

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE FISIOLOGÍA Y GLUCORREGULACIÓN EN
AVESTRUCES (*Struthio camelus*) COMO MÉTODO DIAGNÓSTICO EN
TRASTORNOS METABÓLICOS**

EDINSON ANDRES ESCOBAR BUESAQUILLO



**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA
POPAYÁN
2020**

**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE FISIOLOGÍA Y GLUCORREGULACIÓN EN
AVESTRUCES (*Struthio camelus*) COMO MÉTODO DIAGNÓSTICO EN
TRASTORNOS METABÓLICOS**

EDINSON ANDRES ESCOBAR BUESAQUILLO

Trabajo de grado para optar por el título de Médico Veterinario

**TUTORES: LIDA MAMIAN MV. MSc
FERNANDO CASTRO MV PhD**



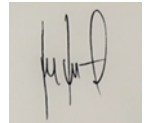
**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
PROGRAMA MEDICINA VETERINARIA
POPAYÁN**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El presente trabajo de grado ha
sido aceptado como uno de los
requisitos para optar el título de
Médico Veterinario

Lida Yamiañ Ruiz

Directora de trabajo de grado



Coodirector trabajo de grao



Jurado

Julian A. Valencia G.

Jurado

Santiago de Cali, 23 de noviembre de 2020

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
3. JUSTIFICACIÓN	6
4. OBJETIVOS	8
4.1 Objetivo general	8
4.2 Objetivos específicos	8
5. MARCO TEÓRICO.....	9
5.1 Generalidades	9
5.1.1 Evolución de la especie.....	10
5.1.2 Clasificación taxonómica.....	12
5.1.3 Subespecies.....	13
5.1.4 Dimorfismo sexual.....	13
5.1.5 Alimentación.....	14
5.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL AVESTRUZ	17
5.3 FUNCIÓN DE LA PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS, ENERGÍA Y CALCIO EN LA DIETA DEL AVESTRUZ	18
5.3.1 Proteína y aminoácidos.....	18
5.3.2 Energía.....	18
5.3.3 Calcio	18
5.4 FISIOLOGÍA DE LA GLUCOSA.....	20
5.4.1 Generalidades de la glucohomeostasis	22
5.4.2 Obtención de energía a partir de la glucosa.....	24
5.5 INSULINA	29

5.5.1 La insulina y la síntesis proteica como depósito de glucógeno en el músculo	31
5.6 GLUCAGÓN	32
5.7 CICLO DE KREBS O DEL ÁCIDO CÍTRICO O ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS	33
5.7.1 Oxidación celular o fosforilación oxidativa	34
5.7.2 Glucolisis	34
5.7.3 Gluconeogenesis y control de glucosa en sangre	35
5.8 MANEJO DE PACIENTES CON HIPOGLUCEMIA E HIPERGLUCEMIA.....	36
5.9 DIABETES MELLITUS.....	38
5.9.1 Tipo I (Insulina dependiente)	38
5.9.2 Tipo II (No dependiente de insulina).....	38
5.9.3 Diabetes mellitus gestacional	39
5.9.4 Diabetes producida por otras causas	39
5.9.5 Diagnóstico de la diabetes mellitus	39
5.9.5.1 Signos clínicos	39
5.9.5.2 Poliuria y polidipsia.....	39
5.9.5.3 Pérdida de peso	40
5.9.5.4 Polifagia.....	40
5.9.5.5 Cataratas.....	40
5.9.6 Pruebas de laboratorio	41
5.9.6.1 Hemograma.....	41
5.9.6.2 Perfil bioquímico	41
5.9.6.3 Uroanálisis.....	41
5.9.7 Curva de tolerancia a la glucosa	42

5.9.8 Niveles de insulina	42
5.9.9.1 Tratamiento	43
5.9.9.2 Monitoreo	44
6. PRUEBAS DE GLUCOMETRÍA.....	45
6.1 Glucometría colorimétrica.....	45
6.2 Glucometría digital	45
7. MARCO METODOLÓGICO	47
7.1 Materiales.....	47
7.2 Metodología.....	47
7.3 Línea de investigación.....	47
8. DISCUSIÓN	48
9. CONCLUSIONES.....	51
Bibliografía.....	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica.....	9
Tabla 2. Valores de glucosa en avestruces pre y post prandial en hembras y machos	26
Tabla 3. Valores de glucosa de distintas especies de Psittaciformes del género Amazona.....	26
Tabla 4 Valores de glucosa en Loras Común Amazona ochrocephala alojadas en el centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre CAV.	26
Tabla 5. Valores de glucosa en plasma sanguíneo en pollos sometidos a diferentes condiciones de estrés	27
Tabla 6. Concentración de glucosa plasmática en dos estirpes de pollos de engorde a los 42 días.....	27
Tabla 7. Niveles de glucosa en algunas especies de aves.....	28
Tabla 8. Valores referenciales de glucosa e insulina en diferentes especies de aves domésticas y silvestres	30
Tabla 9. Niveles de insulina en algunas especies de aves	42
Tabla 10. Dosis de administración de insulina en algunas especies de aves	44

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Ilustración 1. Diferencia entre avestruz hembra y macho	14
Ilustración 2. Proceso de Glucolisis.	35
Ilustración 3. Glucómetro digital.....	46

ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Base de datos incluidos mayores al 2015.....	59
---	----

RESUMEN

El metabolismo de la glucosa en aves, se relaciona directamente con la secreción de insulina, ya que esta hormona ejerce una función anabólica y a la vez esa respuesta se refleja en el crecimiento de estas. Es escasa la información que se tiene sobre la glucosa en aves y su relación con enfermedades metabólicas como la Diabetes mellitus; se recopiló información sobre los avestruces, la fisiología de la glucosa, su glucorregulación, el ciclo de Krebs, valores referenciales y su interacción en enfermedades metabólicas, comprendiendo a fondo su importancia y analizando además las pruebas de glucometría implementadas tanto en otras especies animales como en humanos, como una ayuda diagnóstica práctica a nivel de campo; por último se comparó la literatura encontrada en las diferentes bases de datos respecto a los valores de glucemia en avestruces y otras aves.

Se llevó a cabo una revisión de literatura y una búsqueda sistemática con ayuda de buscadores académicos; los valores reportados de insulina en avestruces van desde 114.0 mg/dl hasta 361.0 mg/dl, en comparación con los valores reportados para una presencia de una Diabetes Mellitus con valores que van desde 500 – 1800 mg/dl; de igual manera los valores reportados en otras aves como en los pollos, donde pueden alcanzar valores casi de 400mg/dl esto debido al estrés en su manejo resultando en una hiperglucemia transitoria; también se resalta los valores más elevados de glucemia en hembras que en machos, como característica de sus actividades de crianza, incubación y cortejo; para concluir se destaca la glucometría digital como método diagnóstico de mayor uso para el monitoreo de glucosa; además no se presenta alteraciones metabólicas en ningún ave de los estudios analizados y los diferentes valores se relacionan al estrés, en ocasiones el tamaño, su tiempo en vuelo, su capacidad para correr a grandes velocidades y en hembras por el cortejo, la incubación y crianza.

Palabras clave: Insulina, glucemia, metabolismo, ciclo de Krebs, Diabetes mellitus

ABSTRACT

The metabolism of glucose in birds is directly related to the secretion of insulin, since this hormone exerts an anabolic function and at the same time that response is reflected in the growth of these. There is little information on glucose in birds and its relationship to metabolic diseases such as Diabetes Mellitus; information on ostriches, glucose physiology, glucohomeostasis, the Krebs cycle is collected, reference values and their interaction in metabolic diseases, fully understanding their importance and further analyzing the glucometry tests implemented in other animal species as well as in humans, as a field-level diagnostic aid; Finally, we compared the literature found in the different databases with respect to glucose values in ostriches and other birds.

A literature review and a systematic search was conducted with the help of academic searchers; reported insulin values in ostriches range from 114.0 mg/dl to 361.0 mg/dl, compared to the values reported for a presence of Diabetes Mellitus with values ranging from 500 - 1800mg/dl; in the same way the values reported in other birds as in chickens, where they can reach almost 400mg/dl due to stress in their management resulting in transient hyperglycemia; it also highlights the higher blood glucose levels in females than in males, as a characteristic of their breeding, incubation and courtship activities; to conclude, digital glycometry is highlighted as the most widely used diagnostic method for glucose monitoring; In addition, there are no metabolic alterations in any of the birds in the analyzed studies and the different values are related to stress, sometimes the size, its time in flight, its ability to run at high speeds and in females by courtship, incubation and breeding.

Keywords: Insulin, glycemia, metabolism, Krebs cycle, Diabetes mellitus.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se realizó una búsqueda de literatura enfocada en analizar lo relacionado con el avestruz, entre ellos su evolución, la clasificación, subespecies, dimorfismo sexual y sus requerimientos nutricionales, siendo de mayor relevancia la proteína y aminoácidos, la energía y el calcio en la dieta para un correcto desarrollo óseo y muscular; llevando a un crecimiento en la producción a nivel del criadero.

De igual manera y como uno de los pilares de esta investigación, se indagó sobre la glucosa, siendo este el principal monosacárido circulante en sangre y la primera fuente de energía en el organismo de los seres vivos; por ello la importancia de entender su fisiología y la glucohomeostasis, entendiéndose como uno de los procesos que permite mantener el nivel adecuado de glucosa sanguínea; proceso que se lleva a cabo por las hormonas insulina y glucagón, que son producidas y secretadas a nivel pancreático, encargándose la primera de elevar los niveles de glucosa sanguínea y la segunda de contrarrestarlo. Por otra parte, se profundizó en el ciclo de Krebs o del ácido cítrico, el cual es una ruta metabólica, encargada de producir CO_2 y liberar energía utilizable para la célula, la cual consiste de una serie de reacciones químicas llevadas a cabo en la matriz de la mitocondria.

Con relación a las alteraciones de la glucemia sanguínea, se destaca una de las más importantes y poco documentada en aves en general, como lo es la Diabetes Mellitus, caracterizada por la elevación de la glucosa sanguínea, al presentarse una falla en la disminución o producción de la insulina que la regula; de igual la clasificación en sus dos tipos más frecuentes: la tipo I, insulina dependiente y la tipo II, no dependiente de insulina; seguido por su correcto manejo clínico, pruebas de laboratorio complementarias y tratamientos posibles.

Por consiguiente, los exámenes de laboratorio son de vital importancia en complicaciones sobre todo metabólicas de curso agudo y crónicas, así como en diferentes padecimientos donde se compromete la salud del animal.

Actualmente se cuenta con diferentes ayudas diagnósticas, uno de los principales y más prácticos a nivel de campo en cuanto a su manejo, es el glucómetro, que permite un monitoreo rápido y sencillo de la glucemia, logrando una eficiencia en tomas de decisiones por parte del Médico Veterinario.

La investigación se realizó con el interés de indagar, profundizar, analizar y comprender una de las alteraciones metabólicas más importantes de los animales y todo lo relacionado con ello, ya que en algunas ocasiones pueden pasar desapercibidas, en el caso de los avestruces la presentación de la enfermedad está relacionada con bajo crecimiento y productividad en el criadero.

Por último, se llevó a cabo una búsqueda sistemática y revisión de literatura con ayuda de buscadores académicos (Google Scholar, SCIELO. org, Repositorio institucional UNITRI, Repositorio unal) sobre todo lo relacionado con el avestruz, la glucosa y fisiología; al igual que su alteración principal como lo es la diabetes mellitus al presentarse un desequilibrio metabólico. Adicionalmente se investigó los datos referenciales de glucosa y sus tratamientos de dosis con insulina en diferentes especies de aves; se recopilaron por medio de literatura, técnicas de diagnóstico de glucosa tanto en animales mamíferos, silvestres y aves como en humanos para la detección de hipoglucemias, luego se profundizó con toda la información a la que se tuviera acceso a través de las bases de datos científicas e internet con buscadores específicos teniendo en cuenta palabras clave que encaminan la búsqueda como lo son: glucosa, fisiología, avestruces, diabetes mellitus, etc.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Formulación del problema

La estrutiocultura, entendiéndose como la explotación, el manejo y la crianza de avestruces (***Struthio camelus***) se ha consolidado en América del Sur desde los años 90, y gracias a la adaptabilidad que poseen estas aves en cualquier medio ambiente las hace óptimas para consolidar criaderos en zonas calurosas, es el caso de Santander de Quilichao, que se encuentra a una temperatura de 29° C o sube a más de 31°C, contando con un criadero de tierra árida. El crecimiento de estas explotaciones se basa a que se logra extraer y aprovechar todos los subproductos como derivados cárnicos, plumas, piel, aceite y huevos; los cuales llevaron al crecimiento de la economía en estas explotaciones en los últimos años; siendo una de las industrias con mayor nivel gracias a la buena adaptación, y su acogida por parte de clientes y la demanda manejada para sus subproductos.

Al ser animales de gran tamaño que pueden alcanzar hasta los 150 kg, es de importancia realizar análisis clínicos y de laboratorio periódicamente para determinar su estado nutricional y fisiológico; no obstante, los estudios e información sobre la glucosa en los avestruces son escasas y por tal motivo se investigó más a fondo sobre la fisiología, glucorregulación y una de la alteración metabólica más frecuente que pueden generar problemas en el desarrollo y producción. Debido a que su producción es de alto costo es necesario mantenerlas en óptimas condiciones.

3. JUSTIFICACIÓN

De esta ave se logra aprovechar todo en cuanto a ella, siendo sus principales productos: la carne, la piel, la pluma y el cascarón del huevo e incluso sus pestañas para crear brochas finas y su pico y uñas destinados a la joyería. Apreciando un aumento en la actualidad de sus demandas, por lo tanto los zocriaderos de esta especie son una alternativa económica, aumentando el crecimiento de estos, llegando a un punto en el que su rentabilidad e impacto ambiental.

De acuerdo con Padilla¹ la estrutiocultura es mejor en comparación con las explotaciones de otras especies como la ganadería, en la cual la gestación de un bovino dura 280 días dando una sola cría y con un una tasa de conversión alimenticia de 5:1 a diferencia de los avestruces, donde su conversión alimenticia es de 3:1, la incubación dura 42 días dando en promedio 46 huevos con un 50% de supervivencia resultando en 23 crías, puestas en el mercado entre sus 12- 14 meses alcanzando un peso de 110kg por ave, un rendimiento de canal de 53 kg y 2 metros cuadrados de piel, produciendo en total 1196 kg de carne en canal y 30 metros cuadrados de piel; por el contrario del bovino donde a los 21 meses se lleva el becerro al mercado pesando alrededor de 250kg, con un rendimiento en canal de 125 kg y 2.8 metros cuadrados de piel. Resultando en que la producción de un avestruz en reproducción es 10 veces mayor y en un menor tiempo a la de un bovino.

Por ello surgió la necesidad de indagar sobre una de las principales fuentes y precursor de energía, como lo es la glucosa, para el correcto metabolismo y crecimiento de los avestruces. Al ser escasos los estudios de glucosa en aves y avestruces, se profundizó con la finalidad de reunir y comprender la literatura existente; De igual manera se buscó beneficiar los estudiantes, docentes, comunidad científica y los propietarios de ratites; además de guiar el tratamiento,

¹ PADILLA, Omar., HISTORIA Y DESARROLLO DEL AVESTRUZ. MEXICO. 2008. P, 67.

ayudas diagnósticas, conducta y toma de decisiones por parte del médico veterinario o el personal encargado.

Teniendo en cuenta que el buen manejo y un correcto mantenimiento de estas aves, evitará problemas, en especial trastornos metabólicos que podrían comprometer su crecimiento, desarrollo y producción, afectando no solo su salud y bienestar sino también la economía de los criaderos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Recopilar información y analizar la información sobre los avestruces (***Struthio camelus***), la fisiología, valores referenciales e interacción de la glucosa en su papel de enfermedades metabólicas, para su posterior análisis comparando los valores encontrados con otras especies de aves y animales mamíferos.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar y comprender la importancia de la fisiología y glucorregulación en avestruces.
- Identificar las pruebas de glucometría en otras especies animales y seres humanos, comparándolas con los avestruces.
- Relacionar la Diabetes mellitus como una enfermedad metabólica subsecuente a las alteraciones de la glucosa.
- Comparar la literatura encontrada respecto a los valores de glucemia en las diferentes especies de aves a partir de las diferentes bases de datos.

5. MARCO TEÓRICO

Tabla 1. Clasificación taxonómica

REINO	Animal
PHYLUM	Chordata
SUBPHYLUM	Vertebrados
CLASE	Aves
SUPERORDEN	Paleognathae
ORDEN	Struthioniformes
SUBGÉNERO	Struthiores
FAMILIA	<i>Struthionidae</i>
GENÉRO	<i>Struthio</i>
ESPECIE	<i>Camelus</i>
NOMBRE CIENTIFICO	<i>Struthio camelus</i>
NOMBRE COMÚN	Avestruz

Fuente: (Avenidaño, 1999)

5.1 Generalidades

Como afirma Cano², son en aves no voladoras (*ratites*) con esternón plano el cual puede ser indicativo sobre la edad del ave al ser cartilaginoso en los jóvenes.

² CANO, Francisco. Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos. Murcia: España. 2008. p, 6-7.

El avestruz según Cooper et al.,³ es una de las aves más grandes del mundo, la cual como característica principal carece de vuelo, debido a su gran peso corporal y su poco desarrollo de las alas y de los pectorales. Además de poseer una alta movilidad y un forrajeo selectivo debido a su adaptación en los ambientes principalmente áridos, aprovechando estas condiciones para hacer un óptimo uso de la vegetación presente, lo cual ha desarrollado una evolución generando una adaptación única del tracto gastrointestinal de las aves para manejar una gran cantidad de comida.

5.1.1 Evolución de la especie

De acuerdo con Rodríguez⁴ el avestruz es originario del continente africano, desde 60 millones de años y con su evolución se ha convertido en un ave resistente a condiciones climáticas variables, de igual manera su resistencia a enfermedades, estando ligadas a la historia de la humanidad, se encuentran desde jeroglíficos egipcios, en donde su reina luce montando una de estas en una estatua.

De modo que en una tumba de la XVIII dinastía egipcia se encontraron los restos del ave, los egipcios y algunos pueblos africanos valorizaron al avestruz por sus bellas plumas, que se utilizaban para engalanar a faraones y jefes de tribus. Igualmente, los asirios le consideraban como aves sagradas, y entre relatos de un imperio de Asia, se les dogmatizaron no solo como animales sagrados sino también como símbolos de justicia. Ya entre el pueblo romano se valoraba la carne y los sesos de avestruz como platos exquisitos y tanto en china como en Persia el conocimiento de éste alado se dio en tiempos remotos. Algo similar ocurría en el

³ COOPER, Ross y MAHROZE, Khalid. Anatomy and physiology of the gastrointestinal tract and growth curves of the ostrich (*Struthio Camelus*). Inglaterra. 2004. p, 491.

⁴ RODRIGUES, Fabián. Cría rentable de ñandúes y avestruces. Manual teórico-práctico para su producción y consumo. Argentina. 2006. p, 4.

mundo occidental, hacia la edad media, donde el avestruz era contemplado por su plumaje, pero no era considerado con inteligencia⁵.

Carbajo y col⁶ hablan sobre los primeros datos de los avestruces, remontándose a 7500 años atrás, donde artífices prehistóricos plasmaban imágenes en murallas en la región de Sahara; además, los historiadores lo referían como un animal africano y de aparición en todo el Sahara, también como se halla información del ave en desiertos de Arabia y Persia.

A su vez en época de los romanos, las tribus africanas usaban los productos de las aves para crear armas e instrumentos musicales. Ya en la edad media se utilizaron las plumas para elegantes vestimentas y los huevos eran adornados para ceremonias.⁷

Anderloni⁸ anexa que quienes intentaron por primera vez la cría de avestruces fueron los ingleses, iniciando al sur de África con explotaciones que aún perduran. Al principio, la industria inicia con el comercio de plumas, luego de la segunda guerra mundial, el comercio se enfocó en la obtención de piel y carne.

Como plantea Rodríguez⁹, los ñandúes se seleccionaron por los aborígenes sudamericanos, como presa para la caza, componiendo una fuente de alimentación y ropaje. El ñandú aportaba proteínas, grasas, abundantes plumas y cueros, frecuentando su uso. Además, con tendones se confeccionaban sogas para armar toldos para dormir y tientos de las boleadoras para cazar. Con los huesos se creaban puntas de flechas, lanzas y con el cuero se fabricaban tabaqueras alforjas, bolsas y mantos de pieles.

⁵ Ibíd., p. 4.

⁶ CARBAJO Y COL., Identificación de endo y ectoparásitos en avestruces (*Struthio camelus*) en criaderos de la VII y IX regiones de Chile. Citado por PEÑA, María. 1995, p. 6.

⁷ CARBAJO Y COL. Op cit., p. 6.

⁸ ANDERLONI, J. La cría del avestruz. Madrid. España. 1998.

⁹ RODRÍGUEZ, Op. cit., p. 3.

Más adelante en la época XIX los avestruces eran amaestrados para ser montados por los hombres y se organizaban enfrentamientos donde estas aves, por su gran velocidad destacaban, logrando alcanzar corrían al mismo estilo que los equinos¹⁰.

5.1.2 Clasificación taxonómica

Según Felipe et al.,¹¹ ratites es un término inglés en el cual se unifica un grupo de aves caracterizadas por su velocidad en carrera, sin capacidad de volar y con su esternón plano faltante de quilla. En ellas los músculos pectorales son vestigios o inexistentes debido a su evolución de aves voladoras, por ellos las rátidas comparten diferentes características con otras aves.

De acuerdo con Camiruaga¹² el avestruz pertenece a la clase de aves, seres que se reproducen por huevos y el cuerpo cubierto de plumas; los miembros anteriores sirven para el vuelo, natación, equilibrio y cortejo. sus miembros posteriores son esenciales para caminar, correr y nadar, su boca es el pico y carece de dientes; a lo largo de evolución se dividieron en dos subclases, *Archaeornithes*, la cual se encuentra extinta y *Neornithes*, siendo las que se conocen como hoy en día y a su vez se dividen en tres superórdenes: *Odontognathae*, *Palaeognathae* y *Neognathae*.

Camiruaga¹³ especifica que solo es de interés el superorden *Palaeognathae* en cuanto a la clasificación, siendo estas aves corredoras (ratites), que deriva del latín *ratis* (balsa plana), por su esternón que es plano y carece de huesos neumáticos; además este superorden incluye cinco órdenes: *Casuiiformes* (Emús), *Apteryiformes* (Kiwi de Nueva Zelanda), *Reiformes* (Ñandú), *Tinamiformes* (Tinamúes) y *Struthioniformes* (Avestruz). Estas últimas no vuelan, poseen esternón sin quilla y sólo tienen dos dedos en cada pata; con plumas esporádicas en cabeza, patas y

¹⁰ *Ibíd.*, p. 2.

¹¹ FELIPE, D, JAIME, D. MANUAL DE EXPLOTACIÓN EN AVES DE CORRAL. 2006.

¹² CAMIRUAGA, Labatut. Compendio: Producción de avestruces. Chile. 2002. p, 9.

¹³ *Ibíd.*, p. 9.

cuello, omnívoros, capaces de digerir cualquier cosa, viven en manadas de 3 a 20 animales y el macho puede tener hasta cinco hembras. En esta clase solo se encuentra una sola especie, la *Struthio Camelus* o avestruz.

5.1.3 Subespecies

Avella et al.,¹⁴ afirma que el avestruz se puede clasificar en tres subespecies. Según su tamaño, plumaje y demás características fenotípicas:

- ***Struthio camelus mossaicus*** (cuello rojo), originario de Tanzania y Kenia en África oriental, uno de los más grandes hasta con 3 metros de altura y 180 Kg de peso, de carácter temperamental durante el celo y su producción de crianza inicia en los 80.
- ***Struthio camelus camelus*** (cuello azul), es la especie silvestre del norte y oeste de África, su tamaño es en promedio al de los otros dos mencionados, y no es apto para la domesticación y crianza puesto que su hábitat son áreas silvestres y muy pocos ejemplares se encuentran en zoológicos.
- ***Struthio camelus var. domestica*** (cuello negro) ó African Black, híbrido de los dos anteriores con la finalidad de conseguir una mayor nivel de productividad, menor riesgos asociados a temperamentos en criaderos y menores costos por su resistencia a los diferentes ambientes, caracterizada por un temperamento dócil y de bello plumaje; su color característico del cuello depende de la hormona testosterona a diferencia del plumaje que necesita de los estrógenos.

5.1.4 Dimorfismo sexual

¹⁴ AVELLA et al., NUEVA ENCICLOPEDIA DEL REYNO ANIMAL. INSTITUTO DE BIOLOGÍA ANIMAL. ITALIA. 2001

De acuerdo con Gomez¹⁵ las hembras son más pequeñas que los machos y poseen plumaje café en lugar de blanco y negro.

Ilustración 1. Diferencia entre avestruz hembra y macho



Fuente: (Propia del autor)

5.1.5 Alimentación

Padilla¹⁶ afirma que es un animal herbívoro, poseedor de hábitos diurnos y con un sentido muy disminuido del olfato, por lo cual utilizan en gran medida su sentido de la vista para la selección de su alimento, tomando en primer lugar aquellos de color

¹⁵ GOMEZ., et al. *Struthio camelus*. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. 2005

¹⁶ PADILLA. Op cit., p, 18.

verde, seguidos de los amarillo, posteriormente los rojos y por último los demás colores.

Camiruaga¹⁷ menciona que poseen alta selectividad; prefiriendo plantas dicotiledóneas aunque comen también plantas enteras de malezas y gramíneas. Al existir variabilidad y disponibilidad ellas eligen las cabezas de semillas de los pastos, flores de Compositae, vainas de Aloe, flores y vainas de acacias. Por ende, también comen higos caídos causando en ocasiones grandes daños en campos de trigo, ya que se comen todas las inflorescencias con sus granos. También son capaces de comer saltamontes, langostas e insectos sin depender nutricionalmente de ellos. En zonas áridas consumen plantas con gran contenido de agua.

Ya en condiciones de cautiverio se les brinda pellets comerciales o concentrados, junto con alfalfa u otro forraje. Un avestruz adulto en cautiverio puede consumir 3 kilos de materia seca e ingerir pequeñas piedras que ayudan a triturar el alimento en la molleja. ¹⁸

La ingestión de objetos extraños, distintos de piedras, puede causar daños severos, ocurriendo con mayor frecuencia en los pequeños. Respecto al agua de bebida, el consumo varía según la edad, época del año, condición fisiológica entre otros, siempre brindando agua a libitum, cambiándola, limpiando los comederos y bebederos varias veces en el día.¹⁹

Para evitar producir estrés, se recomienda alimentarlas cada día a la misma hora, debe estar fresco y de un tamaño de la fibra de 4 cm, se debe revisar si las aves no consumen en su totalidad, quizá que se les esté brindando mucho o que no sea palatable.

Es importancia regular y crear estrategias con parámetros de alimentación para que su consumo sea total; cualquier cambio en el manejo repercute en la disminución

¹⁷ CAMIRUAGA. Op cit., p, 70.

¹⁸ Ibíd. p, 70.

¹⁹ Ibíd. p, 70.

de su comportamiento, por otro lado la constante vigilancia en ellos puede ayudar a detectar problemas de salud tempranos, considerando que si un ave suspende su consumo, esto debe ser tomado como signo de alarma frente a una posible enfermedad.²⁰

²⁰ *Ibíd.* p, 71.

5.2 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL AVESTRUZ

Rico²¹ recomienda tener en cuenta los requerimientos nutricionales, necesitándose suplementar en cada una de las etapas de crecimiento los macro y micro nutrientes, con la finalidad del óptimo desarrollo de los órganos vitales y su adecuada funcionalidad fisiológica, por ello las demandas fundamentales se basan en: energía, proteína, vitaminas, minerales y agua; balanceados adecuadamente en la dieta a suministrar en cada una de sus etapas reproductivas; diferenciándose cuatro etapas a lo largo de la vida del avestruz: iniciación, crecimiento, reproducción y mantenimiento.

Por una parte, el contenido de fibra es de gran interés ya que está comprobado que se genera mayor consistencia en las heces y se reduce el porcentaje de adquirir una enteritis bacteriana al brindarla en altas proporciones; siendo superior la digestión en los avestruces que en otras aves.²²

²¹ RICO, A. Implementación de un criadero de avestruces. Nayarit. 2002.

²² PADILLA. Op cit., p, 41.

5.3 FUNCIÓN DE LA PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS, ENERGÍA Y CALCIO EN LA DIETA DEL AVESTRUZ

5.3.1 Proteína y aminoácidos

Ravindran²³ le describe con la función de proporcionar los aminoácidos para el mantenimiento, desarrollo muscular y la síntesis de la proteína del huevo, requiriendo un suministro de 20 aminoácidos los cuales forman parte de los requerimientos fisiológicos, clasificados como elementos esenciales, destacando en las aves la lisina (produce un nivel elevado de deposición de carne magra), metionina (produce un nivel elevado de producción de huevos y crecimiento de plumas), treonina, el triptófano, la isoleucina, leucina, la histidina, la valina, la fenilalanina y la arginina. También es considerado esencial en jóvenes la glicina.

5.3.2 Energía

Otro de los componentes importante en la dieta que se puede obtener a través de carbohidratos, grasas y proteínas. Las necesidades de energía de los avestruces son expresadas en términos de energía metabolizante (EM) por fibra de alimento, que es la medida que usan para las aves, la mayoría de nutricionistas.²⁴

5.3.3 Calcio

Brinda el correcto desarrollo de los huesos y sus huevos, además de las contracciones de los músculos y demás funciones del cuerpo. Al presentarse una

²³ REVINDRAN. Velmurugu. Avances en la nutrición de aves de corral. Revisión de desarrollo avícola. 2013. P, 64.

²⁴ MARTIN, A., & QUECANO, J. Evaluación de tres tipos de promotores de crecimiento y su efecto en los parámetros zootécnicos en cría de avestruces. Bogotá. 2005. p, 30.

desequilibrio conlleva a alteraciones en los miembros posteriores y un número reducido en la producción de huevos.²⁵

²⁵ *Ibíd.*, p, 30.

5.4 FISIOLÓGÍA DE LA GLUCOSA

De acuerdo con Oglesbee. Et al²⁶ la funcionalidad pancreática se divide en dos funciones, una de ellas exocrina, donde ocurre la segregación al duodeno de enzimas digestivas, iones y otra endocrina encargada de realizar funciones por medio de los islotes de Langerhans.

Descrito en las aves por Lauren, et al²⁷ según la especie y sitio lobar, a gran escala los islotes son formados por celularidades como: α (alfa) productora de glucagón, β (beta) productor de insulina, δ (delta) productora de somatostatina y F productora de polipéptido pancreático.

Y según Gallagher²⁸, et al. El resultado final es la producción de insulina para la homeostasis de niveles de glucosa, siendo esta última la base energética metabólica a nivel celular, con mayor relevancia en sistema nervioso como única fuente energética.

Castañeda²⁹, afirma que la glucosa por sí sola no puede ingresar al espacio intracelular, por ello hay métodos de vías para la glucosa, bien sea por difusión mediante la membrana plasmática, gracias a los GLUT (proteínas transportadoras de glucosa) y la otra vía como sistema de cotransportador de sodio/glucosa.

Con relación a lo anterior, Klasing³⁰ asegura que con ambas vías se aseguran niveles de glucosa que brindaran energía en forma de ATP (Trifosfato de adenosina) en el torrente sanguíneo; esta energía resultante posee características de estimular la liberación de insulina; gracias a un precursor llamado preproinsulina.

²⁶ OGlesbee., et al. Avian and medicine and sugergy. 1997.

²⁷ Lauren, et al. Glucagon and somatostatin secretion from the perfused splenc bulbo f duck pancreas. 1896.

²⁸ Gallagher. Et al, Encyclopedia of biological Chemistry waltham. 2013.

²⁹ Castañeda. Et al, Referential hematocrite, haemoglobin, glucosa and electrolyte values for yellow-crowned amazon. 2012.

³⁰ Klasing, K. Comparative Avian Nutrition. Londres. 1998

además, describe que el páncreas de las aves posee leves cantidades de insulina, refiriéndose entonces a un leve potencial insulinogénico, con liberación lenta en respuesta a la alta carga de glucosa.³¹

Según Cunningham³² el organismo es capaz de guardar glucosa en forma de glucógeno siendo este un polisacárido presente en el hígado y en músculo esquelético; aunque puede sintetizarse a partir de otros compuestos. El paso de glucosa a los depósitos de glucógeno es uno de los fenómenos homeostáticos más importante.

La glucogenólisis es el proceso conocido como la transición de glucógeno a glucosa; la vía de mayor importancia en la cual se usa glucosa como combustible es la ruta de Embden-Meyerhof o glucólisis, proceso que implica una serie de pasos bioquímicos que inician la oxidación de la glucosa. La glucólisis desemboca directamente en el ciclo de Krebs, donde se produce la oxidación completa de los combustibles, siendo la ruta metabólica más importante en la producción de energía en el organismo.³³

Para el estudio de la homeostasis de los combustibles, debe considerarse que el proceso de glucólisis es reversible en todos sus pasos, pudiéndose producirse glucosa a partir de sus productos finales. Dada la estrecha unión que existe entre la glucólisis y el ciclo de Krebs, cualquiera de los productos intermedios del ciclo de Krebs puede retroceder hacia la ruta glucolítica para producir glucosa³⁴. La síntesis de glucosa a partir de productos finales de la glucólisis o intermedios del ciclo de Krebs se conoce como gluconeogénesis y es una parte esencial de la homeostasis de combustibles. Aunque el ciclo de Krebs puede producirse en todos los tejidos

³¹ *Ibíd.*

³² JAMES G. Cunningham. Fisiología veterinaria tercera edición. Madrid España. 2013. p.306.

³³ *Ibíd.*, p.306.

excepto en los glóbulos rojos, la gluconeogénesis solo tiene lugar en el hígado y en algunas ocasiones en riñón³⁵.

De acuerdo con Ramiro³⁶ los tejidos que controlan el metabolismo de los hidratos de carbono en aves y mamíferos adultos, incluyen no solo el páncreas (insulina, glucagón y la somatostatina), sino también la corteza adrenal (glucocorticoides), la médula adrenal (catecolaminas), la tiroides y secreciones hipofisarias, particularmente adenocorticotrofina (ACTH), prolactina (LTH) y la hormona de crecimiento (GH).

Aunque no se asocian cambios a las concentraciones de glucosa en la sangre a la muda y postura, se sabe que las hembras sexualmente maduras tienden a tener concentraciones mayores que los machos; se debe considerar que las actividades reproductivas representan un costo energético importante para las aves, de las cuales destacan la incubación, defensa del territorio, cortejo y la crianza. Tanto el ayuno como el ejercicio elevan la degradación de glucógeno, para mantener la glicemia dentro de los valores normales, resaltando que el metabolismo de la glucosa en aves en ayuno es de aproximadamente el doble que en mamíferos en ayuno.³⁷

5.4.1 Generalidades de la glucorregulación

Baron³⁸ afirma que la glucosa es el producto de la digestión de los carbohidratos y el combustible metabólico básico durante los períodos de nutrición en seres vivos; alcanzando una mayor relevancia, ya que, bajo la mayoría de las condiciones, es el

³⁵ *Ibíd.*, p,306.

³⁶ RAMIRO. Alex. Perfil bioquímico sanguíneo de pollos criollos y pavipollos criados en altura. Perú. 2017. p,6.

³⁷ *Ibíd.*, p,7.

³⁸ BARON, et. al; Rates and tissue sites of non insulin and insulin-mediated glucose uptake in humans.1988, p,769.

único que puede consumir el sistema nervioso central. Por ello, mantener un aporte continuo de glucosa para el metabolismo del cerebro es primordial.

El glucógeno es la única forma de almacenamiento de glucosa en el cuerpo, a pesar de que esta también puede sintetizarse a partir de otros compuestos; La dirección de la glucosa hacia fuera y hacia adentro de los depósitos de glucógeno, es una de las principales funciones de la homeostasis energética. En condiciones de ayuno, en animales sanos, la utilización de glucosa se concentra en un 75% en tejidos insulino independientes (cerebro, intestinos, eritrocitos y médula renal) y en menor valor por tejidos insulino dependientes como músculo y grasa, fenómeno explicado por la baja disponibilidad de transportadores de glucosa asociados a membranas celulares en los tejidos insulina dependiente en ayuno³⁹

Según Kaneko⁴⁰ afirma que el metabolismo y la función de las células dependen del aporte de fuentes de energía por medio de la circulación; esta energía que se obtiene del exterior en forma de carbohidratos, grasas y proteínas ingeridos, proporciona suficiente combustible para 4 a 8 horas del metabolismo celular, después de este período postprandial, el combustible del metabolismo celular debe provenir de fuentes endógenas, sobre todo a través de producción de glucosa por el hígado; la cascada de fenómenos que conducen a la producción endógena de glucosa, se inician por la disminución en la concentración plasmática estimulando la producción de glucosa y aminoran su utilización.

Para Cryer⁴¹ más del 90% de la glucosa se genera de forma endógena, proveniente del hígado mediante glucogenólisis y gluconeogénesis; la producción hepática de glucosa depende de un aporte adecuado de sustratos, incluidos ciertos aminoácidos, glicerol y ácidos grasos libres movilizados desde el músculo y tejido adiposo.

³⁹ *Ibíd.*, p,769.

⁴⁰ KANEKO, et al; *Clinical Biochemistry of domestic Animals*.1997, p,58.

⁴¹ CRYER et al, *Williams textbook of endocrinology*. 1992, p,1223.

Klip⁴² menciona que es fundamental en la gluco regulación disponer de un sistema endocrino que funcione de manera normal para conservar la homeostasis de la glucosa y evitar una hipoglucemia; La insulina es la hormona que disminuye la glucemia, suprime la producción endógena y estimula la incorporación y utilización de la misma por la célula.

Las hormonas que aumentan la glucosa, o contrarreguladoras, incluyen glucagón, adrenalina, hormona del crecimiento y cortisol; estas aumentan la producción hepática de glucosa, mediante glucogenólisis y gluconeogénesis de estimulación, además de bloquear la utilización de ella por los tejidos⁴³

El fracaso de cualquiera de los pasos comprendidos en la producción hepática de glucosa puede originar hipoglucemia y sus signos clínicos, las anormalidades que afectan cualquiera de los pasos clave comprendidos en la producción y conservación de glucosa, pueden causar hipoglicemia e hiperglicemia.⁴⁴

Tokuyama⁴⁵ señala que durante el ejercicio los mecanismos gluco reguladores son diferentes a cuando se está en reposo, el aumento de la captación de glucosa ocurre frente a una disminución de los niveles de insulina, producto del bloqueo adrenérgico sobre las células beta del páncreas. Esto se produce por una mejora en los mecanismos de captación de glucosa tanto dependiente como independiente de insulina.

5.4.2 Obtención de energía a partir de la glucosa

⁴² KLIP et al, Effect of diabetes on gluco regulation . From glucose transporters to glucose metabolism in vivo. 1992. p,1747.

⁴³ Ibíd., p,1747.

⁴⁴ Ibíd., p,1747.

⁴⁵ TOKUYAMA et al. Intravenous glucose tolerance test derived glucose effectiveness in physically trained humans. 1993. p,298.

Ávila⁴⁶ menciona que los carbohidratos son una fuente importante de energía para los organismos vivos en la dieta de los humanos y animales, la fuente principal de carbohidratos es el almidón, el polisacárido producido por las plantas, especialmente los cereales, durante la fotosíntesis. El almidón de las plantas es también la fuente principal de energía para los animales, tanto domésticos como silvestres.

Por ello cantidades relativamente grandes de este polisacárido pueden almacenarse en las células vegetales en épocas de abundante suministro, para ser utilizadas después cuando existe una demanda de producción de energía. La celulosa, producida también por las plantas en grandes cantidades como carbohidrato estructural, no puede ser utilizada por el hombre debido a que éste carece de las enzimas hidrolíticas necesarias en su tracto intestinal para hidrolizarla.⁴⁷

En los animales, el glucógeno se encuentra en la mayoría de los tejidos, pero casi dos terceras partes del glucógeno corporal se encuentran en los músculos esqueléticos, donde funciona como una fuente de energía fácilmente disponible para la contracción muscular durante el ejercicio vigoroso. La mayoría del glucógeno restante se encuentra en el hígado, donde se utiliza para mantener la concentración de glucosa en la sangre.⁴⁸

⁴⁶ ÁVILA. A.A. Metabolismo del Ejercicio; Propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la glucólisis y el ciclo de Krebs. 2012. p,12-13.

⁴⁷ *Ibíd.*, p,13.

⁴⁸ *Ibíd.*, p,13.

Tabla 2. Valores de glucosa en avestruces pre y post prandial en hembras y machos

	Machos		Hembra	
	Pre	Post	Pre	Post
Valor menor:	156.0 mg/dL	114.0 mg/dL	161.0 mg/dL	254.0 mg/dL
Media	180.1 mg/dL	247.6 mg/dL	187.5 mg/dL	305.7 mg/dL
Valor mayor	243.0 mg/dL	349.0 mg/dL	234.0 mg/dL	361.0 mg/dL

Fuente: (Burbano, 2019)

Tabla 3. Valores de glucosa de distintas especies de *Psittaciformes* del género *Amazona*

<i>A ochrocephala</i>	136.6 mg/dl
<i>A aestiva</i> (libres)	140 mg/dl
<i>A aestiva</i> (cautivas)	141 mg/dl
<i>A ochrocephala</i>	185 mg/dl
<i>A amazónica</i>	172 mg/dl

Fuente: (Castañeda, 2012)

Tabla 4 Valores de glucosa en Loras Común *Amazona ochrocephala* alojadas en el centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre CAV.

<i>Amazona ochrocephala</i>	293.76 mg/dl
-----------------------------	--------------

Fuente: (Castañeda, 2012)

Tabla 5. Valores de glucosa en plasma sanguíneo en pollos sometidos a diferentes condiciones de estrés

Pollos (<i>Gallus gallus doemsticus</i>)	199-399 mg/dL
--	---------------

Fuente: (Osorio, 2015)

Tabla 6. Concentración de glucosa plasmática en dos estirpes de pollos de engorde a los 42 días.

	Cobb	Ross
Glucosa plasmática	285.12 mg/dL	297.18 mg/dL

Fuente: (Ramiro, 2017)

Tabla 7. Niveles de glucosa en algunas especies de aves.

Especie	Glucosa mg/dL
Avestruz (<i>Struthio camelus</i>)	182.2 - 246.6
Halcón peregrino (<i>Falco peregrinus</i>)	297 – 396
Paloma bravía (<i>Columba livia</i>)	232.2 – 369
Loro o papagayo (<i>Psittacidae</i>)	205.2 – 289
Cacatúa galerita (<i>Cacatuidae</i>)	230.4 – 316.8
Guacamaya roja (<i>Ara</i>)	216 – 322.2
Pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	130 - 270

Fuente: (Ramiro, 2017)

5.5 INSULINA

Se le propone como una hormona proteica que contiene dos cadenas de aminoácidos unidos por puentes de disulfuro, se distingue la cadena A formada por 21 aminoácidos y la cadena B formada por 30 aminoácidos; presentándose diferencias en la composición de estas en las diferentes especies animales.⁴⁹

García ⁵⁰ afirma que la secreción de la hormona sigue una cinética bifásica como respuesta a los estímulos apropiados; su liberación inicial aguda se produce por la exocitosis de la insulina preformada en los gránulos secretores de las células beta del páncreas, constituyen un 60 y 75% del total de las células de los islotes de Langerhans y luego una fase crónica que incluye su síntesis.

El control de la glucosa sobre la secreción de insulina representa un sistema de retroalimentación positivo, en el cual un aumento de las concentraciones de glucosa da lugar a un incremento de las concentraciones de insulina⁵¹

La principal vía metabólica de la insulina es anabólica, en las que se promueve la utilización de glucosa como energético y el almacenamiento de esta, junto con ácidos grasos y aminoácidos de la célula; esta hormona es fundamental en el movimiento de glucosa a través de la membrana plasmática hacia el interior de la célula, excepto en algunos tejidos como gran parte del cerebro, hígado, glóbulos rojos y blancos de la sangre, los cuales tienen un acceso continuo de glucosa.⁵²

Steil⁵³ indica que la vida media de esta hormona es de un lapso de 10 minutos aproximadamente, actuando en varios sitios dentro de las vías metabólicas de los carbohidratos, grasas y proteínas; siendo el hígado el órgano más importante

⁴⁹ CUNNINGHAM. Op cit., p,409.

⁵⁰ GARCIA, Sacristán. Fisiología Veterinaria. 2001. p,748.

⁵¹ *Ibíd.* P, 748.

⁵² CUNNINGHAM. Op cit., p,410.

⁵³ STEIL, Role of portal insulin delivery in the disappearance of insulin sensitivity. 1998. p,714.

gracias a su circulación venosa pancreática que pasa directamente hacia este órgano.

El efecto neto de las acciones de la insulina es disminuir las concentraciones sanguíneas de glucosa, ácidos grasos y aminoácidos y promover la conversión intracelular de estos compuestos en sus formas de almacenamiento, como glucógeno, triglicéridos y proteínas.⁵⁴

Ganong⁵⁵ referencia que la insulina hace que el potasio ingrese en las células, llevando a una baja de la concentración de esta última a nivel extracelular; Además las infusiones de insulina y glucosa (pruebas de tolerancia) disminuye en gran medida la concentración plasmática de potasio en individuos normales y son efectivas en la terapéutica de pacientes con insuficiencia renal, con la mejoría temporal de la hiperpotasemia.

Tabla 8. Valores referenciales de glucosa e insulina en diferentes especies de aves domésticas y silvestres

Animal	Glucosa en plasma sanguíneo	Insulina en plasma sanguíneo	Concentración de insulina en tejido pancreático
De engorde (Pollos Broiler)	152-182 mg/dL	3-4 ng/ml	20-80 ng/mg
Pollos juvenes	200- 250 mg/dL	No reporta	No reporta
Palomas (Columbia Livia)	No reporta	No reporta	1,5- 4 ng/mg
Águilas (Aquila Chrysaetos)	No reporta	0,064- 0,245 ng/ml	No reporta
(Amazona Amazonica)	172 mg/dL	No reporta	No reporta

Fuente: (Osorio, 2015)

⁵⁴GANONG, Fisiología Médica. 16ª Ed. El Manual Moderno. 1998. p,373.

⁵⁵ Ibid. p,373.

5.5.1 La insulina y la síntesis proteica como depósito de glucógeno en el músculo

La fase de absorción está bajo el control de la insulina, en la masa tisular más amplia del organismo que es el músculo esquelético, la insulina induce la incorporación de glucosa y aminoácidos, lo que regula la concentración de estos nutrientes en sangre. Esta incorporación de glucosa al músculo se asocia con la síntesis de glucógeno, como en el hígado. Sin embargo, el glucógeno muscular, al contrario que el hepático, no está disponible de forma directa para incrementar la concentración de glucosa en sangre en los periodos de baja disponibilidad de la misma, ya que su destino principal es el metabolismo muscular, a pesar de que en algunas situaciones pueda, de forma indirecta, servir como sustrato para la gluconeogénesis hepática⁵⁶.

⁵⁶ CUNNINGHAM. Op cit., p,306.

5.6 GLUCAGÓN

Cryer⁵⁷ lo refiere como un polipéptido compuesto por 29 aminoácidos y de peso molecular de 3485, secretada por las células alfa de los islotes de Langerhans, como consecuencia de la disminución de glucosa en sangre, sus efectos son contrarios a la acción de la insulina; otro de los efectos observables de esta hormona, la constituye la activación de la lipasa de las células adiposas, aumentando la disponibilidad de ácidos grasos para su consumo energético.

Guyton⁵⁸ Relaciona que los mecanismos de estimulación son los niveles de glucosa en sangre, aumentando su liberación en hipoglicemia e inhibiendo la hiperglicemia, asimismo el ejercicio intenso estimula su concentración sanguínea.

Slavin⁵⁹ define al glucagón como la hormona contrarreguladora de la insulina y, al igual que ésta, desempeña funciones en diversos órganos y tejidos con el fin de contribuir al mantenimiento del metabolismo energético. Sus acciones directas sobre el metabolismo de hidratos de carbono son las que le confieren más relevancia. Entre ellas destacan la estimulación de glucogenólisis y gluconeogénesis, y la inhibición de la glucólisis y gluconeogénesis. Consecuentemente con el papel que ejerce sobre estas vías metabólicas, el glucagón favorece la producción y la movilización hepática de la glucosa.

⁵⁷ CRYER. Op cit., p,1224.

⁵⁸ GUYTON, A.C. Tratado de Fisiología Médica. 2001, p,58.

⁵⁹ SLAVIN. Hormonal regulation of hormone- sensitive lipase activity and mRNA levels in isolated rat adipocytes. 1994. p,1535.

5.7 CICLO DE KREBS O DEL ÁCIDO CÍTRICO O ÁCIDOS TRICARBOXÍLICOS

Ávila⁶⁰ reafirma que el destino principal del acetil CoA producido en las diversas vías catabólicas generadoras de energía es su oxidación completa en una serie cíclica de reacciones oxidativas denominada ciclo de los ácidos tricarboxílicos (TCA). Este ciclo metabólico también se conoce comúnmente como ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs, en honor de Sir Hans Krebs, que postuló las características esenciales de esta vía en 1937.

Muchos de los enzimas y ácidos di y tricarboxílicos intermediarios fueron caracterizados por otros investigadores, pero fue Krebs quien unió todos estos componentes en su formulación del “ciclo de Krebs”. Aunque algunas isoenzimas de las enzimas del ciclo se encuentran en el citosol, la localización primaria de los enzimas del ciclo de los ácidos tricarboxílicos es la mitocondria⁶¹

Este tipo de distribución es apropiada, ya que el complejo multienzimático del piruvato deshidrogenasa y la secuencia de la β -oxidación de los ácidos grasos, las dos fuentes principales para la generación de acetil CoA, están localizadas en el compartimiento mitocondrial⁶²

Además, una de las funciones primordiales del ciclo de los ácidos tricarboxílicos es generar equivalentes de reducción, los cuales se utilizan para producir energía, es decir, ATP, en la secuencia del transporte electrónico-fosforilación oxidativa, otro proceso contenido exclusivamente en la mitocondria. La energía en el acetil CoA impulsa la reacción del acetato con el oxaloacetato para producir citrato. El ciclo del ácido cítrico es una serie de reacciones en las cuales el citrato se oxida y el

⁶⁰ ÁVILA. Op cit., p,19.

⁶¹ Ibíd., p,19.

⁶² Ibíd., p,19.

oxaloacetato se regenera (por eso “ciclo”). Produce dos CO₂, un FADH₂, tres NADH y un ATP por cada acetil CoA⁶³

5.7.1 Oxidación celular o fosforilación oxidativa

Es un proceso desarrollado en el interior de las mitocondrias, por lo que es vital la presencia de oxígeno (proceso aeróbico), proporcionando la mayor parte de la energía necesaria para la fosforilación a partir de los macro nutrientes de la dieta (hidratos de carbono, grasas y proteínas)⁶⁴

5.7.2 Glucolisis

Descrita como la principal vía para el metabolismo de la glucosa, la cual funciona en condiciones anaerobias donde el piruvato es el principal producto generado de la glucólisis, éste se oxida más hacia CO₂ y agua, la formación de ATP en condiciones anaerobias es limitada; la glucolisis está regulada por tres enzimas que catalizan reacciones irreversibles como son las hexocinasas, fosfofructocinasa y piruvatocinasa. La oxidación de glucosa resulta en 32 moles de ATP en condiciones aerobias, por el contrario de condiciones anaerobias con tan solo 2 moles como resultado.⁶⁵

Además se presentan tres características principales, la primera es una vía de degradación por la que la D-glucosa se oxida a piruvato, cuando el aporte de oxígeno es insuficiente se reduce a lactato y en condiciones aerobias el piruvato se descarboxila a acetil-CoA que ingresa al ciclo del ácido cítrico, en la segunda, la glucólisis se integra a un conjunto de reacciones y procesos metabólicos producidos en la célula, resultando compuestos intermediarios que son fuentes de partida para la biosíntesis de sustancias como el triaglicerol-3-fosfato, la L-alanina a partir del piruvato y glucógeno a partir de glucosa-1-fosfato, por último en la tercera, también

⁶³ *Ibíd.*, p,19.

⁶⁴ AVILA. *Op cit.*, p,77.

⁶⁵ RAMIRO. *Op cit.*, p,11.

se forma ATP, pero esta solo representando una cuarta parte del ATP que puede obtenerse de la oxidación completa de la glucosa a CO₂.⁶⁶

Ilustración 2. Proceso de Glucolisis.



Fuente (Katan, 2018)

5.7.3 Gluconeogénesis y control de glucosa en sangre

La vía de la gluconeogénesis en hígado y riñones utiliza las reacciones que en la glucólisis son reversibles, el hígado regula la glucosa en la sangre posterior a una comida porque contiene glucocinasa la cual promueve el aumento de glucosa por parte del hígado; la insulina se secreta como medida de una hiperglucemia, estimulando al hígado para que almacene glucógeno y facilita la captación de glucosa en tejidos extra hepáticos. El glucagón se secreta como respuesta a una hipoglucemia, activando tanto la glucogenólisis como la gluconeogénesis en el hígado, lo que causa la liberación de glucosa hacia el torrente sanguíneo.⁶⁷

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 11.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 23.

5.8 MANEJO DE PACIENTES CON HIPOGLUCEMIA E HIPERGLUCEMIA

La hipoglucemia se presenta en enfermedades hepáticas severas, septicemias relacionadas al sistema endocrino, sin embargo, las concentraciones de glucosa en el plasma sanguíneo no disminuyen ya que los eritrocitos de las aves utilizan principalmente ácidos grasos del organismo para su metabolismo y no glucosa.⁶⁸

Según Martín⁶⁹ la suplementación de glucosa es importante en el tratamiento de sostén ya que las aves malnutridas, sépticas y con hepatopatías suelen presentar hipoglucemia, más frecuentes en neonatos de todas las especies paseriformes, rara vez en psitácidos y ocasionalmente en rapaces; los casos graves se deben tratar de inmediato o pueden ocasionar convulsiones, debilidad y depresión, en el tratamiento de emergencia se suministra dextrosa al 25% IV de 1-2 ml/kg lento hasta ver efectos, sin embargo si el paciente se encuentra muy deshidratado, su uso es contraindicado y se debe manejar mejor una solución ringer lactato o solución fisiológica.

Las convulsiones se caracterizan por desorientación, ataxia, incapacidad para percharse, vocalización, fuertes aleteos y pérdida de la conciencia, lo cual debe corregirse con dextrosa al 50% de 50-100 ml/kg IV lento hasta efecto, siendo esto más común en rapaces jóvenes.⁷⁰

El estrés físico causa hiperglicemia por aumento en la secreción de catecolaminas, epinefrina, y glucocorticoides que permiten el incremento de la glucosa en la sangre por inducir al quiebre del glucógeno a glucosa en varias especies de aves; se han encontrado aumentos en las concentraciones de glucosa sobre un 10% en paloma

⁶⁸ RAMIRO. Op cit., p,7.

⁶⁹ MARTÍN, M. Manejo de urgencias en aves. Tandil. 2017. p,41.

⁷⁰ *Ibíd.*, p,60.

mensajera (*Columba livia domestica*), posterior a ser sometidas al estrés propio del manejo y manipulación.⁷¹

En la hiperglicemia en aves se caracteriza por niveles por encima de 500mg/dL, pudiendo llegar en algunos casos clínicos a valores entre 500-1800mg/dL, presentando poliuria, polidipsia, pérdida de peso, hallándose también glucosuria; las alteraciones del metabolismo de los carbohidratos se presentan en la diabetes mellitus espontánea, quimiotóxicos pancreáticos, extirpación quirúrgica del páncreas, enfermedades infecciosas (Psitacosis, Newcastle e Influenza Aviar; disminuciones en las concentraciones de glucosa se producen por disfunción hepática, septicemias, neoplasias y aspergilosis.⁷²

Los rangos de referencia de glicemia para las aves fluctúan entre los 165-450 mg/dL, estos son valores superiores observados en mamíferos, y que varían entre los 54- 180 mg/dL para las diferentes especies domésticas.⁷³

⁷¹ RAMIRO. Op cit., p,7.

⁷² *Ibíd.*, p,8.

⁷³ *Ibíd.*, p,8-9.

5.9 DIABETES MELLITUS

Para Anna⁷⁴ La diabetes mellitus es una enfermedad que afecta el páncreas tanto de mamíferos como aves y en mamíferos se describen como dos tipos de diabetes, el tipo I en la cual el páncreas no produce suficiente insulina, siendo esta la involucrada en la regulación de la glucosa y el tipo II, dada cuando los receptores de insulina no funcionan, siendo esta la más frecuente en animales adultos con sobrepeso y que podría llevar a ser peligroso para el animal.

De acuerdo con la ADA⁷⁵ (American Diabetes association) planteo clasificarla en 4 tipos:

5.9.1 Tipo I (Insulina dependiente)

Para Rosana⁷⁶ es el resultado de la degeneración de las células β productoras de insulina, al igual que los niveles de insulina son menores a los normales; su tratamiento se basa en la administración de insulina y su diagnóstico en aves se efectúa en determinar niveles de glucosa sanguínea elevados en condiciones de ayuno.

Más que una degeneración se le asocia a una destrucción total de las células β que conlleva a una deficiencia absoluta de insulina, representa de 5- 10% de las DM considerada de causa autoinmune⁷⁷.

5.9.2 Tipo II (No dependiente de insulina)

Se debe a antagonismos con la insulina, la respuesta celular a la insulina es baja, las condiciones predisponentes incluyen obesidad y enfermedad de Cushing; los

⁷⁴ ANNA, Berto. Diabetes mellitus en aves. 2016, p.2.

⁷⁵ ADA (American Diabetes Association). Standards of medical care in diabetes Care. 2013.

⁷⁶ ROSANA, Matiello. ENFERMEDADES ENDOCRINAS EN AVES. Argentina. p,2-3

⁷⁷ ADA. Op cit., p, 2.

niveles de insulina aumentan en respuesta a la administración de glucosa y su tratamiento se basa en disminuir el peso, suministrar dietas altas en fibras y administrar agentes hipoglucemiantes orales.⁷⁸

Es generada por una deficiencia progresiva en la secreción de insulina; aumentando la entereza a la acción de ésta en órganos y tejidos blancos, siendo la más común representando el 90-95% de las DM⁷⁹

5.9.3 Diabetes mellitus gestacional

Diagnosticada en el segundo o tercer trimestre de gestación principalmente en caninos.⁸⁰

5.9.4 Diabetes producida por otras causas

Como por ejemplo defectos genéticos, enfermedades pancreáticas, endocrinopatías o inducida por fármacos.⁸¹

5.9.5 Diagnóstico de la diabetes mellitus

5.9.5.1 Signos clínicos

De acuerdo con Switonski⁸² la DM presenta signos parecidos tanto en animales como en humanos, destacándose la micción frecuente, aumento de sed, gran apetito y pérdida súbita de peso, describiéndolas a continuación detalladamente:

5.9.5.2 Poliuria y polidipsia

⁷⁸ ROSANA op cit., p, 2-3.

⁷⁹ ADA. Op cit., p, 2.

⁸⁰ Ibíd., p, 2.

⁸¹ Ibíd., p, 2.

⁸² SWITONSKI. M. Dog as a model in studies on human hereditary diseases and their gene therapy. Reproductive Biology. 2014.

El incontrolado aumento de glucosa en el organismo produce un exceso de orina al intentar ser filtrada y eliminada por el riñón, al filtrar indebidamente agua utilizable conlleva a un aumento de los requerimientos de agua en el organismo, resultando en el incremento de ingesta de agua.⁸³

5.9.5.3 Pérdida de peso

La falta de insulina no permite que la glucosa sea incorporada en las células, conllevando a un incremento de glucosa extracelular y posterior a ello concentraciones elevadas de ésta en el plasma sanguíneo; sin acceso a la glucosa para sus demandas de energía, las células aprovechan las reservas de lípidos intracelulares de hígado, tejido adiposo, proteínas del músculo, generando la pérdida de peso.⁸⁴

5.9.5.4 Polifagia

Como consecuencia a la falta de glucosa celular por falta de insulina, se incrementa el apetito. Se recomienda tratar adecuadamente ya que si evoluciona podría causar anorexia por la cetoacidosis (acumulación de cetonas) y otras complicaciones como la hepatomegalia, por la movilización de reservas de grasas, que a su vez causa un cumulo anormal de lípidos en hígado generando un hígado graso⁸⁵

5.9.5.5 Cataratas

Caracterizado por un cumulo de agua en el cristalino del ojo, produciendo una hinchazón y la ruptura de las fibras de la lente óptica. Con carácter irreversible y de evolución rápida a ceguera. En casos avanzados se evidencia pérdida de apetito, vómitos, deshidratación, debilidad, hipotermia y coma. ⁸⁶

⁸³ *Ibíd.*, p, 54.

⁸⁴ *Ibíd.*, p, 54.

⁸⁵ *Ibíd.*, p, 54.

⁸⁶ *Ibíd.*, p, 54.

5.9.6 Pruebas de laboratorio

De acuerdo con Cook⁸⁷ se deben efectuar análisis de laboratorio con los que se pueda demostrar o confirmar el diagnóstico definitivo de la DM, realizando las pruebas que se mencionaran en conjunto, puesto que por separado podrían confundir el diagnóstico.

5.9.6.1 Hemograma

No se consideran cambios drásticos en perros diabéticos, pero si se puede observar un hematocrito bajo por la deshidratación o una leucocitosis por una infección secundaria; es necesario detectar en el diagnóstico de DM la concentración de proteínas glucosiladas, entre ellas las fructosaminas sérica que brindan una medición indirecta de niveles de glucosa sanguínea. Estas son un grupo de proteínas séricas en la que también se encuentra la albumina⁸⁸.

5.9.6.2 Perfil bioquímico

Es considerada una evaluación directa de control glucémico, al cuantificar glucosa, proteínas, urea, colesterol, etc. La glucemia en un canino es de 60-100 mg/dl, si es ≥ 150 mg/dl será diagnosticado con DM, correlacionando los signos.

Se representa por una hiperglucemia persistente en ayunos de 500 - 1800 mg/dl; siendo los valores normales en ciertas aves con ayuno promedio entre 200 a 500 mg/dl.⁸⁹

5.9.6.3 Uroanálisis

⁸⁷ COOK. AK. Monitoring methods for dogs and cats with diabetes mellitus. 2012. P, 7.

⁸⁸ *Ibíd.*, p, 7.

⁸⁹ ROSANA. Op cit.p, 2-3.

La concentración de glucosa no debe ser detectable, si es usual hallar bilirrubina en cantidades traza y no deben existir concentraciones detectables de cetonas. Confirmar el diagnóstico de DM se dará por el olor dulce de la orina, glucosuria, por la hiperglucemia sanguínea al no ser reabsorbida por los túbulos renales por su gran cantidad y para finalizar se encontraran concentraciones anormales de cuerpos cetónicos.

5.9.7 Curva de tolerancia de la glucosa

Con dicha prueba se logra medir los niveles de insulina posterior a la administración de un bolo intravenoso de dextrosa, siendo útil al momento de diferenciar entre los tipos I y II en mamíferos⁹⁰

De acuerdo con Fleeman⁹¹ se puede coleccionar una muestra de sangre cada 2 horas, evaluando la concentración de glucosa plasmática, aunque son poco usadas y practicas por el estrés que se causa y la poca reproductividad que existe

5.9.8 Niveles de insulina

Podrían verse afectados por la técnica utilizada, particularmente si esta no ha sido empleada anteriormente en la especie en cuestión. ⁹²

Tabla 9. Niveles de insulina en algunas especies de aves

Cocotilla (<i>Nymphicus hollandicus</i>)	5,8 – 8,16 µU/ml
Amazona (<i>Amazona ochrocephala</i>)	7,7 µU/ml
Pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	22 – 40 µU/ml
Pato (<i>Anas platyrhynchos domesticus</i>)	16 – 20 µU/ml

⁹⁰ ROSANA. Op cit.p, 2-3..

⁹¹ FLEEMAN, LM; Rand, JS. Evaluation of day-to-day variability of serial blood glucose concentration curves in diabetic dogs. 2003

⁹² ROSANA op cit., p, 2-3.

Fuente: (Rosana, 2012)

5.9.9.1 Tratamiento

Para Rosana⁹³ se maneja un tratamiento de sostén donde la fluidoterapia es de mayor consideración, en situaciones se debe apoyar con calor junto con sustentos nutricionales y antibióticos; con la finalidad de mitigar los signos clínicos, de igual manera contrarrestar la glucemia e inducir ganancia de peso, en conjunto con la Insulinoterapia, donde se reporta la resistencia aparente de las aves diabéticas a la insulina siendo causada por la misma insulina utilizada.

De igual forma Difazio⁹⁴ sugiere dividir el tratamiento de caninos en casos sin complicaciones donde solo se estabiliza la glucosa plasmática con ayuda de ejercicio, dieta e inyecciones de insulina; por el contrario, los casos complicados, donde se asocia con cetoacidosis, necesitando rapidez para regular las concentraciones de glucemia, llegando a permanecer hospitalizados con total vigilancia.

De acuerdo con Wash et al⁹⁵ en la terapia intravenosa con insulina se requiere de dos vías, un 25% por vía intravenosa en forma de bolo intermitente, por medio de goteo lento y el 75% restante por vía intramuscular a dosis bajas.

Los efectos hipoglucemiantes de la insulina de pollo, en pollos, fue 10 veces mayor que la insulina de mamífero, a pesar de que la insulina del mamífero puede resultar poco efectiva para disminuir los niveles de glucosa sanguínea, esta puede evitar la pérdida de peso, el cual es frecuente en casos de diabetes no compensados, no

⁹³ *Ibíd.*, p.3.

⁹⁴ DIFAZIO.J; Fletcher. DJ. Retrospective comparison of early- versus late-insulin therapy regarding effect on time to resolution of diabetic ketosis and ketoacidosis in dogs and cats. 2016

⁹⁵ WASH et al. Use of intravenous insulin aspart of treatment naturally occurring diabetic ketoacidosis in dogs. 2016

obstante, por su poca efectividad en aves, se recurre a la insulina isofana (NPH), la insulina cinc protaminaza (IPZ) y la insulina zinc cristalina (Insulina ultralenta).⁹⁶

Tabla 10. Dosis de administración de insulina en algunas especies de aves

Periquitos australianos	Dosis inicial: 0,002 UI de insulina NPH (En mayoría de casos se estabiliza con una dosis diaria de 0,004-0,006 UI cada 12 a 24 H)
Loros (Grandes)	Dosis inicial sugerida: 0,01 UI a 0,1 UI
Tucán (Grandes)	Remendada: 0,1 a 0,8 de insulina IPZ dos veces al día y 1-2 de NPH una vez al día.

Fuente: (Rosana, 2012)

5.9.9.2 Monitoreo

Según Rosana⁹⁷ el monitoreo se lleva a cabo con dos métodos diagnósticos, glucosa sanguínea, la cual se debe evaluar de forma repetida por varios días después de comenzada la terapia con insulina y las curvas de glucosa pueden realizarse después cada 2-3 meses para vigilar y ajustar las dosis; la glucosa urinaria, siendo un valor relevante con un fácil monitoreo de los niveles de glucosa, siempre y cuando se realice en un ambiente libre de estrés, además de que estos valores deben determinarse de 2-3 veces por día; puesto que los niveles de glucosa en orina son un leve indicador de los niveles de glucosa sanguínea, su objetivo principal es encontrar una glucosuria leve por medio de trazas.

⁹⁶ ROSANA op cit.,p, 2-3.

⁹⁷ Ibíd., p,4.

6. PRUEBAS DE GLUCOMETRÍA

6.1 Glucometría colorimétrica

De acuerdo con Vargas⁹⁸ La glucosa frecuentemente se mide en sangre capilar logrando los resultados del cambio en la tinción de la zona reactiva de una tira que utiliza una escala colorimétrica, que se compara por método visual como un valor aproximado, permitiendo evaluar el nivel de glucosa en la sangre en cualquier ocasión mediante un procedimiento sencillo, en el cual se debe colocar una gota de sangre total sobre las áreas reactivas, las cuales permitirán la medición desde 0 a 800 mg/dL; es uno de los métodos confiables siempre que se realice de manera adecuada, siendo posible frecuentes errores a la hora de medir la glucosa en sangre capilar con tiras reactivas visuales, por ejemplo: omitir un paso de las indicaciones de uso, limpieza inadecuada o exceso de alcohol e incluso utilizar una gota insuficiente o exagerada de sangre.

6.2 Glucometría digital

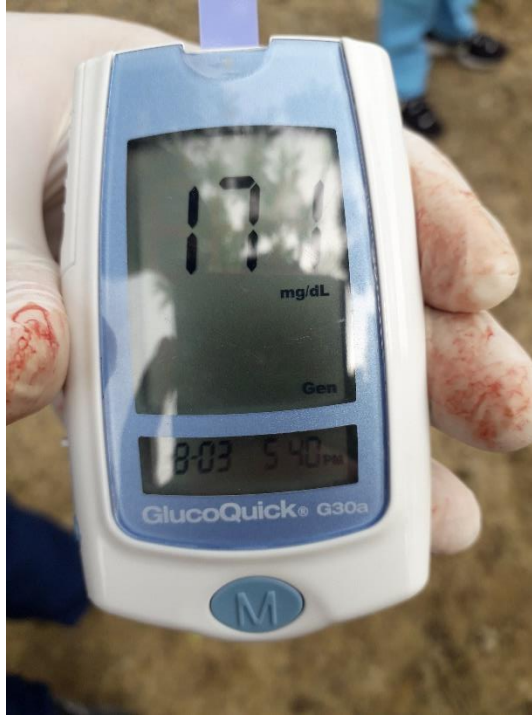
Vargas⁹⁹ afirma que desde ya muchos años es posible medir la glucosa capilar con tan solo una sola gota de sangre con reflectómetros automatizados (glucómetros) que hoy en día son tan precisos como si la muestra se realizará en el mismo laboratorio y reportando los niveles de glucemia en menos de un minuto, con una confiabilidad muy alta. El método químico de medición con los glucómetros que utilizan tiras reactivas para la determinación semicuantitativa de la glucemia en

⁹⁸ VARGAS. P. Comparación entre la cuantificación de la glucosa mediante la glucometría colorimétrica y la glucometría digital en pacientes diabéticos. 2016. p,6.

⁹⁹ *Ibíd.*, p,7.

diferentes intervalos va desde 10 a 600 mg/dL, pudiéndose utilizar muestras de sangre capilar, venosa y arterial. Se obtienen resultados objetivos y precisos, aunque también pueden surgir errores por descarga de baterías, tiras caducadas y glucómetro en mal estado de conservación.

Ilustración 3. Glucómetro digital.



Fuente: (Burbano, 2019)

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Materiales

- Libros de medicina Veterinaria
- Estudios universitarios (Tesis)
- Buscadores específicos en internet: Google scholar, Redalyc, SCIELO. Org, Repositorio institucional UNITRI, Repositorio unal.

7.2 Metodología

Se realizó una búsqueda sistemática y revisión de literatura con ayuda de buscadores académicos sobre todo lo relacionado con el avestruz, la glucosa en las aves y otras especies con la finalidad de comprender su fisiología y su alteración principal como lo es la diabetes mellitus, al presentarse un desequilibrio metabólico; de igual manera se investigó sobre datos referenciales de glucosa y sus tratamientos de dosis con insulina en diferentes especies de aves; se recopilaron por medio de literatura, técnicas de diagnóstico de glucosa tanto en animales mamíferos y aves así como en humanos para la detección de hipoglucemias, luego se profundizó con toda la información a la que se tuviera acceso a través de las bases de datos científicas e internet con buscadores específicos teniendo en cuenta palabras claves que encaminan la búsqueda como lo son: Insulina, glucemia, metabolismo, ciclo de Krebs, Diabetes mellitus

7.3 Línea de investigación

Bienestar y salud animal

8. DISCUSIÓN

Los autores Oglesbee, Lauren, Gallagher, Castañeda, Klasing y Cunningham mencionan y complementan la información referente al rol tan importante que ejerce el sistema pancreático, conformado por su diversidad celular, donde cada una de ellas cumplen con determinadas funciones, destacándose la regulación de la glucosa plasmática por parte de las células α (alfa) y β (beta); que mediante procesos como la oxidación celular, la síntesis de glucógeno, la glucólisis, y otros, se logra el metabolismo de la glucosa, generando mayores cantidades de moles de ATP por la vía aerobia que por la anaerobia. Seguido del grado de importancia del páncreas, lo acompaña el hígado, en especial de las aves, aportando en gran medida a la producción de la glucosa circulante en sangre, gracias a su capacidad de almacenamiento de glucógeno junto con el músculo esquelético.

El autor Ávila, destaca una de las rutas metabólica más valiosas para la producción de energía en el organismo, ocurrido en la mitocondria de las células, conocido como el ciclo de Krebs, en el cual desembocan diferentes enzimas, por medio de procesos como la oxidación celular y la glucólisis, siendo descrita esta última por el autor Ramiro, en la cual se desencadenan reacciones bioquímicas dando como resultado la producción de ATP o energía para la célula.

Otro punto que destacan los autores Berto y Matielo es sobre la enfermedad metabólica prevalente no solo en aves, sino también en mamíferos, siendo está la Diabetes Mellitus, que por su baja incidencia en avestruces o bien por su falta de exámenes sanguíneos de manera rutinaria en los criaderos, se dificulta su diagnóstico logrando pasar desapercibida, siendo detectada ya en casos donde se compromete su integridad; a diferencia de otro tipo de explotaciones, o con mayor frecuencia en animales domésticos como caninos y felinos donde la incidencia de la enfermedad es mayor, al ocurrir un desequilibrio homeostático de la glucemia sanguínea por parte de la función pancreática, bien sea por degeneración de las

células β , antagonismos con la insulina, transicional por la gestación e inducida por otras causas como genéticas o farmacológicas (estas últimas no reportadas en avestruces ni en aves en general). En consecuencia a la Diabetes Mellitus se reportan valores hiperglucemiantes persistentes en ayuno, de valores alcanzados entre 500-1800 mg/dl en aves descritos por Ramiro, donde los valores normales van de 114-371 mg/dl en avestruces reportados por Burbano, correlacionándose además con el estudio de Ramiro, en comparación con animales domésticos como los caninos y felinos, que alcanzan valores 117mg/dl y 131 mg/dl respectivamente. Cifras que son menores en comparación a las aves, esto debido a su gran cantidad de masa muscular en el caso de aves gran tamaño y su capacidad constante de vuelo a manera de ejercicio, o por su característica para correr a gran velocidad, en el cual se requiere más energía metabolizando la glucosa; es de relevancia los valores en las hembras al ser mayores que en machos, debido a actividades reproductivas, en las que se destacan la incubación, el cortejo y la crianza.

Uno de los métodos para la detección de glucometría descrito por Vargas, es uno de los más prácticos y de uso frecuente en la actualidad a nivel de campo, realizándose con un glucómetro digital, por el cual se obtienen resultados precisos y rápidos <5 segundos minuto posterior a la monta de la gota de sangre, a diferencia de la glucometría colorimétrica en la cual se compara de manera visual una escala colorimétrica lo cual podría afectar en su diagnóstico, por ello no es tan frecuente su uso; por otra parte se encuentran nuevos avances para la medición de glucemia, uno de ellos llamado como medidor de glucosa tipo Flash, el cual consiste en la puesta de un sensor en la piel que puede escanear múltiples veces, se refiere que es poco incómodo el sensor, aunque su uso no es demostrado en especies animales, queda como consideración la inducción del estrés en animales; por ultimo encontramos el medidor de glucosa continuo el cual brinda alusión a su nombre al determinar valores cada 5 minutos, y generar una alarma con facultad de sincronizarla a dispositivos móviles, en casos de disminución o aumento de niveles de glucemia intersticial, aunque su uso es nulo en animales se podrían generar estudios a futuro en cuanto a ello.

Los valores de glucosa citados por distintos autores, donde no se encuentran valores hiperglucémicos anómalos, variando según la especie, donde se puedan confirmar casos de Diabetes Mellitus, aun teniendo en cuenta que los valores de glucemia en aves son el doble en comparación a los mamíferos en ayuno; y que estos valores pueden aumentarse debido al estrés, principalmente por su manejo, lo que suele causar una hiperglucemia transitoria, resaltándose en el estudio de Osorio donde los niveles de glucemia en pollos (*Gallus gallus domesticus*) alcanzaron hasta los 399 mg/dl, en comparación al estudio de Ramiro, en pollos de diferentes razas (Cobb y Ross) donde los niveles variaron entre los 285-297 mg/dl respectivamente, puesto que al requerir una demanda energética en este caso por estés los valores se incrementan, en comparación de las gallinas donde se reportan valores de 130-270 mg/dl en el mismo estudio de Ramiro.

Los valores de glucemia en demás especies de aves se podrían relacionar en cuanto a su tamaño físico y su tiempo de vuelo, en el cual se requiere un mayor gasto energético para mantenerse en el aire, en comparación a las aves no voladoras como los avestruces, pero si con capacidades para correr a grandes velocidades; refiriéndonos al caso del halcón peregrino (*Falco peregrinus*) y la paloma bravía (*Columba livia*) donde los valores se aproximan casi a los 400mg/dl, según Ramiro. El primero considerando la velocidad de vuelo de 100 km/h llegando a 300 km/h al cazar descendiendo en picada para alcanzar a su presa; en la ultima los valores se pueden referir a las grandes distancias que recorren volando en un solo día 1000 kilómetros.

Cómo se plantea en el estudio de Castañeda donde las aves del género Amazona mostraron valores menores entre 136 hasta los 141 mg/dl en *Amazonas Ochorocephala* y *Amazona aestiva* tanto en cautiverio y libres, relacionándose con su actividad física de vuelo y localización geográfica, puesto que las aves de este género permanecen en su mayoría de tiempo en las ramas de árboles, además de ser también uno de los géneros que se tienen como fauna doméstica en muchos hogares en la actualidad, en comparación con la *Amazona amazónica* donde se

alcanzan valores de 172 mg/dl perteneciendo esta al género de aves con mayor prevalencia en su hábitat natural, como selvas tropicales y límites forestales; diferenciándose en el mismo estudio de Castañeda, donde valores de *Amazonas ochrocephala* alcanzan hasta los 293 mg/dl de glucemia, relacionando al estrés constante al encontrarse en un centro de atención.

CONCLUSIONES

Se destaca la relevancia del ciclo de Krebs como principal fuente productora de energía en forma de ATP para el organismo, al igual que los otros procesos metabólicos como la glucólisis, gluconeogénesis, glucogenólisis como liberadores de enzimas precursoras que ayudan tanto a desembocar en la ruta metabólica principal de los ácidos cítricos, al igual que la regulación de la glucemia plasmática.

No se encontraron valores de hiperglucemia anormales en la literatura, por los cuales se define que la presencia de la Diabetes Mellitus no es reportada en estos estudios, o puede que pase desapercibida para los encargados o propietarios de los criaderos, tanto de avestruces como en otras especies de aves.

Es relevante la glucometría digital como prueba diagnóstica esencial en el monitoreo de campo, principalmente en explotaciones de criaderos al aire libre; teniendo una confiabilidad, facilidad en el manejo y rápidos resultados de glucemia en poco tiempo.

Con relación a los niveles de glucemia en las diferentes especies de aves, sobresale un aumento de concentraciones de glucosa en hembras que a diferencia de los machos, por sus actividades de cría, incubación, cortejo y crianza; además de en aves de fauna silvestre se determinan niveles variables dependiendo tanto del tamaño de las aves y su actividad física volando en el aire por mayor tiempo, siendo resultados mayores en comparación a aves que mantienen una actividad más en tierra o con capacidad nula para el vuelo como es el caso de los avestruces.

Para concluir se determina la presencia de una hiperglucemia transitoria relacionada al estrés del manejo en aves, principalmente en aquellas que mantienen es un ambiente de mucho estrés como lo es el caso de los pollos donde alcanzan valores de casi 400 mg/dl de glucemia; esto debe ser diferenciado de Diabetes Mellitus, aunque son necesarios más estudios que nos permitan determinar los

valores de glucosa en diferentes aves en estado natural, mantenidas en criaderos o cautiverio, incluyendo los avestruces y otros ratites, con lo cual se podría diagnosticar la posible enfermedad u otras alteraciones fisiológicas asociadas a la hipoglucemia o hiperglicemia.

Bibliografía

ADA (American Diabetes Association). Standards of medical care in diabetes Care. 2013.

ANDRELONI, J. La cría del avestruz. Madrid. España. 1998.

ANNA, Berto. Diabetes mellitus en aves. 2016, P. 2.

AVELLA, E; Barbieri, F; Bardi, A; Bertag, P; Chiavetta, M. NUEVA ENCICLOPEDIA DEL REYNO ANIMAL. INSTITUTO DE BIOLOGÍA ANIMAL. ITALIA. 2001

AVENDAÑO, Ramiro. Factabilidad Tecno-Económica de la explotación del Avestruz en el Noreste de México.1999. P, 12.

ÁVILA, Andrés. Metabolismo del ejercicio; propuesta didáctica para la enseñanza – aprendizaje de la glucólisis y el ciclo de Krebs. 2012

BARON, A.D.; Brechtel, G.; Wallace, P.; Edelman, S.V. Rates and tissue sites of non insulin and insulin-mediated glucosa uptake in humans. 1988. P,769

BURBANO, Miguel. EVALUACIÓN DE NIVELES DE GLUCOSA PRE Y POST PRANDIAL EN UN CRIADERO DE AVESTRUCES EN EL NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA 2019. P, 11.

CAMIRUAGA, M; Uribe, E; García, A; Canales, L. Producción de avestruces. Chile. 2002.

CANO, Francisco. Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos. Murcia: España. Universidad de Murcia. Facultad de veterinaria. Unidad docente de anatomía y embriología, 2008.

CARBAJO, G.E; Castello, L.A; Gurri, M. Marín; Mesia, J; Sales, V.D. Cría de avestruces, emús y ñandúes. Barcelona, España. 1997.

Castañeda. Et al, Referential hematocrite, haemoglobin, glucosa and electrolyte values for yellow- crowned amazon. Orinoquia, Villavicencio. 2012. P. 66.

COOK. AK. Monitoring methods for dogs and cats with diabetes mellitus. Journal of Diabetes Science and Technology. 2012.

COOPER, Ross y MAHROZE, Khalid. Anatomy and physiology fo the gastrointestinal tract and growth curves of the ostrich (Struthio Camelus). University of central England. 2004

CRYER, P.; Wilson. J.; Foster. D.Williams textbook of endocrinology. 8ª Ed. 1992. P,1223.

DIFAZIO.J; Fletcher. DJ. Retrospective comparison of early- venus late-insulin terapy regarding effect on time to resolution of diabetic ketosis and ketoacidosis in dogs and cats. 2016

FELIPE, D, JAIME, D. MANUAL DE EXPLOTACIÓN EN AVES DE CORRAL. 2006.

FLEEMAN, LM; Rand, JS. Evaluation of day-to-day variability of serial blood glucose concentration curves in diabetic dogs. 2003.

Gallagher, E. LeRoith, D. Encyclopedia of biological Chemistry Wltham. 2013. P, 602.

GANONG, W. Fisiología Veterinaria Mc Graw-Hill interamericana. 1997. P, 748.

GARCIA S. Fisiología Veterinaria Mc Graw- Hill Interamericana. 1997. P, 748.

GUYTON, A.C.; Hall, J.E. Tratado de fisiología Médica. 10ª Ed. 2001. P,1052.

JAMES G. Cunningham. Fisiología veterinaria tercera edición. Madrid España. 2013. Pag 306.

KANEKO, J.; Harvey, J.; Bruss, M.; Clinical Blochemistry of domestic Animals. 1997. P,58

KATAN, Briggitt. Ruta Metabólica: Glucolisis. ¿Cómo producimos Energía sin oxígeno? Importancia y procesos. 2018.

KLIP, A.; Marrete, A.; Dimitrakudis, D.; Ramlal, T.; Giacca, A.; Shi, Z.; Vranic, M. Effect of diabetes on gluco-relation. From glucosa transporters to glucosa metabolism in vivo. 1992. P, 1747

Lauren, F; Gross, R; Lakili, M. Glucagon and somatostatin secretion from the perfused splenc bulbo f duck pancreas. 1896.

MARTIN, A., & QUECANO, J. Evaluación de tres tipos de promotores de crecimiento y su efecto en los parámetros zootécnicos en cría de avestruces. Bogotá. 2005.

MARTIN, A., & QUECANO, J. Evaluación de tres tipos de promotores de crecimiento y su efecto en los parámetros zootécnicos en cría de avestruces. Bogotá. 2005.

MARTÍN, Miguel. Manejo de urgencias en aves. Tandil. 2017. P, 41

Oblesgee, B; Oroz, S; Dorrestein, G. Avian medicine and surgery. Philadelphia. 1997. P. 2.

PADILLA, Omar. HISTORIA Y DESARROLLO DEL AVESTRUZ. UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANOTONIO NARRO. MEXICO. 2008.

PEREA, Vargas. Comparación entre la cuantificación de la glucosa mediante la glucometría colorimétrica y la glucometría digital en pacientes diabéticos. Perú. 2016. P, 6-7.

RAMIRO. Alex. Perfil bioquímico sanguíneo de pollos criollos y pavipollos criados en altura. Perú. 2017.

REVINDRAN. Velmurugu. Avances en la nutrición de aves de corral. Revisión de desarrollo avícola. 2013. P, 64.

RICO, A. Implementación de un criadero de avestruces. Nayarit. 2002.

RODRÍGUEZ, Fabián. Cría rentable de ñandúes y avestruces. Manual teórico-práctico para su producción y consumo. Argentina, 2006.

ROSANA, Matiello. ENFERMEDADES ENDOCRINAS EN AVES. Argentina. P. 2-3. 2012.

SLAVIN, B; Ong, J; Kern, P. Hormonal regulation of hormone-sensitive lipase activity and mRNA levels in isolated rat adipocytes. 1994. P,1535

STEIL, G; Rebrin, K; Mittelman, S; Bergman, R. Role of portal insulin delivery in the disappearance of intravenous glucose and assessment of insulin sensitivity. 1998. P, 714.

TOKUYAMA, K.; Hikagi, Y.; Fujitani, J.; Kiyonaga, A.; Tanaka, H.; Shindo, M.; Fukushima, M; Nakai, Y.; Imura, H.; Nagata, I; Taniguchi, A. Intravenous glucose tolerance test-derived glucose effectiveness in physically trained humans. 1993. P,298

WASH. E; Drobotz. KJ; Hess. RS. Use of intravenous insulin aspart of treatment naturally occurring diabetic ketoacidosis in dogs. 2016.

Anexos

Anexo 1. Base de datos incluidos mayores al 2015

Base de datos	Título	Autores	Paginas	Año
Google Scholar	Diabetes mellitus en aves	Anna, Berto.	2	2016
	Evaluación de niveles de glucosa pre y post prandial en un criadero de avestruces en el norte del departamento del Cauca.	Burbano, Miguel.	11	2019
Google Scholar	Ruta Metabólica: Glucolisis. ¿Cómo producimos Energía sin oxígeno? Importancia y procesos.	Katan, Briggitt.		2018
	Manejo de urgencias en aves.	Martín, Miguel.	41	2017
SCIELO.org	Concentraciones de glucemia e insulinemia en pollos broilers machos y hembras de cuatro semanas de edad y su relación con el peso.	Osorio, H José.	2	2016
Repositorio institución UNITRI	Comparación entre la cuantificación de la glucosa mediante la glucometría colorimétrica y la glucometría digital en pacientes diabéticos.	Perea, Vargas.	6-7	2016
Repositorio.unal	Perfil bioquímico sanguíneo de pollos criollos y pavipollos criados en altura.	Ramiro, Alex.	15-16	2017