

Efecto de la adición de ensilaje de maiz en la digestibilidad aparente de la dieta del avestruz (*Struthio camelus*, Var. *Domesticus*)

Effect of the inclusion of corn silage in the apparent digestibility of ostrich (*Struthio camelus*, Var. *Domesticus*) diets

Samuel Lozano Santillán^a, Armando Martínez de Anda^a, Raúl Ortiz Martínez^a, Teódulo Quezada Tristán^b, Eduardo Morales Barrera^c, Omar Francisco Prado Rebolledo^d, Arturo Gerardo Valdivia Flores^b

RESUMEN

Los avestruces tienen capacidad para digerir la fibra de los alimentos, pero no se han realizado estudios sobre la utilidad de incluir ingredientes de uso común en México, en la formulación de raciones integrales. Con el objetivo de evaluar la digestibilidad aparente (DA) o proporción en que son retenidos los nutrientes de los alimentos, se formularon dietas con concentraciones crecientes de ensilaje de maíz (EM: A: 0.00, B: 10.0, C: 20.0 y D: 30.0 %). Todas tenían la misma concentración de proteína cruda (12.5 %), fibra (16.0 %) y energía metabolizable (2.6 Mcal/kg). Con un diseño de cuadro latino 4x4, cada dieta se suministró consecutivamente a cada uno de cuatro avestruces de 12 meses de edad, en etapa de finalización, género macho. Después de un periodo de tres días de acondicionamiento, durante siete días se colectaron muestras de las dietas y de las heces; se estimó DA de materia seca (DAMS) y de proteína (DAP) y digestibilidad de fibra detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA). No se observaron diferencias significativas entre el consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia. Sin embargo, la inclusión de EM mejoró DAMS, DAP y FDA ($P < 0.05$). FDN presentó una probabilidad de 0.079. El costo de las dietas fue menor que el testigo conforme incrementó la inclusión de EM (10: 93.4, 20: 86.8 y 30: 81.1 %). Los resultados sugieren que la utilización del ensilaje de maíz, pudiera mejorar la eficiencia técnica y económica de la alimentación de los avestruces.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays*, Fibra ácido detergente, Fibra neutro detergente, Costo de dieta, Dieta integral, Formulación.

ABSTRACT

Ostriches can digest feed fiber; however, the usefulness of including forages common in Mexico in complete diets for this specie is unknown. The objective of the present study was to evaluate the proportion in which nutrients of complete diets which include corn silage (CS) were in fact digested. All diets (CS: A: 0.00, B: 10.0, C: 20.0 and D: 30.0 %) were formulated to satisfy minimum nutritional requirements of crude protein (12.5 %), fiber (16.0 %) and metabolic energy (2.6 Mcal kg⁻¹ feed). In a 4x4 Latin square design, four diets were consecutively dispensed to each one of four ostriches in its finalization stage (12 mo of age, males) for a 10 d period; the first 3 d as conditioning time and the other 7 d were considered on-test. Feed and feces were sampled in triplicate. Apparent digestibility (AD) of dry matter (DMAD), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were estimated. Statistically significant differences were not observed either in diet intake, weight increase or feed conversion index. However, inclusion of CS in diets allowed for a better performance for protein, NDF and ADF AD. Diet cost fell when CS content increased. Results of this study suggest that CS use in ostriches diet formulas, could increase technical and economic efficiency.

KEY WORDS: Ostrich, Corn, *Zea mays*, Silage, Acid detergent fiber, Neutral detergent fiber, Apparent digestibility, Complete diet, Diet cost.

Recibido el 12 de febrero de 2007 y aceptado para su publicación el 18 de septiembre de 2007.

^a Departamento de Disciplinas Pecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

^b Departamento de Clínica Veterinaria de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Av. Universidad 940, Cd. Universitaria, 20100, Aguascalientes, Ags., México. Tel/ fax (449) 9650062. avaldiv@correo.uaa.mx. Correspondencia al último autor.

^c Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

^d Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Colima.

La cría del avestruz (*Strutio camellus*, var. *domesticus*), ostricultura, ha venido creciendo en México, en base a la opinión generalizada de su capacidad para consumir y aprovechar alimentos con alto contenido de fibra, lo cual ya se ha demostrado mediante dietas marcadas radiactivamente, en que diversos compuestos derivados de celulosa, lignina y hemicelulosa, alcanzan tasas de incorporación relativamente altas (47 %)(¹). El proceso de digestión de la fibra en el avestruz se desarrolla en un intestino grueso muy largo (8.0 m) que ocupa el mayor volumen intestinal (57 %); lo cual muestra diferencias muy importantes con las dimensiones y proporciones anatómicas del pollo (2 cm; 3 %)(²). A pesar de que posee un orden de fermentación – absorción diferente a los rumiantes(³), el avestruz alcanza una eficiencia suficiente para degradar y utilizar el 60 % de la fibra detergente neutro (FDN)(⁴). Para que se efectúe la digestión posgástrica de la fibra, se lleva a cabo un proceso de avance lento del alimento por el tracto gastrointestinal, de aproximadamente 47.9 h, así como una colonización de microorganismos celulolíticos(¹). También presentan un mecanismo de aprovechamiento del nitrógeno no proteínico urinario, ya que los movimientos retrógrados en la cloaca permiten el aprovechamiento del ácido úrico proveniente de la orina, para ser utilizado por los microorganismos en el ciego(⁵).

Debido a que los avestruces silvestres tienen una selectividad alimenticia muy acentuada, caracterizada por una predilección hacia los forrajes anuales más que los perennes o arbustos(³), se han evaluado diferentes forrajes alternativos para la alimentación de las variedades domésticas(⁶). En otras especies animales, la calidad de los forrajes se ha estimado mediante la digestibilidad aparente (DA), es decir por la fracción no excretada de los nutrientes ingeridos(⁷). La cantidad de nutrientes que no aparecen en las heces, luego de su tránsito por el tracto digestivo, refleja en gran medida el nivel de aprovechamiento de los nutrientes suministrados, y permite estimar el potencial real de un ingrediente para ser aprovechado en la satisfacción de las necesidades nutricionales.

Ostrich (*Strutio camellus* var. *domesticus*) raising or Ostriculture has been gaining importance in Mexico these last few years, based on their known capacity to use efficiently high fiber content feeds. This effect has been shown by means of radioactive techniques in which diverse products derived from cellulose, hemicellulose and lignin show relative high rates (47 %) of absorption(¹). Fiber digestion process in ostriches takes place in a very long great intestine (8.0 m) which makes up most (57 %) of the intestinal volume, quite different from chickens (2 cm; 3 %)(²). Although the fermentation – digestion process of ostriches is quite different from that of ruminants(³), this specie can degrade and use neutral detergent fiber (NDF) with a 60 % efficiency(⁴). For a post-gastric digestion of fibers, feed advances very slowly in the gastrointestinal tract, approximately 47.9 h, aided by cellulolytic microorganisms(¹). Besides, ostriches have a protein non urinary nitrogen utilization mechanism, because retrograde movements of the cloaca allow utilization of uric acid in urine, finally used by microorganisms in the caecum(⁵).

Due to the fact that wild ostriches show a strong feeding selectivity, characterized by a predilection for annual forages in detriment of perennial and shrubs(³), several alternative forages were analyzed as feed for domestic varieties(⁶). In other animal species forage quality is estimated through apparent digestibility (AD), the non excreted fraction of total nutrient intake(⁷). The amount of nutrients not found in feces, after their passage through the digestive tract, reflects to a great extent the real consumption of supplied nutrients and allows estimating the real potential of a given ingredient to satisfy nutritional needs.

Corn is one of the most important forages in Mexico and its silage digestibility has been tested as bovine feed(⁸); however, not enough data is available either on the adequate use of local ingredients in complete diets for ostriches or on the use of corn silage (CS) as an ingredient in diet formulas. CS could have a high potential in ostrich feeding because of its low price and high fiber content. Due to this, the objective of the present study was to assess apparent digestibility of dry matter, protein, neutral detergent

La planta del maíz es uno de los forrajes más importantes en México y la digestibilidad de su ensilaje ha sido probada especialmente para la alimentación de bovinos⁽⁸⁾; sin embargo, no existe información suficiente sobre el uso adecuado de ingredientes locales para las dietas integrales de los avestruces ni sobre el uso de ensilaje de maíz (EM) como ingrediente en la formulación de las mismas, lo cual pudiera tener un potencial alto en la ostricultura debido a su precio bajo y su contenido de fibra. Por estas razones, el objetivo de este estudio fue evaluar la digestibilidad aparente de la materia seca, la proteína, de la fibra detergente neutro y de la fibra detergente ácido, de dietas integrales de avestruces formuladas con proporciones crecientes de ensilaje de maíz.

El estudio se realizó en la Posta Zootécnica de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), ubicada en el municipio de Jesús María, Aguascalientes, México; a 21° 58' 20" N y 102° 21' 44" O; altitud 1905 msnm; clima semiseco templado (BS1k), con lluvias en verano; promedio de precipitación anual 493 mm; temperatura anual promedio de 17.5 °C y humedad relativa promedio anual de 45.2 % (Estación Meteorológica Clave SMN No. 1098, Nombre: La Posta-UAA).

and acid detergent fiber in complete diets for ostriches formulated with an increasing content of corn silage.

This study was carried out at the Posta Zootecnica of the Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), located in the Jesús María municipality, State of Aguascalientes, Mexico (21° 58' 20" N, 102° 21' 44" W), at 1,905 m asl, 17.5 °C annual average temperature, mainly summer rainfall, 493 mm average annual rainfall, 45.2 % average annual moisture with a semidry temperate climate (BSk1). Data provided by the La Posta UAA Meteorological Station, (Key SMN No 1098).

Corn silage was prepared using an intermediate commercial hybrid (Pioneer 30640), harvested 98 d after planting, with a 45 % average ear concentration, 2/3 milk stage and 75,000 pl/ha density. The crop was fertilized twice with nitrogen, phosphorous and potassium, totaling 240-80-100 of each nutrient, respectively. Irrigation totaling 800 mm distributed in seven waterings, was provided through a central pivot system.

Increasing amounts of corn silage were included in the following diets, as follows: A: 0.00, B: 10.0,

Cuadro 1. Composición de las dietas isoprotéicas (12.5 %), isoenergéticas (2.6 Mcal/kg alimento) y con igual contenido de fibra (16.0 %)

Table 1. Composition of isoprotean (12.5 %), isoenergetic (2.6 Mcal/kg feed) diets having the same fiber content (16.0%)

| | Price (MXP/kg) | Diet (dry base) | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | | A | B | C | D |
| | | kg/t | | | |
| Corn silage | 0.40 | 0.000 | 100.000 | 200.000 | 300.000 |
| Alfalfa | 1.50 | 292.372 | 189.857 | 87.341 | 0.000 |
| Soybeans (46% CP) | 3.55 | 4.581 | 23.145 | 41.709 | 52.163 |
| Cottonseed | 3.40 | 200.000 | 200.000 | 200.000 | 200.000 |
| Soybean oil | 9.35 | 67.916 | 52.987 | 38.059 | 30.372 |
| Sorghum (9% CP) | 2.32 | 410.305 | 412.005 | 413.705 | 398.055 |
| Calcium carbonate | 0.55 | 7.557 | 11.056 | 14.556 | 16.286 |
| Lysine HCl | 16.00 | 4.405 | 3.912 | 3.418 | 3.124 |
| Vitamins and minerals | 11.31 | 7.038 | 7.038 | 7.038 | 7.038 |
| Cost (\$/t) | | 2,876.000 | 2,687.000 | 2,497.000 | 2,331.000 |
| Cost (% of diet A) | | 100.00 | 93.4 | 86.8 | 81.1 |

MXP=Mexican Pesos: CP=Crude protein:

Cuadro 2. Composición nutrimental de las dietas para avestruces

Table 2. Nutrient composition in ostriches' diets

| | Requirements ^a | Diets (dry base) | | | |
|-------------------------------|---------------------------|------------------|------|------|------|
| | | A | B | C | D |
| Energy (Mcal/kg) ^b | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 | 2.6 |
| Protein (total) | 12.0 – 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 |
| Fiber | 16.0 – 18.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 |
| Extract (nitrogen free) | — | 50.5 | 52.5 | 54.0 | 53.6 |
| Fat (raw) | — | 9.0 | 7.6 | 6.2 | 5.7 |
| Calcium | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 |
| Phosphorous | 0.32 | 0.40 | 0.41 | 0.42 | 0.45 |
| Arginine ^c | 0.81 | 0.89 | 1.00 | 1.11 | 1.20 |
| Leucine ^c | 1.12 | 1.11 | 1.16 | 1.22 | 1.25 |
| Lysine (total) ^c | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 | 0.84 |
| Methionine ^c | 0.26 | 0.26 | 0.28 | 0.29 | 0.32 |
| Threonine ^c | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |

^a Adapted from Cilliers *et al.* 1998.

^b Metabolic energy for ostriches (Carbajo *et al.*, 1997.)

^c Contents estimate based on NRC, 1994 and Carbajo *et al.*, 1997.

Se preparó el ensilaje con maíz híbrido comercial intermedio (Pioneer No. 30640, México), cosechado a los 98 días de la siembra, con una concentración promedio de 45 % de mazorca y un avance de línea de leche de 2/3 del grano. El cultivo de 75 mil plantas por hectárea se fertilizó con dos aplicaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, alcanzando una dosis total de 240-80-100 unidades de cada nutriente, respectivamente. Se administró una lámina de riego total de 800 mm, dividida en siete sesiones mediante un sistema de pivote central.

Se incluyeron proporciones porcentuales crecientes de ensilaje de maíz en las dietas siguientes: A: 0.00; B: 10.0; C: 20.0 y D: 30.0 %, y para complementar el porcentaje de fibra de las dietas con niveles bajos de ensilaje de maíz, fue utilizado heno de alfalfa molido como fuente alternativa (Cuadro 1). Se formularon las dietas con el módulo para becerros de un software nutricional (Nutrion ver. 4.00, 1999), cubriendo o excediendo las necesidades nutricionales estimadas para avestruces, considerando el nivel de proteína total (12.5 %), fibra (16.0 %) y energía metabolizable (2.6 Mcal/

C: 20.0 and D: 30.0 % and to complement fiber content in diets with low corn silage content, ground alfalfa hay was included as an alternative source (Table 1).

Diets were formulated by means of the calf module in a nutritional software (Nutrion v. 4.00, 1999), meeting or exceeding estimated needs for ostriches, taking into account crude protein (12.5 %), fiber (16.0 %) and metabolic energy (2.6 Mcal kg⁻¹). In order to assure diets' bromatological requirements, samples from each diet were obtained in each test period in triplicate. A proximal chemical and fractional analysis were carried out for dietary fiber⁽¹⁰⁾ using the following AOAC official methods and equipment⁽¹¹⁾: crude protein (Leco/FP-528, Dumas method No. 968.06), fat (Leco/TFE-2000, direct method No. 920.06), crude fiber (Lebconco SN-30001, Weende method No. 962.09) and fractional fiber (Ankom 200 for ADF analysis No. 973.18 and van Soest method for NDF⁽¹⁰⁾) using thermo stable \pm -amylase (Ankom, NY, USA). Results can be seen in Table 2. Amino acid content in diets was estimated taking into account the

kg)⁽⁹⁾. Para asegurar el cumplimiento de las especificaciones bromatológicas formuladas, se obtuvieron muestras de alimento por triplicado para cada dieta, en cada periodo de prueba y se realizó análisis químico proximal y fraccional de fibras⁽¹⁰⁾ por medio del equipo y métodos oficiales de la AOAC⁽¹¹⁾ siguientes: analizador de proteína cruda (Leco/FP-528, método de Dumas, No. 968.06), analizador de grasas (Leco/TFE-2000, método directo 920.39), analizador de fibra cruda (Labconco SN-30001, método de Weende No. 962.09) y analizador fraccional de fibras (Ankom 200) para análisis de FDA, No. 973.18 y método de van Soest para FDN⁽¹⁰⁾ con utilización de alfa amilasa termo estable (Ankom; NY, USA). Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 2. El contenido de aminoácidos de las dietas se estimó en base a la composición reportada para cada ingrediente y la digestibilidad verdadera de cada aminoácido en avestruces^(12,13).

La administración de la dieta se realizó en dos etapas. Previamente se preparó un solo lote de la fórmula de alimento balanceado que contenía los ingredientes secos. Posteriormente, el ensilaje de maíz húmedo se añadió en las cantidades indicadas, se mezcló con la fórmula y se administró inmediatamente a cada animal en comederos, dentro de corrales individuales con piso cubierto de lona plástica (Cuadro 3). El consumo se estimó diariamente pesando el alimento no consumido y ajustando la cantidad siguiente hasta exceder 10 % de la ración consumida.

La asignación de las dietas siguió un diseño de cuadro latino, 4 x 4⁽¹⁴⁾. Cuatro avestruces (hileras) en etapa de finalización (12 meses de edad; peso corporal: 102 ± 3.6 kg), machos, recibieron cada una de las dietas (columnas) de manera consecutiva. Cada dieta se administró durante diez días en dos fases, una consistente en tres días para su acondicionamiento y la otra, durante los siete días siguientes fue considerada como fase de prueba; durante esta segunda fase se recolectaron las heces producidas diariamente por cada animal, se deshidrataron, homogenizaron y se colectaron muestras por triplicado, obteniéndose un total de 336 muestras de heces (84 por cada dieta).

reported composition of each ingredient and real digestibility of each acid in ostriches^(12,13).

Diets were made in two stages. Previously, only one batch of the feed formula was prepared with the dry ingredients. Afterwards, moist corn silage was added in the specified amounts and then everything was mixed and given to animals in troughs placed inside each individual pen whose floor was covered with plastic canvas (Table 3). Consumption was calculated on a daily basis weighing non eaten feed and adjusting the next amount to surpass by 10 % the used ration.

Diets were allocated by means of a 4x4 Latin square design⁽¹⁴⁾. Four 12-mo old male ostriches (rows) in their finalization stage (body weight 102 ± 3 kg) were given each diet (columns) consecutively. Each diet was provided for 10 d in two phases, the first lasting 3 d for conditioning and the second for the following 7 d, was considered on-test, during this last phase, feces were collected daily in triplicate, later dried, homogenized, to make a total of 366 samples (84 for each diet). In addition, at the beginning and at the end of each diet period, blood samples were taken to test the health status of animals, with 3.0 ml vacuum tubes in duplicate from the brachial vein, with or without EDTA as anti-coagulant and blood serum was collected through coagulum retraction. Glucose, total protein, uric acid triglycerides, cholesterol, creatinine, urea and hematocrit were quantified. Also, hemograms with Wright's tinction⁽¹⁵⁾ were carried out and erythrocytes, heterophile leukocytes and lymphocytes were computed.

Cuadro 3. Relación de ensilaje de maíz y alimento balanceado en las raciones (kg)

Table 3. Ratio between corn silage and feed in rations (kg)

| Diet | Corn silage moist base | Feed (dry base) | Total |
|------|------------------------|-----------------|-------|
| A | 0.000 | 2.000 | 2.000 |
| B | 0.345 | 1.665 | 2.000 |
| C | 0.690 | 1.310 | 2.000 |
| D | 1.035 | 0.965 | 2.000 |

Cuadro 4. Valores productivos medios por dieta (Media ± EE)

Table 4. Average productive values for each diet (Mean ± SE)

| Variable | Corn silage (%) | | | | P |
|----------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | |
| Feed intake, g/d | 1.76 ± 0.06 | 1.78 ± 0.04 | 1.82 ± 0.04 | 1.79 ± 0.08 | 0.6915 |
| Body weight increase, kg/d | 0.21 ± 0.03 | 0.22 ± 0.03 | 0.20 ± 0.03 | 0.26 ± 0.02 | 0.3298 |
| Feed conversion index* | 9.4 ± 1.64 | 8.9 ± 1.40 | 9.9 ± 1.66 | 7.2 ± 0.44 | 0.5026 |
| Feed efficiency index** | 106 ± 17.0 | 112 ± 16.9 | 101 ± 17.2 | 139 ± 12.5 | 0.4600 |

* weight/intake increase.

** (1000/C = body weight (g) / feed (kg).

Cuadro 5. Digestibilidad de la fibra detergente ácido (ADF) y fibra detergente neutro (NDF) y digestibilidad aparente de la materia seca y de la proteína total de la dieta integral

Table 5. Acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) digestibility and apparent digestibility for dry matter and total protein of complete diets

| Component | Diet (corn silage %) | | | | Contrast (P) |
|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| | A (0.0) | B (10.0) | C (20.0) | D (30.0) | |
| Dry matter | 84.3 ± 1.06 | 87.1 ± 0.94 | 86.6 ± 1.01 | 88.4 ± 0.92 | 0.5102 |
| NDF | 17.5 ± 0.82 ^b | 24.4 ± 1.85 ^a | 17.7 ± 0.90 ^b | 21.1 ± 1.43 ^{ab} | 0.0214 |
| ADF | 20.5 ± 0.60 ^b | 23.4 ± 1.06 ^a | 21.6 ± 0.62 ^{ab} | 20.8 ± 0.76 ^{ab} | 0.0794 |
| Protein | 70.9 ± 2.43 ^b | 78.2 ± 1.60 ^a | 81.0 ± 1.19 ^a | 78.6 ± 2.1 ^a | <0.0001 |

^{ab} Means (± SE) with the same letter do not show significant differences with Tukey's test (P<0.05).

Adicionalmente, al inicio y al final del periodo de administración de cada dieta, como indicativo del estado de salud de las aves, se obtuvieron muestras sanguíneas con tubos al vacío de 3.0 ml, por duplicado de la vena braquial, con o sin EDTA como anticoagulante y se colectó suero sanguíneo mediante retracción del coágulo. Se practicó bioquímica sanguínea para cuantificar la concentración de glucosa, proteína total, ácido úrico, triglicéridos, colesterol, creatinina, urea y hematocrito. También se realizaron hemogramas con tinción de Wright⁽¹⁵⁾ y se cuantificaron eritrocitos, leucocitos heterófilos y linfocitos.

A las muestras de las heces se les realizaron análisis químico proximal y fraccional de

Feces samples were analyzed for proximal and fractional fiber content as described before^(10,11) for diets. Dry matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber digestibility were estimated in diets and apparent digestibility of corn silage by means of linear and quadratic regression⁽⁷⁾.

Data were processed through variance analysis⁽¹⁴⁾ and averages were compared by means of Tukey's standard ranges test and testing linear and quadratic contrasts of the control diet with all levels of corn silage, using the general linear models module of a statistical software⁽¹⁶⁾.

Diets formulated with corn silage were well accepted ostriches, and eaten voluntarily at 1.1 % of their

fibras^(10,11), como se indicó para las dietas. Se estimó la digestibilidad de la materia seca (DAMS), de la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) de las dietas en estudio y se calculó la digestibilidad aparente del ensilaje de maíz (DAEM) por regresión lineal y cuadrática⁽⁷⁾.

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza⁽¹⁴⁾ y las medias se compararon mediante la prueba de rango estudentizado de Tukey y probando los contrastes lineal y cuadráticos de la dieta control contra todos los niveles de inclusión de ensilaje de maíz, empleando el módulo de modelos lineales generales de un programa estadístico⁽¹⁶⁾.

Se observó que las dietas formuladas a base de ensilaje de maíz fueron apetecibles para los avestruces, y que las consumieron voluntariamente en una cantidad diaria de 1.1 % de su peso corporal en base a MS, lo cual representó 12.0 ± 1.0 kg de la dieta integral por semana en base húmeda. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el peso corporal, consumo del alimento, incremento de peso corporal e índices de conversión y eficiencia alimenticia (Cuadro 4).

Sin embargo, cuando se evaluó el incremento paulatino de la DA de las dietas en función del nivel de inclusión de EM (Figura 1), se observó que en la regresión cuadrática el nivel más bajo lo obtuvo el nivel control sin inclusión de este forraje. En la estimación de la regresión lineal se calculó una pendiente positiva (0.014 ± 0.032), significativamente diferente de cero ($P < 0.01$) con una coordenada al origen de 85.1 ± 0.95 .

El Cuadro 5 muestra que en comparación de contrastes ortogonales con la dieta control (0.0 % de EM), la FDN y la proteína presentaron diferencias significativas contra el conjunto de los niveles de inclusión de EM; además de que los diferentes componentes de la dieta tuvieron su mejor digestibilidad cuando se añadió un 10 % de EM a la dieta integral, mientras que el nivel de 30 % fue superior a la dieta control solamente en MS y proteína ($P < 0.05$).

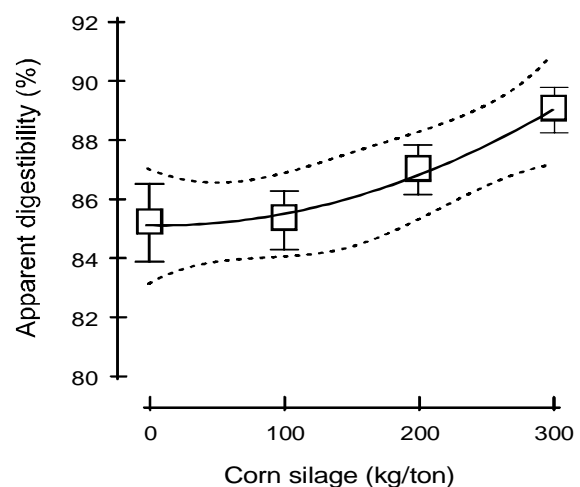
body weight (DM base), equivalent to 12.0 ± 1.0 kg of the complete diet (moist) weekly. No significant differences were observed for body weight, feed intake, body weight increase and feed conversion and efficiency indices (Table 4).

However, when the increase of digestibility in diets against CS content was assessed (Figure 1), the quadratic regression at the lowest level was observed in the control treatment (0.0 % corn silage). When estimating the linear regression, a positive slope (0.014 ± 0.032) was obtained, significantly different from 0 ($P < 0.01$), with a coordinate of origin of 85.1 ± 0.95 .

In Table 5 the orthogonal contrast comparison between the control diet (0.0% CS), NDF and CP show significant differences against all CS inclusion levels. Besides, different diet components showed the best digestibility when 10 % of CS was added to the complete diet, while the 30 % level was

Figura 1. Digestibilidad aparente de la dieta de acuerdo al nivel de ensilaje de maíz incluido (valores promedio \pm EE).

Figure 1. Apparent digestibility of diets in accordance with corn silage level (average values \pm SE)



The estimated line calculated by means of the quadratic regression equation is shown ($w=85.1 - 0.0014X + 0.0001X^2$) and also the confidence interval at 95 % (dotted lines)

No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de los análisis hematológicos obtenidos con cada uno de los porcentajes de inclusión de ensilaje de maíz (Cuadro 6).

En el presente estudio se observó que las dietas elaboradas con EM fueron apetecibles para los avestruces y su consumo fue adecuado para satisfacer sus requerimientos nutricionales, lo que coincide con lo reportado previamente por otros autores que señalan que el avestruz tiene capacidad de utilizar la fibra de diversos alimentos de origen vegetal y mantener su funcionamiento zootécnico⁽¹⁹⁾. Este comportamiento alimenticio tan amplio le permite sobrevivir en ambientes extremos, lo cual es compartido por otras especies de aves silvestres. Por ejemplo, el guajolote silvestre, al igual que el avestruz, es un omnívoro oportunista que basa su alimentación de acuerdo con la abundancia, diversidad y disponibilidad del alimento; en un estudio realizado en Aguascalientes, México⁽²⁰⁾, se encontró que de 26 especies de vegetales, siete de insectos y un molusco encontrados en la dieta de guajolotes locales, las especies con mayor ocurrencia fueron: *Trifolium sp.* y *Zea mays*.

better than the control diet only for DM and CP ($P < 0.05$).

No significant differences were found between results of the hematological analyses obtained in each diet (Table 6).

In the present study it was seen that diets which included CS were well accepted by ostriches and consumption was enough to satisfy their nutritional requirements. This information coincides with that of other authors who mention that ostriches can use fibers of diverse vegetable origins and maintain their zootechnical process⁽¹⁹⁾.

This wide-ranging feeding behaviour allows ostriches to survive in demanding environments, a characteristic shared with other wild bird species. For example, wild turkey (*Meleagris gallopavo var. mexicana*, Gould, 1856), the same as ostriches, is an opportunistic omnivore who bases its feed intake in accordance with abundance, diversity and availability of diverse feedstuffs. In a study carried out in Aguascalientes, Mexico⁽²⁰⁾, 26 vegetable species, seven insect species and one mollusk were

Cuadro 6. Valores de bioquímica sérica y hematológicos promedio por dieta (Media ± EE)

Table 6. Serum and hematologic biochemical average values for each diet (Mean ± SE)

| Variable | Units | Reference* | Corn silage (%) | | | |
|-----------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Uric acid | mg/dl | 9.1 ± 4.0 | 9.1 ± 0.24 | 9.2 ± 0.22 | 9.0 ± 0.16 | 9.1 ± 0.17 |
| Cholesterol | mg/dl | 100 ± 38 | 92.4 ± 1.40 | 93.8 ± 1.50 | 92.8 ± 1.0 | 94.0 ± 0.92 |
| Creatinine | mg/dl | .04 ± 0.1 | 0.44 ± 0.03 | 0.49 ± 0.03 | 0.49 ± 0.03 | 0.48 ± 0.03 |
| Glucose | mg/dl | 245 ± 50 | 206 ± 2.95 | 208 ± 3.8 | 209 ± 3.2 | 207 ± 3.5 |
| Protein (total) | g/dl | 3.8 ± 0.7 | 3.7 ± 0.14 | 4.0 ± 0.12 | 3.9 ± 0.16 | 4.0 ± 0.08 |
| Triglycerides | mg/dl | 130 ± 119 | 105 ± 2.2 | 105 4.4 | 107 ± 3.2 | 107 ± 2.0 |
| Urea | mg/dl | 1.1 ± 0.5 | 0.91 ± 0.12 | 0.90 ± 0.07 | 0.94 ± 0.13 | 0.93 ± 0.07 |
| Erythrocytes | 10 ⁶ /ml | 1.3 a 2.1 | 1.80 ± 0.13 | 1.64 ± 0.19 | 1.91 ± 0.20 | 1.86 ± 0.17 |
| Hematocrit | % | 30 a 40 | 38.5 ± 0.85 | 38.9 ± 1.09 | 37.8 ± 1.15 | 37.9 ± 0.88 |
| Heterophiles | % | 56.1 a 63.6 | 66.9 ± 3.3 | 67.5 ± 3.3 | 68.1 ± 4.0 | 68.6 ± 3.5 |
| Leukocytes | 10 ³ /ml | 5.2 a 7.5 | 5.8 ± 0.14 | 5.9 ± 0.12 | 5.9 ± 0.14 | 5.9 ± 0.11 |
| Lymphocytes | % | 27 a 39.8 | 33.9 ± 3.7 | 33.4 ± 2.6 | 33.0 ± 3.2 | 34.6 ± 2.9 |

* Levy, 1989⁽¹⁷⁾; Okotie-Eboh et al., 1992⁽¹⁸⁾

En este estudio, el consumo, el incremento de peso y la conversión alimenticia de los avestruces no presentaron diferencias estadísticas significativas entre las dietas con diferente contenido de EM, lo cual sugiere que el incremento del contenido de ensilaje de maíz, desde 0 hasta 30 %, no afectó negativamente la eficiencia alimenticia de estas aves y se mantuvo su ritmo de crecimiento de acuerdo con la etapa en la que se encontraban los avestruces⁽²¹⁾.

Se observó que la digestibilidad aparente de la dieta integral fue mejorada ($P < 0.01$) conforme se incrementó la concentración de ensilaje de maíz. Este hallazgo sugiere que la utilización del maíz forrajero fue una buena alternativa para sustituir al heno molido de alfalfa, con el cual se balanceó la fibra de las dietas empleadas en este estudio. El heno de alfalfa ha sido considerado como un forraje de buena calidad⁽²²⁾ por lo cual pudiera asumirse que el EM fue comparable en la alimentación de los avestruces y que el aprovechamiento de ambos ingredientes fue similar durante la fermentación de la fibra en el intestino grueso de los avestruces. Adicionalmente, el maíz forrajero tiene cualidades deseables para la alimentación como amplia disponibilidad, precio módico y calidad nutricional aceptable⁽⁸⁾. El precio de la alfalfa es más alto, y la calidad en el mercado es más heterogénea en el transcurso de las estaciones anuales, por la mezcla de pastos y malezas.

Es conveniente destacar que nuestros resultados sugieren que aún a la concentración más alta (30 %), la adición del ensilaje de maíz no deteriora digestibilidad de las dietas que lo contienen. De manera coincidente se ha recomendado en países donde la ostricultura es una actividad económica cotidiana, incrementar gradualmente otras pasturas, como alfalfa y avena, hasta contenidos de 50 a 55 % de la dieta^(4,5,6).

Adicionalmente, en este estudio la digestibilidad de la fibra detergente neutro presentó diferencias estadísticas significativas al contrastar el alimento control contra los diferentes niveles de inclusión de ensilaje de maíz; sin embargo, este efecto fue evidente solamente cuando se añadió un 10 % de

found in wild turkey diets, being the more common ingredients *Trifolium spp.* and *Zea mays*.

In the present study, consumption, weight increase and feed conversion did not show statistically significant differences between the diets being analyzed, which suggests that the varying CS content, from 0 to 30 %, did not have a negative impact on feeding efficiency of ostriches and that their growth rate stayed at a normal level for the corresponding stage of development⁽²¹⁾.

A fact that surfaces in this study is that apparent digestibility of the complete diet improves as the CS content in diets increases ($P < 0.01$). This finding suggests that using forage corn was a beneficial alternative to ground alfalfa hay, which helped balance fiber content of the diets used in this study. Alfalfa hay has been considered a good forage⁽²²⁾, therefore it can be safely assumed that CS is of comparable value for feeding ostriches and that utilization of both ingredients is similar during fiber fermentation in the large intestine. In addition, forage corn has all the desirable characteristics a feed should have, wide availability, reasonable price and acceptable nutritional quality⁽⁸⁾. The price of alfalfa is higher and its quality varies seasonally owing to the diverse weeds and grasses that usually are found in its hay.

It should be mentioned that results obtained in this study suggest that even at the higher CS proportion (30 %), diet digestibility is not impaired. Coincidentally, in other countries in which Ostriculture is more developed and common, gradual increase of other forages, as alfalfa and oats, up to 50 or 55 % of the diet has been recommended^(4,5,6).

In addition, in this study, neutral detergent fiber showed statistically significant differences when the control diet was compared to the other diets. However, this effect was evident only at the 10 % CS level of the complete diet. Acid detergent fiber also showed better digestibility at this CS level. Besides, complete diet formulas, with increasing CS, corn and soybean meal content, improved apparent protein digestibility in all CS levels

ensilaje de maíz a la dieta integral. También la fibra detergente ácido tuvo mejor digestibilidad al nivel del 10% de EM. Además de que las fórmulas de las dietas integrales, con el aumento en la proporción de inclusión de ensilaje de maíz y pasta de soya, mejoraron la digestibilidad aparente de la proteína en todos los niveles de inclusión de EM ($P < 0.01$), lo cual sugiere que el óptimo técnico de inclusión de EM se encuentra entre el 10 a 30 %. Al respecto se ha señalado⁽¹⁾ que el cálculo de la digestibilidad aparente de la proteína en los avestruces pudiera ser un buen indicador de la digestibilidad real, ya que en el intestino grueso de estas aves se lleva a cabo un proceso de fermentación y producción de biomasa bacteriana, lo cual modifica la concentración de proteína en las heces. Esto puede estar relacionado con la estimación de que el 75 % de la proteína en las heces proviene de la dieta, mientras que el restante porcentaje corresponde a la microbiota intestinal⁽¹⁾.

También se ha propuesto⁽⁶⁾ que los avestruces son capaces de utilizar la fibra de los alimentos de manera más eficiente que el pollo y obtener energía proveniente de polisacáridos no almidonosos, tales como beta glucanos y arabinosilanos, lo cual permite formular dietas de costo menor para los avestruces. En estudios *in vitro* se ha mostrado que el ensilaje de maíz, la harina de alfalfa y la pasta de soya poseen una buena digestibilidad de acuerdo a su composición química⁽²³⁾; además de que la digestibilidad aparente de la materia seca, extracto etéreo y proteína no son influidos por la edad, como ocurre con la fibra que alcanza su máximo nivel al año de edad del avestruz⁽²⁴⁾. En este estudio se observó una mejoría en la digestibilidad en las formulaciones de las tres dietas con ensilaje de maíz, pero el efecto individual de los otros ingredientes comunes a todas las dietas empleadas, como la pasta de soya, no fue probado.

Tampoco se evaluó en este estudio el impacto de carbohidratos no estructurales de las dietas, especialmente almidón y azúcares que pudieran tener un gran impacto en la calidad de la dieta y la eficiencia digestiva de la fermentación

($P < 0.01$), which could lead us to suppose that the optimal CS content ranges between 10 and 30 %. It has been suggested⁽¹⁾ that apparent protein digestibility could be a safe enough guide of real digestibility, because in the large intestine fermentative processes and bacterial biomass production take place which modify protein content in feces. This could be related to the fact that 75 % of protein in feces come from feed intake and the remainder from intestinal microbiota⁽¹⁾.

It has also been suggested⁽⁶⁾ that ostriches can use food fiber more efficiently than chickens and to obtain energy from non-starch polysaccharides, such as beta glucans and arabinosilanes which allows to formulate lower cost diets for ostriches. In *in vitro* studies, corn silage, alfalfa flour and soybean meal show good digestibility in accordance with their chemical composition⁽²³⁾. Besides, dry matter (DMAD), etheral extract and protein apparent digestibility are not influenced by age, as is the case of fibers who show their maximum values at 12 mo of age⁽²⁴⁾. In the present study an improvement in digestibility of the three diets containing corn silage was observed, but the individual effect of the other ingredients present in all analyzed diets, as soybean meal was not tested.

Non structural carbohydrate impact in diets, especially starch and sugars, was not assessed in this study even though they could influence diet quality and microbial fermentative efficiency in the large intestine in ostriches, as is the case of ruminants⁽¹⁰⁾, where these compounds can modulate lactic acid production and deeply influence digestive efficiency.

Results obtained in this study suggest that it should not be necessary to look at higher CS levels because it becomes difficult with 20 or 30 % CS contents to meet estimated protein and energy needs of ostriches⁽⁹⁾.

Diet cost decreased to 93.5, 87.0 and 81.2 % of the isoprotean and isoenergetic control diet (0% CS) when 10, 20 and 30 % CS was included, respectively. This suggests that CS use in diets reduces feeding costs based on inputs, allowing for

microbiana del intestino grueso del avestruz, como ocurre con los rumiantes⁽¹⁰⁾, en donde estos compuestos son capaces de modular la producción de ácido láctico e influir grandemente en la eficiencia digestiva.

Nuestros resultados sugieren que no sería necesario explorar niveles más altos de inclusión de EM, ya que de por sí, el 20 ó 30 % representan una dificultad para cubrir las necesidades de proteína y energía estimadas para los avestruces⁽⁹⁾.

El costo por kilogramo de la dieta a base de ensilaje de maíz se redujo progresivamente a 93.5, 87.0 y 81.2 %, cuando éste se incluyó en 10, 20 ó 30 %, respectivamente, en comparación con la dieta isoproteica e isoenergética que no contenía el ensilaje de maíz, lo cual sugiere que la utilización del ensilaje de maíz reduce el costo del alimento por concepto de insumos, y permite tomar decisiones en relación a la conveniencia económica.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los resultados de los análisis hemáticos, celulares y bioquímicos obtenidos con cada uno de los porcentajes de inclusión de ensilaje de maíz, además de que los valores encontrados no fueron diferentes de los esperados en aves sanas^(17,18); por lo que se infiere que la dieta no indujo cambios en estos valores bioquímicos y celulares hemáticos, ni se observó alguna evidencia de que la dieta produjera alteraciones en la salud de los avestruces.

En síntesis, las dietas integrales formuladas a base de ensilaje de maíz fueron aceptadas por los avestruces; su digestibilidad aparente se mejoró, la fibra detergente ácido y la proteína bruta tuvieron mejor digestibilidad cuando se añadió ensilaje de maíz y pasta de soya a la dieta integral. Los parámetros bioquímicos y celulares sanguíneos no presentaron diferencias significativas entre los animales que consumieron las diferentes dietas. Adicionalmente, el costo por kilogramo de la dieta se redujo proporcionalmente al porcentaje de inclusión de energía metotalizable.

decision making taking into account economic interests.

No significant statistical differences between results of hematological, cellular and biochemical analyses were found for all CS contents. Besides, values obtained were those to be expected in healthy ostriches^(17,18). This allows surmising that diets did not either bring about changes in biochemical and hematological parameters or provide evidence of changes for the worse in ostriches' health.

In conclusion, complete diets formulated with CS were well accepted by ostriches, overall apparent digestibility improved, neutral and acid detergent fiber digestibility also improved when soybean meal and CS were added to a complete diet. Biochemical and blood cell biochemistry did not show statistically significant differences between animals that were fed with different diets. In addition, diet cost decreased in proportion to corn silage content.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank funding of this study by several organizations including CONACYT through project SIHGO-200000201011, the Universidad Autónoma de Aguascalientes, through project PIP/PT 01-1, Fundación Produce Aguascalientes and Teixeira Foods de Mexico S.A. Technical support was provided by the Departamento de Disciplinas Pecuarias and by M.C. Ma. Guadalupe Acero Godínez.

End of english version

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo financiero complementario recibido de CONACyT (SIHGO-No. 20000201011), la Universidad Autónoma de Aguascalientes (PIP/PT 01-1), la Fundación PRODUCE-Aguascalientes así como de Teixeira Food de México S. A. Se agradece el apoyo técnico del Departamento de

Disciplinas Pecuarias y de MC Ma. Guadalupe Acero Godínez.

LITERATURA CITADA

1. Swart D, Mackie RI, Hayes JP. Fermentative digestion in the ostrich (*Struthio camelus* var. *Domesticus*), a large avian species which utilizes cellulose. *South African J Anim Sci* 1993;(23):127-135.
2. Fowler ME. Comparative clinical anatomy of Ratites. *J Zool Wildlife Med* 1991;(22):204-227.
3. Aganga A, Aganga AO, Omphile UJ. Ostrich feeding and nutrition. *Pakistan J Nutr* 2003;(2):60-67.
4. Swart D, Kemm EH. Effect of dietary protein and energy concentration on the growth performance and Fletcher production of ostriches. *South African J Anim Sci* 1985;(15):146-150.
5. Orengé CO, Mathiu PM, Mbugua PN. Nitrogen retention as an indicator of metabolic utilization of nitrogen in three months old ostrich chicks (*Struthio camelus* massaicus). *Afri J Ecol* 2002;40(4):399-400.
6. Cilliers SC. A comparison of metabolizable energy values of lucerne and barley between young and mature ostriches. *Arch Anim Nutrit* 1998;(51):77-82.
7. Castellanos A, Llamas G, Shimada A. Manual de técnicas de investigación en rumiología. México: Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México. 1990.
8. Núñez HG, Faz CR, Tovar GMR, Zavala GA. High Digestibility corn híbridos for forage in northern Mexico. *Tec Pecu Méx* 2001;39(2):77-88.
9. Cilliers SC, Hayes JP, Sales J, Chwalibog A, Du Preez JJ. The additivity of TME_n values of various ingredients in a complete diet for ostriches and adult roosters. *Anim Feed Sci Tech* 1998;71(3):369-373.
10. Van Soest P, Robertson J Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci*;(74):3583-3597.
11. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 17th ed. Maryland, USA: AOAC International; 2002.
12. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. Ninth rev. ed. Washington, DC, USA: National Academy Press; 1994.
13. Carbajo E, Castello F, Castello J, Gurri A, Marín M, Mesia J, Sales J, Sarasqueta D. Cría de avestruces, emues y ñandues. 2a ed. Barcelona, España: Real Escuela de Avicultura; 1997.
14. Steel RGD, Torrie JH. Principles and procedures of Statistic: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co; 1980.
15. Vives JL, Aguilar JL. Manual de técnicas de laboratorio en hematología. México: Ed. Masson-Salvat; 1992.
16. SAS. SAS/STAT User's Guide (Release 8.1). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 1999.
17. Levy A. Hematological parameters of the ostrich (*Struthio camelus*). *Avian Pathol* 1989;18:321-327.
18. Okotie-Eboh G, Bailey CA, Hicks KD, Kubena LF. Reference serum biochemical values for emus and ostriches. *Am J Vet Res* 1992;(53):37-40.
19. Gandini GC. Preliminary investigation into nutrition of ostrich chicks (*Struthio camelus*) under intensive conditions. *J South Africa Vet Ass* 1986;(57):39-42.
20. Márquez-Olivas M, García-Moya E, González-Rebeles C, Tarango-Arámbula LA. Composición de la dieta del guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo* mexicana, Gould, 1856) reintroducido en "Sierra Fría", Aguascalientes, México. *Vet Mex* 2005;(36):395-409.
21. Dean WRJ. Diet, morbidity and reproductive potential of ostriches. *Wildlife Ranch* 1994;(8):8-16.
22. González ASX, Díaz SH, López TR, Aizpuru GE, Garza CHM, Sánchez RF. Intake, nutritive quality and botanical composition of a mixture of alfalfa and perennial forage allowances. *Tec Pecu Méx* 2004;42(1):29-37.
23. Bovera F, D'Urso S, Calabro S, Tudisco R, Meo CD, Nizza A. Use of faeces as an alternative inoculum to caecal content to study in vitro feed digestibility in domesticated ostriches (*Struthio camelus* var. domesticus). *Br Poult Sci* 2007;(48):354-62.
24. Nizza A, Di MC. Determination of apparent digestibility coefficients in 6-, 12- and 18-week-old ostriches. *Br Poult Sci* 2000;(41):518-20.