cuarto alimento

En la **Celda J33** le indicara la cantidad en kilogramos (Kg) del quinto alimento

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'BALANCEO DE RACIÓN'. The interface includes the Microsoft Excel ribbon with tabs for Inicio, Insertar, Diseño de página, Fórmulas, Datos, Revisar, and Vista. The active cell is D29, containing the value '2.00'. A yellow box highlights this cell with the text '¿Cuantos Alimentos utilizará en la ración?'. To the right, a yellow box contains the text 'INGRESE EL NÚMERO DE ALIMENTOS QUE UTILIZARÁ PARA LA RACIÓN'. Below this, a table shows energy requirements (Aporte energético en MJ de cada alimento debe de ser) for five food items. The bottom table, 'Alimentos de la Ración', lists nutrients (Materia Seca, Fibra Cruda, Energía en (MJ), Proteína, Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio) for HENO and AVENA.

Aporte energético en MJ de cada alimento debe de ser	Alimento 1	Alimento 2	Alimento 3	Alimento 4	Alimento 5
5.25	0.55	0.38	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Alimento Gr/kg	Materia Seca	Fibra Cruda	Energía en (MJ)	Proteína	Calcio	Fósforo	Sodio	Potasio
HENO	50.93	15.54	5.25	8.92	0.72	0.13	0.04	1.37
AVENA	34.57	4.95	5.25	16.93	0.04	0.49	0.02	0.58

En la tabla de color celeste se indica la cantidad de gramos de Materia Seca, Fibra Cruda, Energía, Proteína, Calcio, Fosforo, Sodio, Potasio por cada kilogramo del alimento seleccionado para la ración.

En la tabla de color amarillo se encuentran los totales de la sumatoria de dos o más alimentos empleados en la ración, expresados en gramos de Materia Seca, Fibra Cruda, Energía, Proteína, Calcio, Fosforo, Sodio y Potasio por cada kilogramo del alimento



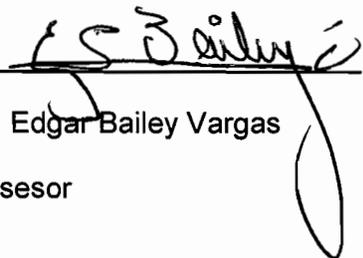
Br. Claudia Patricia Hernández López

200414026



Dr. Med. Vet. Hugo Pérez

Asesor Principal



Med. Vet. Edgar Bailey Vargas

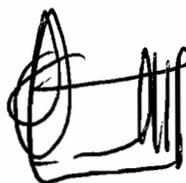
Asesor



Med. Vet. Lucrecia Motta

Asesor

IMPRÍMASE



Med. Vet. Leonidas Ávila

Decano

